



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ARQUITECTURA**

FORMA DE TITULACIÓN: "ACTIVIDAD DE APOYO A LA DOCENCIA"
PROGRAMA: "FORMACIÓN DOCENTE E INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍA"

LOSAS PARA CLAROS CORTOS

MATERIAL DIDÁCTICO QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE ARQUITECTA PRESENTA:

BRENDA YADIRA ZENO RAMOS

ASESORES

M. EN ARQ. ALICIA SUSANA EZETA GENIS

MTRA. EN ARQ. ISaura GONZÁLEZ GOTTDIENER

ARQ. NATALIA BOO FONTENLA

ARQ. ENRIQUE GÁNDARA CABADA

ARQ. EMILIO CANEK FERNÁNDEZ HERRERA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX, OCTUBRE 2023.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

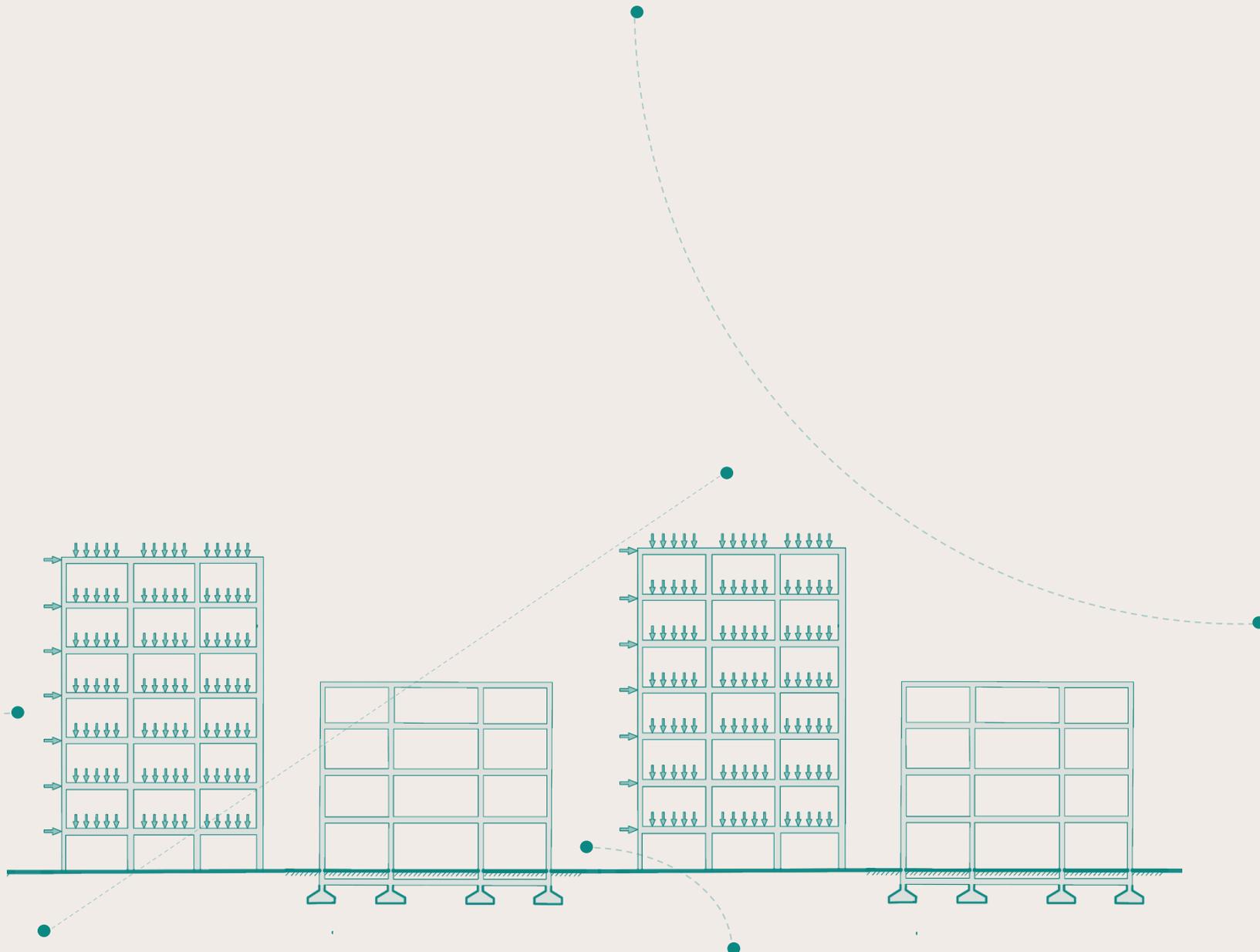


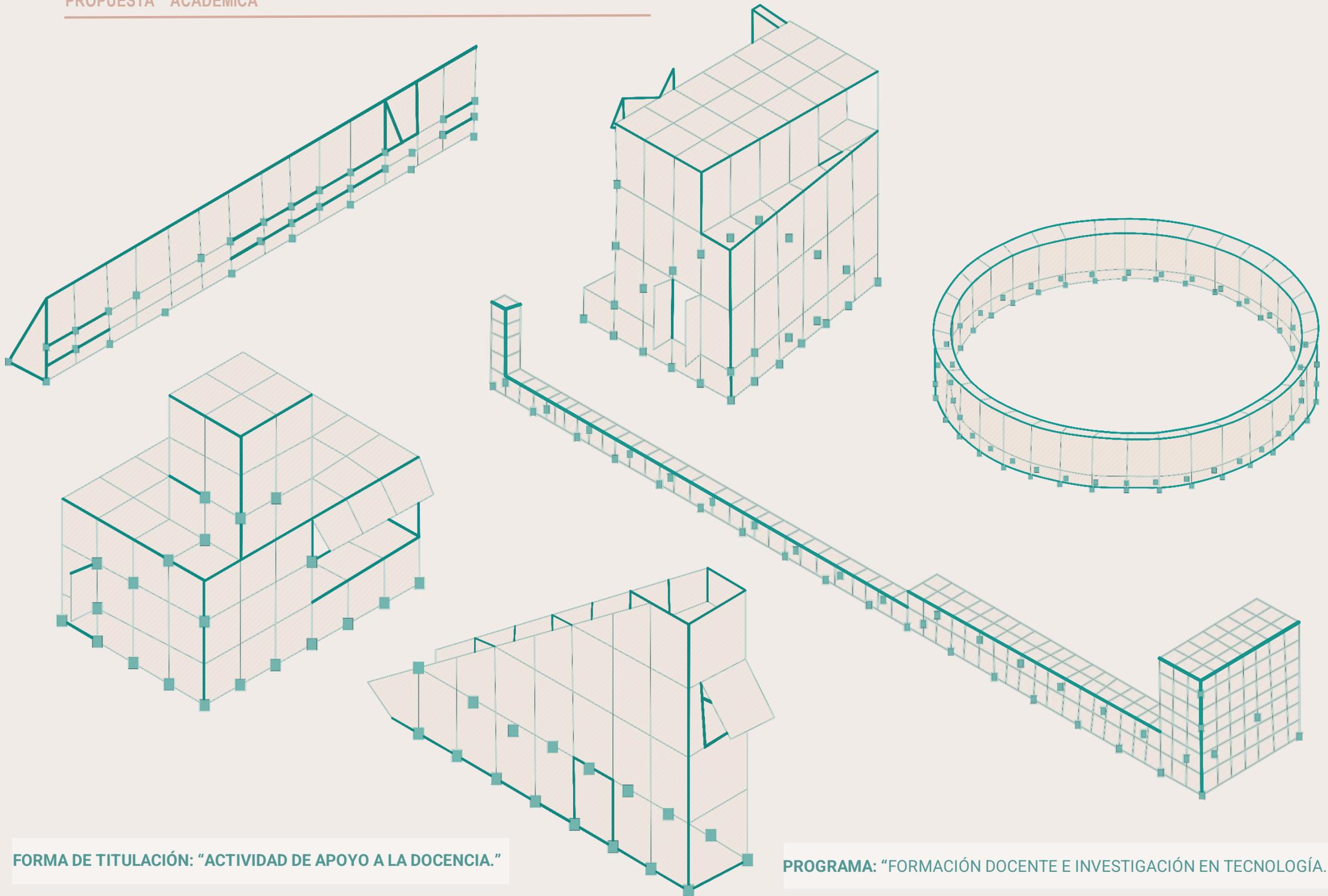
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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





FORMA DE TITULACIÓN: "ACTIVIDAD DE APOYO A LA DOCENCIA."

PROGRAMA: "FORMACIÓN DOCENTE E INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍA."

ÍNDICE

DE CONTENIDO

1 ANTECEDENTES	
Justificación	1
2 GLOSARIO	
Definiciones	9
■ Términos dentro del lenguaje de los temas abordados.	
3 INTRODUCCIÓN	
Cosas que debes saber antes de escoger una losa	20
■ Coexistencia de losas y otros elementos constructivos.	

4 TEMAS

Información general sobre losas

■ ¿Qué podemos saber en general de ellas?	60
■ Losa maciza	69
■ Losa de vigueta y bovedilla ligera	105
■ Losa de vigueta y bovedilla pesada	114
■ Losa reticular casetón no recuperable	137
■ Losa reticular casetón recuperable	144
■ Losa mixta	153
■ Losa tridilosa	174
5 CONCLUSIONES	183
6 REFLEXIONES FINALES	187
FUENTES DE CONSULTA	191

ANTECEDENTES

01 JUSTIFICACIÓN

¿Por qué escogí la opción de actividad de apoyo a la docencia para titularme?

La **licenciatura en arquitectura** cuenta con un **Plan de Estudios (2017)** que consta de **10 semestres**, tiene un total de **386 créditos** en los que además de la **práctica profesional** y **servicio social**, se tendrá que contar con los requisitos necesarios para contemplar **1** de las **10 opciones de titulación** con las que cuenta la **Facultad de Arquitectura**, lo anterior según la **situación académica** y **perfil profesional** del egresado.

Contemplando los **requisitos de inscripción** con los que cuenta cada una y analizado las circunstancias anteriores, decidí inclinarme por la opción citada en la **guía de titulación** de la licenciatura de Arquitectura, **apartado H**, que se titula **“Por actividad de apoyo a la docencia”**.

La titulación “Por actividad de apoyo a la docencia”, consiste en **elaborar material didáctico** para una **asignatura curricular** de un área o campo de conocimiento del plan de estudios de la Facultad de Arquitectura, a partir del **análisis crítico** de su programa académico e identificación de **posibilidades de crecimiento**, sin que se adquiriera la responsabilidad de impartir clase.

La propuesta se basa en el análisis de los temas establecidos dentro del programa académico, la titular es la **Maestra en Arquitectura**, **Alicia Susana Ezeta Genis**, quien fue la encargada del seguimiento de las propuestas y materiales didácticos finales que realicé de la asignatura de **Sistemas Estructurales Básicos III**, parte del área de conocimiento en **tecnología, cuarto semestre**, de carácter **teórico, modalidad** curso, con **3** horas semanales, **48** horas al semestre, con un total de **6** créditos, contando con la precedencia de la materia de **Sistemas estructurales básicos II** y que le suceden las de **Sistemas estructurales I, II y III**.

El **material** elaborado es vanguardista, pues se utilizan las Tecnologías de la Información y Comunicación actuales, aunado a que su disponibilidad en línea, hará de éste un recurso abierto.

Su temática se basa en **alcances** y **objetivos** académicos, insertos en el currículo del Plan de Estudios vigente, tomado del **contenido temático del tema 2, “De los elementos estructurales”**, apartado **2.3 losas de claros cortos**.

Me incliné por esta opción de titulación porque siempre he tenido interés sobre la **formación docente**, esta modalidad me permitió seguir caminando y aprendiendo del quehacer docente, para contribuir en el aprendizaje de aquellos interesados en el tema.

Me entusiasma **apoyar** a mis compañeros y a todas las personas que están en su **etapa universitaria**, a los que les apasione el tema que elegí, a aquellos curiosos que deseen conocer más o reafirmar sus conocimientos sobre losas.

Asimismo, la **realización del material didáctico** es un apoyo para los docentes y personas que busquen comprender y analizar más allá del aula y la presencia, recursos que complementen a la Arquitectura y ramas afines. El contenido del temario de la materia de la que se realizan los recursos son los que se consideran deben **comprenderse** y **analizarse** por completo por parte de los futuros arquitectos.

Con un objetivo claro, decidí realizar mi **primer acercamiento** a la **docencia** por medio de la presentación de la **PPS** (Práctica Profesional Supervisada).

Considero que una de las armas que me brinda la Universidad, es el poder **convivir** con estudiantes, a través de mi **experiencia** en la Facultad de Arquitectura puedo **transmitir** algunos de los **conocimientos aprendidos, apoyar y orientar**, dar una opinión e información más amplia y “real” de lo que trata la Arquitectura, no sólo desde mi punto de vista como alumna, sino desde la experiencia que he llevado fuera del aula y en mi proceso de titulación.

Lo anterior me entusiasma porque a mí me hubiera gustado que alguien me brindara los materiales y experiencia vivida en la Facultad.

Durante el **periodo** en el **programa: “Apoyo a la Docencia e Investigación en el Área de Tecnología”**, **aprendí** a **utilizar** múltiples **plataformas** de **aprendizaje** que me ayudaron a **desarrollar** mis **aptitudes** y **comunicar** de una mejor forma lo que quería **transmitir**, me sirvió de refuerzo de conocimientos, al igual que durante mis clases, redactar y **repasar** mis apuntes, no sólo recordé lo adquirido, sino que adquiriré nuevos, por lo que **poder aplicarlos** extra muros es un reto y motivación para mí.

Lo que se aprende dentro y fuera del aula, las experiencias en la **PPS**, en el **ámbito laboral**, me **ayudan** a **crear** una **visión** más **profunda** a cerca de la docencia y la importancia de la enseñanza de la Arquitectura.

La **PPS** me permitió ver un **panorama** más **amplio** sobre la **enseñanza** y me hizo darme cuenta de la **importancia** de **desarrollar** de **forma consciente** los **temas de aprendizaje**, ya que se vuelve un **compromiso** y **responsabilidad consigo mismo** y con las **personas** a las que se pretende **transmitir**.

El material didáctico consiste en **7 documentos** con **información teórica** apoyada en **gráficos**, desglosada en introducción y contenido, **proporcionan cuestiones básicas** que debe **saber** el alumnado antes de **proponer**, **diseñar** y **calcular** cualquier sistema de entepiso y cubiertas para claros cortos.

Se suman **4 documentos** sobre **aspectos** y nociones que se deben tener antes de elegir cualquier tipo de losa, así como un **cuadro comparativo** de las mismas, un **glosario** de términos y aspectos básicos del concreto y, al final se añade un **documento de conclusiones** sobre el tema en general.



Objetivos de la participación en el programa para mejorar y atender el temario del plan de estudios

- **Transmisión** dinámica de conocimientos a las personas interesadas en el contenido y resolución de dudas de los temas vistos durante las sesiones de la materia, a través del **material de apoyo didáctico**.
- **Fortalecimiento** de los conocimientos de la persona interesada por medio de los temas abarcados en el contenido del material didáctico.
- **Adquisición** de una **metodología** de enseñanza y aprendizaje, después de la nueva normalidad, que permita que las **sesiones** de los cursos sean **dinámicas**, así como impulsar un aprendizaje autónomo.
- **Acompañamiento** en el caso del alumnado que lo consulte para que **logren concluir** de **manera exitosa** el apartado en el plan de estudios, permitiendo que se vayan **satisfechos** con los **conocimientos adquiridos** y puedan **aplicarlos** al momento de ejercer la profesión.

MATERIAL DIDÁCTICO

02

Planteamiento de los objetivos de la creación del material didáctico

El **objetivo** es que el **material didáctico** apoye de forma visual el contenido del **temario**, haciendo más **llamativo** el **proceso** de **aprendizaje**, para que el alumnado que realice el cálculo reconozca visualmente mediante el material **qué es** lo que se encuentra calculando.

Alcances planeados del material didáctico generado

Se **planea** que el **material didáctico** generado sea **utilizado** en **primera instancia** por el alumnado que se encuentra **inscrito** dentro de los **cursos impartidos** por la Maestra Alicia Susana Ezeta Genis, otros docentes que impartan la asignatura e interesados en las losas que ya estén en el campo profesional.

Los materiales producidos estarán disponibles en el **Repositorio Institucional** de la **Facultad de Arquitectura** para **consulta abierta**, su resguardo y difusión será un plus para aquellos que estén interesados en "Losas", tendrán un punto de apoyo o refuerzo.

03

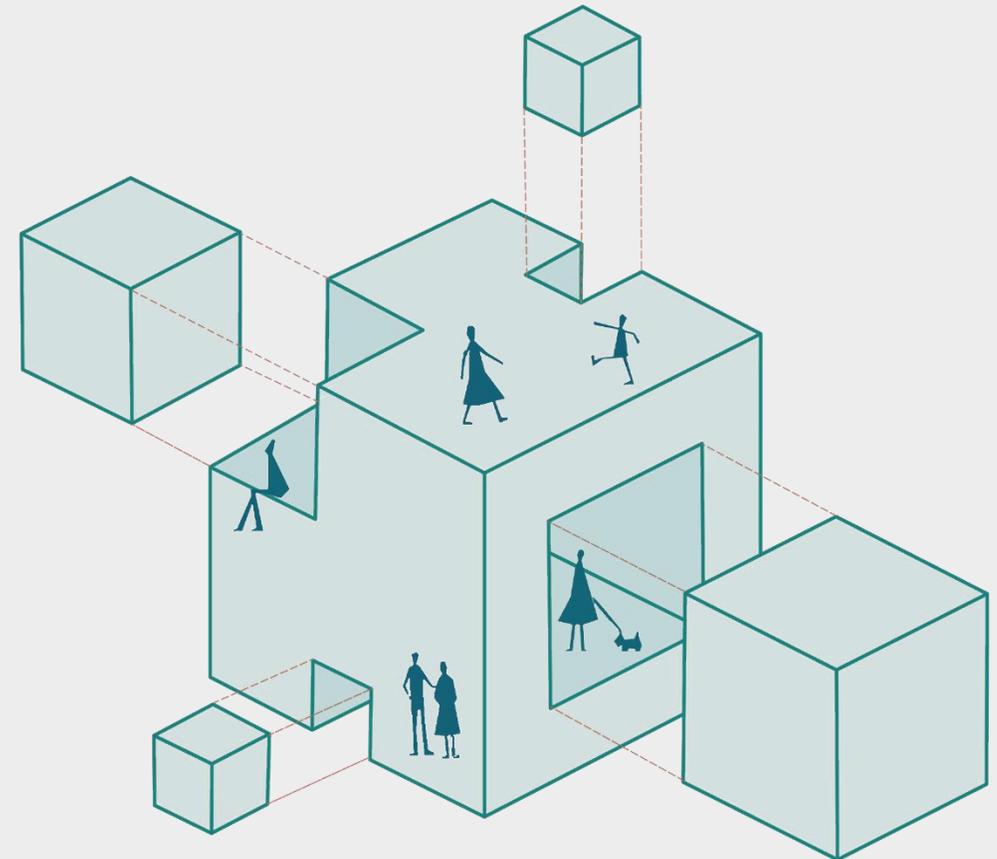
DESARROLLO

¿Cuál es la materia de la que se generará el material didáctico?

Se **elaboró material didáctico** para **Sistemas Estructurales Básicos III**. Debido a que muchas veces se imparte dentro de las sesiones de las aulas de forma que **sólo se queda** en el **cálculo** o **enseñanza teórica**, por lo que al **no existir** el **contenido grafico necesario** al momento que el alumnado cursa la materia y no existe **aclaración** o **comprensión suficiente** de los **conceptos "básicos"**, los alumnos **presentan deficiencias** al momento de **ponerlos en práctica**, ya sea por medio **otras materias**, **servicio social**, **práctica profesional** o **ámbito laboral**, generando que el alumno tenga que **"retroceder"** para su **repasso** o **comprensión**.

Propuesta de trabajo para la materia de la que se generará el material didáctico

Que el alumno adquiera el conocimiento de la composición, eficacia y uso de los materiales constructivos de manera particular y su funcionamiento en conjunto, para ser capaz de determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura, así como saber resolver las solicitudes que se presentan durante las distintas etapas de su desarrollo.



¿Como es la formación y el desarrollo de los contenidos?

Después del llevar el **seguimiento** del **trabajo elaborado** durante cursos anteriores una vez que se **finalizaban** siempre se hacía una **reflexión** de los **objetivos** y **alcances** que se **lograron** en el **transcurso** de las **sesiones**, por lo que se **detectaron temas** en los que los alumnos **presentaban** más **dificultad** para **aprenderlos** y **ponerlos** en **práctica**, el **ejercicio** se **realizó varias veces**, de ahí que se llegó a la conclusión de **generar estrategias** para que se **entendieran** mejor por el alumnado.

También se le preguntó al mismo **qué es** lo que hacía que les causará **más dificultad** para aprenderlos; respondían que era la falta de **apoyo gráfico** o **material didáctico**, ya que no se disponía de él o era **nulo**.

Una vez que se tenían **identificados** los **temas** a **tratar** se **repasaron** sus **principales componentes** y hasta dónde se necesitaba que el alumno lo **comprendiera**, de ahí se partía a pensar cuál era la **mejor forma de representarlos** (manuales, presentaciones, infografías, etc.), siempre de **forma práctica** para que el alumnado pudiera **digerirlo** de una **mejor forma**.

Ya que se tenía elegido el **tipo de material** que se iba a **generar** y la **información**, se escogían otros **elementos gráficos** que lo **acompañarían** como la paleta de colores, tipografía, imágenes.

Cuando se terminaba de **elaborar el material** se mostraba a la Maestra Alicia Susana Ezeta Genis para que le diera el **visto bueno** y ver que realmente le funcionara al alumnado, si algún aspecto **no funcionaba** del todo se planteaba de nuevo hasta que fuera útil.

Objetivos académicos esperados

Explicar el comportamiento ante cargas gravitacionales y accidentales de un **sistema estructural isostático**, profundizando el conocimiento de los **entrepisos** y **cubiertas planas en claros cortos** más comunes en México, de dos o tres niveles, apoyadas en elementos corridos o puntuales con una cimentación superficial.

El **diseño estructural** es parte del proceso general de un proyecto, en el cual se definen las características que debe tener la construcción para cumplir de manera adecuada las funciones que está destinada a desempeñar, además de ir de la mano de otros aspectos como el **funcionamiento** y la **habitabilidad**, que da como resultado la elaboración de un trabajo con cierta complejidad, por lo que se deberá tomar en cuenta que lo que se proyecte durante el **proceso arquitectónico**, debe ir de la mano con el **proceso constructivo**, de ahí que habrá que elegir las soluciones que mejor se ajusten a los **materiales** y **técnicas de construcción**.

CRONOGRAMA DE PLANEACIÓN PARA DESARROLLO DEL TEMA

CONTENIDO PROPUESTO

ANTECEDENTES

Justificación del tema de investigación.

GLOSARIO

Definiciones, términos dentro del lenguaje de los temas abordados.

INTRODUCCIÓN

Cosas que debes saber antes de escoger una losa.

Coexistencia de las losas con otros elementos constructivos.

TEMAS

Información general sobre losas.

¿Qué podemos saber en general de ellas?

Losa maciza.

Losa de vigueta y bovedilla ligera.

Losa de vigueta y bovedilla pesada.

Losa reticular de casetón no recuperable.

Losa reticular de casetón recuperable.

Losa mixta.

Losa tridilosa.

CONCLUSIONES

REFLEXIONES FINALES

FUENTES DE CONSULTA



OBJETIVO PEDAGÓGICO

- Se reconocerá y entenderá la función de los componentes de las losas para claros cortos.
- Se identificará la normatividad relacionada al diseño.
- Se comprenderán los principios de los sistemas constructivos aislados y de forma conjunta.

ACTIVIDAD A ELABORAR

MARZO

ANTECEDENTES

Redacción del desarrollo y explicación sobre el tema de investigación.

ABRIL

GLOSARIO

Elaboración del glosario con términos que se utilizarán a lo largo de la investigación.

Representación gráfica y elaboración de detalles constructivos.

MAYO

INTRODUCCIÓN

Redacción de consideraciones técnicas y normativa a tomar en cuenta para diseño, planeación, cálculo y ejecución de las losas de claros cortos.

Representación gráfica y elaboración de sistemas constructivos.

JUNIO

Investigación y redacción sobre otros elementos constructivos que coexisten con las losas de claros cortos.

Representación gráfica y elaboración de sistemas constructivos.

JULIO

TEMAS

Investigación sobre los componentes generales de las losas de claros cortos.

Representación gráfica y elaboración de sistemas constructivos.

AGOSTO

Investigación de los siete tipos de losas de claros cortos, abordando en cada una definición, elementos que la componen, materiales y herramientas necesarias, proceso constructivo, cosas que debes saber, pros y contras, paso de instalaciones.

Representación gráfica y elaboración de sistemas constructivos.

SEPTIEMBRE

CONCLUSIONES, REFLEXIONES FINALES Y FUENTES DE CONSULTA

Redacción de los apartados, recopilación de las fuentes de consulta utilizadas y elaboración de gráficos.

Trabajo en CEDyNM

Una vez identificado el apartado del **Plan de Estudios** que podría tener una retroalimentación, y un guion sobre cómo se deseaban abordar los temas a través de la elaboración de **contenidos gráficos**, se acordó una cita en la **CEDyNM** (Coordinación de Educación a Distancia y Nuevos Medios) para presentar la **propuesta inicial**, explicar la razón de su elaboración y mostrar ejemplos en los que se podía observar cómo se planeaba generar el contenido y los materiales.

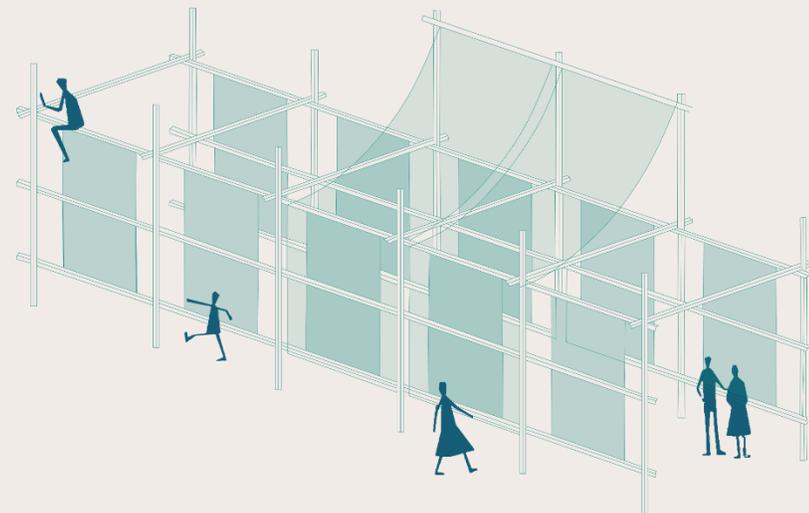
Se acordaron los **ejes rectores** del **tema central** de investigación, se elaboró un **cronograma de trabajo** en donde se plasmaron los **alcances esperados** durante el periodo de tiempo que se estaría trabajando el material. Después se elaboraron las primeras **imágenes** a la par de la **redacción y revisión del texto** que las acompañaría, con el fin de presentarlos en la primera sesión de trabajo y obtener así **retroalimentación**, dejando claro que uno de los aspectos más importantes que debe estar plasmado es la correcta representación gráfica de las ideas.

Una vez que se tuvo la **retroalimentación** de la primera sesión seguimos elaborando el material, cada semana se acordaba una **cita** para revisar el contenido generado y obtener una retroalimentación para **hacer** los **cambios** que se consideraran necesarios.

Conforme se fue acumulando el material se decidió que podría ser recabado en **un solo documento** para que se leyera de **forma continua**, una vez que éste tenía más **"cuerpo"** se vieron **aspectos editoriales, citas de información, referencias** y se terminaron de pulir aspectos para que se logrará encaminar a un **trabajo de investigación** más elaborado y correcto tanto de fondo como de forma.

El trabajo de **revisión de contenido, editorial**, se llevó a cabo de manera continua, gracias a la elaboración correcta del documento de investigación, se trabajó a la par con otros materiales y textos en diferentes formatos.

La **comunicación** continua entre todas las partes involucradas a lo largo de la realización del trabajo dio como resultado materiales de calidad, atractivos y **complementarios** a lo que se transmite en clases o se observa en textos y la vida real.



GLOSARIO

01 DEFINICIONES

Anclaje

Se refiere a los medios para **mantener unidos dos elementos** de la estructura o un elemento de esta con otro de la cimentación, por lo general para resistir fuerzas laterales o de tracción. (Ching, F., D., 2014).

Apoyo

Punto, superficie o masa que soporta el peso, especialmente al área de contacto entre un elemento portante, como una viga o una cercha, columna, muro o cualquier otro elemento estructural. (Ching, F., D., 2014).

Área tributaria

Porción de estructura que contribuye a la **carga sobre un elemento** o componente estructural. (Ching, F., D., 2014).

Arriostramiento

Técnica que se suele aplicar en el campo de las construcciones para **estabilizar y fortalecer la estructura** en general, con estos sistemas es posible incrementar la rigidez del conjunto estructural y disminuir la deriva lateral. (TRCPAINT, 2023).

Arquitectura

Incorpora una serie de **cualidades estéticas** inefables que surgen de la **conjunción de espacio, forma y estructura**. En su función de proporcionar soporte a otras partes del edificio y a las actividades que en él se desarrollan. (Ching, F., D., 2014).

Bajada de agua pluvial

Es una **tubería por la que escurre el agua de lluvia captada y canalizada en la azotea**.

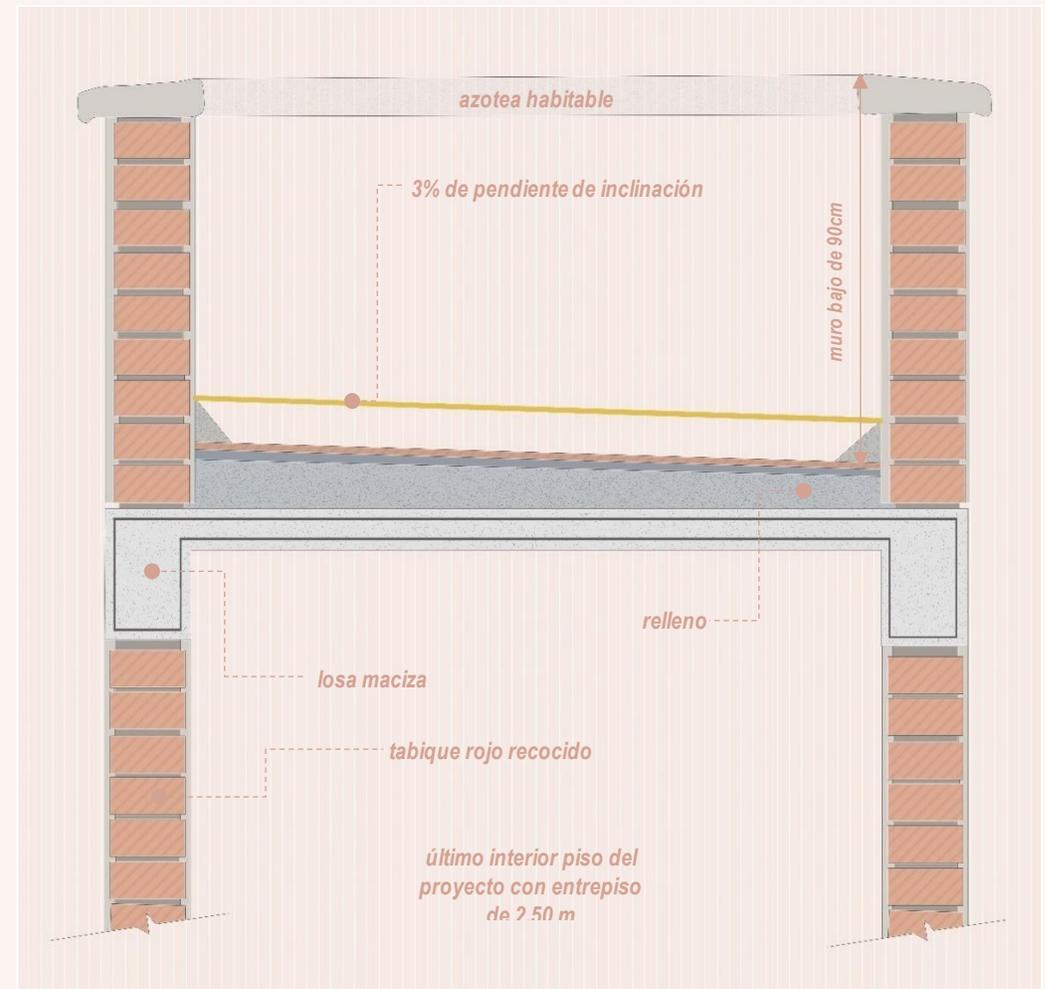
El agua debe descargarse en una cisterna que permita su almacenamiento y posterior filtración hacia el subsuelo.

El reglamento no permite descargas pluviales directamente sobre la vía pública.

La **pendiente mínima** para desalojar eficientemente el agua de lluvia **es 3%**, esta pendiente se forma moldeando y acomodando el relleno.

No deben plantearse trayectorias largas desde el escurrimiento del agua hacia las bajadas de agua pluvial, ya que **el total de material de relleno aumentaría** agregando carga extra a la estructura. Es indispensable que en las BAP se coloquen coladeras.

Las BAP no deberán utilizarse para **desalojar las aguas negras**, cuyos conductos deben estar separados. (García Rivero, J., 2008).



Zeno Ramos, B. (2023). *Losas de azotea*. [Imagen]. Basado en García Rivero, J., et al, 2008.

Al encontrarse en el último nivel de las construcciones, sean habitables o no, deben tener una inclinación obligatoria por reglamento para BAP.

Banda tributaria

Área tributaria por **unidad de longitud** de un elemento portante.

(Ching, F., D., 2014).

Bidireccional

Que tiene **dos direcciones**. (Real Academia Española, 2023).

Canto

Línea que forma la **terminación de la superficie** de una **pieza** o elemento.

También llamado borde. (Diccionario de arquitectura y construcción, 2023).

Cargas

Son la **suma del peso propio** y las sobrecargas verticales sobre la estructura.

(Ching, F., D., 2014).

Carga muerta

Es la carga vertical debida a los efectos gravitacionales de la masa o peso, de todos los **elementos permanentes**, ya sean estructurales o no estructurales. (Arnal Simón, L., Betancourt Suárez, M., 2019).

Carga viva

Es la **carga debida al uso de la estructura**, sin incluir la carga muerta, fuerza de viento o sismo. (Arnal Simón, L., Betancourt Suárez, M., 2019).

Carga puntual

Actúa sobre un **punto o una superficie muy reducida** de un elemento estructural, como cuando una viga apoya sobre una columna. (Ching, F., D., 2014).

Carga tributaria

Es la carga que un elemento o componente estructural recoge de su **área tributaria**, se requiere tener a disposición la retícula estructural, tipo y patrón de las losas soportadas. (Ching, F., D., 2014).

Cerramiento

El cerramiento o envoltura de un edificio, incluyendo la cubierta, los muros exteriores, ventanas y puertas, **proporciona protección y refugio a los espacios interiores del edificio**.

La cubierta y los muros exteriores protegen los espacios interiores de las inclemencias climáticas, controlan la humedad, temperatura y flujo de aire a través de las distintas capas constructivas.

También **amortiguan el ruido** y proporcionan seguridad y privacidad a los ocupantes del edificio. (Ching, F., D., 2014).

Cimbra

Al momento de vaciar el concreto para obtener el volumen total de la losa, es el que tendrá la **función de ser el “envase”**, para darle la **forma** deseada al concreto y evitar que se derrame.

La previsión del uso repetido de las cimbras y familiarización con los métodos de construcción determinan el **diseño y planeación** de las cimbras. Para diseñarlas es necesario conocer las **resistencias de los materiales** y las cargas que estas van a soportar.



Zeno Ramos, B. (2023). *Armado de cimbra.* [Fotografía].

Polines acomodados para cimbra en el lugar de la obra.

La **forma final**, el **tamaño** y el **acabado** de la superficie deben considerarse también en la fase preliminar de la planeación.

No sólo brindan protección al concreto, ayudan en su curado, alojan las varillas para el refuerzo y las tuberías que van ahogadas dentro de él. Deben ser **rígidas y resistentes**, si no lo son el elemento sufrirá una pérdida de mortero, lo que provocará huecos.

Se deben **sujetar y fijar** para que se mantengan alineadas y lo suficientemente fuertes para alinear al concreto. Sí la cimbra va a **usarse otra vez**, hay que quitarla cuidadosamente y reinstalarla sin que sufra daños.

7 La mayoría de hacen de madera, pero también existen hechas de:

1.-Metal: cuando se requiere una mayor resistencia o la construcción para la que se hace se va a repetir en otro lugar. Son **más caras**, pero más convencionales si **son usadas en repetidas ocasiones**, como en carreteras, guarniciones y aceras.

2.-Madera: las más usadas en la construcción, son las más económicas, de fácil manejo y adaptables a distintas formas. Cuando ya es **reutilizada**, la pedacería debe estar **pareja**, ser estructuralmente buena, fuerte y estar seca.

La madera secada en horno se hincha cuando se humedece con el agua del concreto. Cuando se utiliza madera tierna, debe considerarse una tolerancia para la **contracción** o la cimbra tendrá que mantenerse húmeda hasta que el concreto se vacíe en su lugar.

Las mejores maderas para cimbras son las **suaves** como el pino, abeto y las acicaladas, ya que son ligeras, manejables y se obtienen fácilmente. La madera que esté en contacto con el concreto debe recibir un **tratamiento liso por lo menos en uno de sus lados**, ese es el que se coloca del lado del concreto. (García Rivero, J., 2008).



Zeno Ramos, B. (2023). *Triplay para cimbra.* [Fotografía].

2



Zeno Ramos, B. (2023). *Cimbra armada lista para colar.* [Fotografía].

4



Zeno Ramos, B. (2023). *Alineado de cimbra.* [Fotografía].

3



Zeno Ramos, B. (2023). *Cimbra con concreto.* [Fotografía].

5

Cimentaciones profundas

Consisten en pilotes que atraviesan el **terreno no resistente** y transmiten las cargas hasta un estrato de roca o gravas y arenas densas con la suficiente resistencia. (Ching, F., D., 2014).

Cimentaciones superficiales

Se emplean cuando a **poca profundidad** hay un **suelo estable** y con suficiente capacidad de carga, pueden ser: puntuales (zapatas aisladas), lineales (muros y zanjas de cimentación), planas (losas de cimentación). (Ching, F., D., 2014).

Cimientos

Parte inferior de un edificio, y están contruidos parcial o totalmente bajo la superficie del terreno. Su función primaria consiste en **soportar** y **anclar** la superestructura superior y transmitir las cargas al terreno de una forma segura.

Aunque suelen **estar ocultos**, **deben diseñarse para acomodar la forma y la distribución de la estructura que se sitúa por encima** y responder a las condiciones variables del suelo.

Deben anclar la superestructura para **evitar el deslizamiento vuelco** o la elevación debidos a la acción del viento, soportar los movimientos bruscos del terreno en caso de terremoto.

La **capacidad de carga del suelo** puede limitar el tamaño del edificio o requerir cimentaciones profundas. (Ching, F., D., 2014).

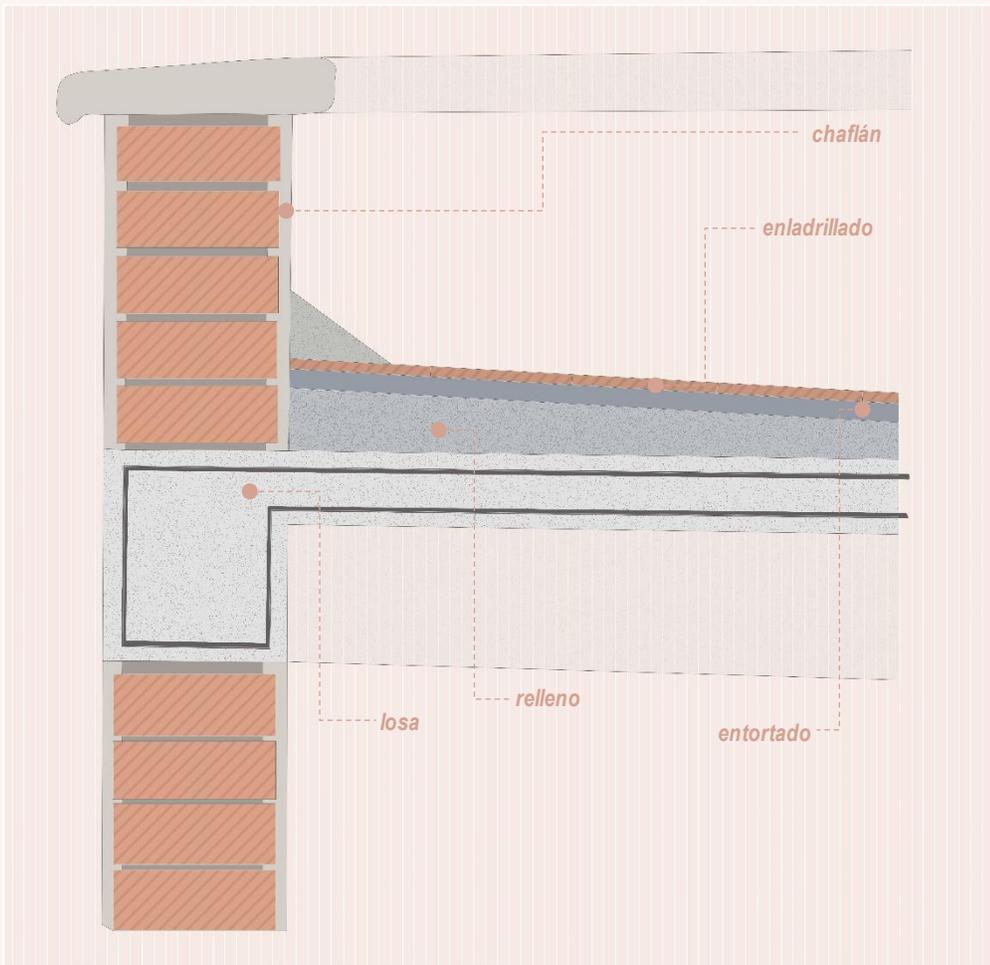


Zeno Ramos, B. (2023). *Cimentación profunda para edificio de departamentos.* [Fotografía].

Chaflán

En la unión del entortado con el pretil se presentan **puntos susceptibles de filtración**, por lo que se fabrica un chaflán a base de pedacería de tabique junteada con mortero.

Tiene una **sección triangular** y cada cateto debe medir 10 cm. Se mide en metros lineales. (García Rivero, J., 2008).



Zeno Ramos, B. (2023). *Sistema estructural irregular*. [Imagen]. Basado en García Rivero, J., et al, 2008.

La separación entre espacio y estructura para generar flexibilidad en la disposición, da cabida al crecimiento y expansión.

Claros

Es el **espacio libre** existente entre columnas. (Constructor civil, 2023).

Concreto

El concreto se define como una mezcla de **arena, grava, roca triturada y otros agregados**, que junto con una pasta de **cimento y agua** forman una masa rocosa. También va acompañado de algunos aditivos que modifican algunas características del concreto, tales como la ductilidad, durabilidad y tiempo de fraguado. (García Rivero, J., 2008).

Condición del apoyo

Se refiere al modo como un elemento estructural se **apoya** y se **conecta a otros elementos**, afectando a la naturaleza de las fuerzas de reacción desarrollados sobre el elemento de soporte. (Ching, F., D., 2014).

Construcciones

Relativamente permanentes que se levantan sobre un pedazo de terreno para que sean habitables. (Ching, F., D., 2014).

Componentes del concreto

1.-Proceso químico:

Los ingredientes esenciales del concreto son el cemento y el agua, los cuales reaccionan químicamente en un proceso llamado **hidratación** para formar otro material más fuerte. El **endurecimiento** del concreto no es el resultado del secado de la mezcla, porque el concreto fresco colocado bajo el agua se endurecerá a pesar de encontrarse bajo la misma. La mezcla de cemento y agua se conoce como pasta de cemento.

2.-Agregados:

La **arena, piedra y grava**, se añaden a la **mezcla de cemento y agua** en cantidades ya establecidas para **aumentar el volumen de la mezcla**. (García Rivero, J., 2008).



Zeno Ramos, B. (2023). *Concreto recién colado*. [Fotografía].

Concreto recién colado y distribuido en el emparillado de varillas.

Ductilidad

Propiedad de los materiales mediante la cual pueden **deformarse plásticamente antes de romperse**. Es una propiedad deseable para un material estructural.

La ductilidad de un elemento estructural **permite que el exceso de carga se reparta entre otros componentes de la estructura o entre otras partes del mismo elemento**. (Piralla Meli, R., 2002).

Edificio

Conjunción física de una serie de sistemas y subsistemas que deben estar necesariamente relacionados, coordinados e integrados entre sí, y con la **forma tridimensional** y la organización espacial del edificio en su conjunto. (Piralla Meli, R., 2002).

Encofrado

Armazón formado por un conjunto **de planchas o placas metálicas o de madera convenientemente dispuestas para recibir el vaciado de concreto** que, al endurecerse, forma las paredes de los edificios construidos con este material. (Real Academia Española, 2023).

Enladrillado

Para proteger al entortado de tránsito sobre la azotea, se colocarán ladrillos de barro recocido junteados con: mortero-cemento-arena 1:4.

Antes de colocar el enladrillado, se aplicará un **sistema impermeabilizante**, si es necesario.

Evitar romper el enladrillado o el entortado y **remover** el relleno ya colocado para **instalar una bajada de agua pluvial no prevista** o la base de algún equipo. **Se mide en m2.** (García Rivero, J., 2008).

Entortado

Si el relleno es un material suelto, entonces debe **confinarse** totalmente para que conserve el mismo espesor.

En la parte inferior está confinado por la losa de concreto, a los lados se encuentra confinado por los pretilas. En la parte **superior** se confina con el entortado, el cual es un **firme de mortero**, con un **espesor de 3 cm sin refuerzo**. **Se mide en m2**, especificando el espesor. (García Rivero, J., 2008).

Entramado

Se llama entramado a una **superposición de elementos** que forma un **sistema o “red”** perpendicular, entre sí, que sostiene una pared o un tabique. (Fundación laboral de la construcción, 2023).



Zeno Ramos, B. (2023). *Entramado de varillas.* [Fotografía].

Estructura

Es un **ensamblaje de elementos**, diseñados para soportar las cargas gravitacionales y resistir las fuerzas horizontales. (Piralla Meli, R., 2002).

Flecha

Es la distancia perpendicular que se desplaza un elemento horizontal respecto a su posición inicial bajo la acción de una carga transversal. Esta distancia **aumenta con la carga y el claro**, y es menor cuando la sección o el material son más rígidos. (Ching, F., D., 2014).

In situ

En el lugar, en el sitio. (Real Academia Española, 2023).

Jácena

Viga maestra (principal) colocada de forma horizontal con sus extremos **empotrados o apoyados** en muros enfrentados o sobre columnas que se distancian en paralelo para dar asiento perpendicular a las **vigas más livianas y en mayor número**, que conforman la base de una plataforma elevada. (Glosario arquitectónico, 2023).

Línea neutra

Línea imaginaria que recorre los **centroides** (centros geométricos) de la sección transversal de una viga o cualquier otro elemento estructural sometido a flexión, en la cual no se produce ningún esfuerzo de flexión. (Ching, F., D., 2014).

Momento resistente

Momento interno, igual y opuesto al momento de flexión, generado por un par de fuerzas que **mantienen el equilibrio** de la sección considerada. (Ching, F., D., 2014).

Muro sobre muro

Ocurre cuando dentro de una construcción **los muros de dos pisos se sobreponen uno sobre otro**, o también podríamos decir que se encargan entre ellos, uno está sobre el otro. (Juve 3D studio, 2023).

Peralte

Altura o grosor que tendrá la losa, la medida del mismo variará dependiendo del peso total que se ha calculado tendrá que cargar la losa, es decir entre más peso, será más ancha. (Arnal Simón, L., Betancourt Suárez, M., 2019).

Pretil

Es un elemento constructivo de **media altura** que se fabrica a base de concreto armado, tabique rojo recocido o algún otro tipo de mampostería.

Sirve para **contener** el agua de lluvia que se capta en la losa tapa y sirve de base al resto del sistema que permite **desalojar** el agua de la azotea. (García Rivero, J., 2008).

Redundancia

Implica proporcionar **múltiples trayectorias** para que las cargas puedan sortear cualquier punto excesivamente **tensionado** o cualquier fallo localizado de la estructura. Es recomendable en áreas de actividad sísmica elevada. También es un atributo esencial en estructuras de grandes claros. (Ching, F., D., 2014).

Relleno

Para desalojar el agua de lluvia es necesario que **escurra** sobre la superficie y se canalice hasta las bajadas de agua pluvial. El relleno que se utiliza es un material pétreo ligero (**tezontle**) que se coloca sobre la losa tapa. Se extiende, distribuye y nivela para provocar el escurrimiento. Para que el relleno tenga uniformidad y una distribución eficiente, el **tamaño** máximo de las piedras debe ser de **3cm**.

Una vez tendido el material de relleno debe apisonarse para acomodar las partículas, a fin de **evitar asentamientos** posteriores.

No debe iniciarse el relleno hasta no tener construidas las bases de los equipos y las tuberías de las **BAP**, perfectamente instaladas. Se medirá en unidades de volumen, **metros cúbicos** (m³). (García Rivero, J., 2008).

Sellado

Para sellar el sistema de azoteas (pretil-entortado-chaflán) se aplicará una **lechada de cemento en proporción 1:3** y se extenderá sobre la superficie del enladrillado y el chaflán. (García Rivero, J., 2008).

Sistema estructural

Sistema de partes interconectadas e interrelacionadas con **unión estable de elementos** diseñados para que **funcionen como una unidad** que soporta y transmite al terreno las cargas correspondientes, de una forma segura y sin exceder la **resistencia** de cada uno de los elementos.

Cada uno de los elementos constituyentes de la estructura tiene un carácter unitario y muestra un comportamiento único bajo una determinada carga.

Hace posible la **forma de un edificio y sus espacios. Combinan forma y espacio de una forma coherente.**

La unión de partes interrelacionadas o interdependientes forman un conjunto más complejo y unificado al servicio de un propósito común. Pueden clasificarse también en subestructura y superestructura. (Ching, F., D., 2014).

Superestructura

Extensión vertical de un edificio **por encima de la cimentación**, consta de un cerramiento y una estructura interior que **definen la forma de un edificio y su distribución y composición espacial.**

Siguiendo las mismas trayectorias por las cuales la primera transmite las cargas hasta los cimientos. (Ching, F., D., 2014).

Tensiones cortantes verticales

Se producen a lo largo de la **sección transversal** en respuesta al esfuerzo cortante, que alcanza su máximo en la línea neutra y disminuye de forma no lineal hacia las caras exteriores. (Ching, F., D., 2014).

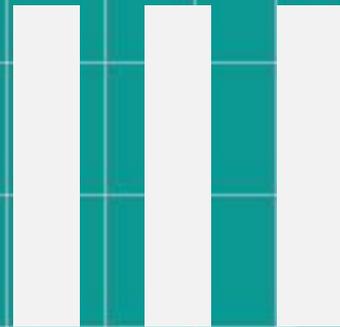
Trabe

Las vamos a encontrar como **refuerzos en la parte de debajo de las losas o ahogados en las mismas**, que funcionarán como soportes, son estructuras hechas de concreto que van reforzadas con acero que ayudarán a soportar los muros que se encuentren en la parte de arriba. (Keobra, 2023).

Unidireccional

Que se orienta en una **única dirección.** (Real Academia Española, 2023).

INTRODUCCIÓN



COSAS QUE DEBES SABER ANTES DE ESCOGER UNA LOSA

01

Preámbulo a las losas, al contenido teórico

En el momento que pensamos en estructuras arquitectónicas, el planteamiento de la estructura abarca más aspectos que el **dimensionado apropiado** de los elementos, componentes o el diseño de las uniones estructurales.

Considerar que la **disposición general, escala de los elementos y las uniones estructurales** generan un concepto de proyecto, consolidan la forma arquitectónica y la distribución espacial de la propuesta, que en conjunto hacen posible su construcción.

Se debe entender la importancia de los sistemas estructurales en el diseño arquitectónico, y tomar en cuenta **cómo se relacionan los órdenes conceptuales, sensoriales y contextuales de la arquitectura**.

Intención formal

Punto de partida para que el **sistema estructural** se **relacione con la espacialidad de un proyecto** a través de exponer el sistema estructural, ocultar la estructura o enfatizar la estructura.

Exponer la estructura

Por **medio** de la **arquitectura se expresa la forma** generalmente de un **modo claro y directo**. Encontramos edificios que muestran sus sistemas estructurales y los utilizan como elementos primarios de la **forma arquitectónica o estética**.

Ocultar la estructura

El sistema estructural queda **oculto por el acabado exterior** y la cubierta del edificio.

Alguno de los motivos para dejar en un segundo plano la estructura son de **orden práctico**, como cuando los elementos estructurales deben contar con un **recubrimiento** para protegerlos del fuego, contexto inmediato o la **forma exterior** que se busca no concuerda con los requerimientos del espacio interior.

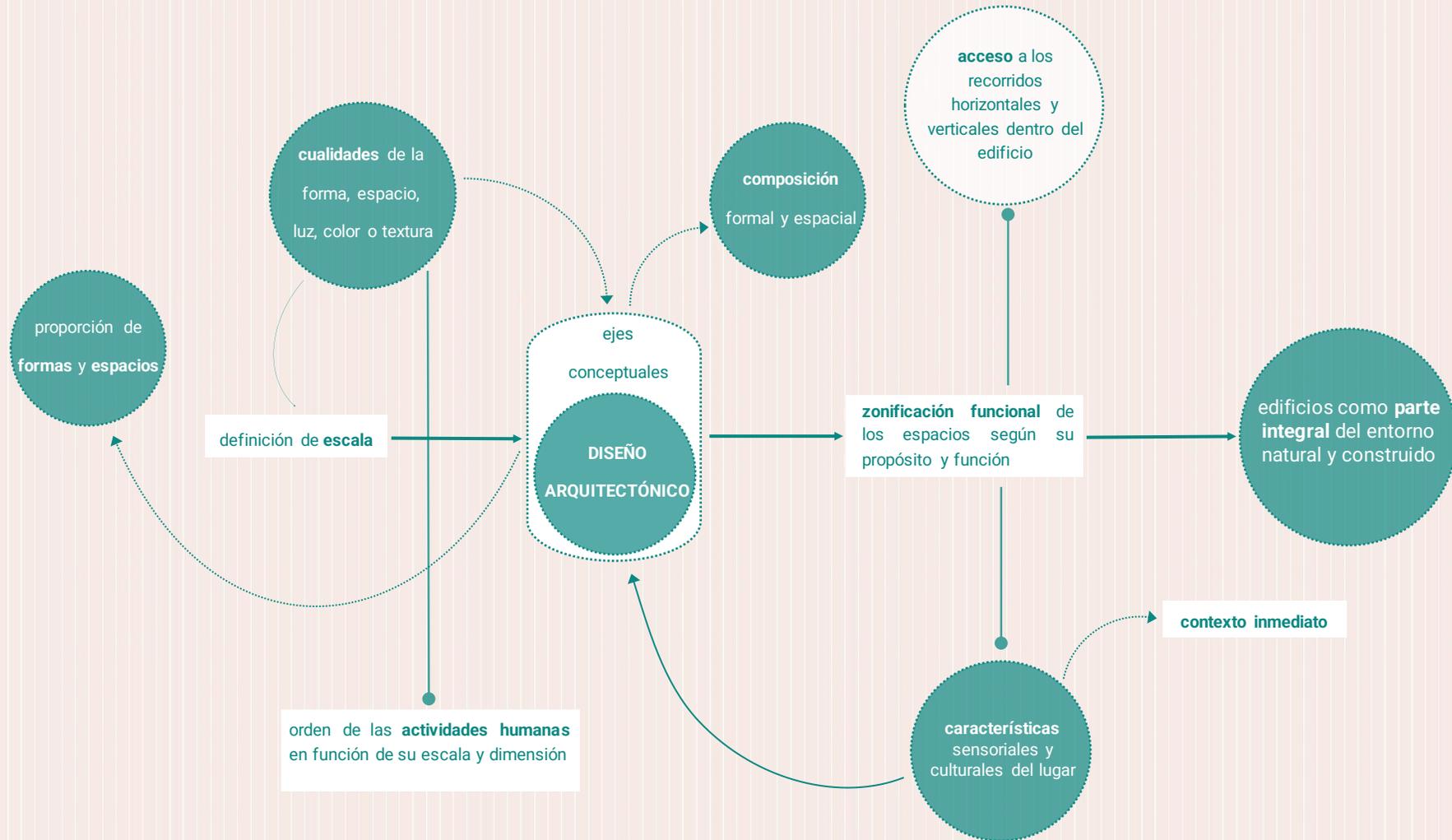
En este caso, **la estructura puede organizar los espacios interiores**.

Enfatizar la estructura

Además de encontrarse solamente **expuesto**, es posible obtener provecho de un sistema estructural como una característica del diseño, **enfatizando la forma y la materialidad de la estructura**, logrando expresar el modo como transmiten las cargas que actúan sobre ellas.

Por ejemplo, existen proyectos en los que podemos observar fácilmente desde el exterior cómo es la **continuidad de los sistemas estructurales** que lo componen (columnas, marcos y muros) mientras en otros al observar quizás algunos acabados nos preguntamos **cómo se sostienen así mismos**.

EJES RECTORES PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO



Composición espacial

La forma de un sistema estructural y la distribución de sus elementos verticales y horizontales pueden relacionarse con la **organización y composición** de un proyecto de dos maneras fundamentales:

- 1.-Hacer **corresponder** las formas del sistema estructural y de la composición espacial.
- 2.-**Plantear una relación menos rígida**, de modo que la forma y el esquema estructural permitan una mayor **libertad y flexibilidad** a la distribución espacial.

Correspondencia

Cuando encontramos correspondencia entre **estructura y composición espacial** puede pasar que el orden de columnas y vigas determine la distribución de los espacios dentro del proyecto, o que la disposición espacial determine un tipo de solución estructural.

¿En qué momento comienzo a pensar en la estructura?

En casos ideales, consideramos **conjuntamente espacio y estructura como determinantes de la forma arquitectónica**.

La composición de espacios según las necesidades y deseos a menudo es anterior a la reflexión sobre la estructura.

En ocasiones **la estructura puede ser la idea de partida que guíe el proceso de diseño**.

Contraste

Cuando **no existe correspondencia entre forma estructural y composición espacial**, alguna de ellas puede asumir el **protagonismo**.

La estructura puede tener una dimensión considerable para poder contener una secuencia de espacios dentro de su volumen, o la **composición espacial** puede sobresalir de una estructura que se oculta.

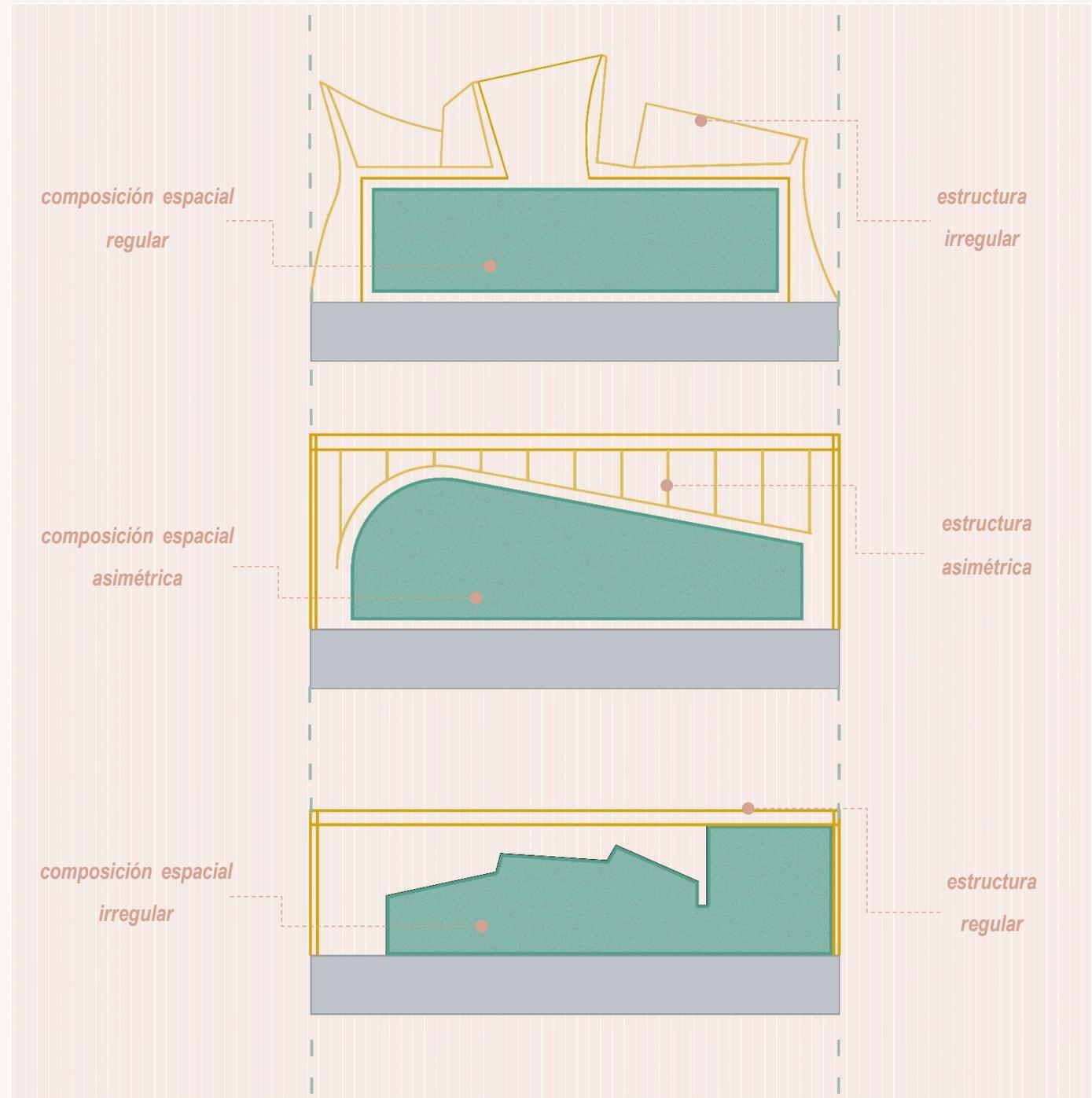
Hacer visible la identidad de los **distintos sistemas** del edificio o **expresar** las diferencias entre las necesidades, deseos y relaciones interiores y exteriores.

Debe mantenerse la **continuidad vertical** en la transmisión de las cargas, para optimizar la eficiencia estructural.

Un sistema estructural **irregular** o **asimétrico** puede envolver una composición espacial más regular.

Una **retícula estructural** puede generar una **modulación** en la que se puede tener una **composición** más libre. La **superestructura**, determina la forma de un proyecto, su distribución y composición espacial.

Zeno Ramos, B. (2023). *Envolturas*. [Imagen].
 Basado en Ching, F., D., et al, 2014.



Diferenciar entre espacio y estructura para otorgar **flexibilidad** a la disposición, contemplar el **crecimiento** y la **expansión**.

Debe mantenerse la **continuidad vertical** en la transmisión de las cargas, para optimizar la eficiencia estructural.

¿Qué elementos tiene mi estructura?

Para resistir el cerramiento de una construcción, así como de las losas o cubiertas y particiones interiores, es necesario un sistema estructural que transmita las cargas soportadas a los cimientos. Columnas, vigas y muros de carga sostienen las losas y cubiertas.

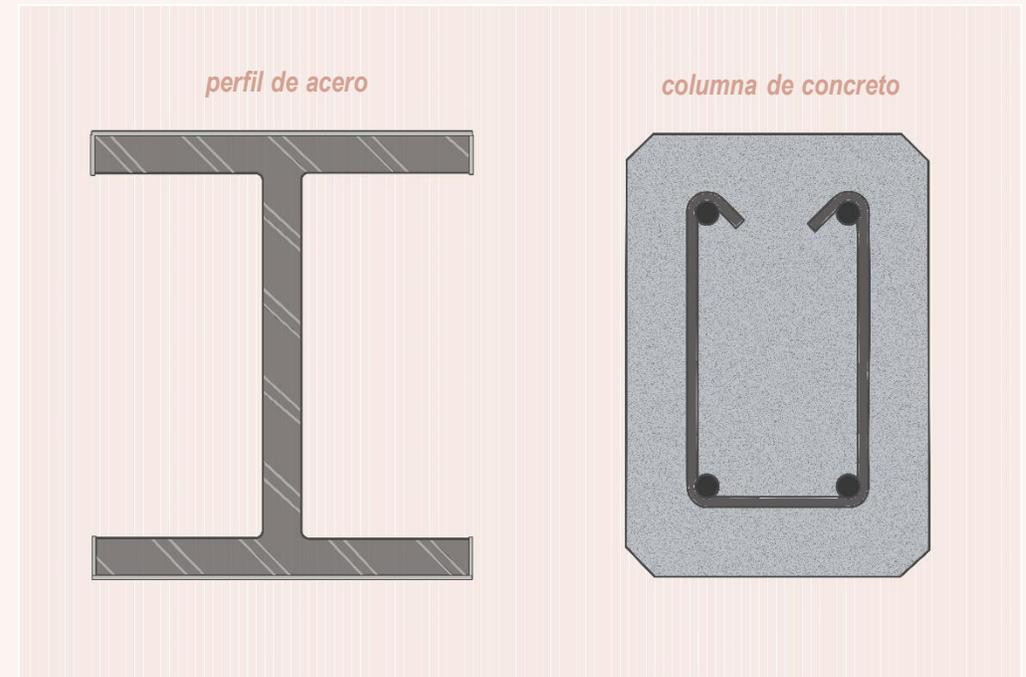
Las losas son planos horizontales que conforman el suelo de los espacios interiores, permiten que se lleven a cabo las actividades y sostienen el mobiliario del interior. Los muros y tabiques internos subdividen el interior de un proyecto en unidades según sea el programa requerido.

Al comenzar la intención formal de un proyecto arquitectónico debemos contemplar los siguientes criterios: **tipo de sistema estructural, organización y distribución de soportes, los claros a cubrir y la proporción de los vanos, tipos de losas o cubiertas, posibles elementos de arriostramiento y los materiales estructurales.**

Materiales estructurales

En una fase posterior del proceso de proyecto también será necesario investigar la **forma y las dimensiones de cada componente (material de forma individual)**, así como el detalle de las uniones que tendrá cada uno y entre sí.

No obstante, previamente hay que decidir sobre estos **aspectos más generales de la estructura al momento del diseño**, pues son los que determinan, en última instancia, la dirección y fijan los parámetros para el desarrollo arquitectónico y constructivo del proyecto arquitectónico.

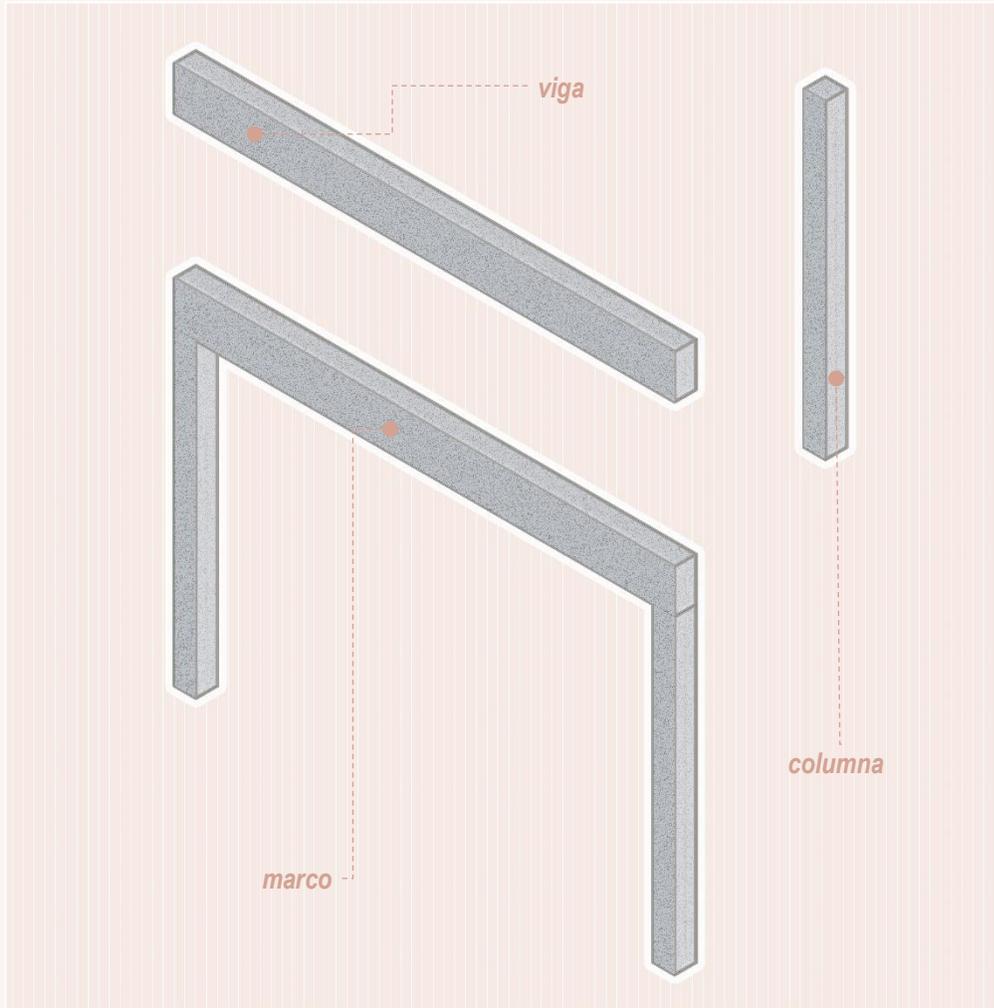


Zeno Ramos, B. (2023). *Tipos de soporte vistos en planta. [Imagen].*

Uno de los "propósitos" es que una estructura dependa menos del peso y la rigidez de un material y más de su geometría para lograr la estabilidad.

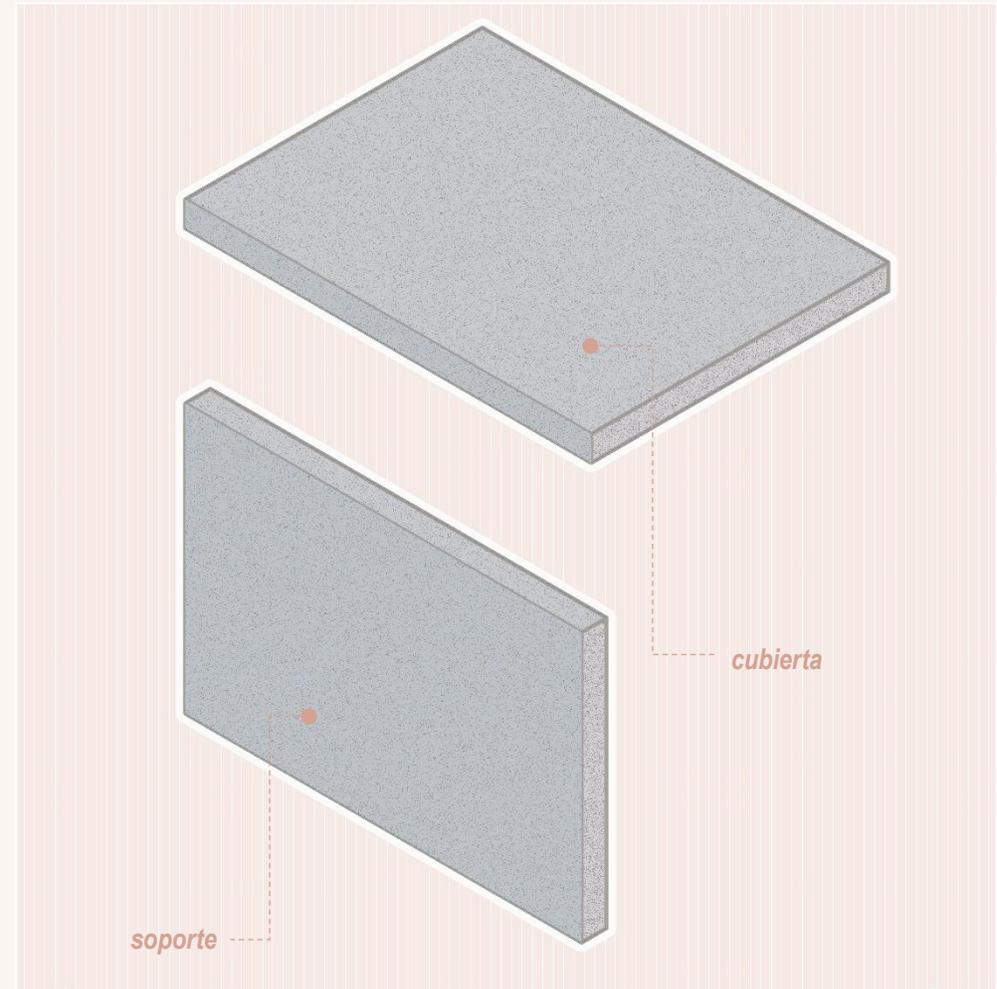
Tipos de sistemas estructurales

Las **dimensiones** de los elementos estructurales como los muros de carga, las losas, cubiertas, bóvedas o cúpulas dan una pista visual sobre su funcionamiento en un sistema estructural y la naturaleza de sus materiales por los que se encuentran compuestos.



Zeno Ramos, B. (2023). *Elementos*. [Imagen].

5

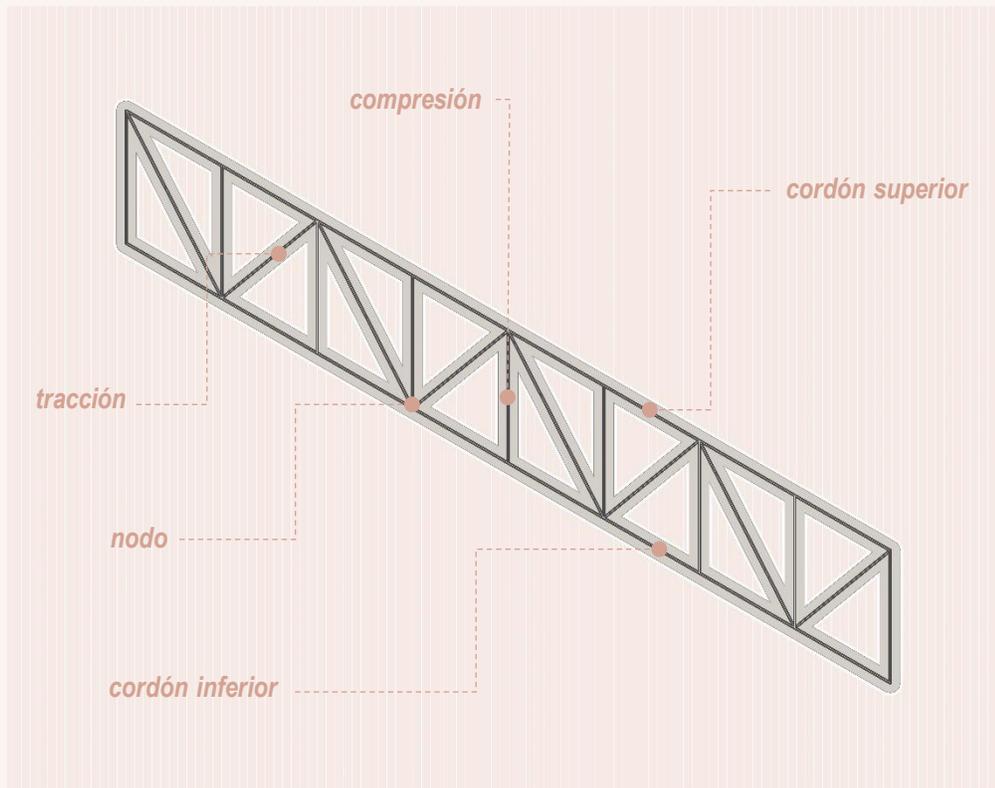


Zeno Ramos, B. (2023). *Trabajo a flexión*. [Imagen].

Los **sistemas a flexión** desvían las cargas externas a través del uso de la masa y la prolongación de sus elementos, como vigas y columnas.

6

Puede elegirse un sistema estructural adecuado siempre que se comprendan los atributos formales de los distintos sistemas frente a las **cargas aplicadas** y su **transmisión** a las cimentaciones.



Zeno Ramos, B. (2023). *Armadura tipo Pratt*. [Imagen].

*Las cerchas son sistemas de vector activo que desvían las fuerzas externas por medio de la **tracción y compresión** de los elementos que la conforman.*

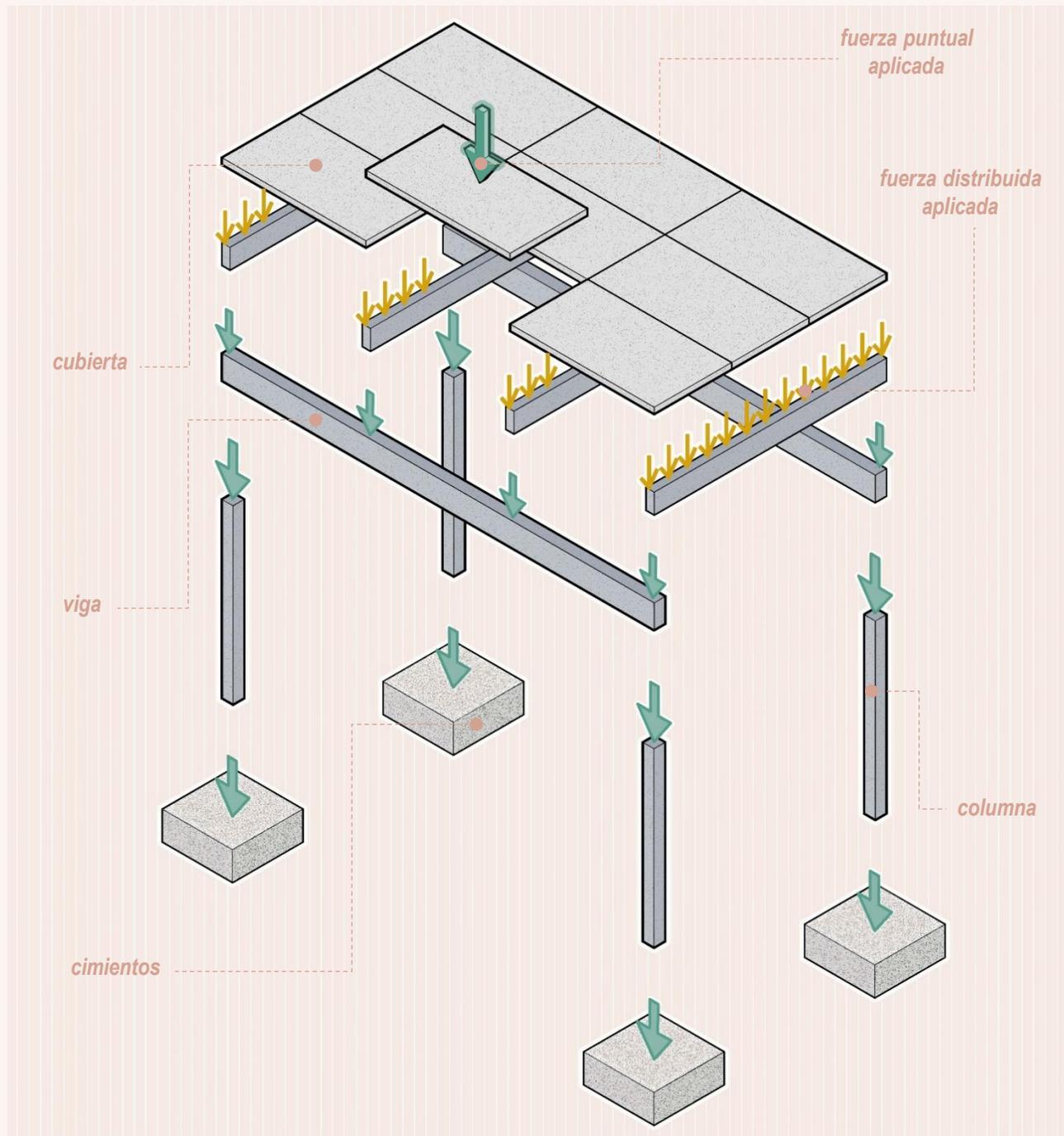
Análisis y diseño estructural

El **análisis estructural** es el procedimiento por el cual se determina la **capacidad de una estructura** o de sus componentes, ya sea existente o en proyecto, para transmitir de forma segura una serie de cargas sin que los materiales **sufran o se deformen en exceso**, una vez conocidas la disposición, la forma y las dimensiones de todos los componentes, los tipos de unión y soporte utilizados, así como resistencias tolerables para los materiales pensados en emplear, solo puede producirse una vez definidas la estructura y condiciones de carga concretas.

Por otro lado, el **diseño estructural** “se refiere al proceso de organizar, interconectar, dimensionar y proporcionar los componentes de un sistema estructural cuya función consiste en transferir una serie dada de cargas sin exceder la resistencia de los materiales empleados.” (Ching, F., D., 2014).

Cuando se tiene elegido el modelo de sistema estructural, su conformación o disposición, y los diversos materiales estructurales a utilizar, se comienza a valorar, dar forma a los componentes individuales y a especificar las articulaciones de los mismos.

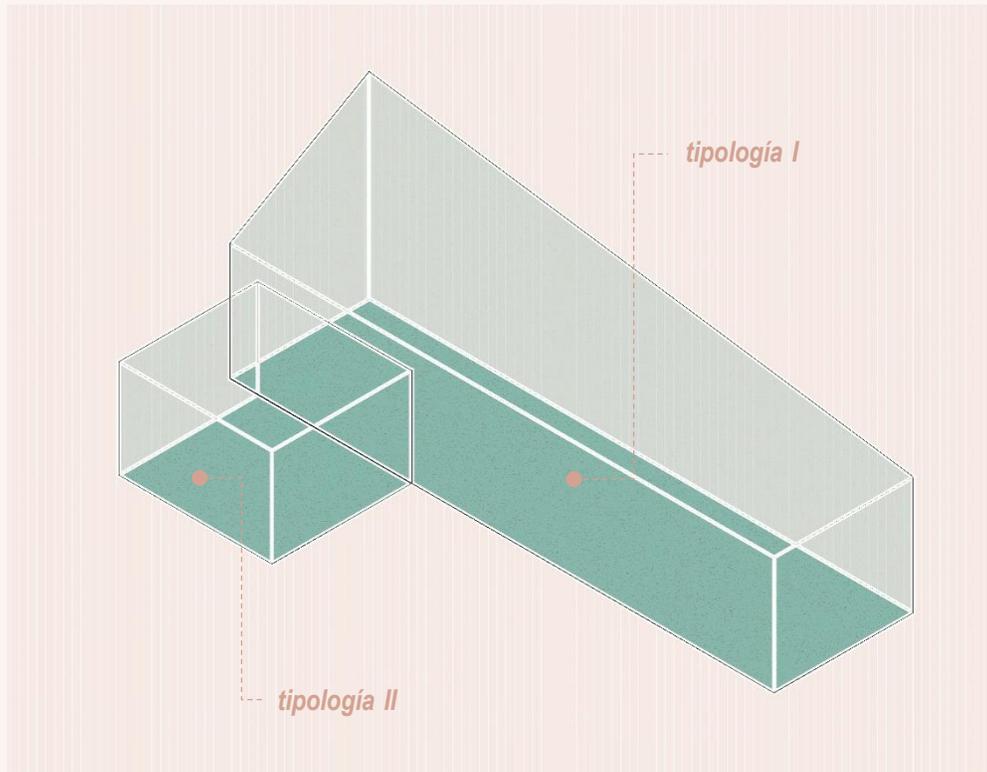
El primer paso del proceso puede tener su origen en diseño arquitectónico, su emplazamiento y su contexto, o por la disponibilidad de ciertos materiales.



Conlleva contemplar un sistema estructural que no sólo responda a las condiciones impuestas por las **cargas**, sino que también responda a las demás consideraciones **arquitectónicas, urbanísticas y funcionales** del proyecto.

La **distribución estructural y la construcción** comienzan comúnmente desde el suelo, por su parte el análisis estructural funciona de arriba abajo.

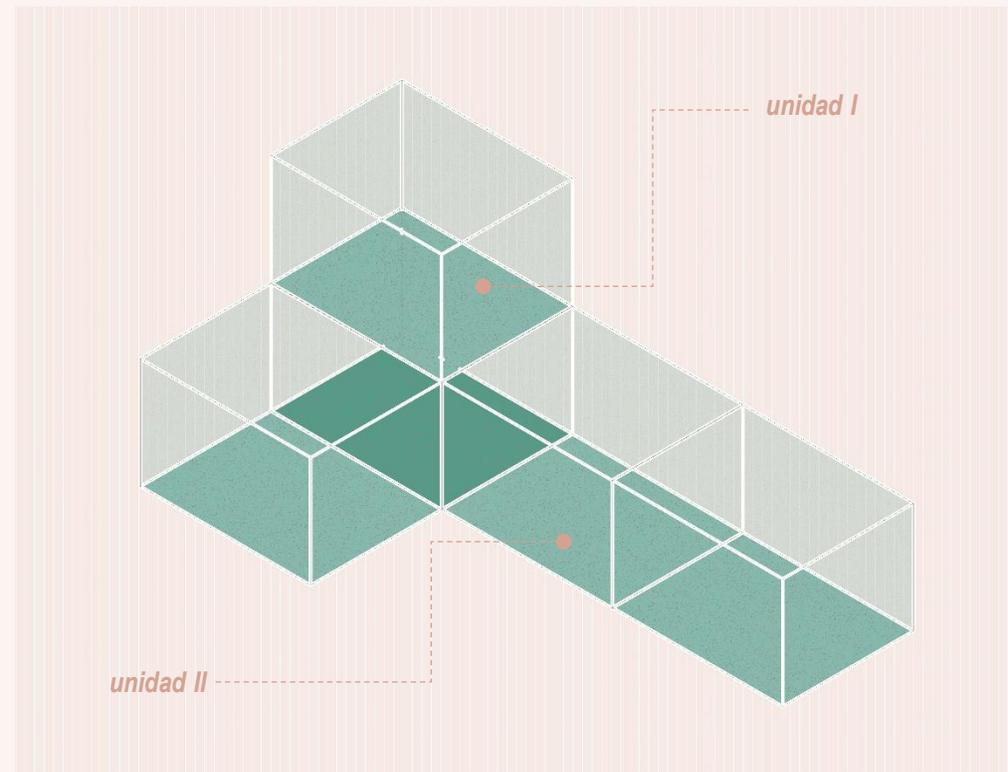
Zeno Ramos, B. (2023). *La estructura como conjunto*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.



9

Zeno Ramos, B. (2023). *Diseño*. [Imagen].

Al comenzar a pensar en el diseño de una estructura, debemos pensar si **¿debe tratarse de una forma global (continua) o de la composición de un conjunto de partes articuladas?** ¿Están organizadas dichas partes bajo algún tipo de **jerarquía?** ¿Qué espacios son más importantes que otros?



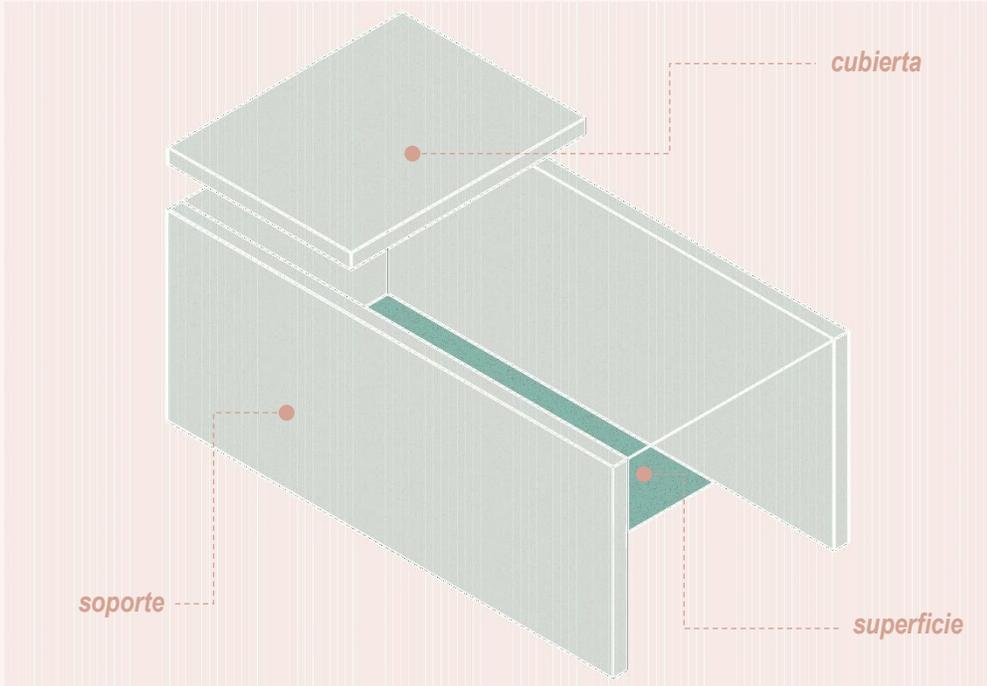
10

Zeno Ramos, B. (2023). *Programa*. [Imagen].

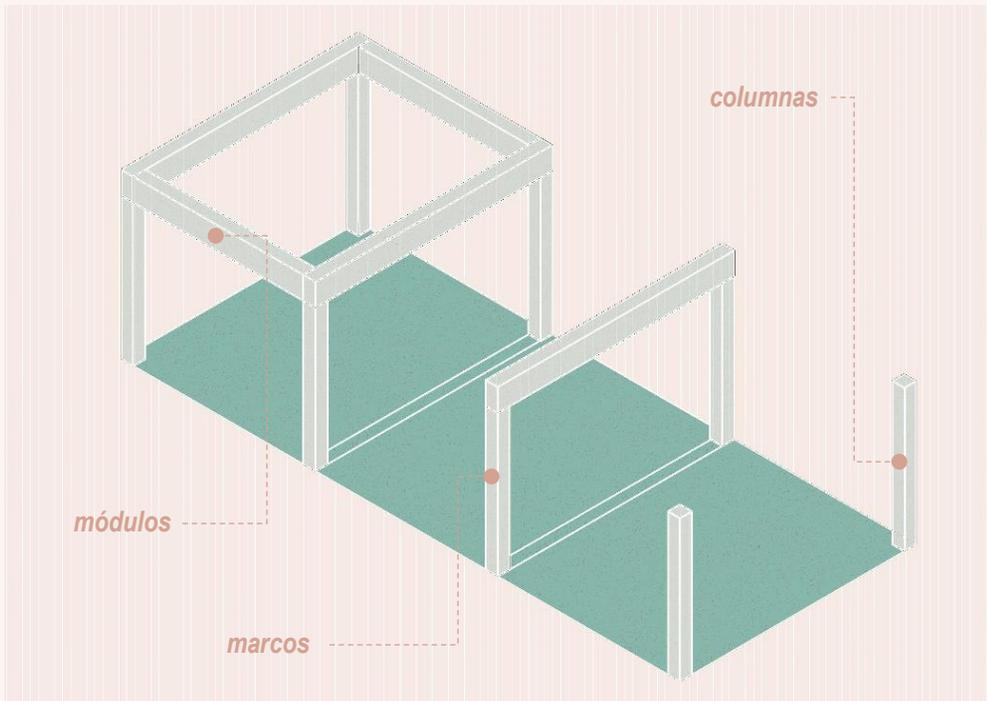
¿Se requiere una relación específica entre la **escala** y la **proporción** deseadas en los espacios demandados por el programa? ¿Quiénes serán los posibles usuarios?

Planificación de la estructura

Cuando planteamos una estrategia para desarrollar una estructura para un edificio, debemos tener en cuenta tanto la **composición arquitectónica** y la **configuración de los elementos estructurales**.

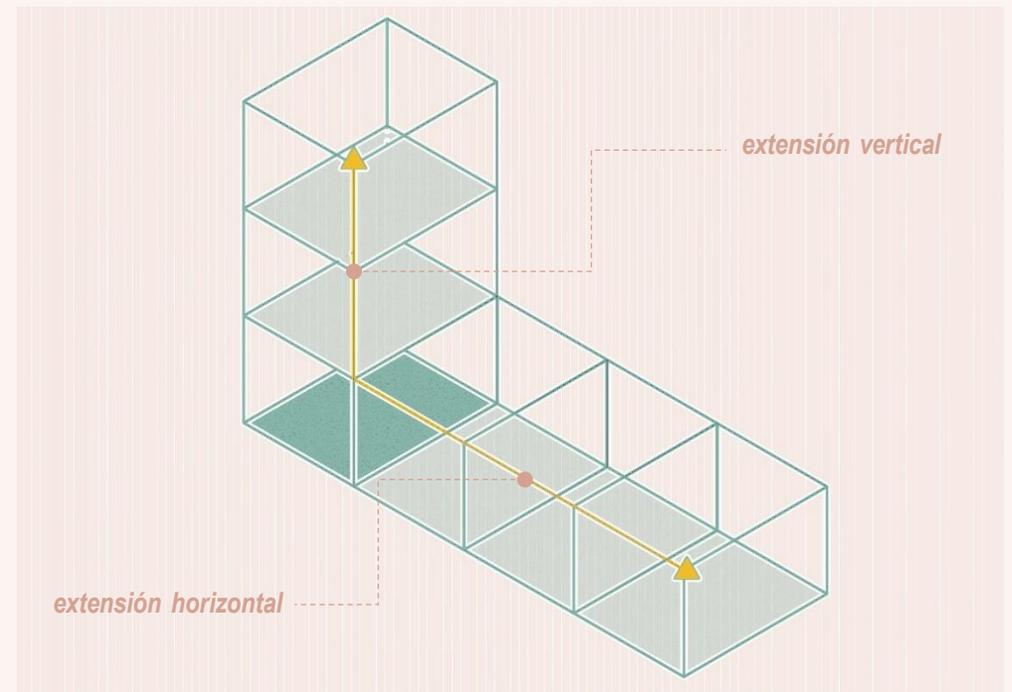


Zeno Ramos, B. (2023). *Integración*. [Imagen].



Zeno Ramos, B. (2023). *Requisitos normativos*. [Imagen].

17



13

Zeno Ramos, B. (2023). *Ampliación*. [Imagen].

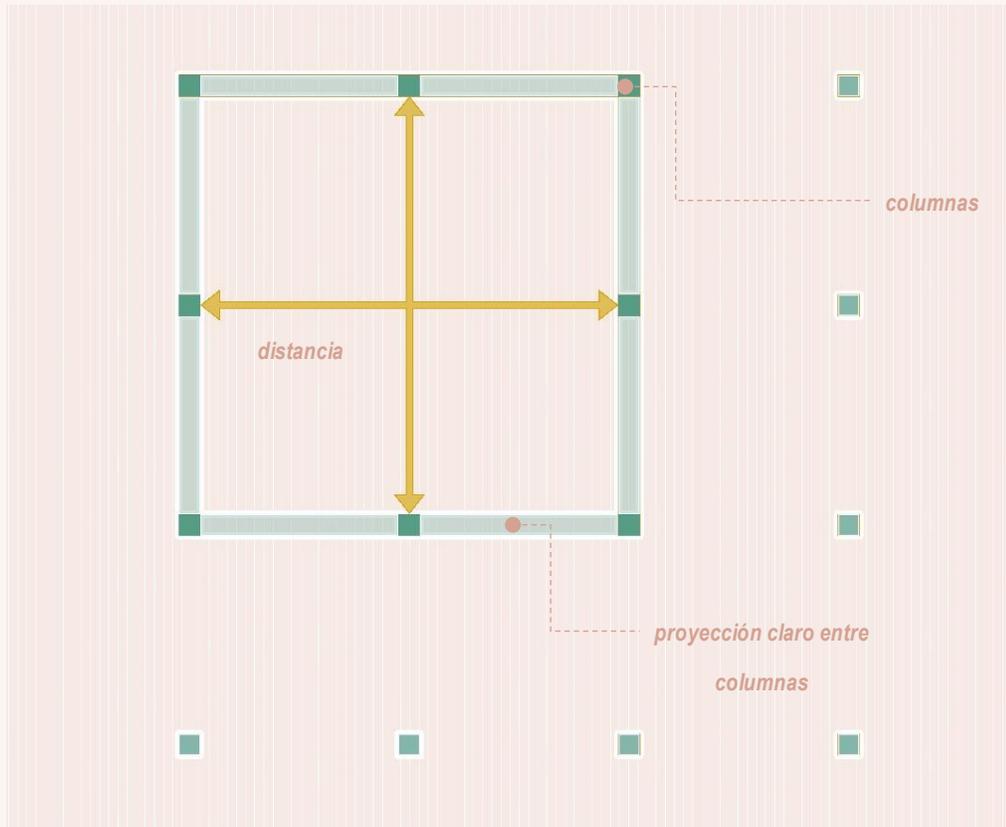
12

¿Cómo deberían integrarse las **instalaciones** y otros sistemas del edificio con el sistema estructural?

¿Cuáles son los requisitos que impone la normativa para la **función, la escala y el grado de ocupación previstos del edificio**? ¿Qué tipo de construcción y de materiales estructurales se requieren?

Plantas irregulares

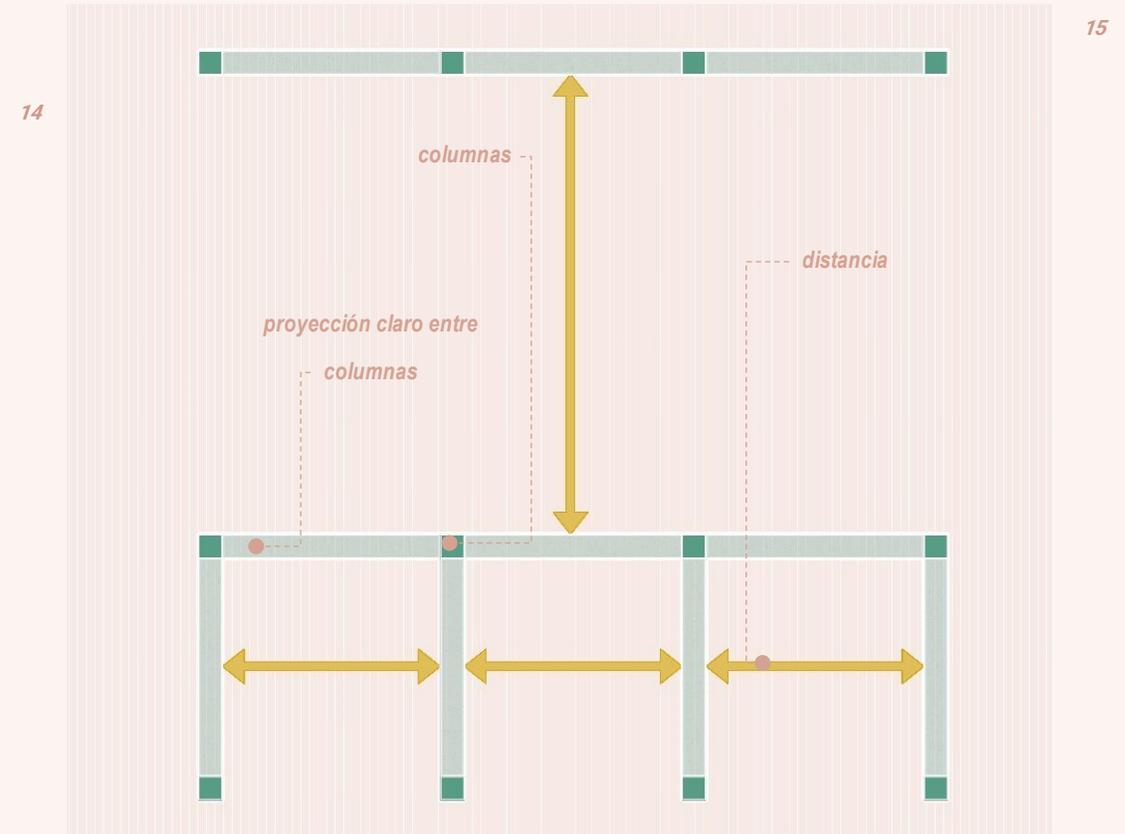
Las **losas unidireccionales** son más eficientes cuando se plantean sobre **plantas regulares y rectangulares**. En el caso de las bidireccionales, los vanos no solo deben ser regulares, sino lo más próximos posible a un cuadrado. El uso de **módulos regulares** también permite la utilización de elementos repetitivos de idéntica sección y longitud.



Zeno Ramos, B. (2023). *Esquinas generadas por columnas en planta regular [Imagen]*.

Los vanos irregulares no suelen presentarse de forma aislada, aparecen en la **periferia** de una retícula más regular de soportes.

Por otra parte, las **condiciones funcionales**, las **limitaciones del emplazamiento** o las **resoluciones estéticas**, normalmente pueden proponer aberturas no rectangulares ni geométricamente regulares.

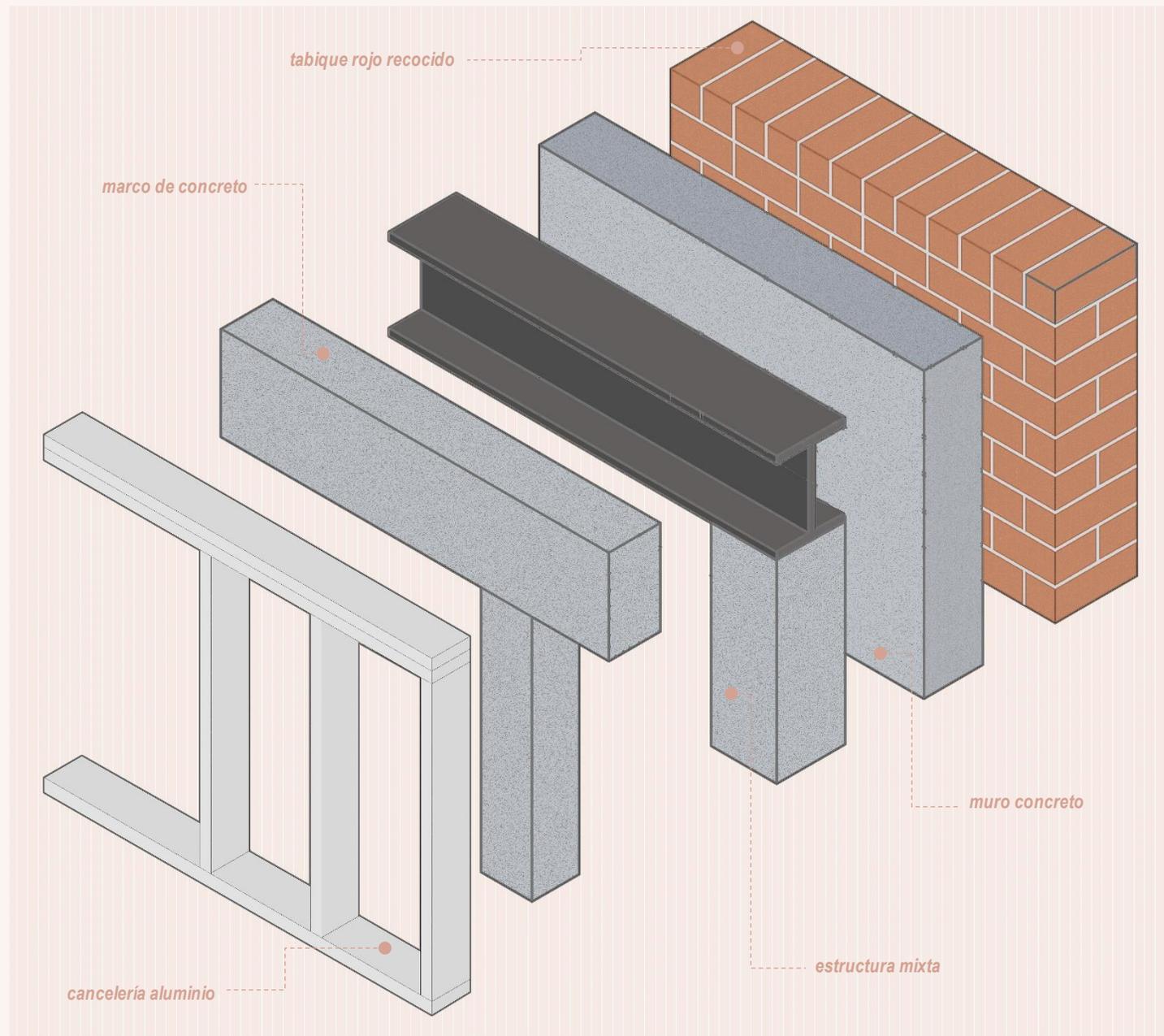


Zeno Ramos, B. (2023). *Proyección de separaciones en alzado. [Imagen]*.

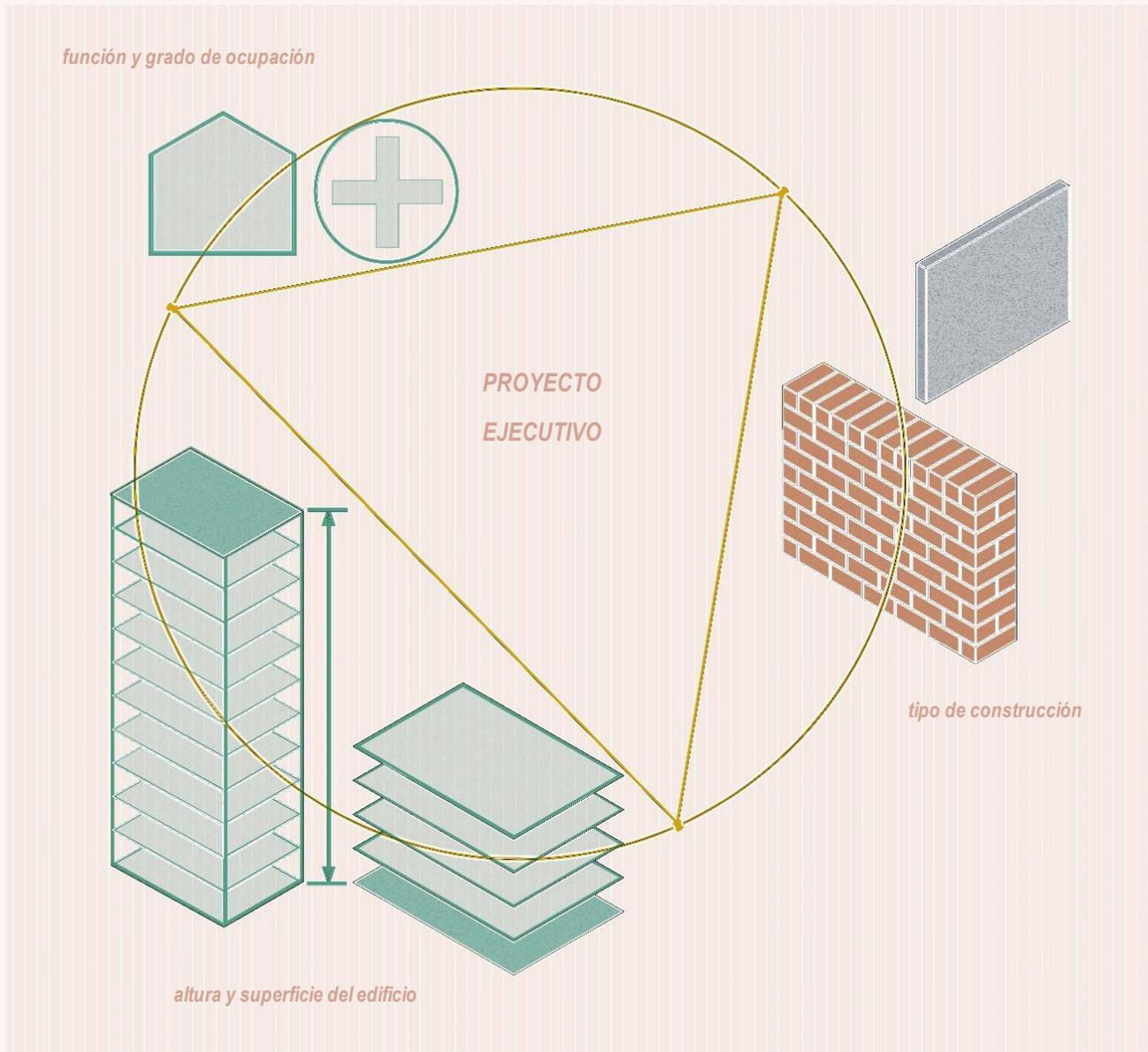
Las losas de concreto pueden adoptar cualquier forma irregular siempre que **la longitud de los voladizos** se mantenga dentro de los límites asumibles por la losa o las vigas de concreto armado.

¿Cómo podrían influir en la elección del sistema estructural la **disponibilidad de materiales**, los **procesos de fabricación**, las **necesidades de transporte** y de **mano de obra** o los **plazos previstos de ejecución**?

¿Existe la necesidad de prever una **ampliación futura** del edificio, ya sea en vertical o en horizontal?



Zeno Ramos, B. (2023). *Viabilidad económica*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.



Zeno Ramos, B. (2023). *Consideraciones*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Restricciones legales

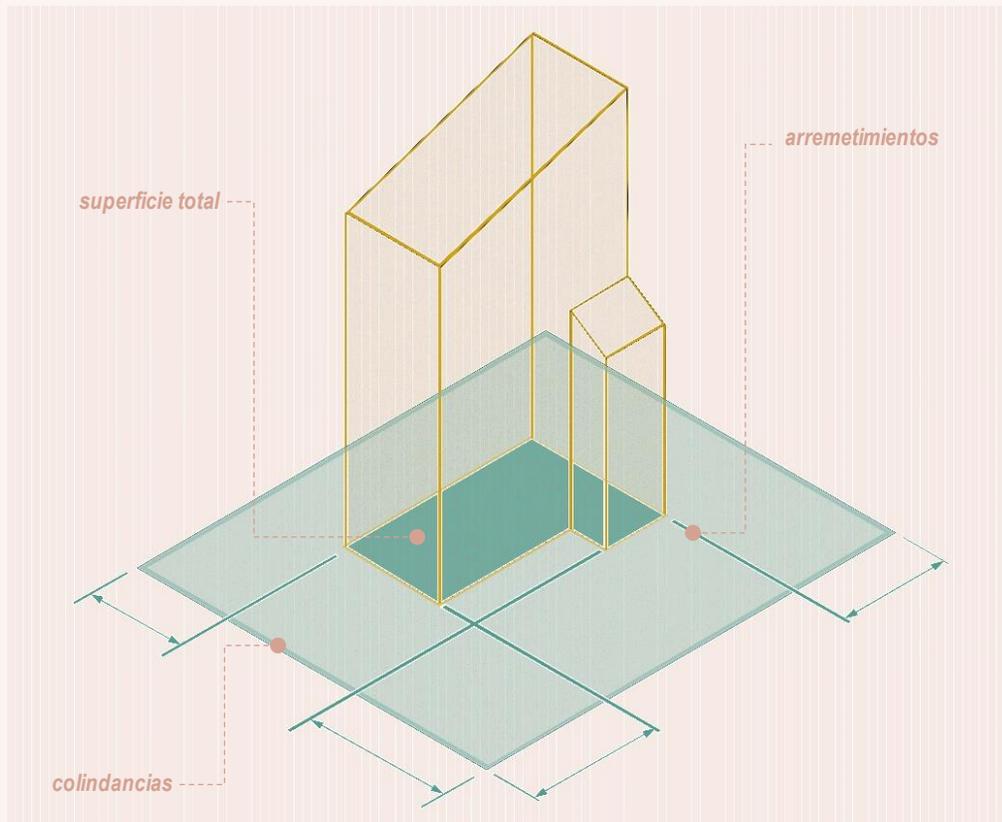
Existen normativas que **regulan el tamaño (altura y superficie) de un edificio en función de su uso**, la intensidad de dicho uso y el tipo de construcción.

La **escala** es importante debido a que su tamaño influye en el tipo de **sistema estructural que requiere** y en los materiales que pueden emplearse en su construcción.

Tipo de construcción, función y grado de ocupación, altura y superficie del edificio.

Ordenanzas urbanísticas

Restringen el volumen construido (altura y superficie) y la forma de un edificio en función de su localización. Las ordenanzas también pueden especificar la **altura máxima del edificio** en una determinada zona, con el fin de garantizar un grado adecuado de luz, aire y espacio, y para mejorar el paisaje urbano.

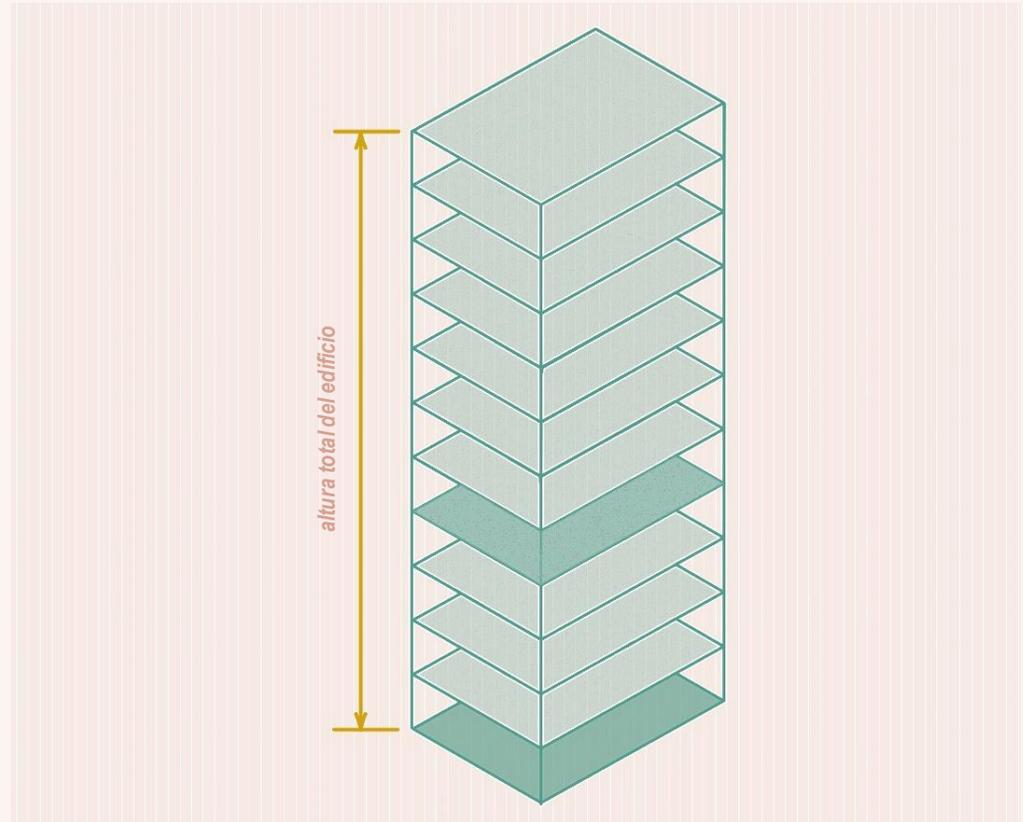


Zeno Ramos, B. (2023). *Ancho y profundidades máximas.*
[Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

La ocupación máxima del terreno: suele expresarse en **porcentaje** respecto de la superficie total de la misma.

Altura y superficie del edificio

Las normas técnicas limitan la altura y la superficie máxima por planta en función del **sistema constructivo** y el **tipo de uso** del edificio, expresando la relación entre grado de resistencia al fuego, tamaño del edificio, tipo y número de usuarios, así como su función-uso. Cuanto más grande sea el edificio, mayor será el número de ocupantes.



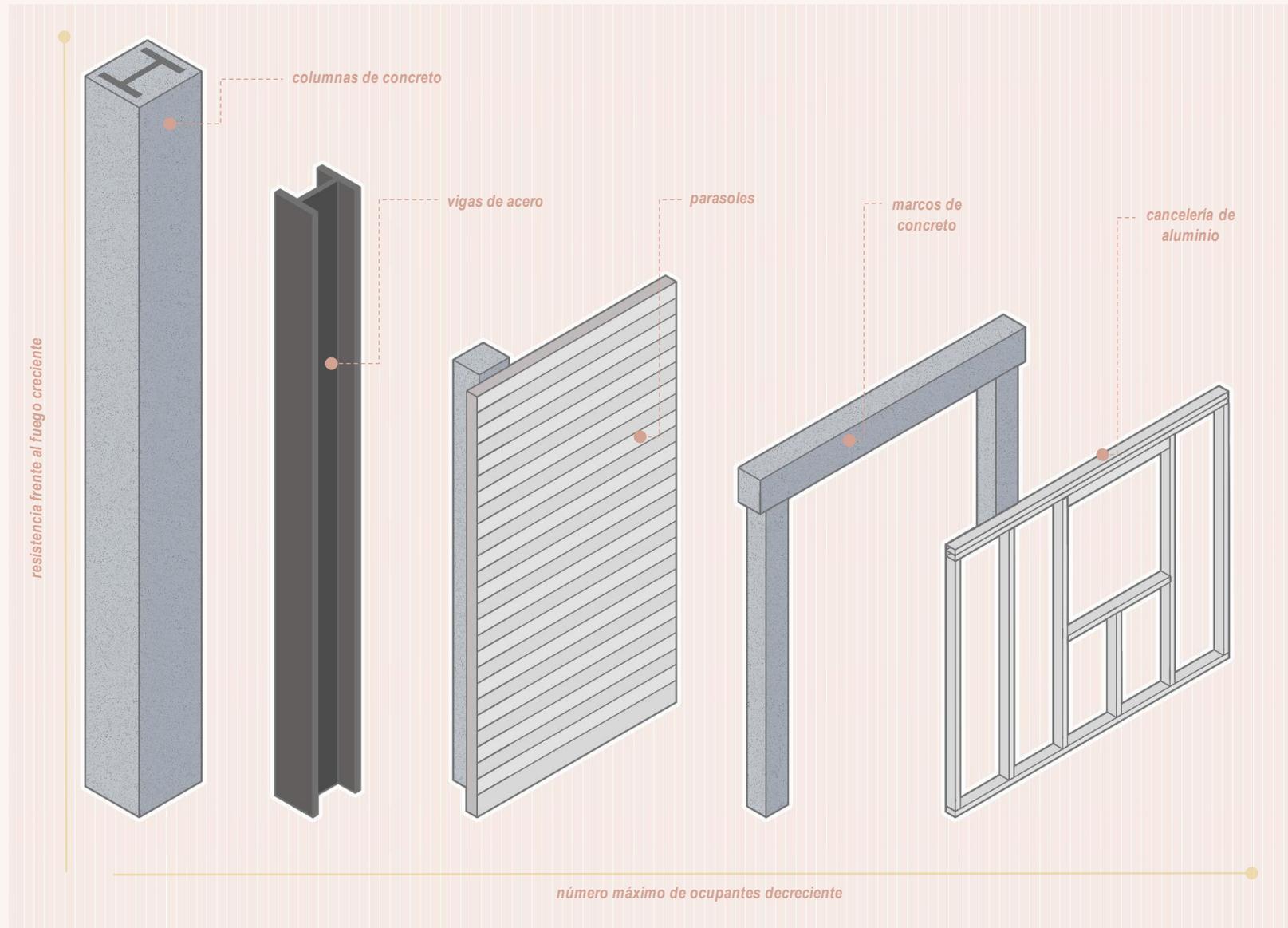
Zeno Ramos, B. (2023). *Tamaño y forma de un edificio.*
[Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Pueden expresarse en porcentajes respecto de las dimensiones del terreno.

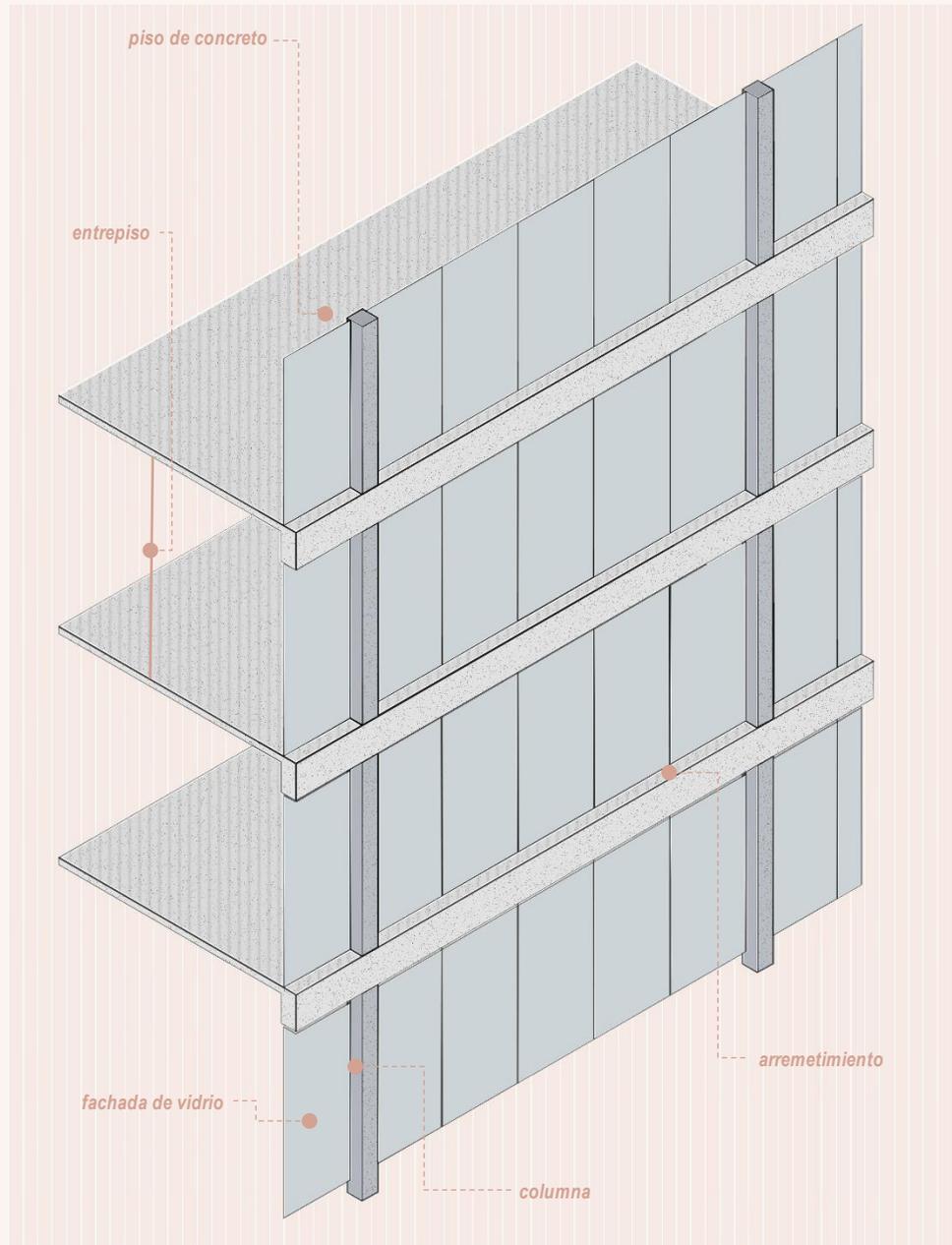
Altura y superficie máximas

Utilizando la clasificación de los **tipos de uso** en función del grado de riesgo y los **sistemas constructivos** por su resistencia frente al fuego, cuanto mayor sea el grado de seguridad, mayor y más alto podrá ser el edificio. (NORMA Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, 2010).

La altura del edificio puede expresarse mediante la altura total desde el nivel del suelo, o mediante el número de plantas.



*Según se reduce la resistencia frente al fuego de un sistema constructivo, también se **reducirá la altura** y la superficie máximas y el número máximo de ocupantes.*



21

Zeno Ramos, B. (2023). *Trabajo en sismo*. [Imagen].

Estabilidad lateral

Cuando consideramos el sistema estructural de un edificio, normalmente pensamos en primer lugar en cómo están diseñados los **soportes verticales** y los **elementos horizontales** que trasladan hasta los cimientos las cargas gravitatorias debidas al peso propio de la construcción y a las sobrecargas de uso.

La **estabilidad** del edificio y su **resistencia** frente a una combinación de condiciones viento, terremotos, empujes del terreno o temperatura que pueden desestabilizar a los elementos encargados de trasladar las cargas gravitatorias.

El viento y los terremotos someten a una estructura a una **carga dinámica**, las cargas producidas por el viento y los terremotos se tratan normalmente como **cargas estáticas** aplicadas lateralmente. Todos los edificios están sometidos a la acción lateral del viento y los terremotos.

Viento

Las cargas de viento son el resultado de las fuerzas ejercidas por la **energía cinética** de una masa de aire en movimiento, que puede producir una combinación de presión directa, presión negativa o succión. (meprosaconstrucciones, 2023).

Un edificio bajo cargas sísmicas tiende a mostrar una mejor respuesta si su estructura es flexible.

Vuelco

Los edificios pesados resisten con mayor facilidad el vuelco inducido por el viento, son más susceptibles de sufrir las mayores **fuerzas inerciales** que se generan durante un terremoto. (Ching, F., D., 2014).

La **forma de un edificio** puede incrementar o mitigar los efectos del viento sobre el mismo. Cuanto **mayores** son las **superficies expuestas** en las formas ortogonales, mayor es el efecto de la presión del viento sobre el conjunto del cerramiento del edificio y el momento de vuelco desarrollado en la base del mismo. (Ching, F., D., 2014).

Terremotos

Las fuerzas sísmicas resultantes de los **movimientos vibratorios** del terreno que se producen durante un terremoto pueden provocar que la base de un edificio se **desplace** repentinamente.

Las ondas de un terremoto se propagan a lo largo de la superficie terrestre en forma de ondas y se atenúan en proporción logarítmica con la distancia a su origen. La respuesta del edificio a las **cargas sísmicas** depende de la magnitud, duración y carácter armónico de los movimientos del terreno, tamaño, la configuración y la rigidez de la estructura, el tipo y las características del terreno sobre el cual se apoya la estructura.

Fuerza inercial

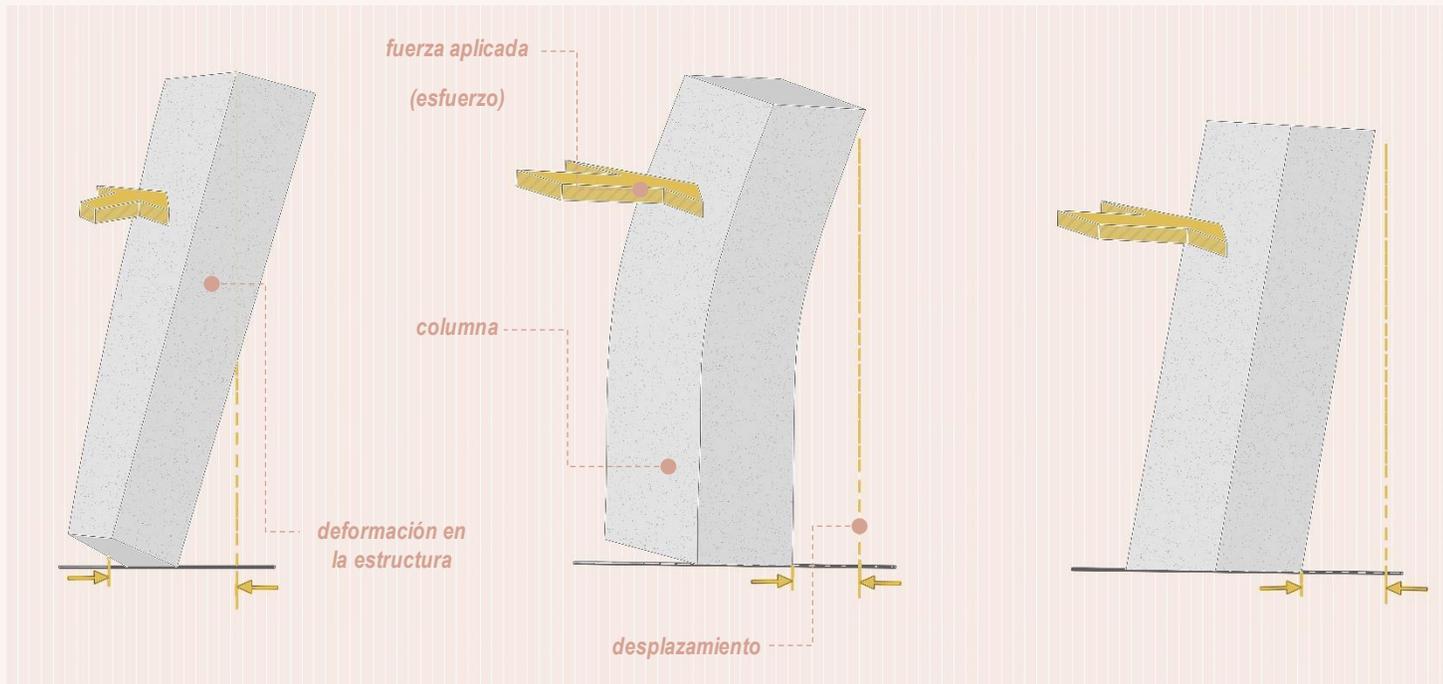
La **aceleración** del terreno provoca que la base del edificio se desplace e induzca una carga lateral en el edificio y un esfuerzo de cortante en la base.

Las fuerzas inerciales pueden mitigarse reduciendo la masa del edificio.

La **vibración** inducida sísmicamente afecta a un edificio de **tres maneras** básicas: fuerza inercial, período fundamental de vibración y torsión.

Momento de vuelco

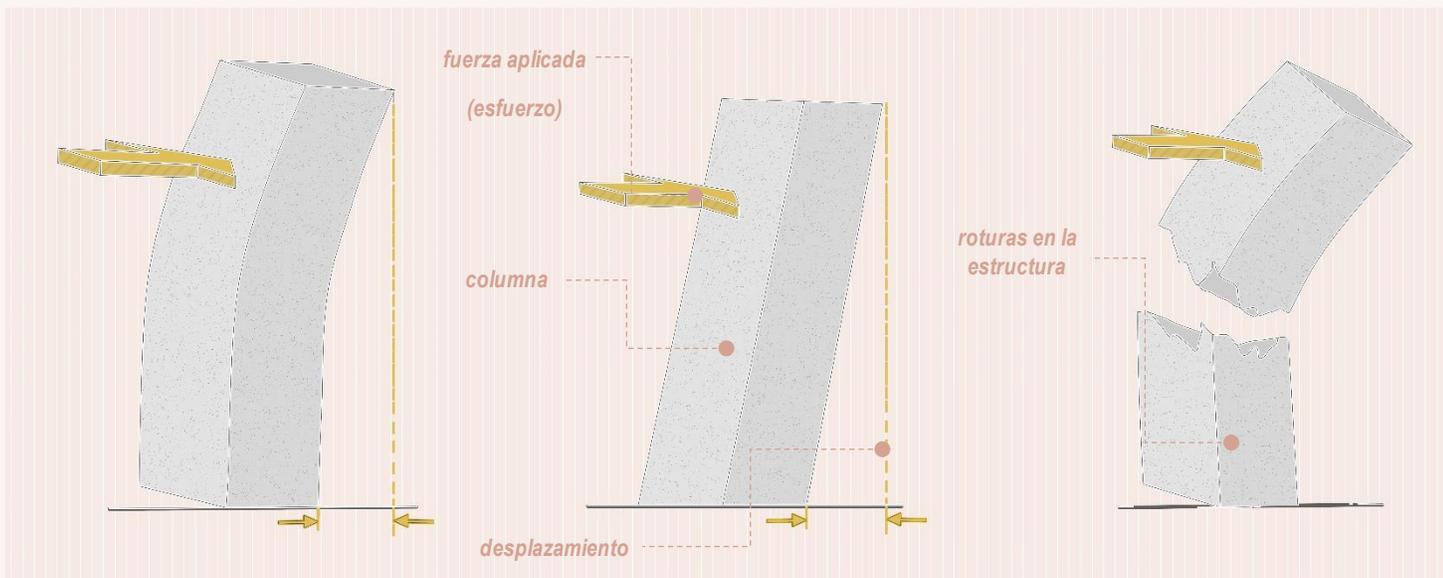
La configuración ideal para que un edificio resista el efecto de un terremoto es la **simetría**.



22

Dentro del ámbito de los sistemas estructurales podemos encontrar esfuerzos causados por situaciones en su mayoría externas, que ocasionan deformaciones y roturas en las estructuras.

Zeno Ramos, B. (2023). *Acción y estabilidad*. [Imagen].



23

Zeno Ramos, B. (2023). *Esfuerzos*. [Imagen].

Sistemas constructivos

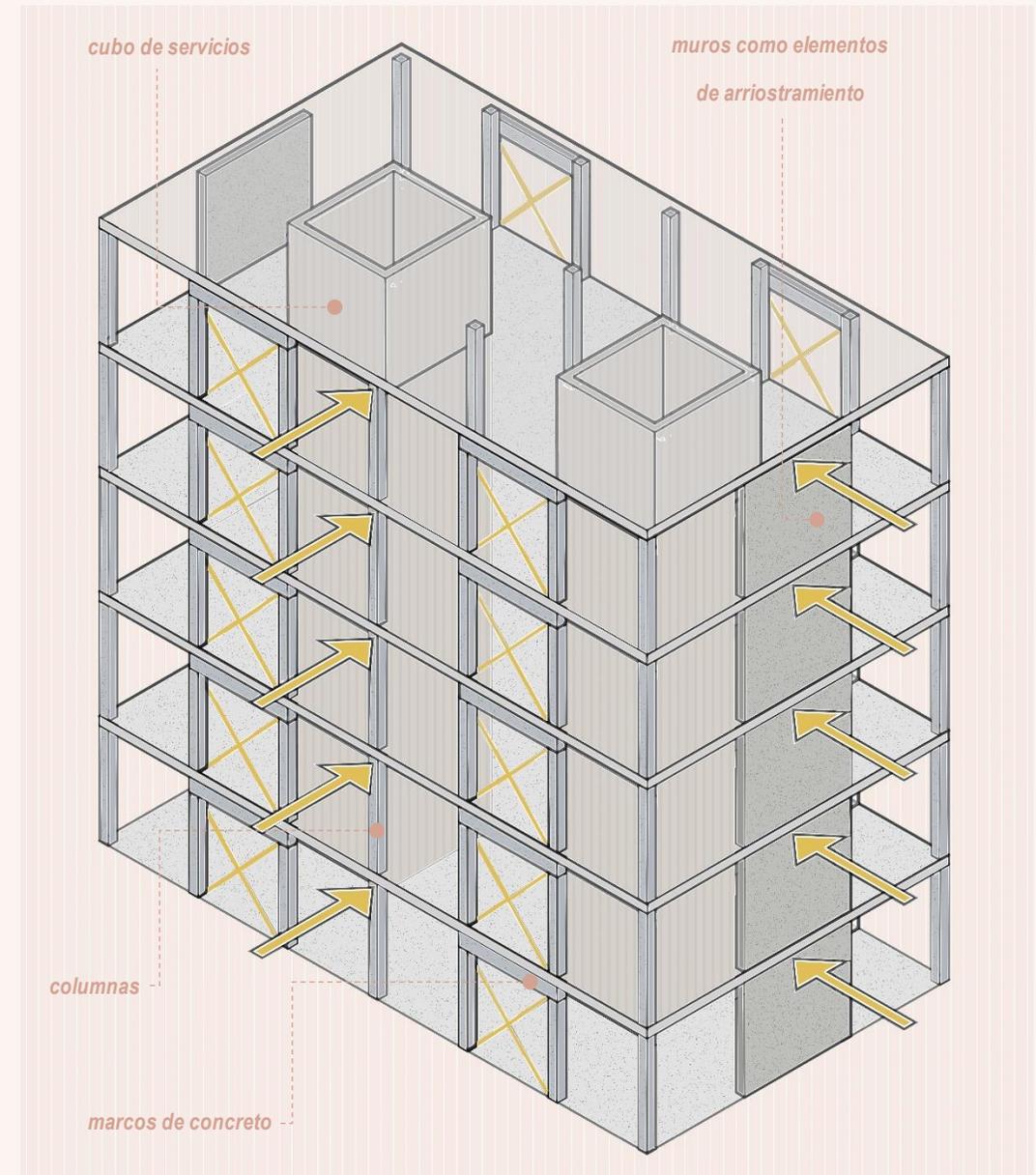
Cuando se proyecta un sistema estructural existen dos propiedades que tendrían que agregarse al planteamiento para dirigir su desempeño y garantizar su estabilidad, durabilidad y eficiencia. La **redundancia y continuidad** no sólo se adjudican a un material o un factor concreto de la estructura (vigas, columnas o cerchas), sino al conjunto de la estructura considerada como **sistema global de partes interrelacionadas**.

Un **fallo** de la estructura puede ser el resultado de la fractura, deformación elástica o plástica de cualquier elemento o unión de la estructura, al no tener capacidad de asumir la carga para la cual se diseñó. Cuando se aplica una carga sobre cualquier componente de la estructura, este experimenta una **deformación plástica**.

Las **cargas extremas**, como aquellas generadas durante un terremoto, pueden provocar una **deformación inelástica** después de la cual el componente no puede recuperar su forma original. Para resistir tales cargas extremas, los elementos estructurales deberían estar contruidos con **materiales dúctiles**.

Otro método para evitar fallos en la estructura consiste en introducir **redundancia** en su diseño. Incluir elementos, uniones o soportes no estrictamente necesarios para garantizar su correcto funcionamiento de cargas. (Ching, F., D., 2014).

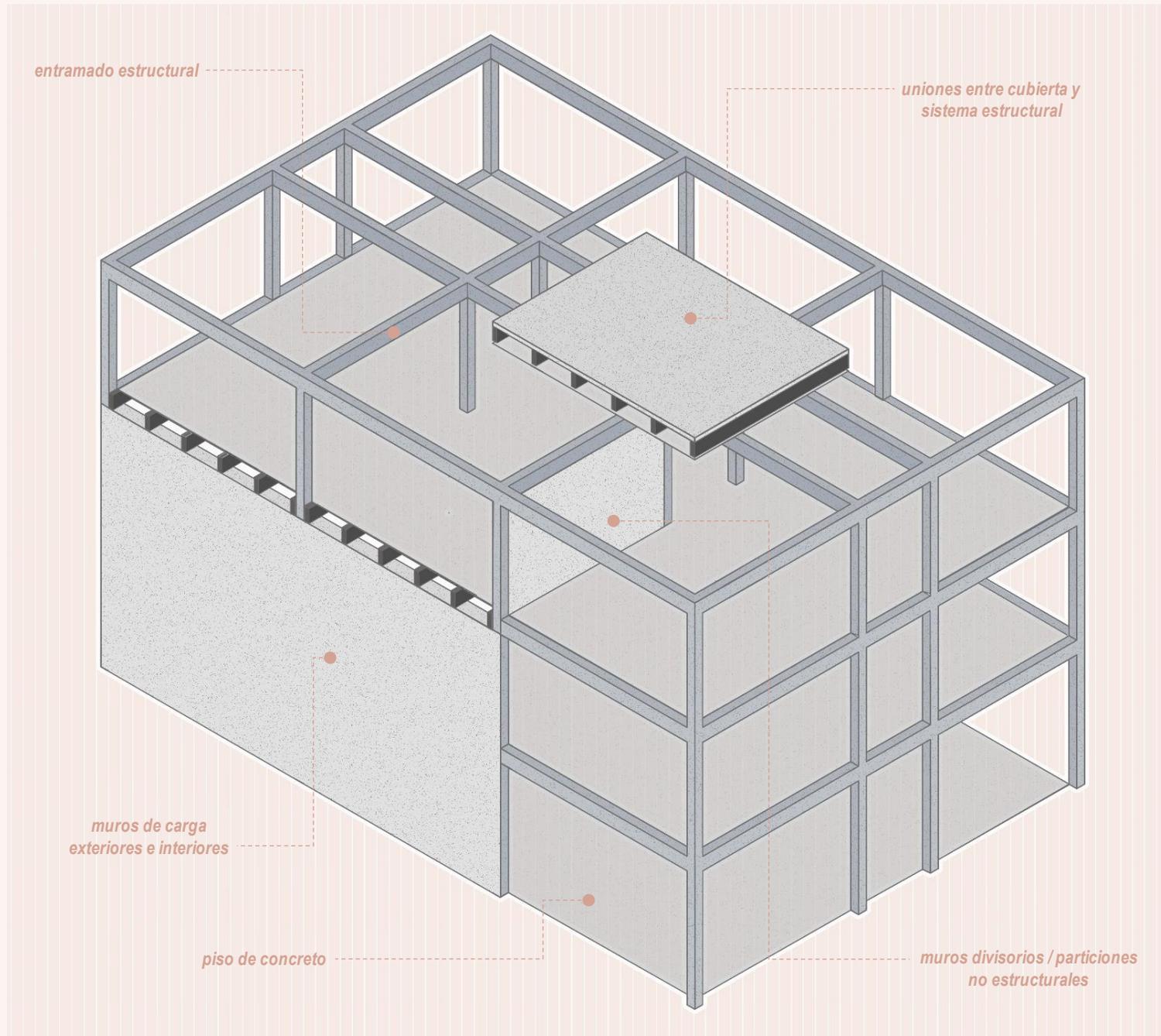
Extender la redundancia al conjunto de un sistema estructural proporciona protección frente a **colapsos en cadena**. Un colapso en cadena puede describirse como la extensión de un fallo local inicial de un elemento estructural a otro, con el resultado final de un colapso general de toda la estructura.



Zeno Ramos, B. (2023). *Desarrollo y estabilidad*.

[Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Además del sistema constructivo principal se pueden agregar elementos de arriostramiento.



Los muros de carga exteriores e interiores, bloques de tabiques, divisiones no estructurales y conexiones de losas y cubierta, forman parte del entramado estructural.

Las cargas verticales son recogidas por una viga que las trasmite mediante flexión hasta las columnas adyacentes.

Zeno Ramos, B. (2023). *Transmisión de cargas*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Continuidad

La continuidad de una estructura proporciona una **trayectoria directa** e ininterrumpida para la transmisión de las cargas desde la cubierta hasta los cimientos. Las trayectorias continuas ayudan a asegurar que todas las cargas a las cuales está sujeta la estructura puedan transferirse desde su punto de aplicación hasta los cimientos. (Ching, F., D., 2014).

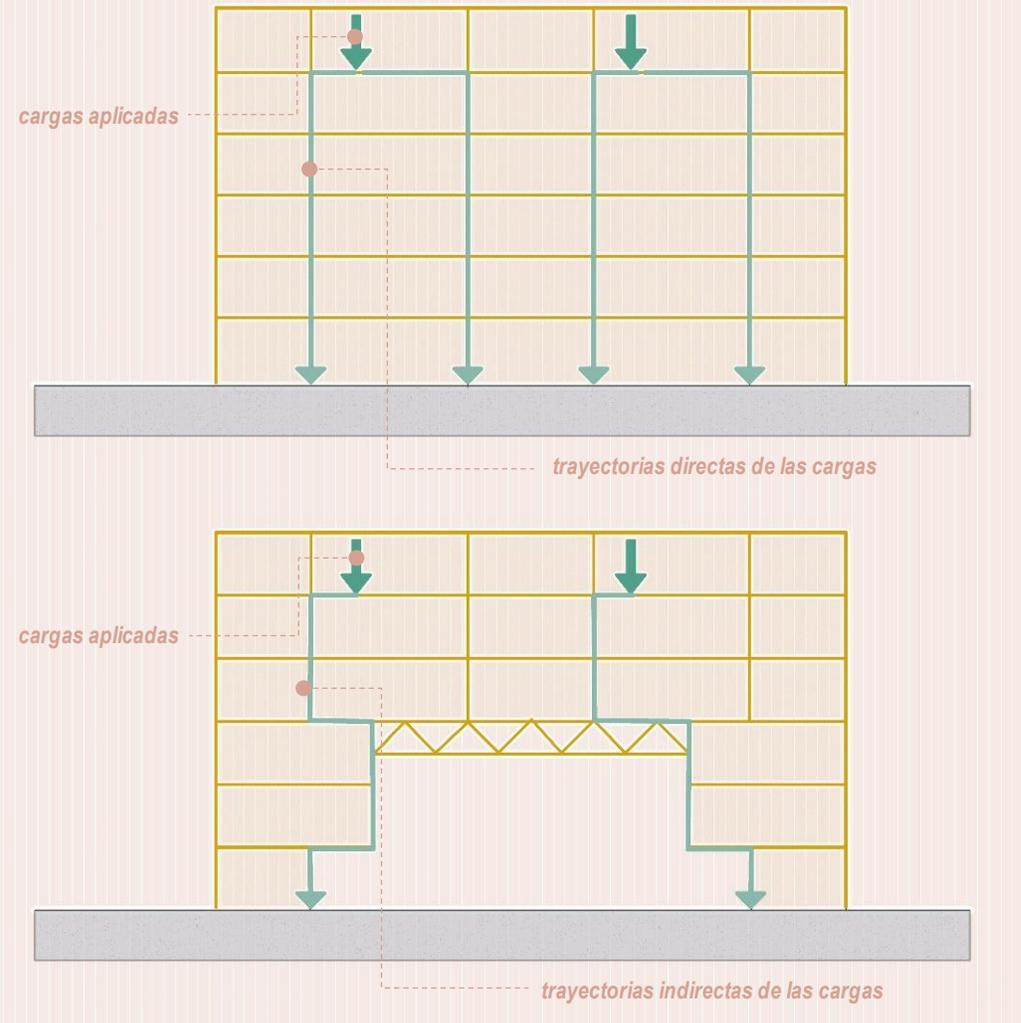
Para evitar un colapso en cadena, los componentes y los nudos de la estructura deberían estar adecuadamente **unidos entre sí**, de modo que las **tensiones** y los **desplazamientos** puedan transferirse entre los elementos verticales y horizontales de la estructura.

Una conexión inadecuada representa un **punto débil** en la trayectoria de las cargas constituye una causa común de daño y colapso de los edificios durante los terremotos. Los elementos rígidos no estructurales deberían **aislarse** adecuadamente de la estructura principal para evitar que soporten cargas que les puedan causar daños.

Interrumpir la continuidad vertical de los soportes o muros de carga en plantas sucesivas implica que las cargas verticales deban transmitirse en horizontal, provocando grandes **esfuerzos de flexión** en las vigas que deben aumentar su sección.

Esquemas estructurales

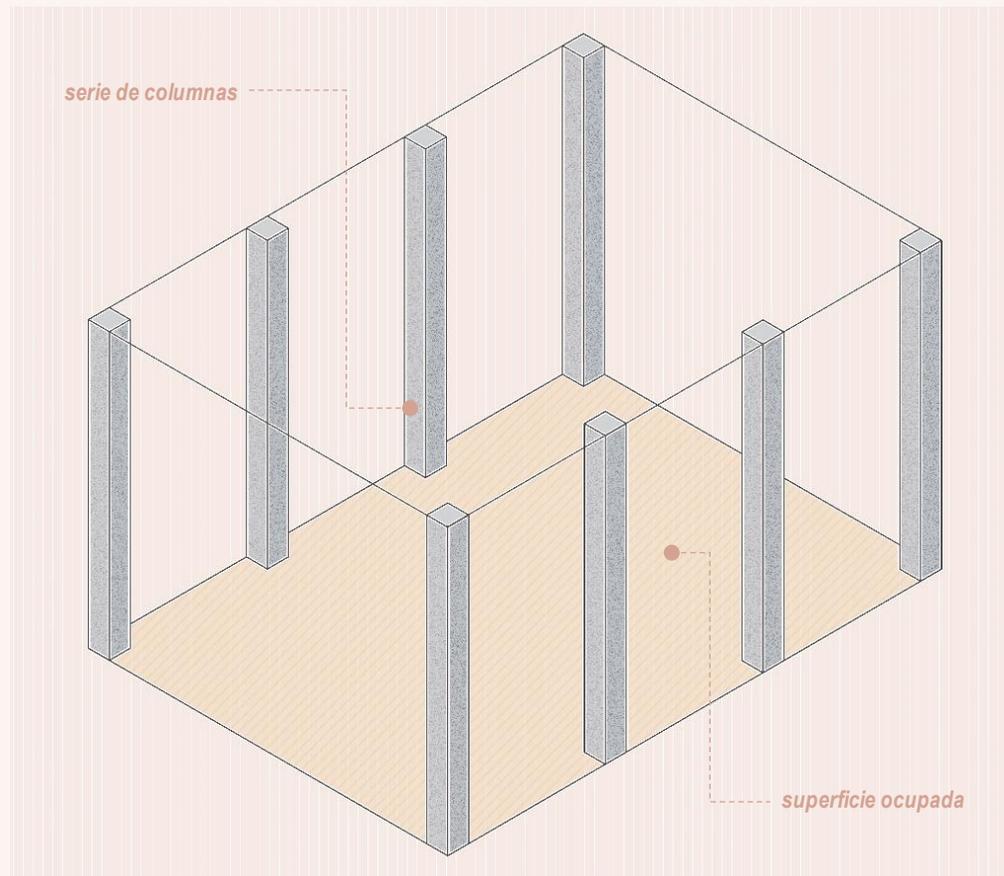
Un aspecto crítico a la hora de concebir un proyecto reside en entender cómo podría organizarse su estructura. La **esencia espacial y formal** de un proyecto arquitectónico, así como la **organización estructural** de la idea van de la mano, una modifica a la otra.



Zeno Ramos, B. (2023). **Concepción**. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Los esquemas estructurales pueden concebirse como la disposición bidimensional de columnas y vigas, disposiciones tridimensionales que tienen implicaciones formales y espaciales para un proyecto arquitectónico.

Los podemos encontrar distribuidos en **esquemas estructurales**: distribución de soportes (columnas y muros), losas y arriostramientos, esquemas espaciales: composiciones espaciales inferidas de la elección de un sistema estructural, esquemas contextuales: disposiciones o condiciones impuestas por la naturaleza y el contexto del emplazamiento. Los esquemas estructurales son **composiciones tridimensionales** que incluyen soportes verticales, losas y elementos de arriostramiento.



Zeno Ramos, B. (2023). *Concepción*. [Imagen].

Los "huecos" o abertura relacionan los espacios en cualquier lado del muro, pero debilitan su función estructural.

Soportes

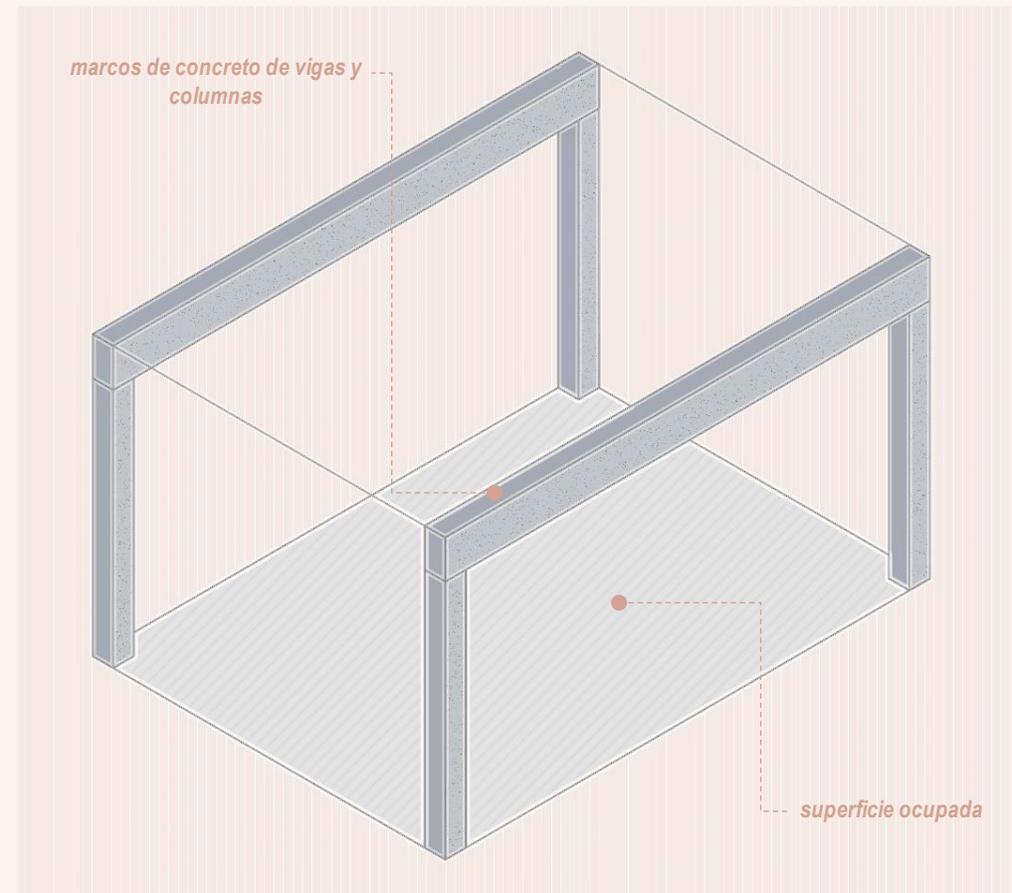
Los encontramos como muros de carga, series de columnas, pórticos de columnas y vigas.

Losas

Encontramos: losas unidireccionales y losas bidireccionales.

Arriostramientos

27 Los vemos en pórticos rígidos, muros rigidizadores.



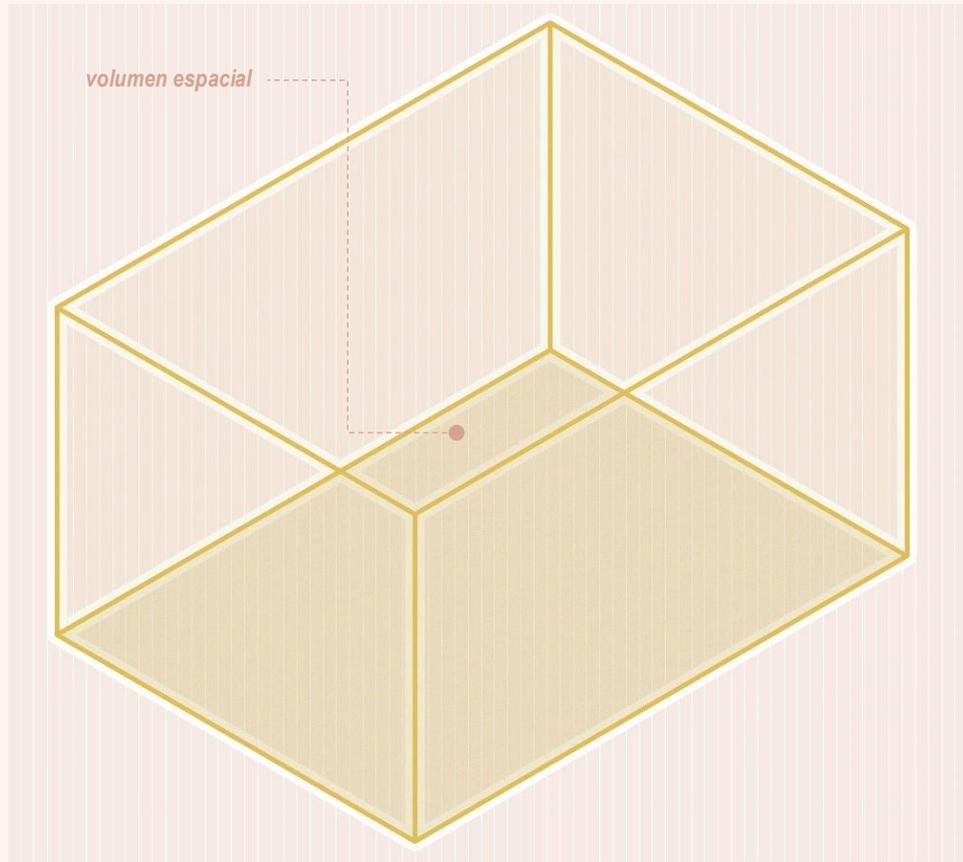
28

Zeno Ramos, B. (2023). *Distribución de elementos*. [Imagen].

Tanto los pórticos de vigas y columnas como los muros de carga pueden combinarse para dar lugar a cualquier tipo de composición espacial.

Unidades estructurales

Conjunto de elementos estructurales capaces de formar o marcar los límites de un **volumen espacial** sencillo.



Zeno Ramos, B. (2023). *¿Para qué me sirve?.*[Imagen].

Modular y obtener la medida de la unidad estructural que utilizaremos en determinado proyecto nos ayudará a la distribución de espacios del programa arquitectónico.

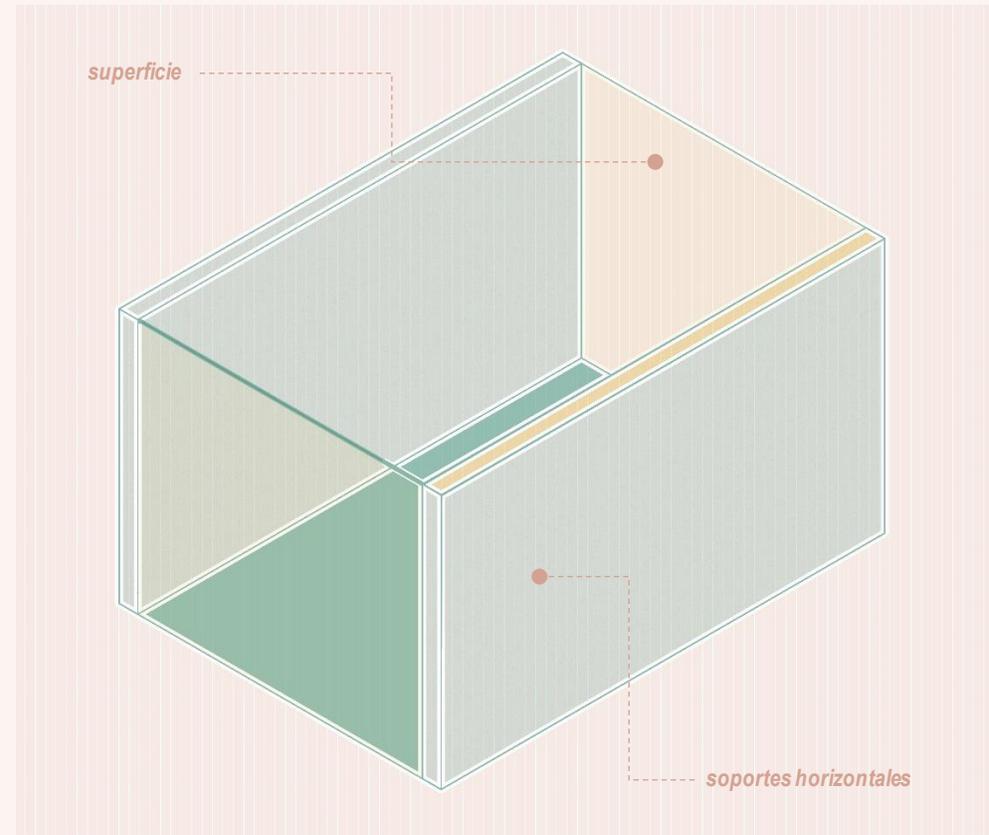
Opciones de soporte

Dos columnas que soportan una viga o una cercha crean un pórtico que separa y al mismo tiempo une dos espacios adyacentes. Las columnas **soportan cargas concentradas**.

En medida que el número de columnas crezca y se reduzca la distancia entre las mismas, el plano de soportes se hace más sólido que vacío, muro de carga, que soporta cargas distribuidas.

Un muro de carga **soporta y divide** el espacio en dos unidades distintas y separadas.

29



30

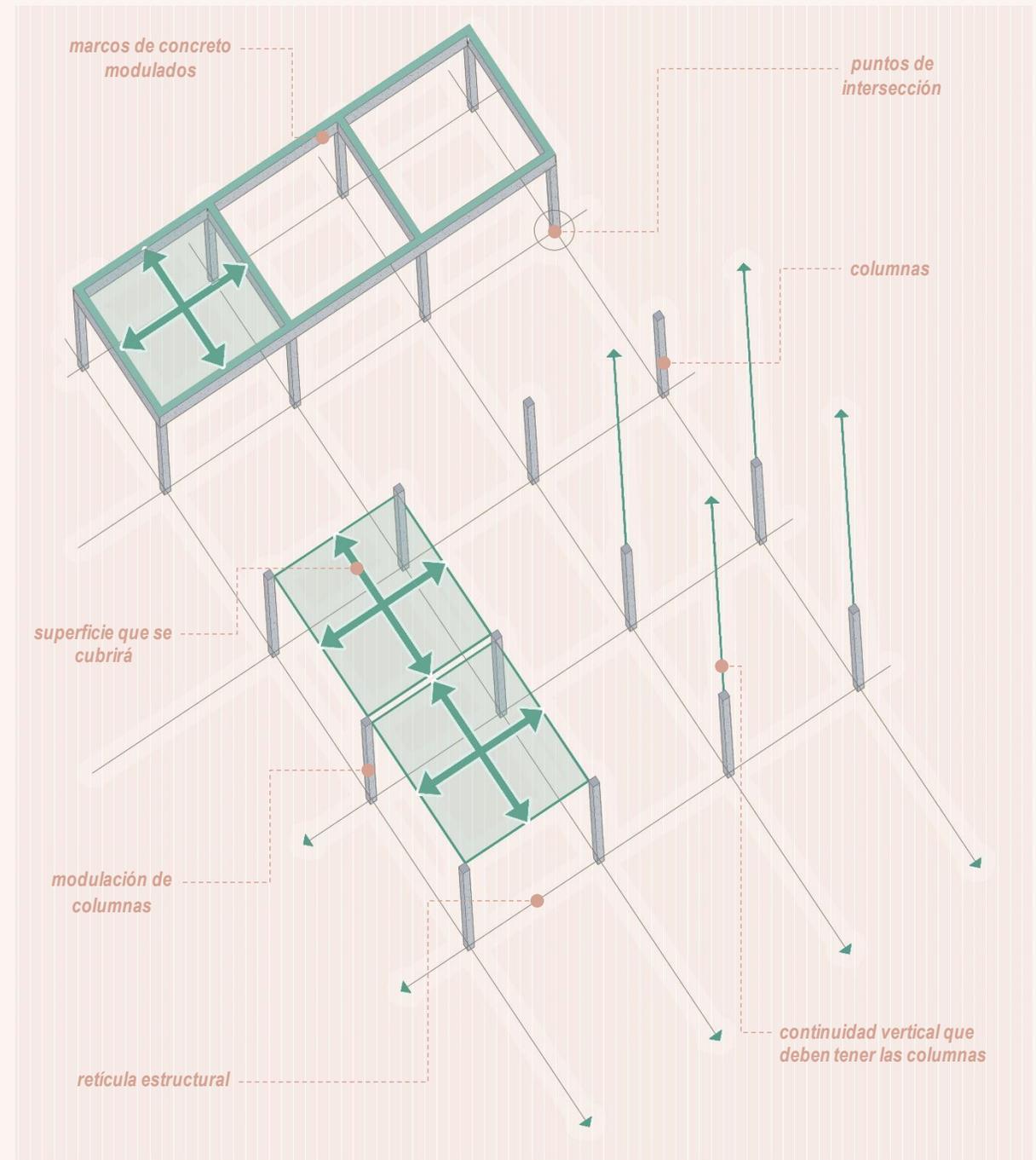
Zeno Ramos, B. (2023). *Muros divisorios.* [Imagen].

Cualquier cerramiento pensado para suministrar protección física e intimidad visual necesita la construcción de un muro no estructural, que puede sostenerse en la estructura o ser autoportante.

Retículas estructurales

Patrón de líneas rectas, normalmente **equidistantes** y **perpendiculares**, que sirven como referencia para localizar puntos en un mapa o plano. En el proyecto arquitectónico suelen utilizarse las retículas como dispositivo de **orden** y **composición**, así como para **regular** los elementos principales de una planta, por lo que nos referimos específicamente a un sistema de líneas y puntos que sitúan y regulan la posición de los **elementos estructurales principales**, como es el caso de columnas y muros de carga.

Los puntos de intersección simbolizan disposiciones donde las columnas y los muros de carga preferentemente pueden reunir las cargas originadas de vigas y otros elementos estructurales horizontales, trasladándolas hacia los cimientos.



Zeno Ramos, B. (2023). *Centros en retículas*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Los soportes verticales principales de una estructura marcan y definen una serie de módulos estructurales, las divisiones espaciales básicas que deben cubrir los elementos y sistemas estructurales.

Al proyectar una retícula estructural conveniente al proyecto, se debe considerar una secuencia de características relevantes de ésta por su importancia en las intenciones del proyecto, dando paso al **programa de actividades** y para **diseñar la estructura**.

Proporciones

Las **dimensiones** de la unidad estructural impactan y pueden **restringir** las alternativas en lo que abarca a la estructura y materiales de los sistemas de losas.

Dimensiones

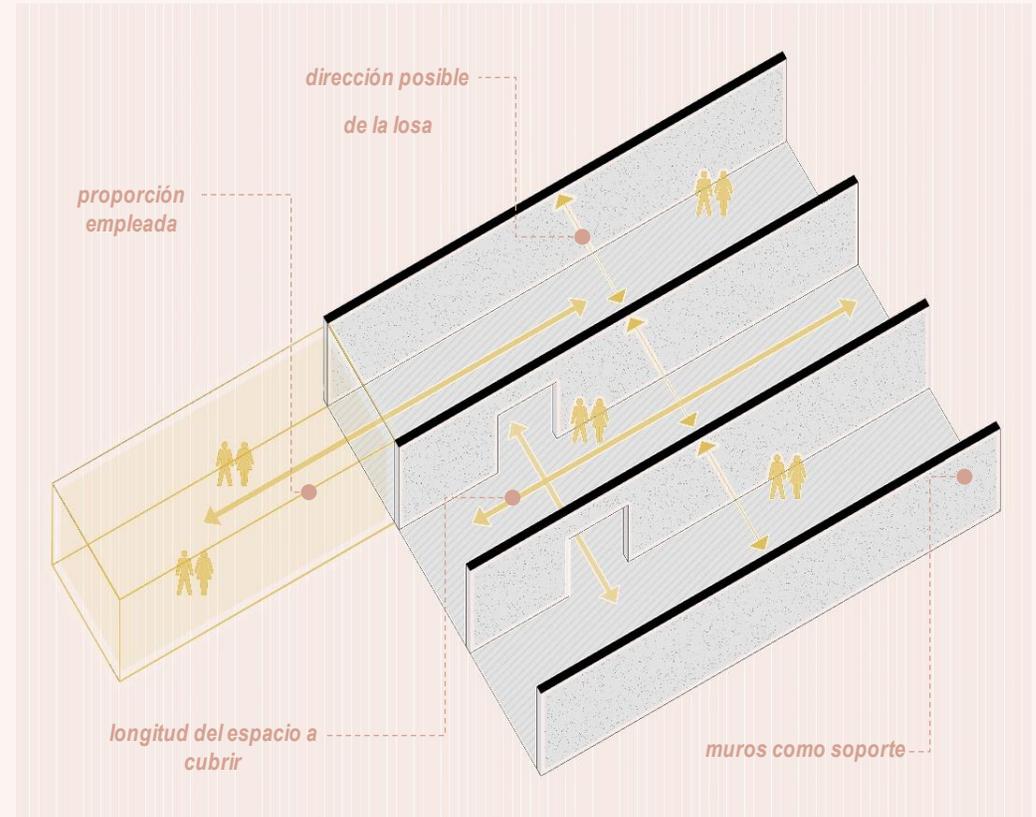
Las dimensiones del **módulo estructural** influyen tanto en la dirección como en el claro que deben salvar las losas.

Dirección de la losa

La dirección de los claros que hay que salvar, determinados por la dirección de las losas, afecta a la **composición espacial**, calidad de los espacios y costos de construcción.

Módulo

Principal división espacial, normalmente **repetida**, marcada o limitada por los soportes principales de una estructura. (Ching, F., D., 2014).

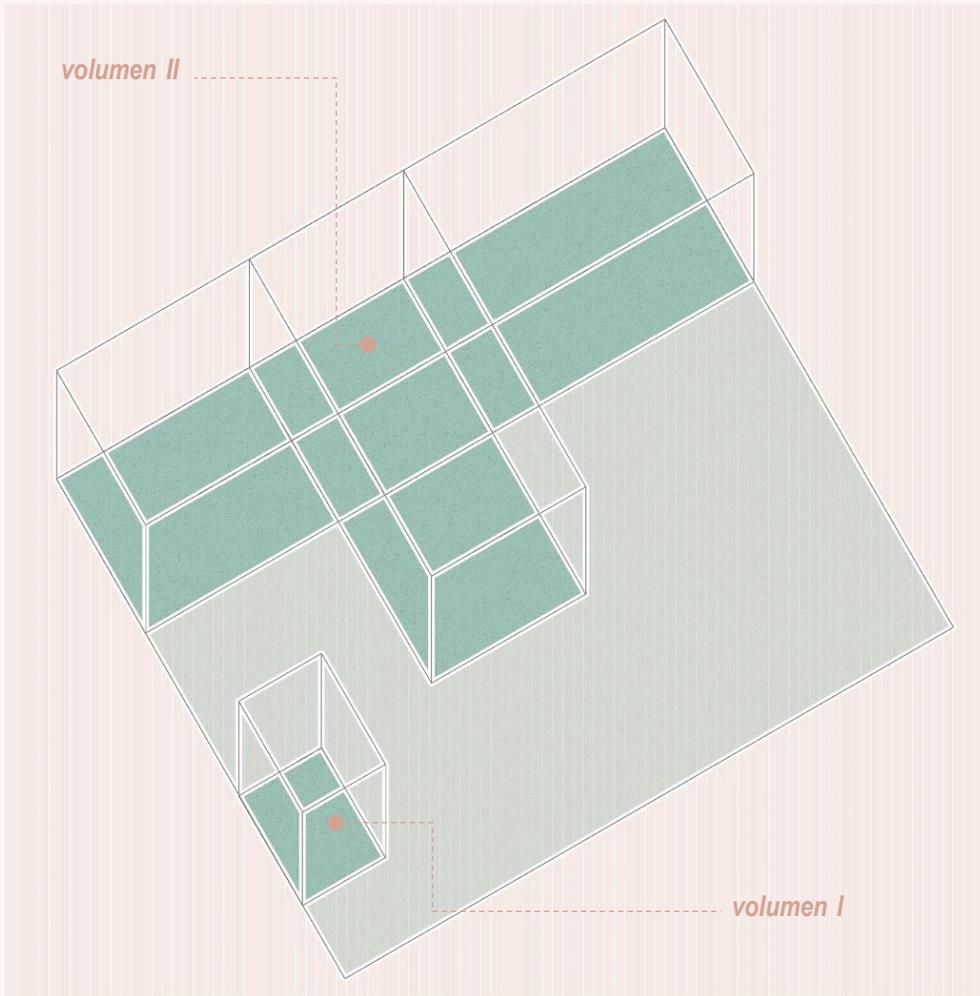


Zeno Ramos, B. (2023). *Distribución*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Losas unidireccionales sobre muros de carga.

Longitud de los claros

La **distancia** entre los **planos verticales** de soporte determina el claro que salva los forjados, lo cual afecta a su vez la elección de los materiales y el tipo de losa utilizado. A mayor claro, mayor peralte de losa.



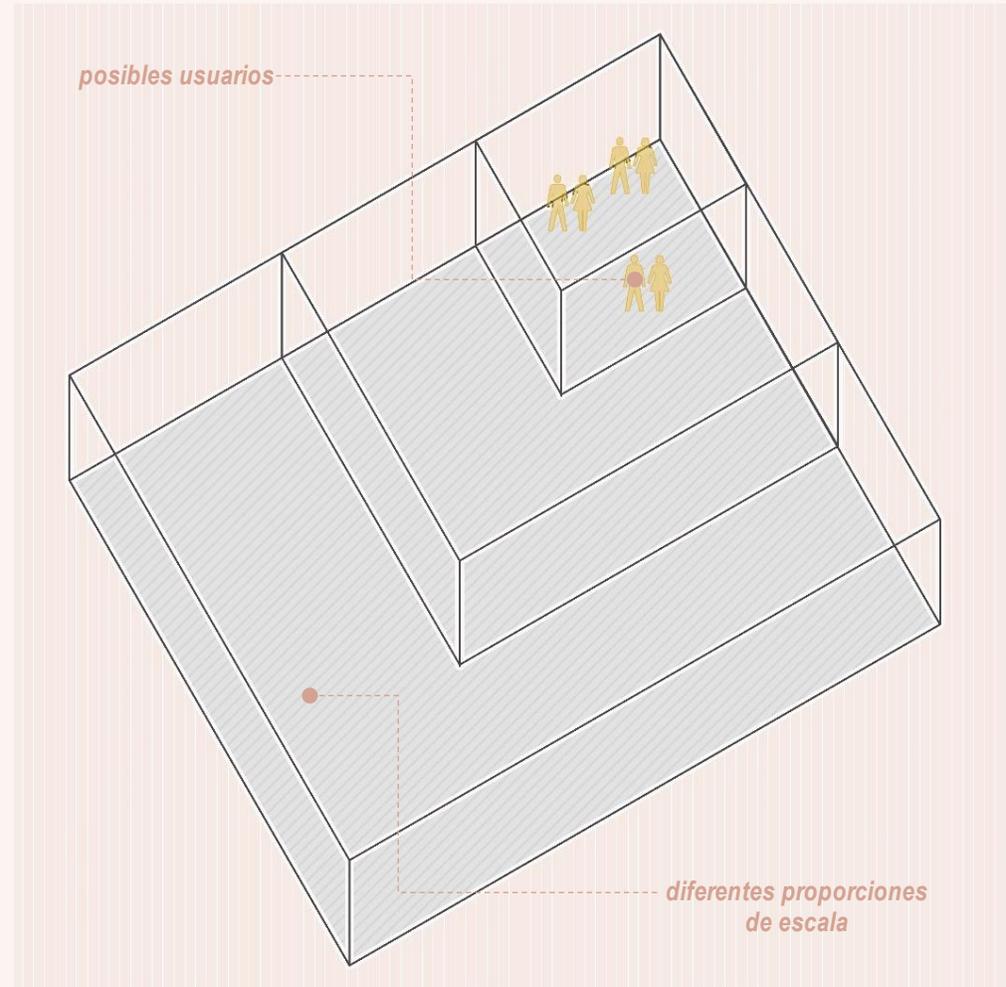
Zeno Ramos, B. (2023). *Acomodo*. [Imagen].

La disposición de los soportes verticales también debería dar cabida a la distribución prevista y la escala de las actividades humanas que se desarrollarán dentro del mismo.

Escala

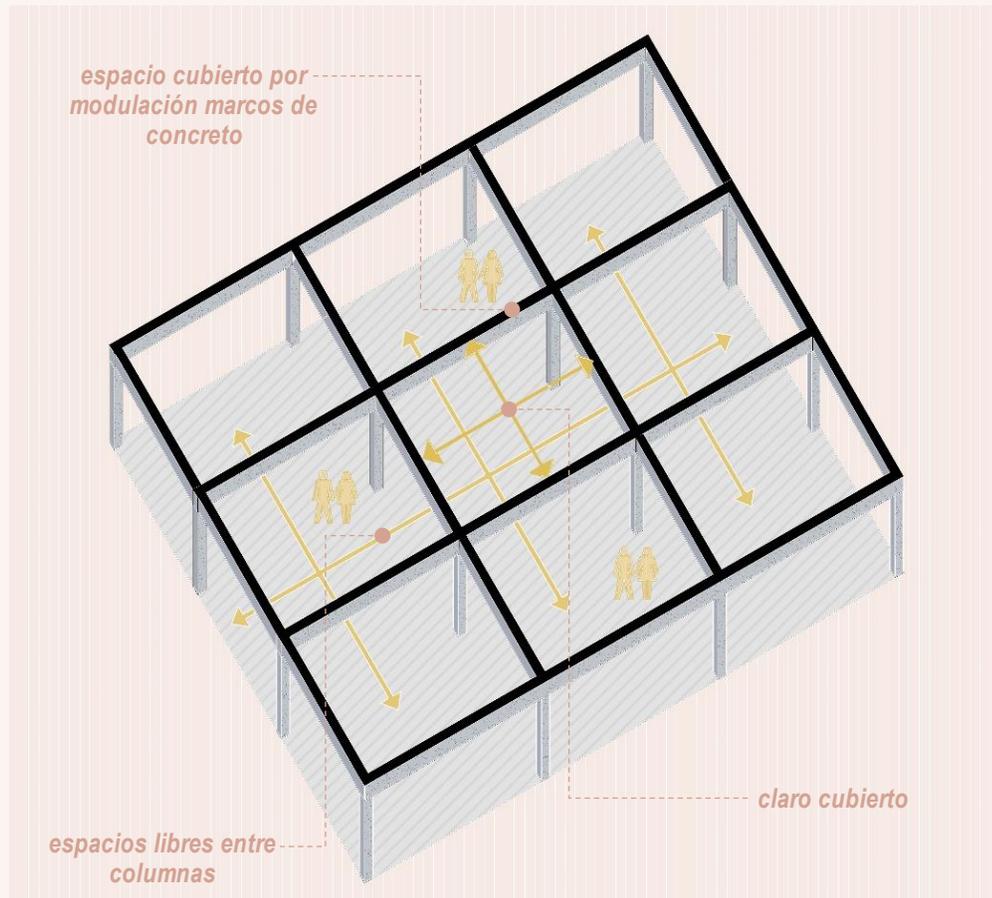
Se refiere a la **extensión** o **tamaño proporcionado** de un elemento o composición en relación con determinada norma o estándar.

33 La escala de una **retícula estructural** se relaciona con el tipo de actividad humana que alberga, el rango de claros en el cual resulta eficiente un tipo de losa.



Zeno Ramos, B. (2023). *Percepción*. [Imagen].

Algunas estructuras pueden percibirse como densas por su uso de elementos relativamente voluminosos que transmiten cargas elevadas. (Ching, F., D., 2014).



Zeno Ramos, B. (2023). *Espacios regulares*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

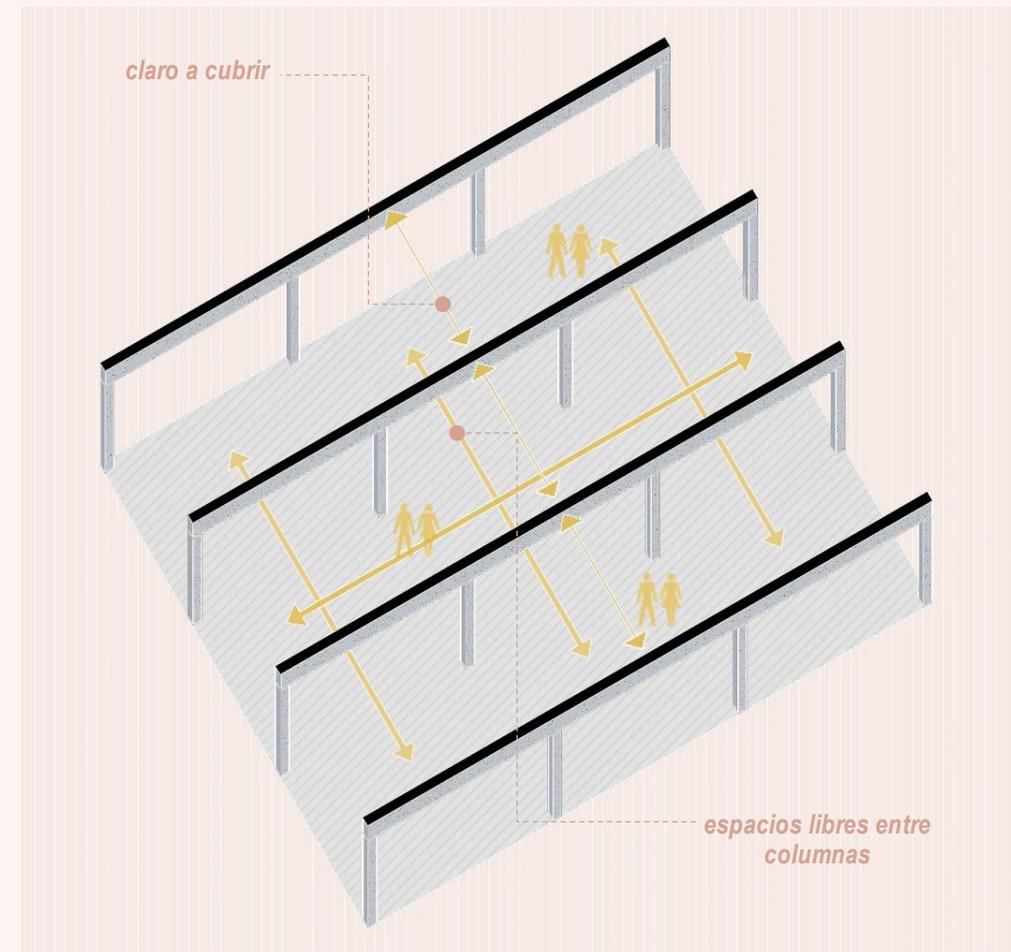
Un espacio cuadrado aislado puede cubrirse con losas unidireccionales o bidireccionales.

Hay estructuras que distribuyen las cargas entre un gran número de elementos relativamente delgados, aunque para el dimensionamiento debemos apegarnos a un cálculo estructural.

35

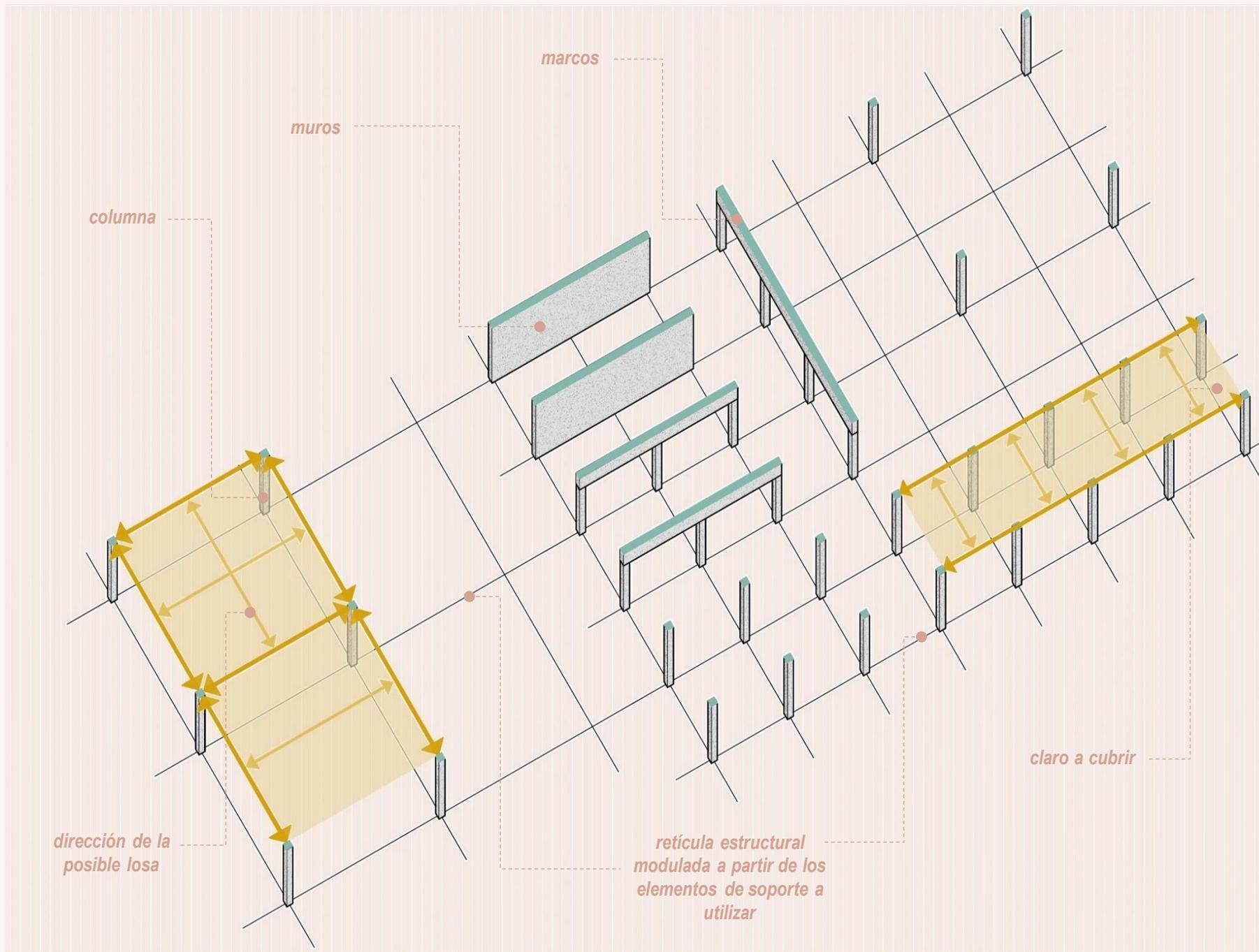
Ajuste espacial

Para las actividades que necesiten **claros mayores**, frecuentemente influirán en la planificación estructural, mientras que las actividades de menor escala generalmente pueden adaptarse en una variedad de sistemas estructurales. Una retícula de columnas otorga flexibilidad, permite múltiples visiones de los volúmenes y decreta un **ritmo** y una **escala** para la sensación de las **dimensiones espaciales**.



Zeno Ramos, B. (2023). *Columnas*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

36



Zeno Ramos, B. (2023). *Retículas cuadradas*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

La distribución recta de una secuencia de espacios cuadrados permite la prolongación en una sola dirección, eliminando la ventaja estructural de las losas bidireccionales y proponiendo que un sistema unidireccional puede resultar más eficaz.

Retículas regulares

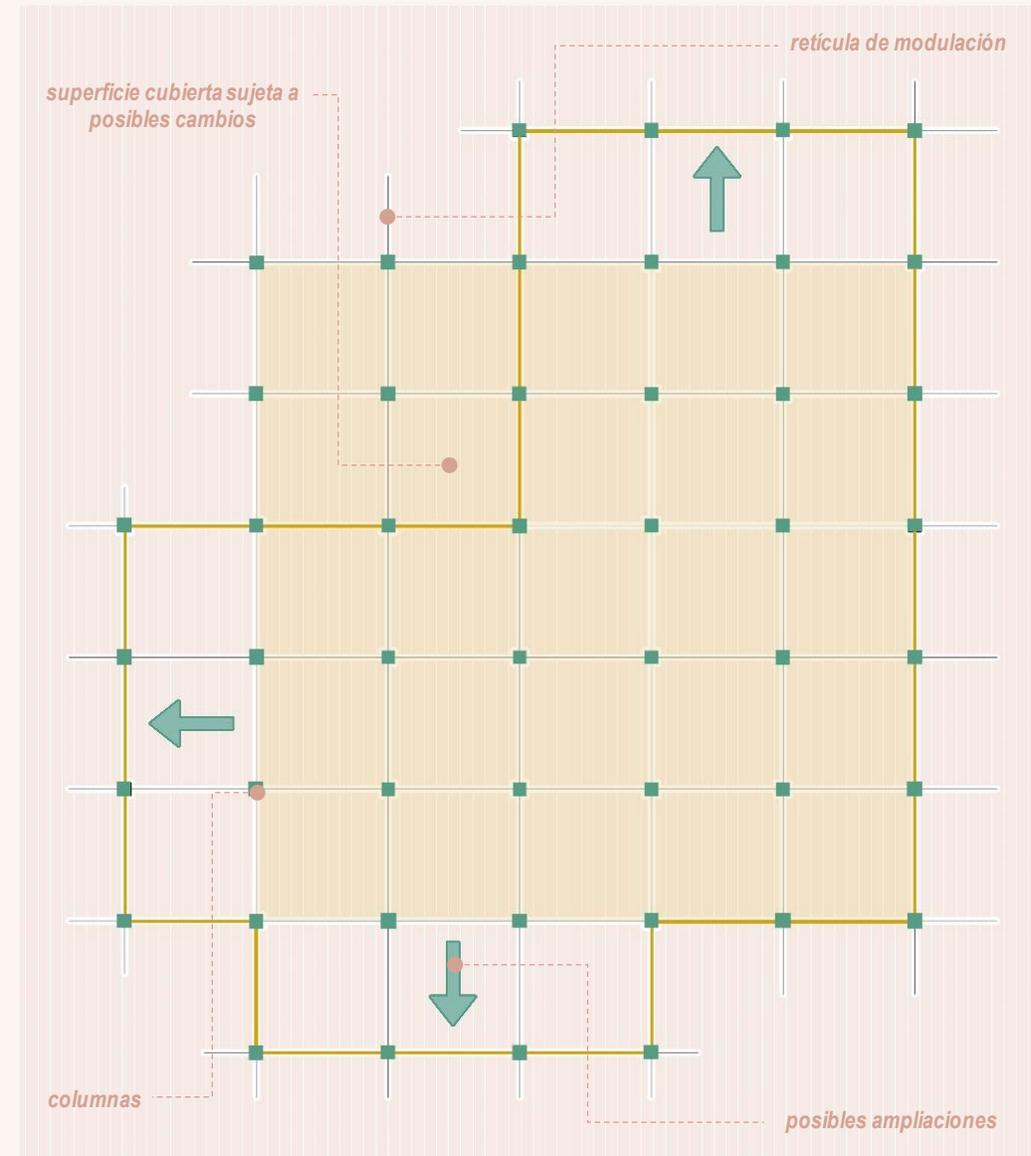
Definen claros iguales, permiten el uso de **elementos estructurales repetitivos** y proporcionan la **eficiencia** de la continuidad estructural a lo largo de una serie de módulos. Aunque no pueden considerarse como la norma, son una forma útil de empezar a pensar sobre las implicaciones estructurales de diversos patrones reticulares.

Contamos con las rectangulares, cuadradas, de tartán (se basa en colocar dos retículas paralelas para generar una red de apoyos en tartán) y radiales.

Modificación de retículas

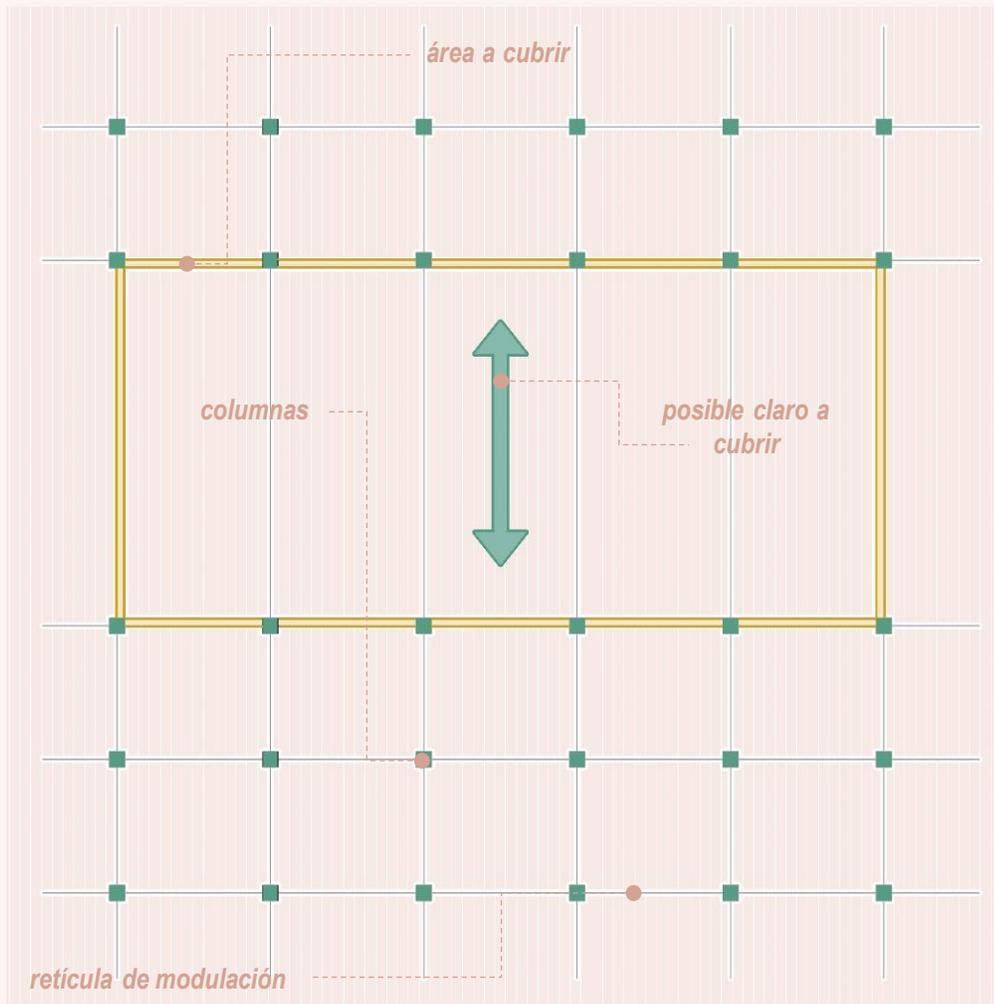
Las **retículas regulares** poseen la facultad de aumentar de una **manera predecible** y, aunque no exista uno o más elementos, el modelo del conjunto sigue siendo reconocible.

Las retículas regulares son esquemas generalizados que pueden **modificarse** y **adaptarse** con respecto a las necesidades del programa, del emplazamiento o de los materiales. La finalidad es plantear una retícula que incorpore la forma, el espacio y la estructura en un **conjunto** coherente.



Zeno Ramos, B. (2023). *Modificación por adición o sustracción*. [Imagen].

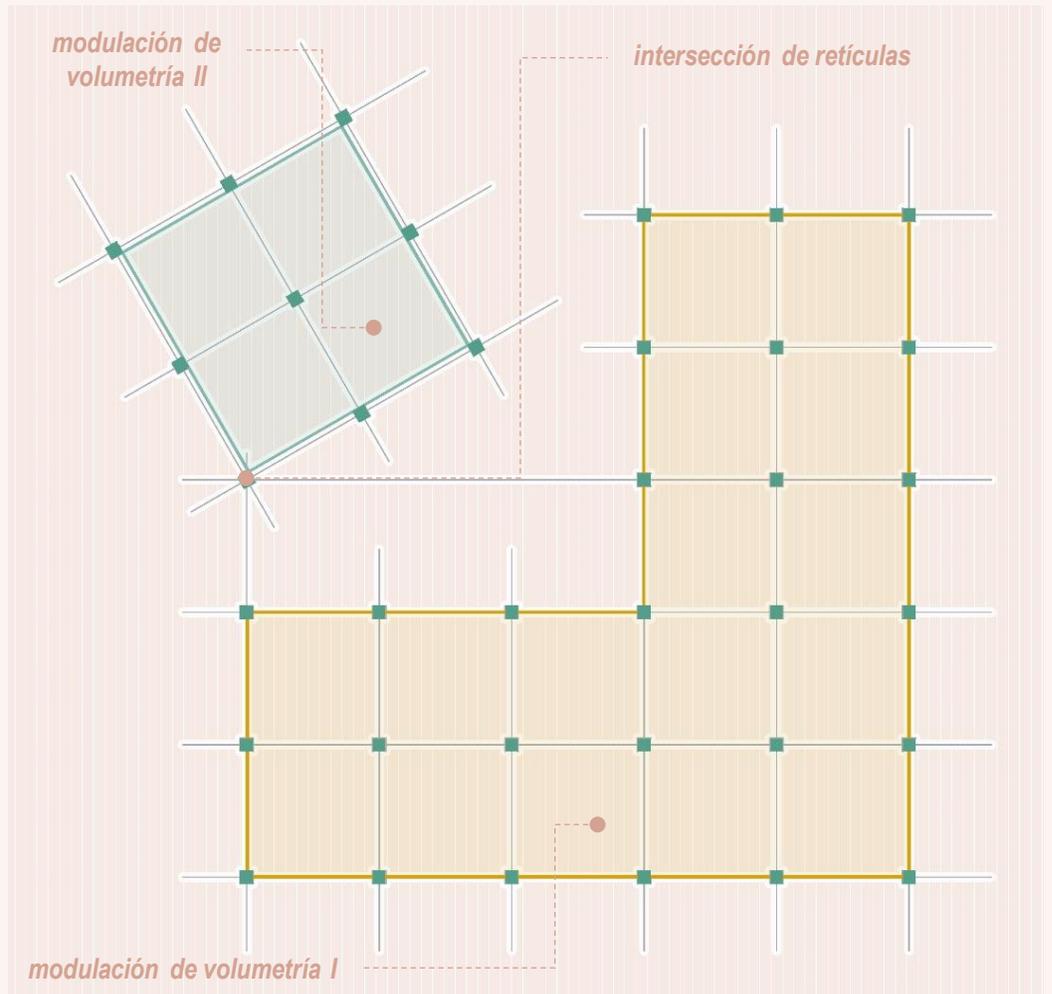
Una retícula regular puede transformarse eliminando particularmente algunos fragmentos, o agregando unidades en una o más direcciones.



Zeno Ramos, B. (2023). *Modificación de escala o proporciones.* [Imagen].

Una retícula regular puede modificarse aumentando los claros en una o dos direcciones, creando una serie jerárquica de módulos diferenciados por su tamaño y su proporción.

39



40

Zeno Ramos, B. (2023). *Modificación de la geometría.* [Imagen].

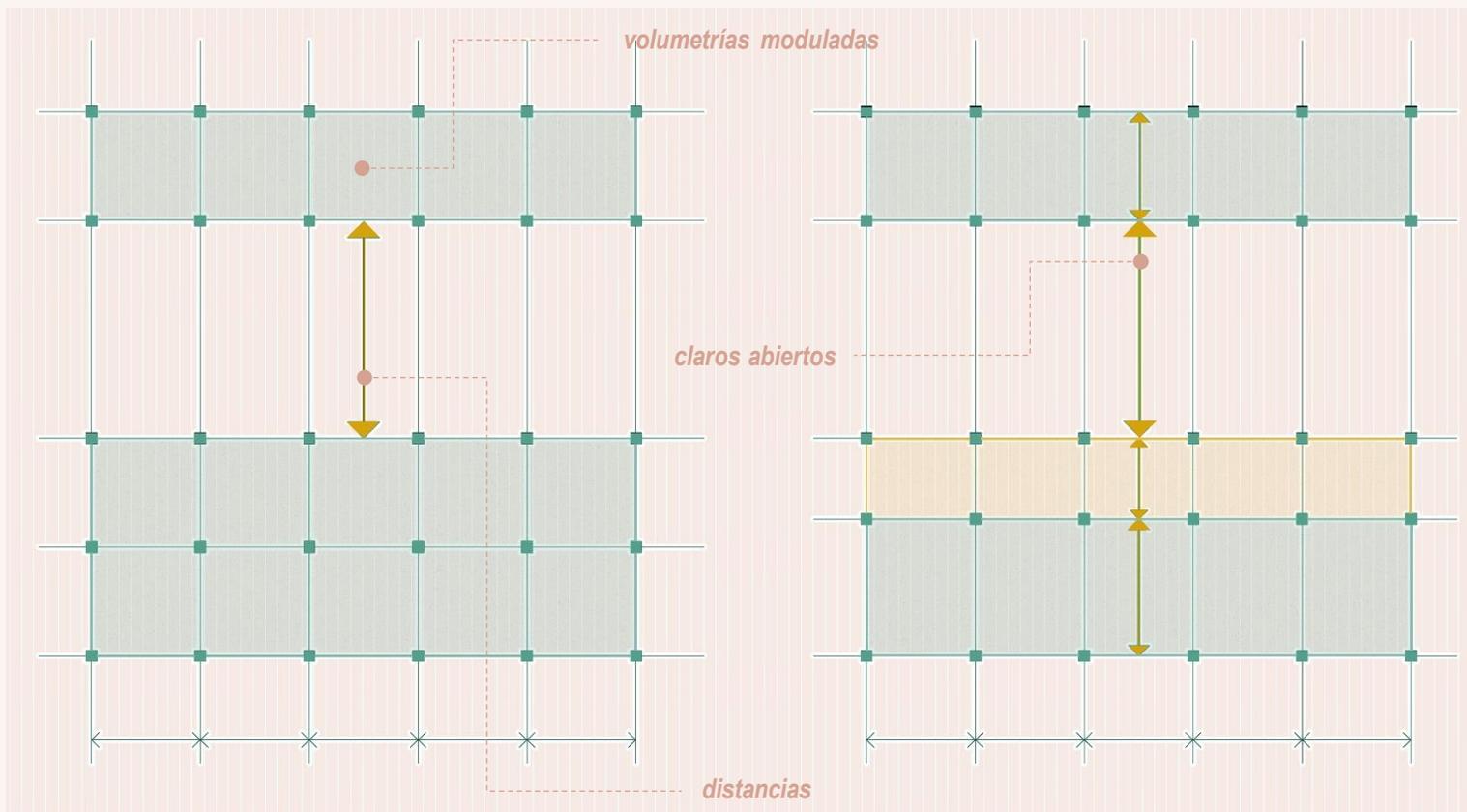
Las retículas regulares pueden cambiar su forma por medio de la incorporación a la composición de una nueva retícula con orientación o geometría diferentes.

Modificación por adición o sustracción

Las retículas regulares pueden extenderse **horizontal o verticalmente** para formar nuevas composiciones de formas y espacios. Las **modificaciones sustractivas** son resultado de la eliminación selectiva de un fragmento de una retícula regular. Este proceso sustractivo puede utilizarse para crear:

Un espacio de **mayores dimensiones** que las establecidas por la retícula (un patio o un atrio), o un acceso con un arremetimiento.

Una parte de la retícula regular puede eliminarse para dejar espacio a un elemento **singular del lugar o contexto inmediato** como árboles, esculturas o monumentos históricos, para dar cabida al programa del edificio y para seguir siendo reconocible como un todo al que se le ha extraído una parte, sin que se caiga en la **deformación**.



41

51

Dimensiones desiguales en la retícula pueden ser el resultado de la búsqueda de una sección determinada o de variaciones lineales derivadas de los requisitos del programa arquitectónico.

Zeno Ramos, B. (2023). *Modificaciones*. [Imagen].

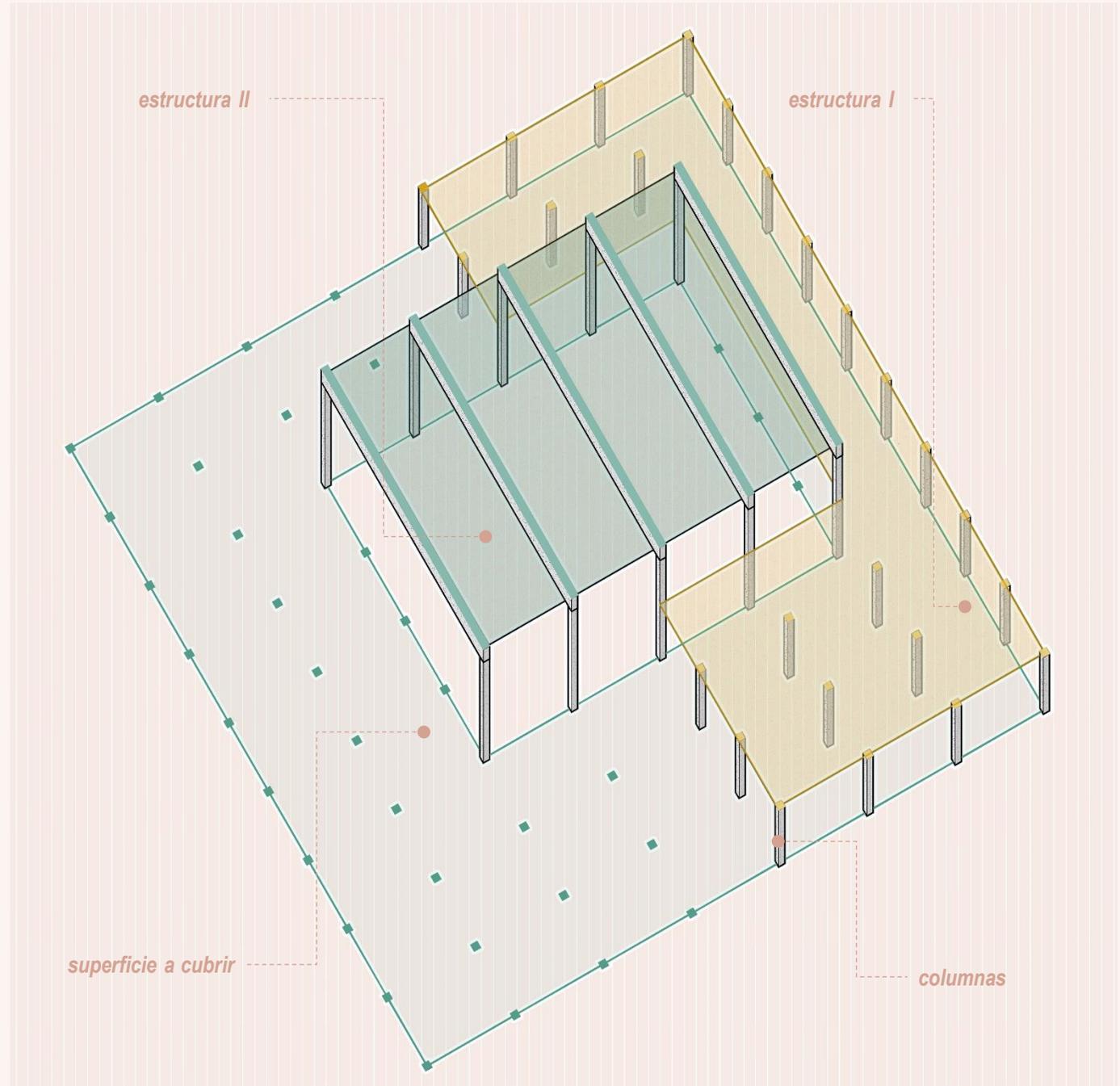
Modificación de las proporciones

Para distribuir espacios y funciones con **cualidades dimensionales** específicas, la retícula en una o en dos direcciones puede hacerse **irregular** para crear una **secuencia jerarquizada** de módulos, diferenciados por su tamaño, escala o proporción.

Grandes espacios

En ocasiones es conveniente que los claros del espacio central sean un **múltiplo** del módulo de la retícula regular, logrando mantener la continuidad horizontal en la estructura.

Un espacio de grandes dimensiones puede integrarse dentro de una retícula y apoyarse en la estructura de los espacios circundantes. Si la retícula del espacio central no se alinea con la de los espacios circundantes, se prefiere que algún tipo de estructura que asuma la transición.



Zeno Ramos, B. (2023). *Intersección de estructuras*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Puede buscarse que el espacio de gran escala esté **separado** pero **conectado** a una estructura adyacente. El módulo céntrico puede enlazarse a través de esta manera para moderar el inconveniente de hacer coexistir **dos tipologías diferentes** de soluciones estructurales o dos retículas desfazadas.

Para realizar la **transición** habría que recurrir a un tercer sistema estructural.

Contraste de geometrías

Las soluciones geométricas pueden conservarse independientes pero enlazadas por una **tercera solución estructural**.

Contraste de orientaciones

También pueden darse **orientaciones** diferentes para dar respuesta a características singulares del lugar, acomodar un determinado esquema de recorridos o expresar el contraste de formas o funciones dentro de una única composición.

Si contamos con un **contraste de geometrías**, existen tres maneras con las que se podría resolver el encuentro de dos retículas de distinta orientación en una única estructura:

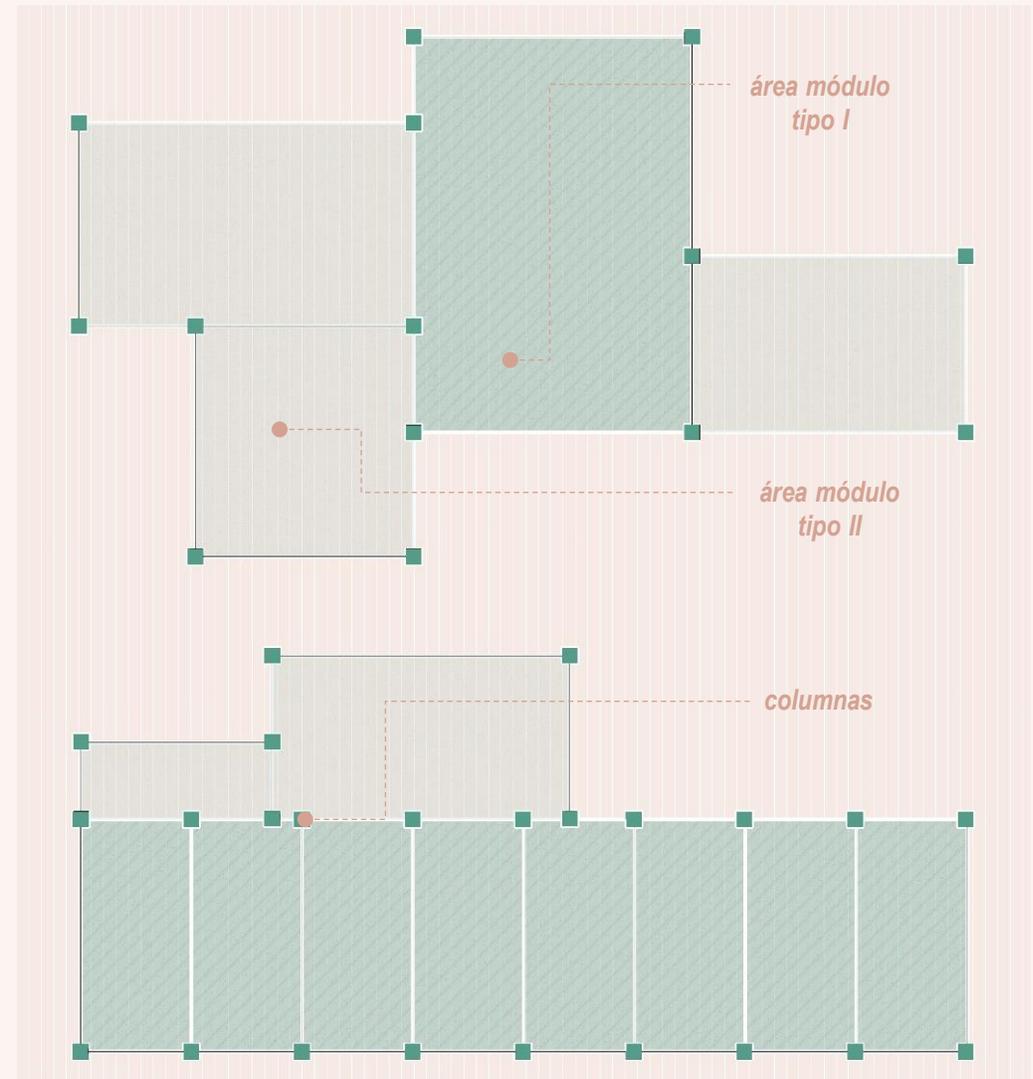
I.-Las diferentes cuadrículas podrían plantearse **independientes** pero unidas a través de una tercera propuesta estructural.

II.-Las diferentes cuadrículas podrían **traslaparse**, predominando una sobre la otra o juntarse formando una tercera.

III.-Una de las cuadrículas o modulaciones podría **integrar** a la otra en su interior.

Formas irregulares

Uno de los planteamientos en la planificación estructural en construcciones de planta irregular, es comprender como puede **separarse** la forma general en **módulos estructurales**, la proyección de la volumetría espacial y la jerarquía que tendrán los espacios a partir del programa.

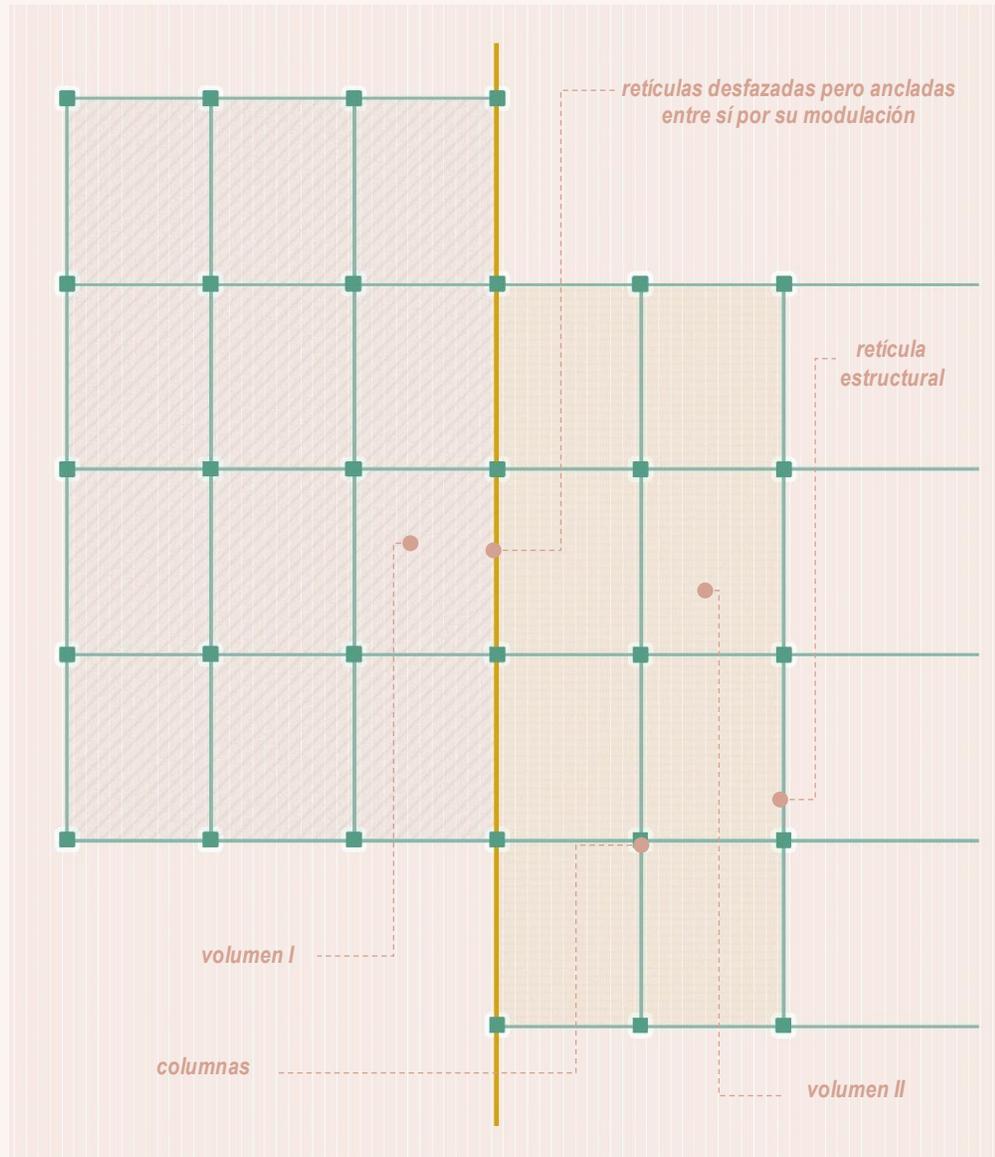


43

53

Zeno Ramos, B. (2023). *Jerarquía espacial*. [Imagen].

Dos retículas estructurales con la misma distribución en planta pueden generar diversos resultados espaciales a partir de la colocación de las unidades que la componen. Los diferentes planteamientos dan como resultado formas distintas.



Zeno Ramos, B. (2023). *Diferencia de módulos*. [Imagen].

44

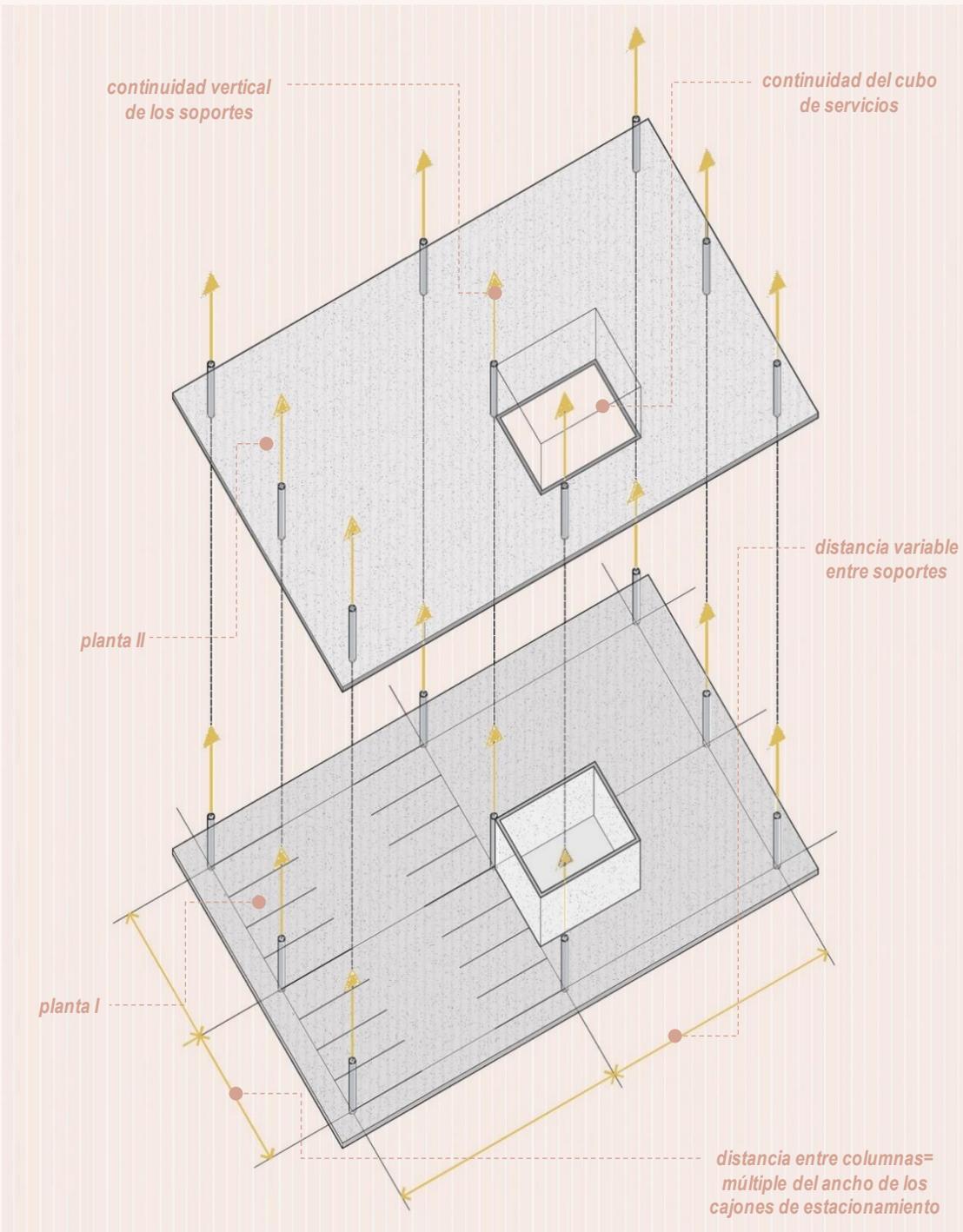
En el caso de contar con modulaciones que son diferentes en proporción, distribución y escala gracias al diseño arquitectónico, sin que se puedan solucionar en el mismo eje de columnas y vigas, se contempla añadir una tercera estructura que funcione como transición.

Retículas desplazadas

Dos partes de un edificio pueden ser **contiguas**, pero cada una de ellas puede responder a su propio **programa funcional** o a restricciones impuestas por el emplazamiento, incluso pueden requerir a su vez dos tipos distintos de esquema estructural a lo largo de la línea compartida de soportes, pueden tener esquemas estructurales similares, pero una estar **desplazada** respecto de la otra.

Cada vez que la escala y la forma de dos retículas son semejantes, las desigualdades pueden solucionarse mediante la **adición** o **sustracción** preseleccionada de una unidad estructural.

Sí los **patrones estructurales** son diferentes en escala y forma pueden converger y alinearse sencillamente si la retícula estructural más grande es algún múltiplo de la retícula menor.



Estructuras de estacionamiento

Cuando el único propósito de una estructura es servir de estacionamiento, las dimensiones específicas requeridas para maniobrar y estacionar los vehículos dictan las **posibles posiciones** de los soportes para organizar los módulos estructurales.

La **distribución** debería permitir espacio suficiente para las maniobras de los automóviles y la abertura de las puertas.

Continuidad vertical de los soportes, distancia variable entre soportes, distancia entre soportes y ancho de los lugares de estacionamiento.

Elementos portantes horizontales

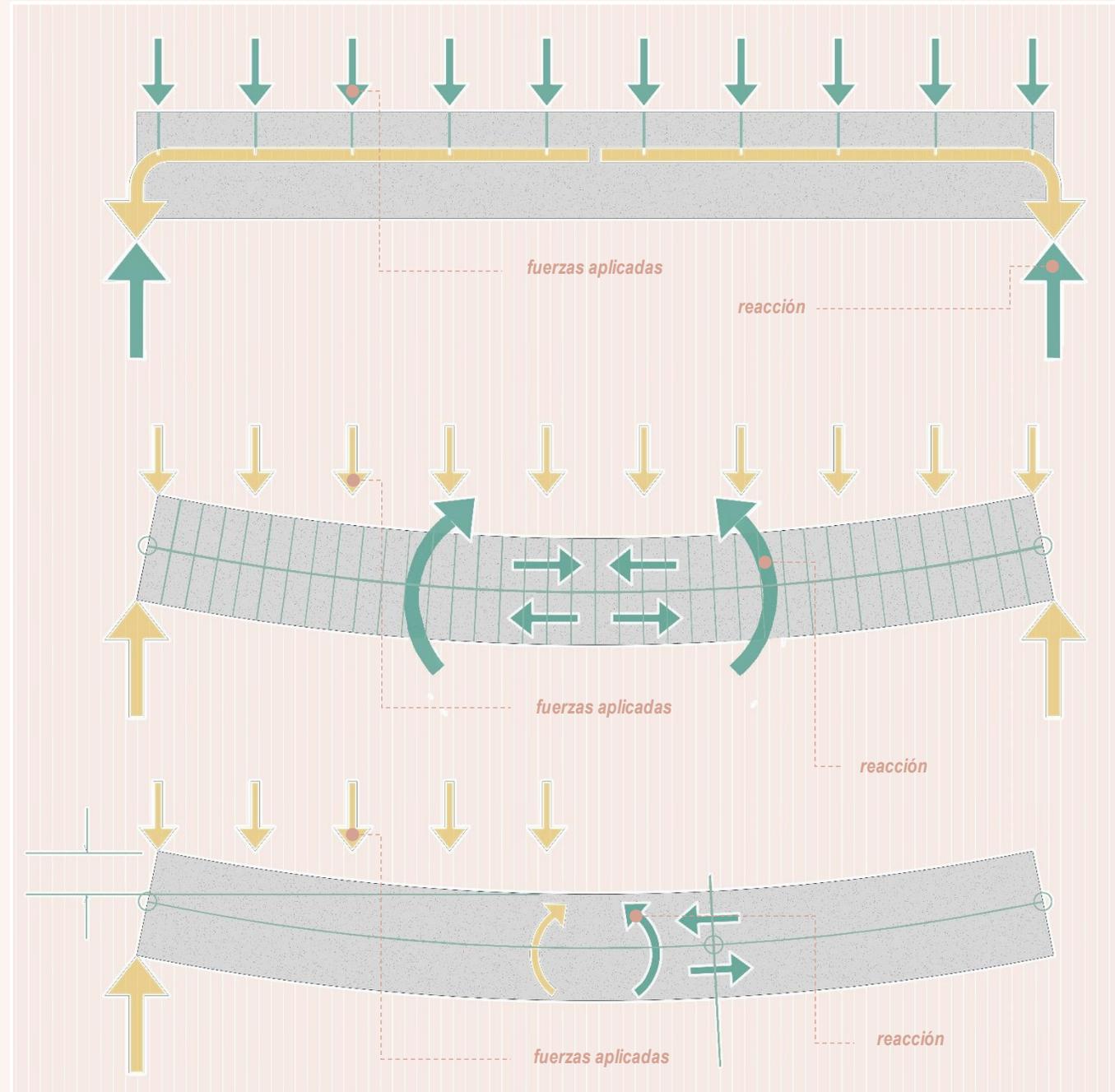
Columnas y muros de carga son soportes verticales que **puntúan el espacio**, otorgan ritmo y escala, que establecen dimensiones espaciales.

De ahí que los espacios arquitectónicos requieren igualmente elementos horizontales que definan un **plano estructural** que funcione como cubierta protegiendo el espacio en el cual se de soporte a personas, mobiliario y desarrollo de actividades.

Vigas

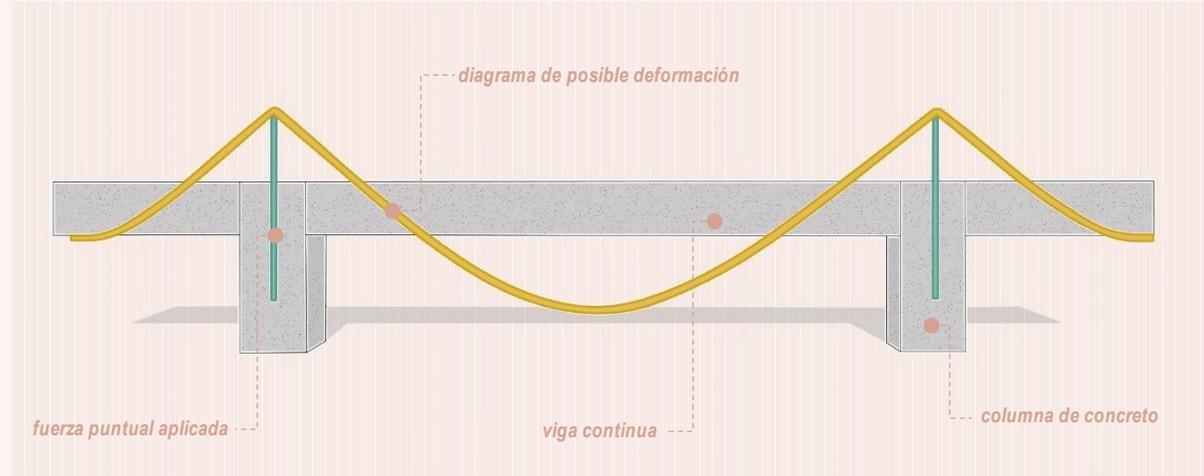
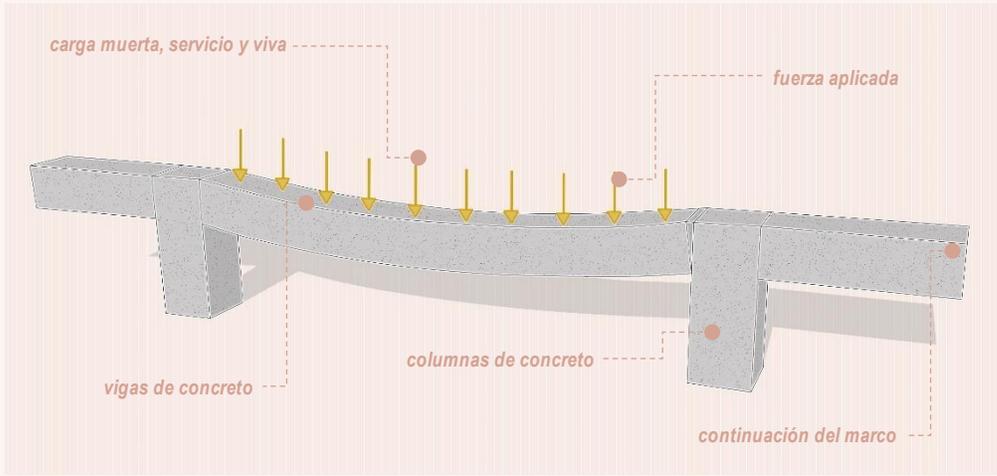
Las estructuras de cualquier planta y cubierta están compuestas de **elementos lineales** y planos como vigas, trabes y losas, diseñados para transferir las cargas transversales a lo largo del espacio hasta los soportes verticales.

Su **momento de flexión** es originado por las cargas externas que tienden a rotar o deformar las estructuras.



Zeno Ramos, B. (2023). *Aplicación de esfuerzos en vigas*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

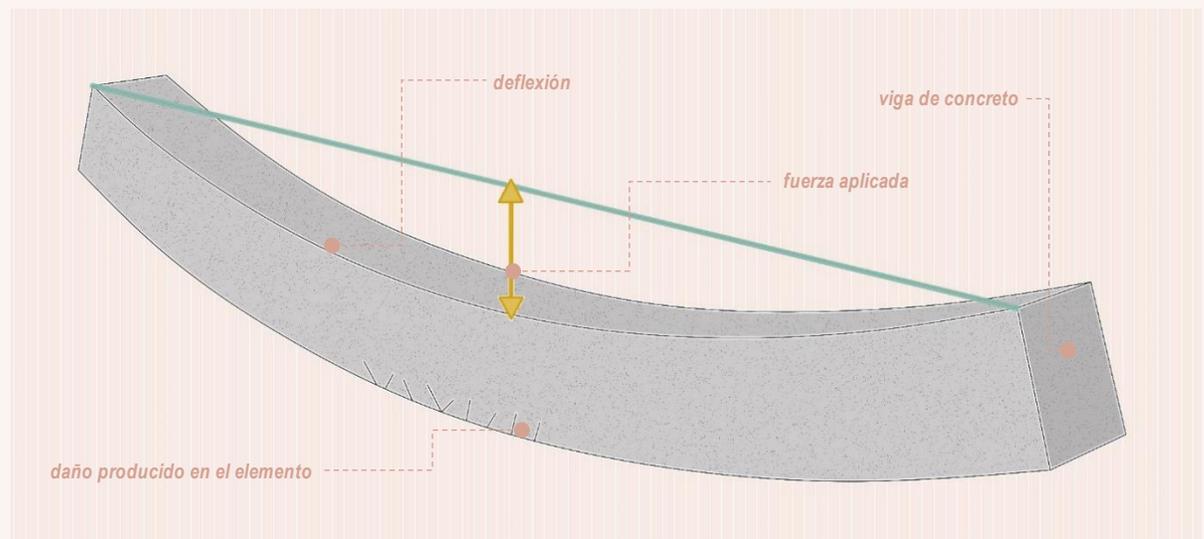
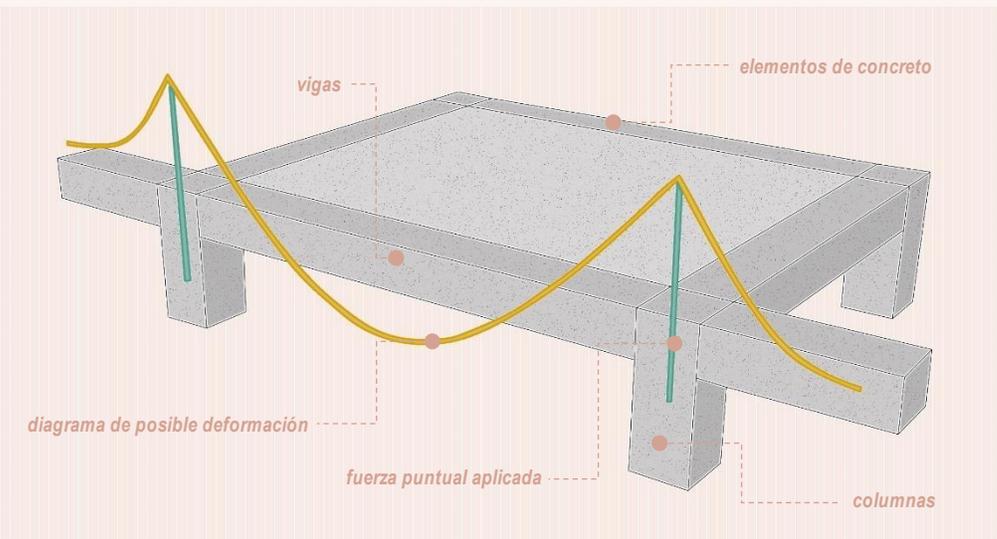
Las vigas empotradas son las que transmiten momentos flectores a los apoyos, o lo que es lo mismo, tensiones de compresión y tracción a los apoyos. Flechan menos que las apoyadas.



47

Zeno Ramos, B. (2023). *Deformaciones*. [Imagen].

57



48

Zeno Ramos, B. (2023). *Uniones, conexiones y continuidad*. [Imagen].

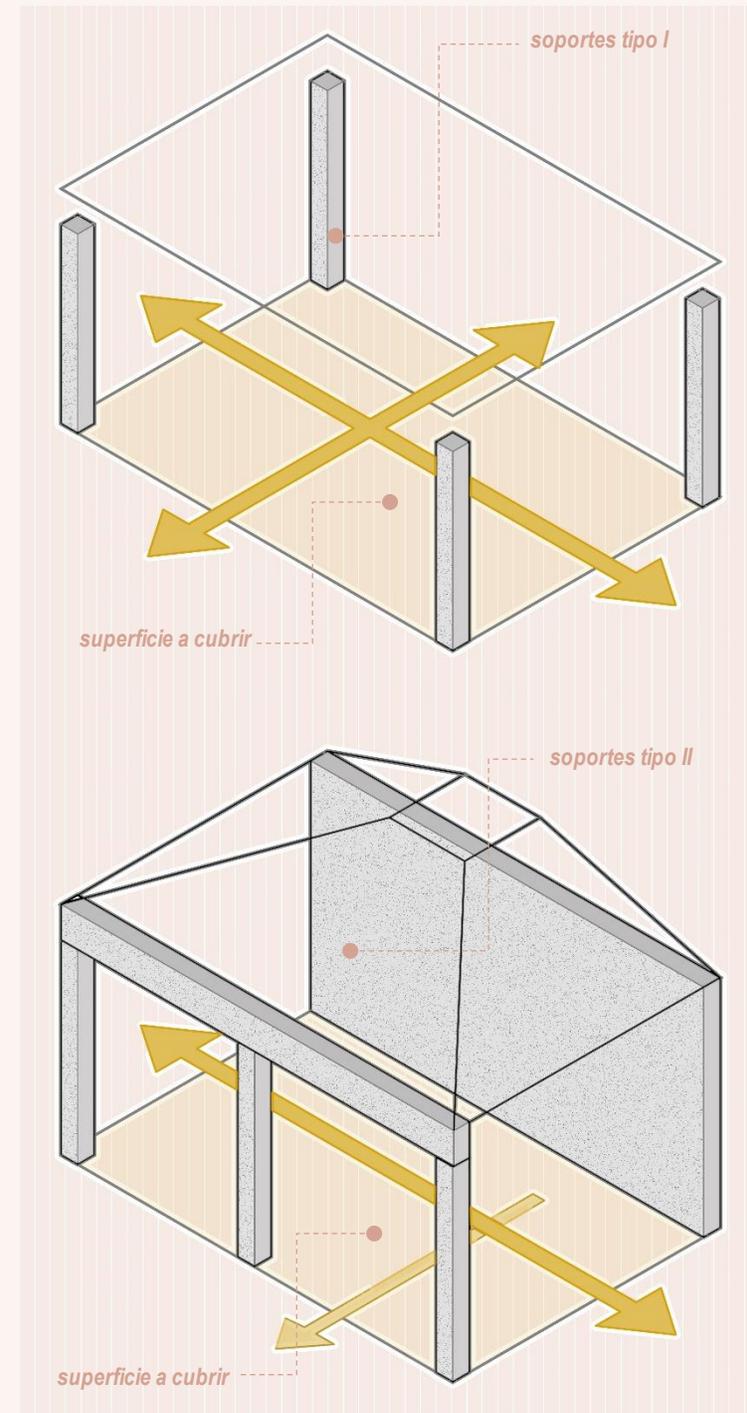
Al deformarse sufrirán tensiones de compresión en la parte superior y de tracción en la inferior.

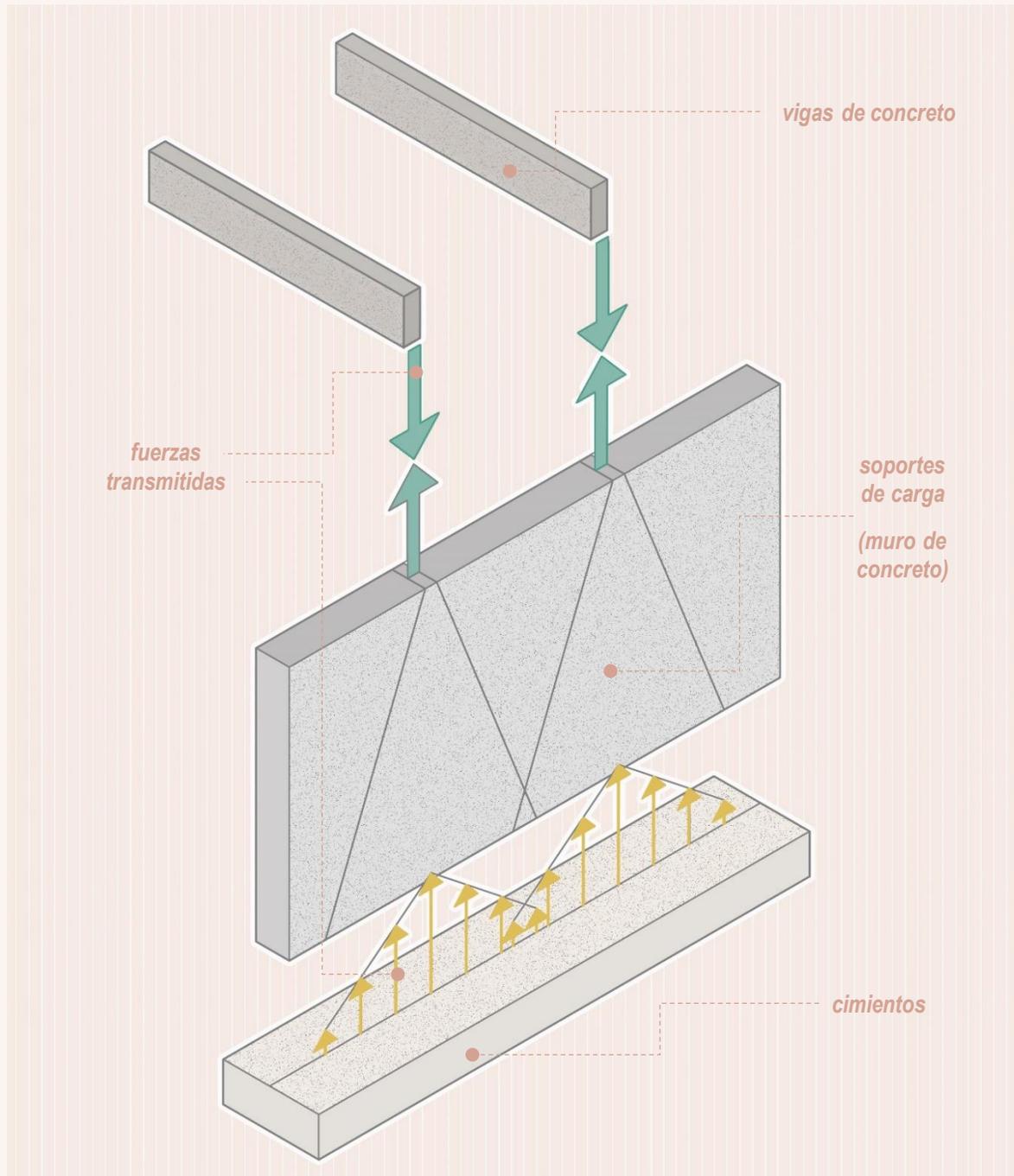
Las tensiones cortantes se desarrollan a lo largo de los planos horizontales de una viga sometida a cargas transversales, siendo iguales en cada punto a las tensiones cortantes verticales existentes en el mismo.

Las vigas y trabes con mayores claros y cargas puntuales en el centro de sus vanos están sujetas a mayores **momentos de flexión** y flechas.

Un sistema de vigas y columnas brinda la posibilidad de instaurar una sucesión de conexiones con los volúmenes que se encuentran de forma inmediata en los cuatro lados de un cuerpo.

Zeno Ramos, B. (2023). *Relación espacial*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.





Zeno Ramos, B. (2023). *Continuidad*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Muros de carga

Un muro portante o de carga es aquel capaz de **soportar una carga impuesta**, ya sea de una losa o de la cubierta, transmitiendo los **esfuerzos de compresión** hasta las cimentaciones.

Es importante que tengan **continuidad** a través de las diferentes plantas, es decir su **alineación** debe ser vertical a partir de la cubierta hasta los cimientos.

Las losas de concreto y cubiertas apoyadas en viguetas, transmiten una **carga uniformemente distribuida** a través de la extensión total superior de los muros de carga que las sostienen.

La unión de muros de concreto con losas, columnas y otros muros debe contar con su propia armadura de anclaje.

IV

TEMAS

INFORMACIÓN GENERAL LOSAS

01

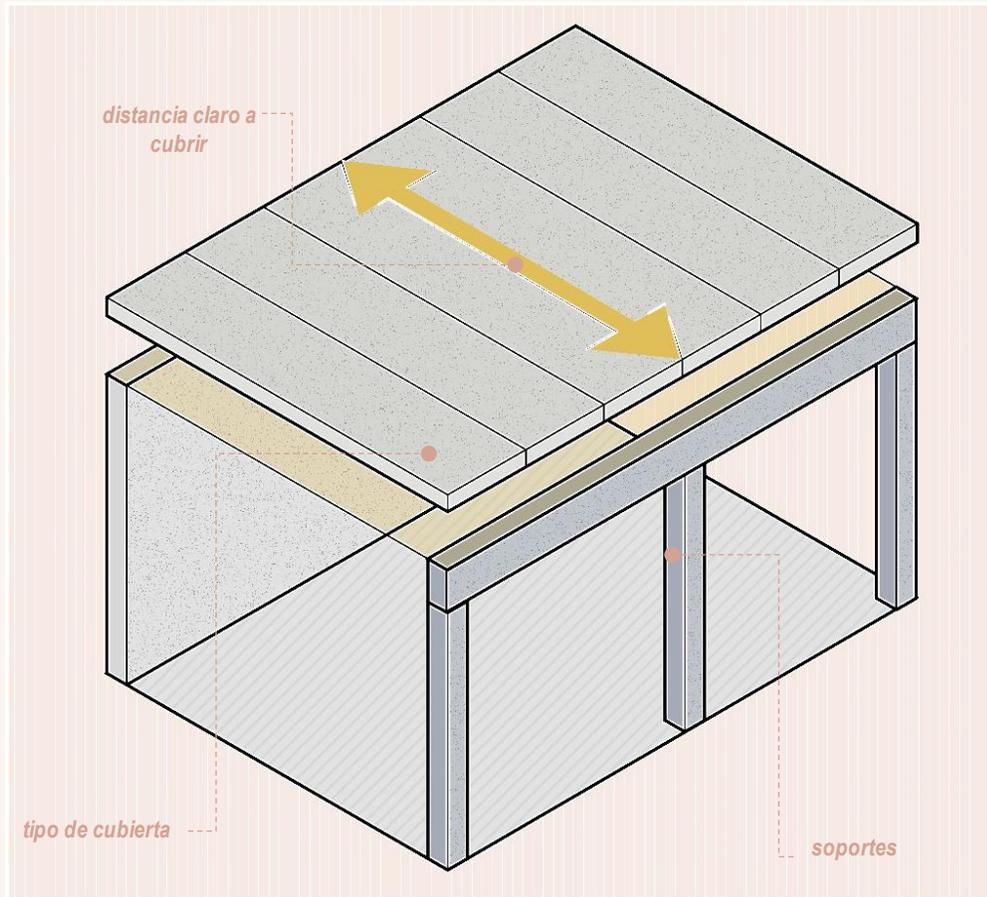
Opciones de losas

Para conformar un **volumen** se necesita un mínimo de dos planos verticales de apoyo, ya sean pórticos, muros de carga o una combinación de ambos, según sea el caso, para generar protección frente a fenómenos naturales y sentido de intimidad, de ahí que se incluya algún tipo de cubierta que libre el claro entre los sistemas de apoyo que se requieran.

A la hora de examinar las formas para **cubrir el espacio** entre dos planos de soporte, debemos tener en cuenta el modo como se distribuyen las cargas aplicadas y la forma de la losa.

Losas unidireccionales

La **forma** en la cual la losa **transmita y distribuya** las cargas aplicadas en una, dos o múltiples direcciones, determinará la distribución y el tipo de apoyo que se necesite. Una losa unidireccional transmite las cargas aplicadas a un par de planos de soporte más o menos paralelos.



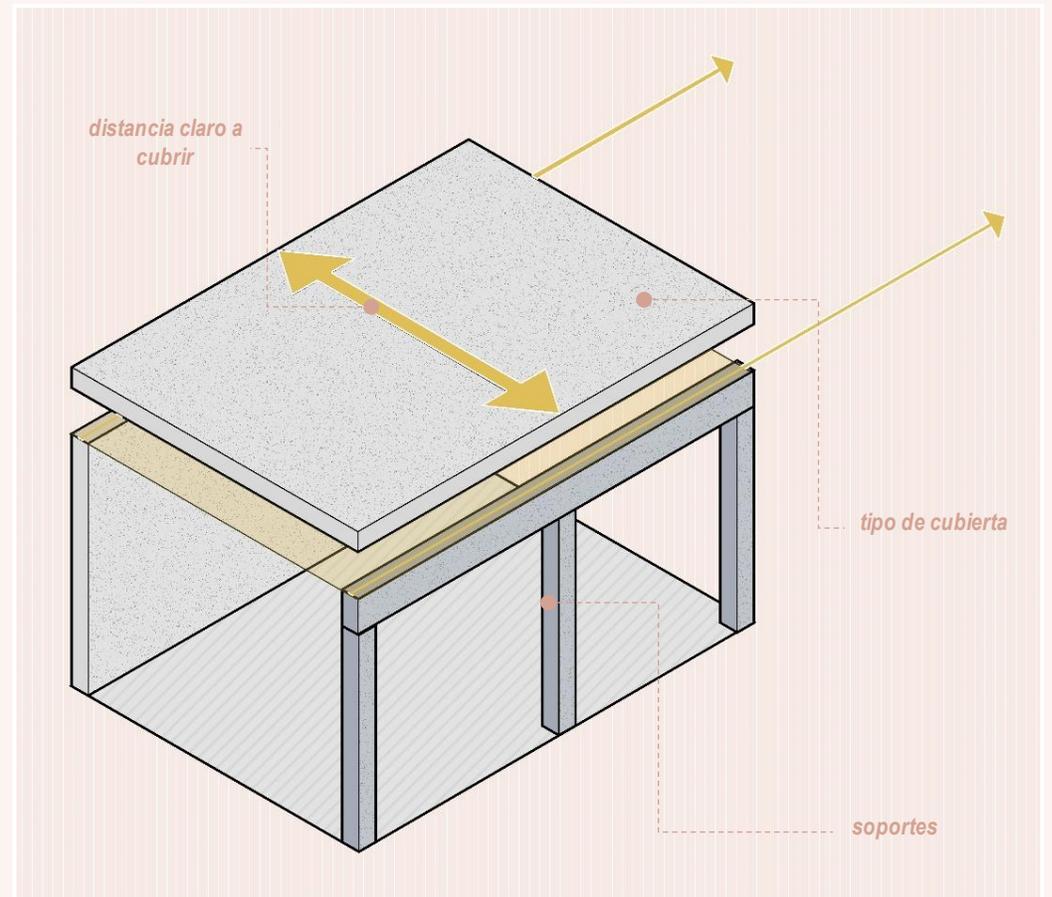
51

Zeno Ramos, B. (2023). **Criterio**. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Invariablemente la continuidad es un requisito estructural deseable, es recomendable prolongar los módulos estructurales a través de los ejes de las columnas primordiales y continuando con las direcciones de las losas para establecer una cuadrícula estructural tridimensional.

Losas bidireccionales

Las losas bidireccionales transmiten las **cargas aplicadas** en dos direcciones, necesitan dos series de soportes o columnas que estén acomodadas de forma **perpendicular**.



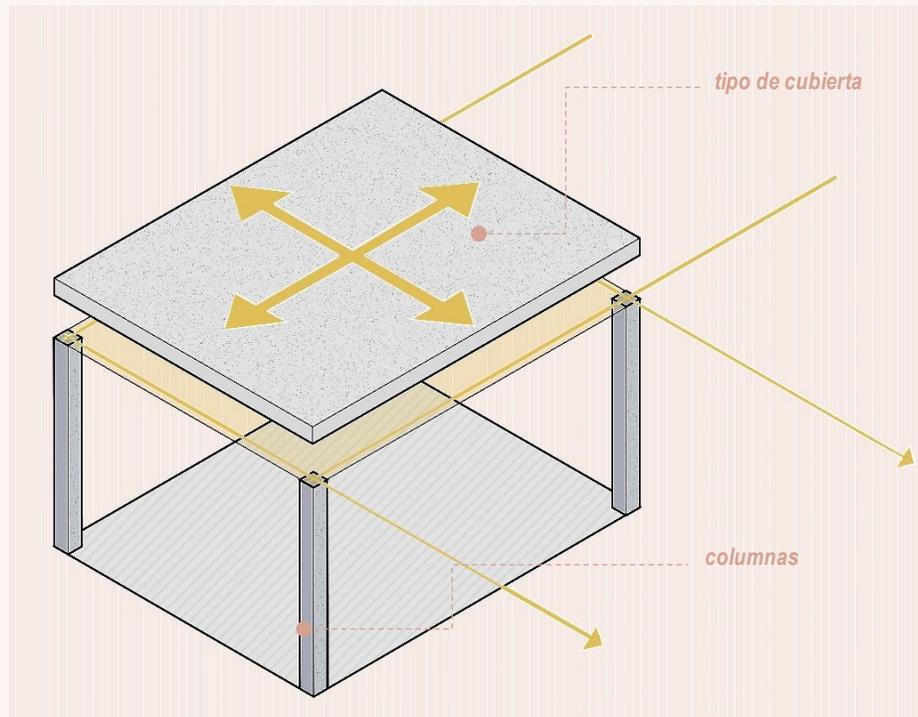
52

Zeno Ramos, B. (2023). **Retículas**. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Las líneas paralelas en planta de una retícula indican la localización y orientación posible de los planos verticales de soporte, que pueden ser muros de carga, pórticos, series de columnas o cualquier combinación de los mismos. (Piralla Meli, R., 2002).

¿Cuál debo elegir?

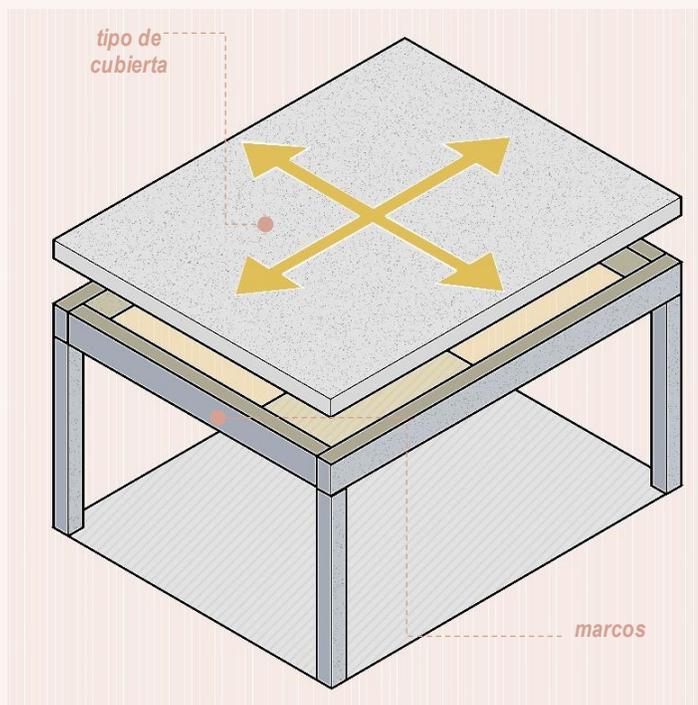
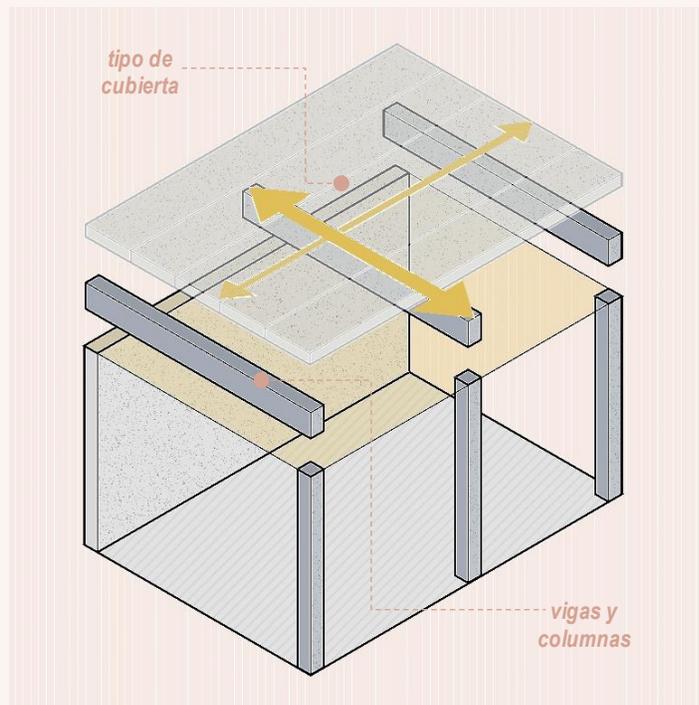
Para determinar entre losas unidireccionales o bidireccionales es necesario tomar en cuenta una secuencia de **variables**: escala, dimensiones y proporciones de los claros, materiales utilizados en la estructura, firmeza de las conexiones constructivas.



Conexión entre unidades estructurales

Típicamente los edificios se encuentran conformados por varios espacios, la organización estructural da paso a una **secuencia de espacios**, dimensiones, actividades, relaciones y disposiciones variables, es necesario enlazar los **módulos estructurales** en una agrupación más grande, vinculado con la planificación de los espacios al interior de la construcción, al igual que con la figura y la concepción de la obra arquitectónica.

En el momento en que el **programa arquitectónico**, usuario, espacio y uso lo necesitan, se puede plantear la retícula estructural "**distorsionando**", alterando, rotando o expandiendo algunas unidades de los módulos ya establecidos, preferentemente que sean **múltiplos** de la misma.



Incluso cuando una sola unidad estructural envuelve todos los espacios de un edificio, éstos necesitan una estructura o soporte como unidad.

Zeno Ramos, B. (2023). **Unidades**. [Imagen].

Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Sistemas horizontales

Los elementos horizontales pueden estar constituidos por losas homogéneas de concreto armado o por una serie jerarquizada de capas o niveles de viguetas, vigas y trabes de acero o madera que **soportan un plano horizontal** de cubierta o losa.

Concreto

Las losas de concreto *in situ* se **clasifican** en función de los **claros** que **cubren** y de las cimbras que se utilizan durante su elaboración.

Las losas prefabricadas de concreto pueden apoyarse sobre vigas o sobre muros de carga, **no son elaboradas en el sitio**, sólo montadas.

Acero

Las vigas de acero pueden soportar **losas mixtas** (acero y concreto) o **losas prefabricadas** de concreto.

Las vigas pueden colocarse sobre otras vigas, columnas o muros de carga. El entramado de vigas la mayoría de las ocasiones forma parte integral del entramado general.

Es posible emplear **viguetas aligeradas** o de **alma abierta** contiguas entre sí, colocadas sobre columnas o muros de carga. Las chapas de acero o los tableros de madera libran claros parcialmente cortos. Las viguetas poseen una **facultad reducida** para configurar voladizos.

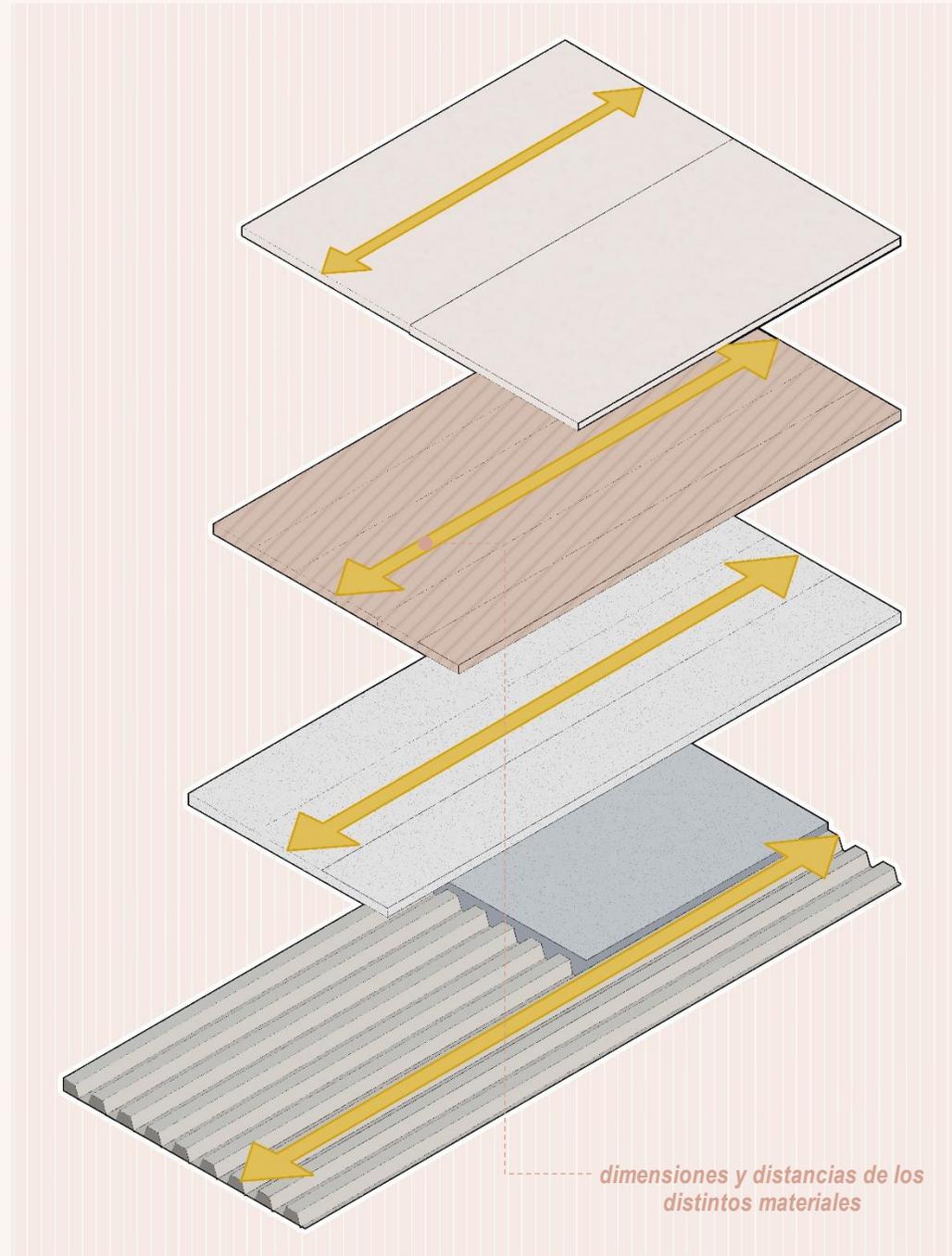
Tipos de construcción

Los materiales de las losas generalmente vienen determinados por la **magnitud de las cargas** y de los claros que deben salvar. Otra variable importante a la hora de seleccionar el material de la estructura es el **tipo de construcción** marcado por la norma en función del tamaño y el uso del edificio.

Niveles estructurales

A la hora de soportar cargas uniformemente distribuidas en el nivel superior (la superficie transitable por el posible usuario), la capa superficial (losa o cubierta) debería diseñarse para alcanzar la **máxima eficiencia estructural**; así, la elección de los elementos estructurales de una losa y de la distancia a la cual se dispongan éstas debe comenzar por el punto de aplicación de la sobrecarga. La carga se distribuye a través de los sucesivos niveles de la estructura hasta llegar a la cimentación.

El primer nivel (de arriba hacia abajo) ocupa la posición superior, es responsable de crear la **superficie transitable** por los usuarios, ocupación de muebles, instalaciones (área útil) y puede estar construido con tableros de madera estructural, chapados de madera, planchas prefabricadas de concreto, losas de concreto *in situ* y otros acabados dependiendo de la **estética** o **necesidad** a la que necesite responder la construcción.



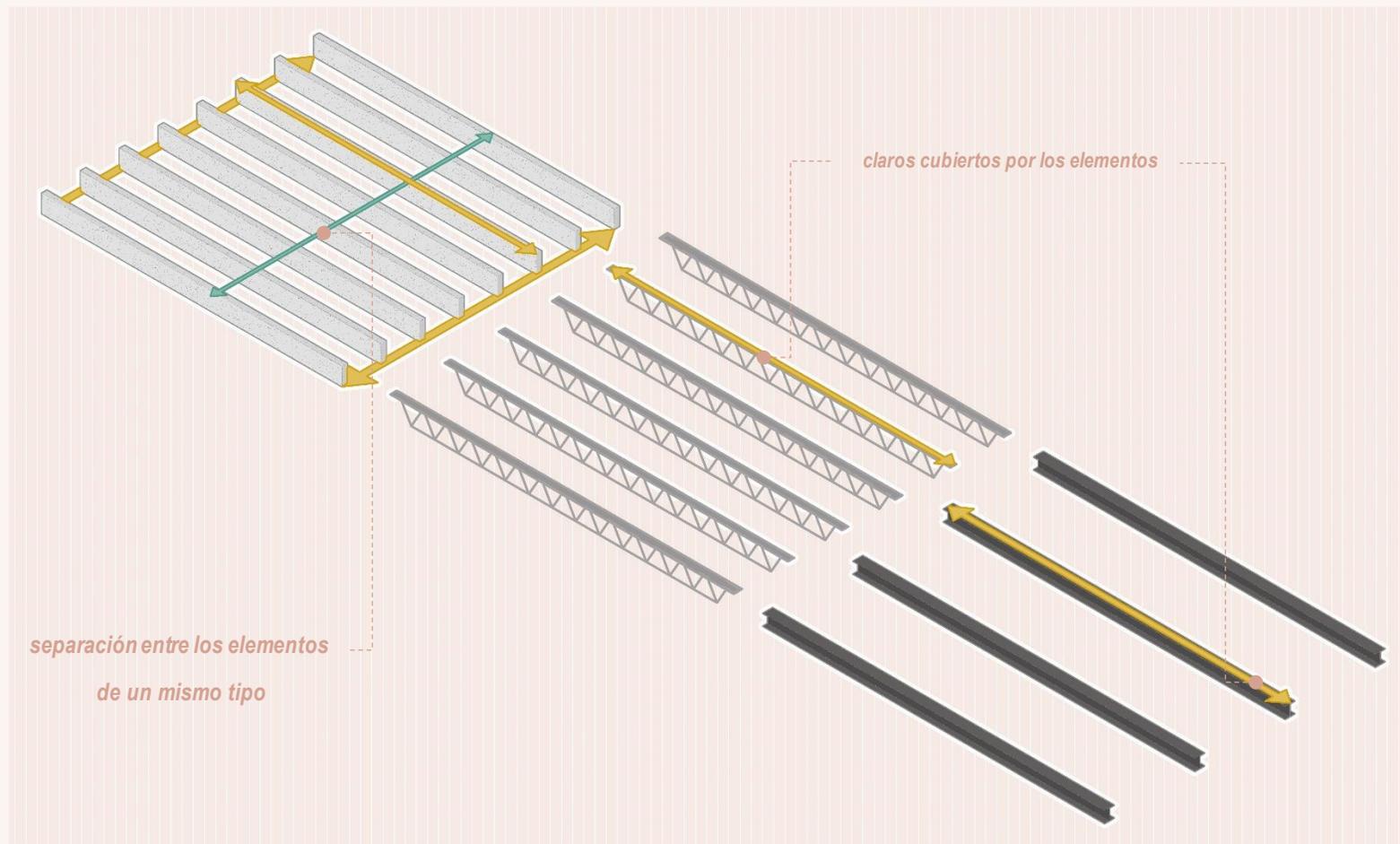
Zeno Ramos, B. (2023). *Materiales*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

La capacidad de asumir cargas y salvar claros de estos elementos superficiales determina el tamaño y la distancia entre los elementos que conforman el siguiente nivel.

El segundo nivel (de arriba hacia abajo) soporta la **superficie transitable** (área útil) y puede estar construido con acero con alma aligerada, vigas de acero de alma abierta, perfiles de acero laminado.

Estos elementos tienen **dimensiones mayores** y son lineales por naturaleza.

En lugar de un tercer nivel horizontal, las vigas y viguetas del segundo pueden apoyarse en una serie de columnas o muros de carga.



Zeno Ramos, B. (2023). *Cargas*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Cargas distribuidas y puntuales

Las estructuras se diseñan para soportar una **combinación de cargas** de peso propio, sobrecargas de uso y cargas laterales. Existen **cargas puntuales** y **distribuidas**. Es fundamental comprender esta diferencia porque ciertos sistemas estructurales se desempeñan mejor para tolerar cargas ciertamente ligeras y uniformemente distribuidas, a la vez que otros son más convenientes para soportar una secuencia de cargas puntuales.

Un ejemplo de cargas uniformemente distribuidas sobre la superficie de un elemento estructural serían el peso propio de una estructura, la sobrecarga de uso sobre una losa, la sobrecarga de nieve en una cubierta, o la carga horizontal de viento sobre un muro.

Las cargas debidas al **peso propio de la estructura** y a otros elementos fijos del edificio actúan en la vertical y están uniformemente distribuidas.

Las **sobrecargas** incluyen cualquier carga variable o móvil aplicada sobre una estructura resultado del grado de ocupación del edificio, nieve, lluvia o elementos de mobiliario.

Recorrido de las cargas

Procedimiento para calcular cómo **recibe**, **canaliza** y **redirige** una estructura los esfuerzos resultantes de las cargas aplicadas sobre la misma, a través de toda la **jerarquía de sus elementos** hasta la cimentación y el terreno. El análisis suele comenzar en el nivel de la cubierta.

Las cargas aplicadas sobre **elementos superficiales**, como losas y cubiertas, se transmiten a las viguetas o vigas dónde se apoyan de forma distribuida. Las viguetas transmiten **horizontalmente** las cargas distribuidas hasta las vigas, cerchas, soportes o muros de carga en los cuales se apoyan.

Material

Las **dimensiones** y **proporciones** de los vanos definidos por la retícula estructural influyen (y a menudo limitan), las posibilidades de **elección** de material y estructura de los sistemas portantes horizontales. Los elementos estructurales de acero se prestan para **integrarse** en losas unidireccionales, mientras que los de concreto resultan apropiados tanto para sistemas unidireccionales como bidireccionales.

Proporciones del vano estructural

Los sistemas bidireccionales resultan más eficaces para cubrir **vanos cuadrados** o casi cuadrados, mientras que las losas bidireccionales requieren vanos cuadrados o casi cuadrados. Los sistemas unidireccionales son flexibles y pueden cubrir cualquier vano cuadrado o rectangular en cualquier dirección.

La **orientación** y **longitud** de los voladizos, así como el **tamaño** y la **localización** de los huecos de las losas, deberían tenerse en cuenta al definir la **disposición** de los soportes (columnas o muros). Las condiciones de borde de la estructura de la losa y sus conexiones con los cimientos y con los cerramientos afectan tanto a la **integridad estructural** de un edificio como a su **apariciencia física**.

Dirección de la losa

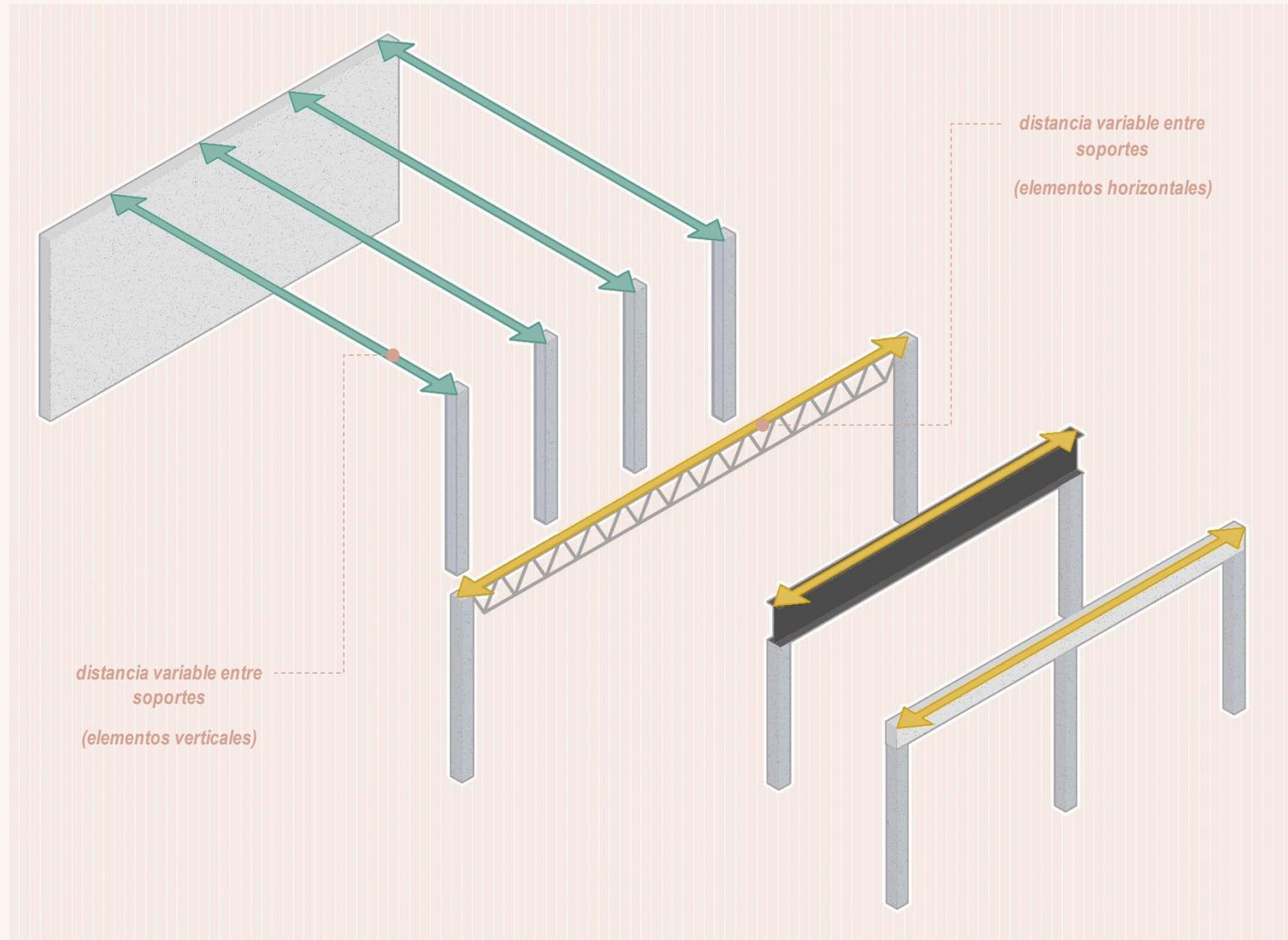
La dirección de las losas, determinada por la **posición** y **orientación** de los planos de soporte vertical, afecta al orden de la **composición espacial**, las **cualidades** de los espacios definidos y, hasta cierto punto, los costos de construcción.

Longitud de los vanos

La **separación** entre los soportes o muros de carga define la longitud de los vanos o el claro.

Determinados materiales tienen un **rango limitado** para cubrir un claro. Por ejemplo, los diversos tipos de losas de concreto *in situ* pueden cubrir vanos relativamente cortos.

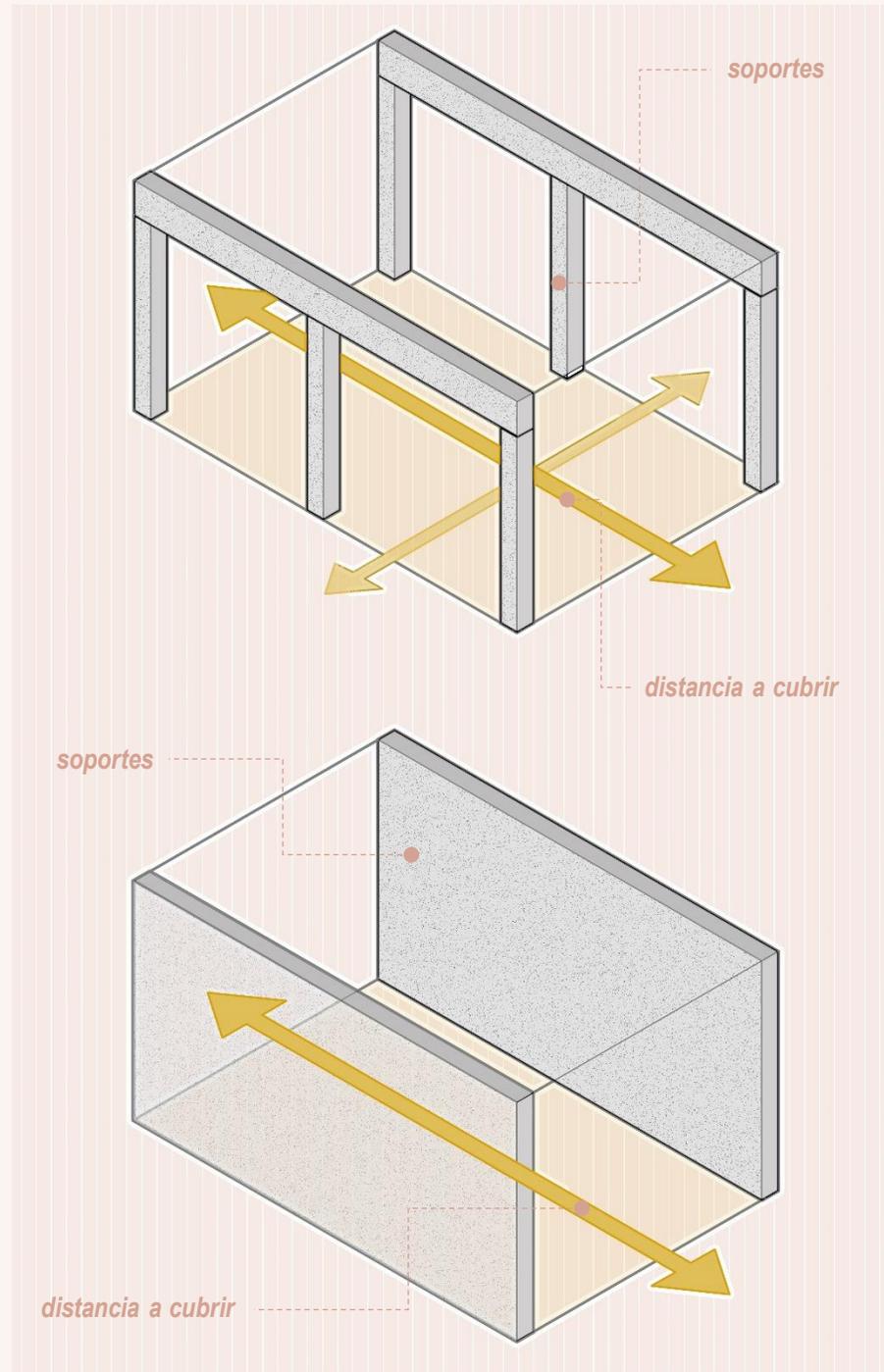
El acero es un material aún más flexible, ya que los **componentes** de la losa pueden fabricarse en diferentes formas, desde perfiles de alma llena o aligerada hasta cerchas, pudiendo **cubrir claros** de entre **5 y 24 metros**.



Zeno Ramos, B. (2023). *Distancias*. [Imagen].

Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

El ancho del vano estructural está limitado en una dirección por el claro que deben salvar los componentes unidireccionales. En la dirección perpendicular, la longitud del vano está determinada por los elementos estructurales utilizados para soportar los elementos unidireccionales, ya sean muros de carga, vigas o cerchas apoyadas sobre una serie de columnas o una combinación de los mismos.



Elementos portantes verticales

Los soportes verticales sobre los cuales apoyan las losas deberán contar con un **patrón vertical** que debe coordinarse con la **forma** y la **distribución** deseada de los espacios interiores del edificio. Tanto las columnas como los muros tienen una presencia mayor en nuestro campo visual que los planos horizontales, por ello tienen mayor relevancia a la hora de definir un **volumen** discreto de espacio y proporcionar un sentimiento de abrigo y privacidad para quienes se encuentran en él.

Sirven para **separar** un espacio de otro y para establecer un límite común entre los entornos interior y exterior.

Son igualmente importantes que las losas, debido a que **coexisten** en el mismo espacio y uno depende del otro, este **componente vertical** debe considerarse en lo que se refiere al impacto que pueden tener en la forma exterior de los edificios, al igual que en la **configuración** del espacio interior.

Zeno Ramos, B. (2023). *Cubiertas y elementos verticales*.

[Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

El plano de la cubierta también influye en las cualidades físicas de un espacio. Puede expresar la forma de la estructura de una planta superior o de una cubierta, alterar la escala de un espacio.

IV

TEMAS

01

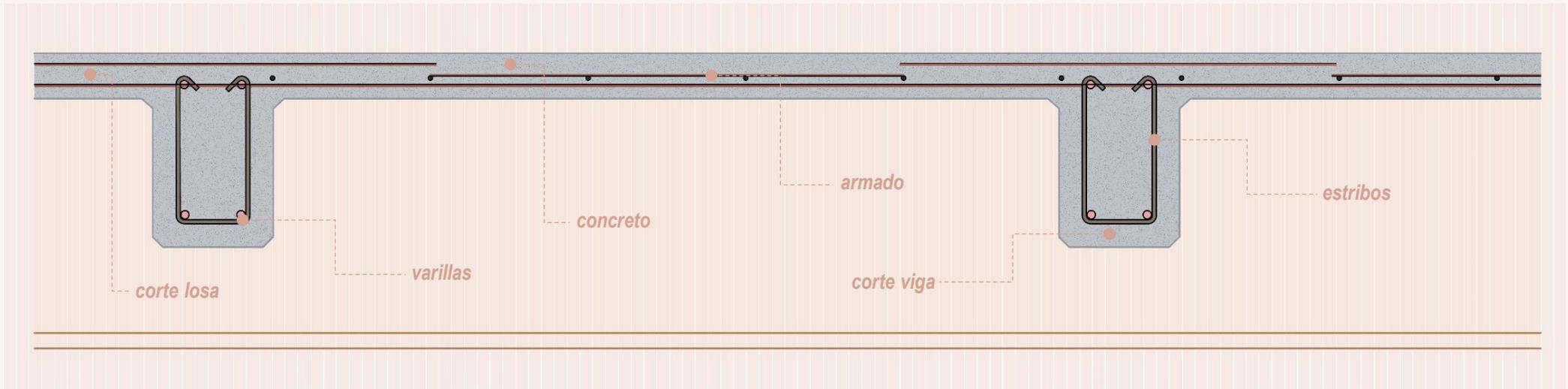
LOSA MACIZA

¿Qué es?

Las losas de concreto son **estructuras** de tipo laminar, armadas unidireccional o bidireccionalmente para salvar un vano. Se clasifican por el modo en que salvan los claros y por la forma en la cual se construyen. Puesto que el concreto es incombustible, las losas de este material pueden utilizarse en todo **tipo de construcción**, pero en su mayoría pequeñas, normalmente como casa habitación.

Vigas de concreto

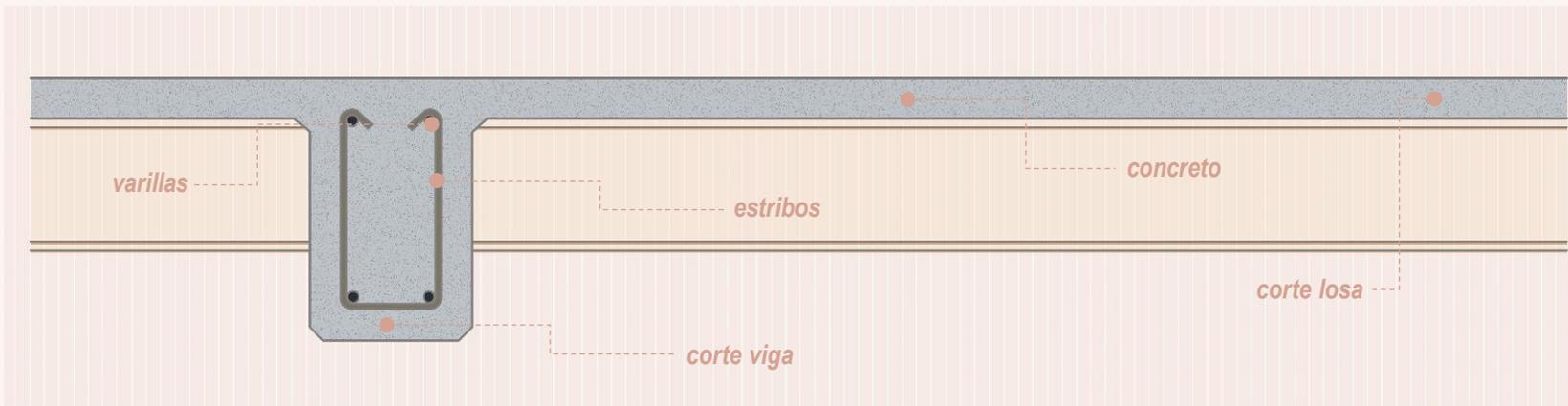
Las vigas de concreto armado son planeadas para que el concreto trabaje **conjuntamente** con el entramado longitudinal y transversal para soportar las cargas administradas. Las vigas de concreto *in situ* la mayoría de las veces se realizan en obra junto con la losa que sostienen, puesto que un **fragmento** de la losa se comporta como porción integral de la viga, el canto de la viga se obtiene midiendo hasta la cara superior de la losa.



Zeno Ramos, B. (2023). **Armado**. [Imagen].

En esta dirección se disponen armaduras que asumen los esfuerzos de tracción. Estas vigas permiten ampliar el claro de los vanos y la flexibilidad de toda la estructura.

Es necesario disponer también armaduras transversales para asumir los esfuerzos de cortante, y una armadura mínima que asuma las contracciones y dilataciones por cambios de temperatura.



La losa se apoya en dos lados sobre vigas o muros de carga paralelos; las vigas se apoyan en columnas o muros de carga.

Zeno Ramos, B. (2023). **Apoyo**. [Imagen].

Una losa maciza es un elemento estructural **monolítico horizontal** de espesor relativamente pequeño (podemos encontrar de **8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 25, 26, 28 y 30 centímetros** de espesor), es usada para **cubrir** o **dividir** un área en una edificación, divide entrepisos y cubre azoteas.

Recibe su nombre debido a que el concreto ocupa más del **70%** del volumen del elemento, es el tipo de losa más construida y, la encontramos en forma **cuadrada** o **rectangular**.

Ya sean unidireccionales o bidireccionales, deben tener la capacidad de sostener su propia carga, cargas muertas como el mobiliario, equipos e instalaciones, cargas vivas como posibles usuarios que ocuparán el espacio, así como resistir situaciones ambientales, viento, lluvia y nieve. Tienen que garantizar la seguridad al interior, aislamiento al ruido, al calor, a la vibración y la visión entre los espacios que conforman la construcción.

Las losas macizas de entrepiso y azotea planas pueden tener **apoyos lineales** (muros de carga) o **apoyos puntuales** (columnas y trabes).

Dimensiones

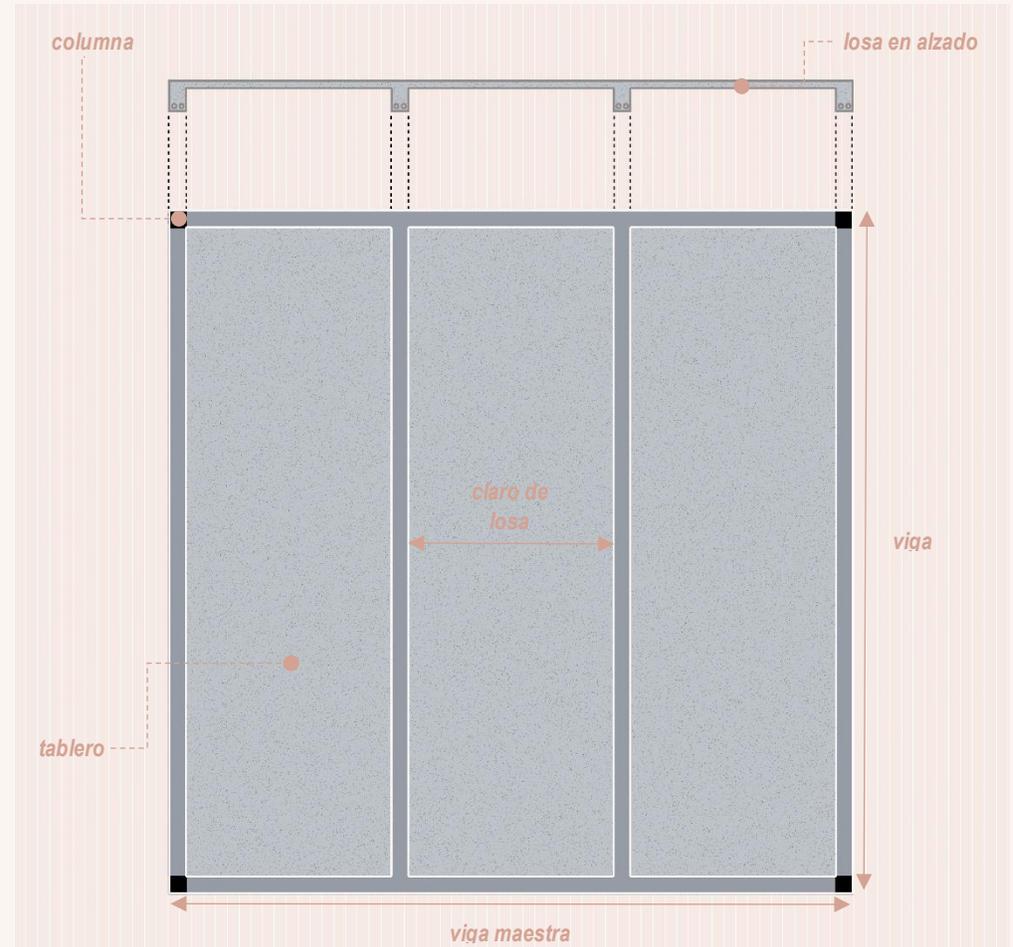
Para las losas coladas monolíticamente con sus apoyos o no, los tableros deben ser rectangulares, para que la distribución de las cargas sean lo más uniforme en cada tablero que la compondrá. El espesor mínimo de la losa recomendable es de **10 cm**. Los tableros no serán mayores de **25 m²**, de los cuales existirán distintos tipos de esquina, de borde, interiores, aislados.

Materiales

Concreto, acero de refuerzo colocado en la parte superior e inferior, varillas de **10 a 15 cm** de diámetro, tarimas de madera u hojas de triplay.

Losas unidireccionales

Las losas unidireccionales tienen un grosor constante y están armadas en **una sola dirección** entre los apoyos.

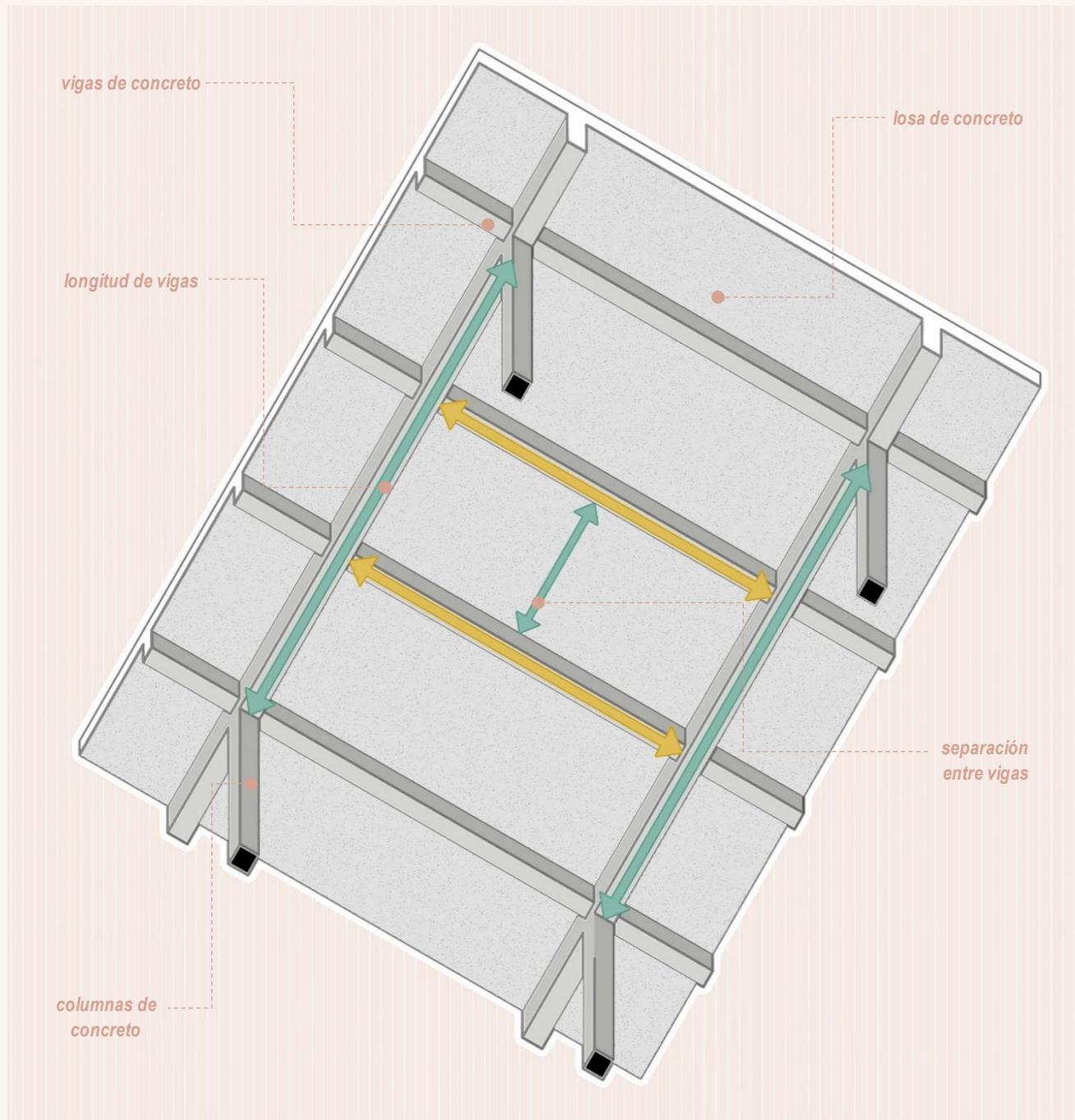


Zeno Ramos, B. (2023). *Planta y alzado*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Considerar: claro de la losa, viga y viga maestra.

60

71



Las vigas pueden extenderse más allá de la línea de columnas para configurar voladizos donde sea necesario.

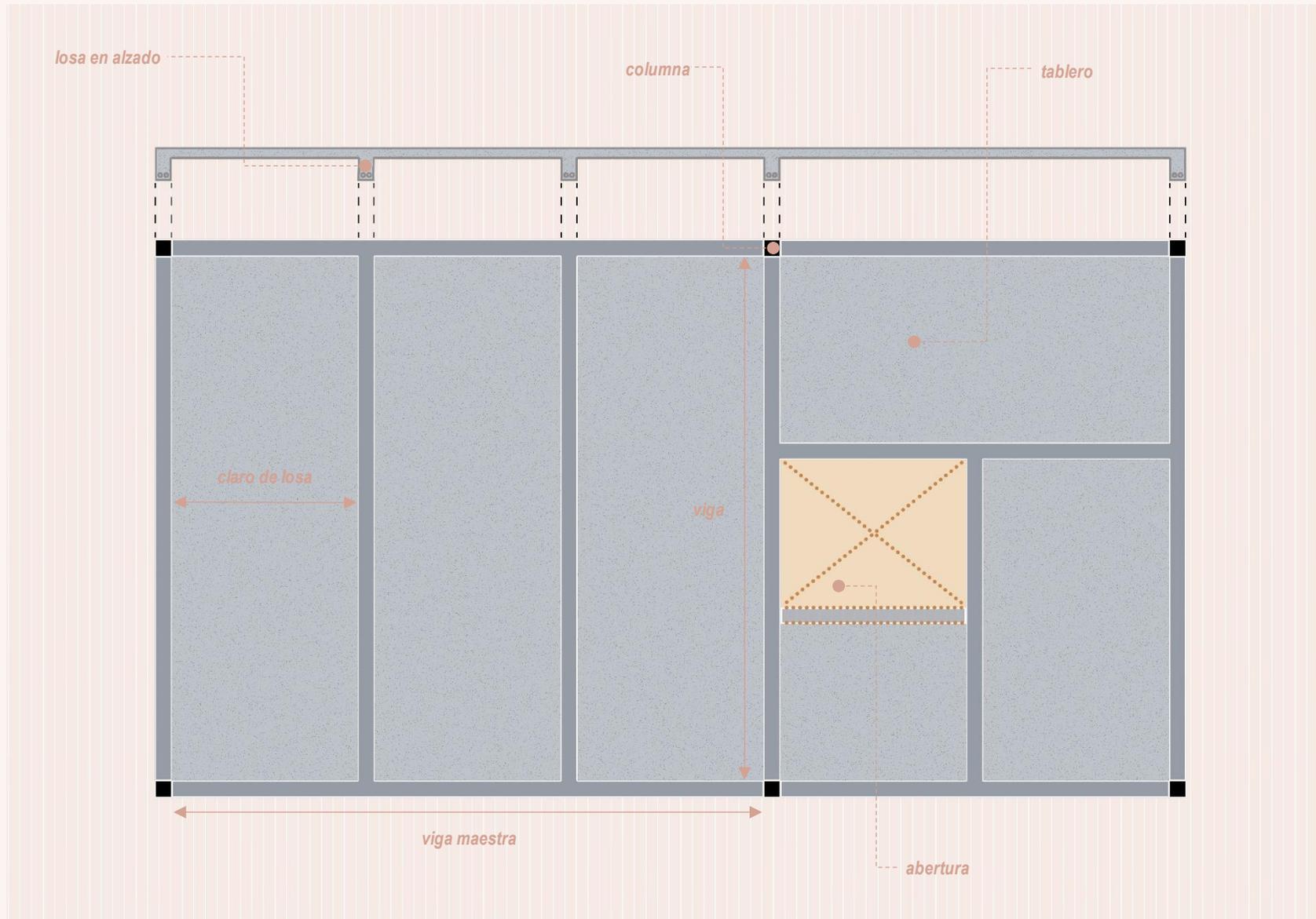
La dirección de la losa suele ser la más corta de un módulo rectangular.

Son convenientes en condiciones de cargas moderadas o ligeras con respecto a claros parcialmente pequeños.

Zeno Ramos, B. (2023). *Prolongación*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Las vigas consiguen conformar retículas irregulares para ajustarse a las modificaciones en el módulo estructural, a las circunstancias de carga o a las aberturas de la losa.

La distancia entre soportes puede llegar a variar, pero está restringida por las dimensiones de las vigas maestras. Para claros superiores a 11 m las vigas deben aumentar su peralte, lo que obliga a incrementar la altura de entrepiso de los niveles.



62

73

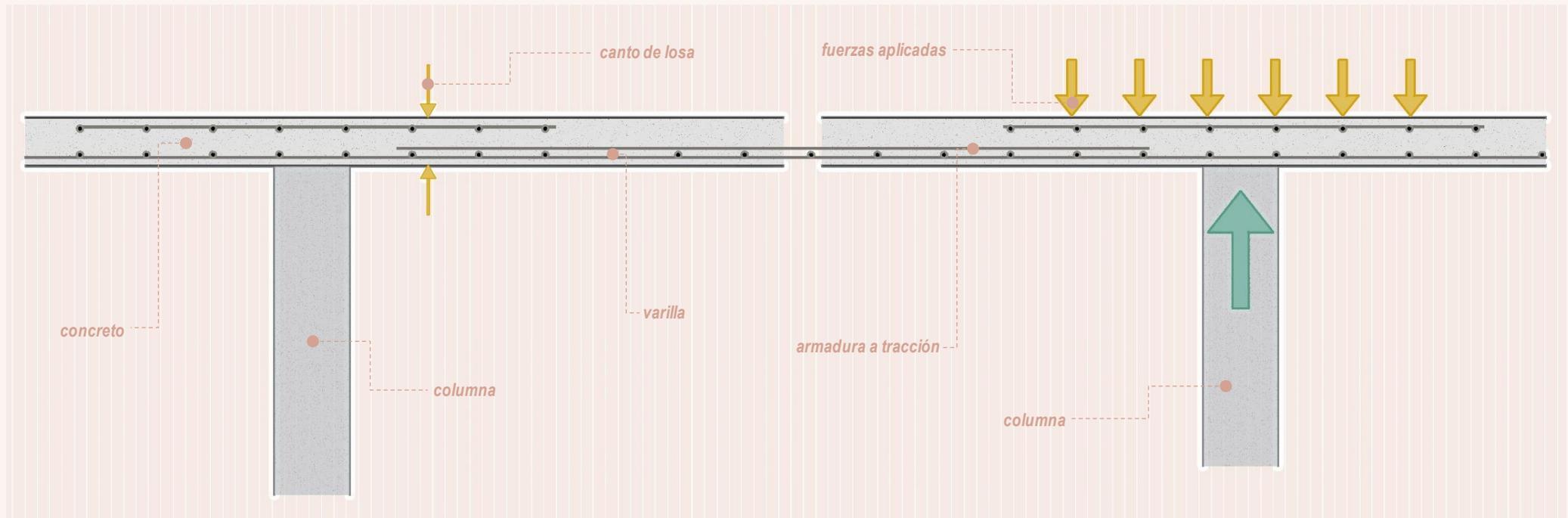
La adaptación del sistema de vigas y losas posibilita la incorporación de unidades espaciales y estructurales.

Zeno Ramos, B. (2023). *Diseño de aberturas*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Losas planas

Las losas planas son losas de concreto de canto constante con armadura en dos o más direcciones y apoyadas directamente sobre pilares sin vigas o jácenas. La simplicidad de la construcción, las alturas de planta reducidas y cierta flexibilidad en la posición de los soportes hacen de las losas planas una **solución adecuada** para la construcción de apartamentos y hoteles.

El pequeño espacio de conexión de la losa con la columna limita la **capacidad de transferir cargas** a través de la junta, reduciendo la resistencia lateral. El tipo de unión también restringe las dimensiones mínimas de la columna. En la fase inicial de diseño, es recomendable contar con elementos cuadrados con una dimensión mínima del doble del peralte de la losa que sostiene.



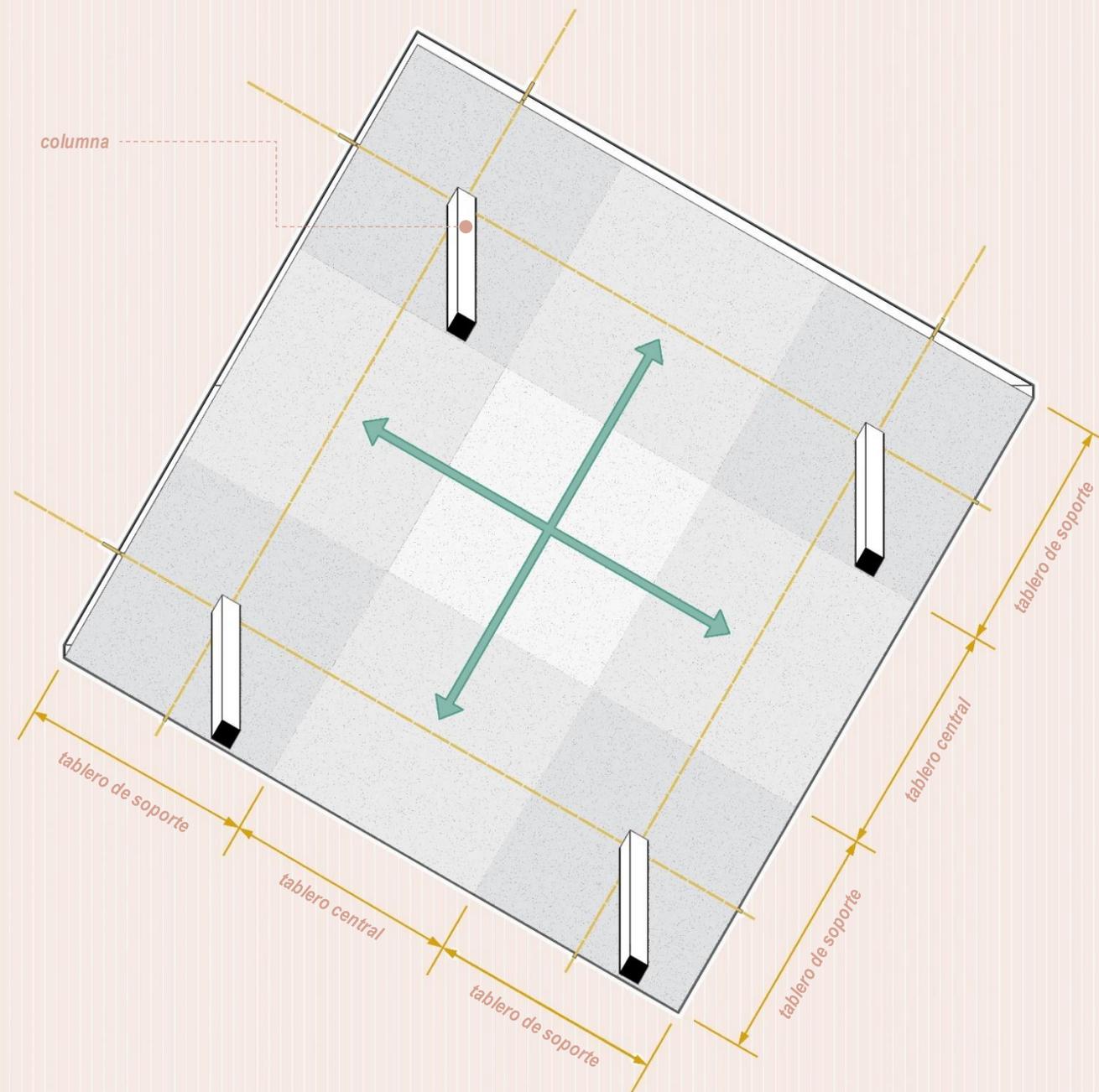
63

74

Zeno Ramos, B. (2023). *Interacción, esfuerzo y dimensiones*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

El esfuerzo de punzonamiento es el resultado de la concentración de esfuerzos cortantes por la reacción de la columna sobre una losa de concreto armado.

Encontramos una armadura que trabaja a tracción. Canto de losa entre 12.5 cm y 30 cm.

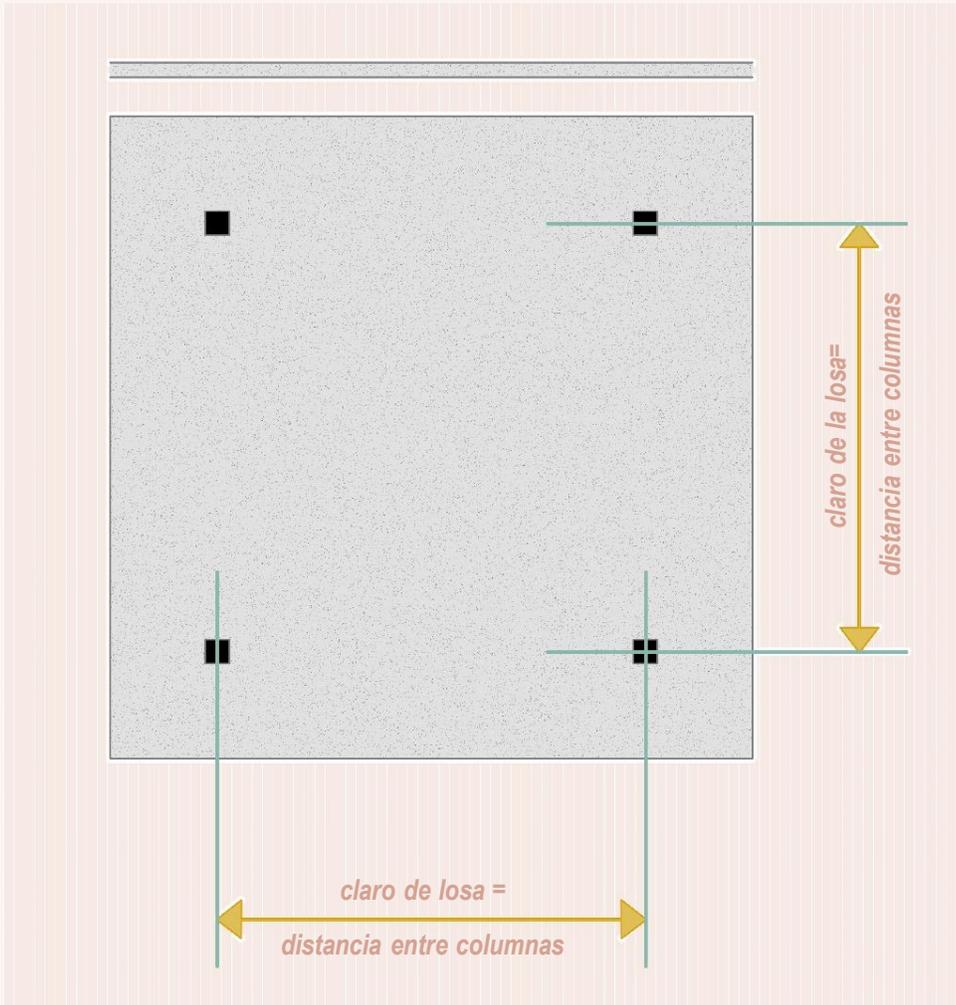


Zeno Ramos, B. (2023). **Tipos de tableros**. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Un entramado particularmente diseñado para absorber los esfuerzos cortantes cerca de los soportes puede ayudar a disminuir el peralte de las losas planas.

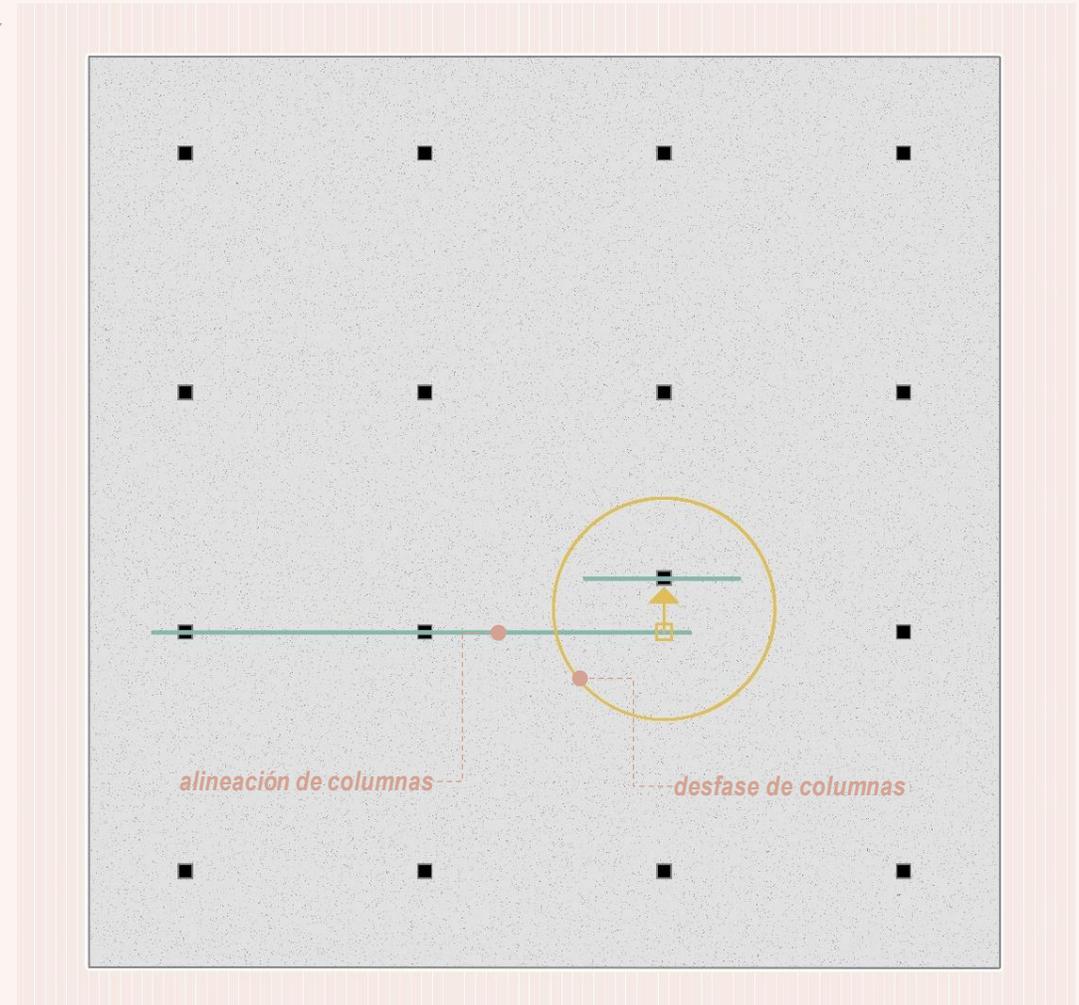
Las armaduras son más importantes en las franjas de las columnas para actuar como vigas planas. Las armaduras de la franja central son menores porque funciona principalmente como una losa.

Evitar vigas y viguetas da oportunidad de colocar las diferentes instalaciones del edificio, pero si se requiere por cuestiones estéticas se puede emplear un falso techo para ocultarlas.



65

Zeno Ramos, B. (2023). **Puntos clave.** [Imagen].



66

Zeno Ramos, B. (2023). **Desplazamientos.** [Imagen].

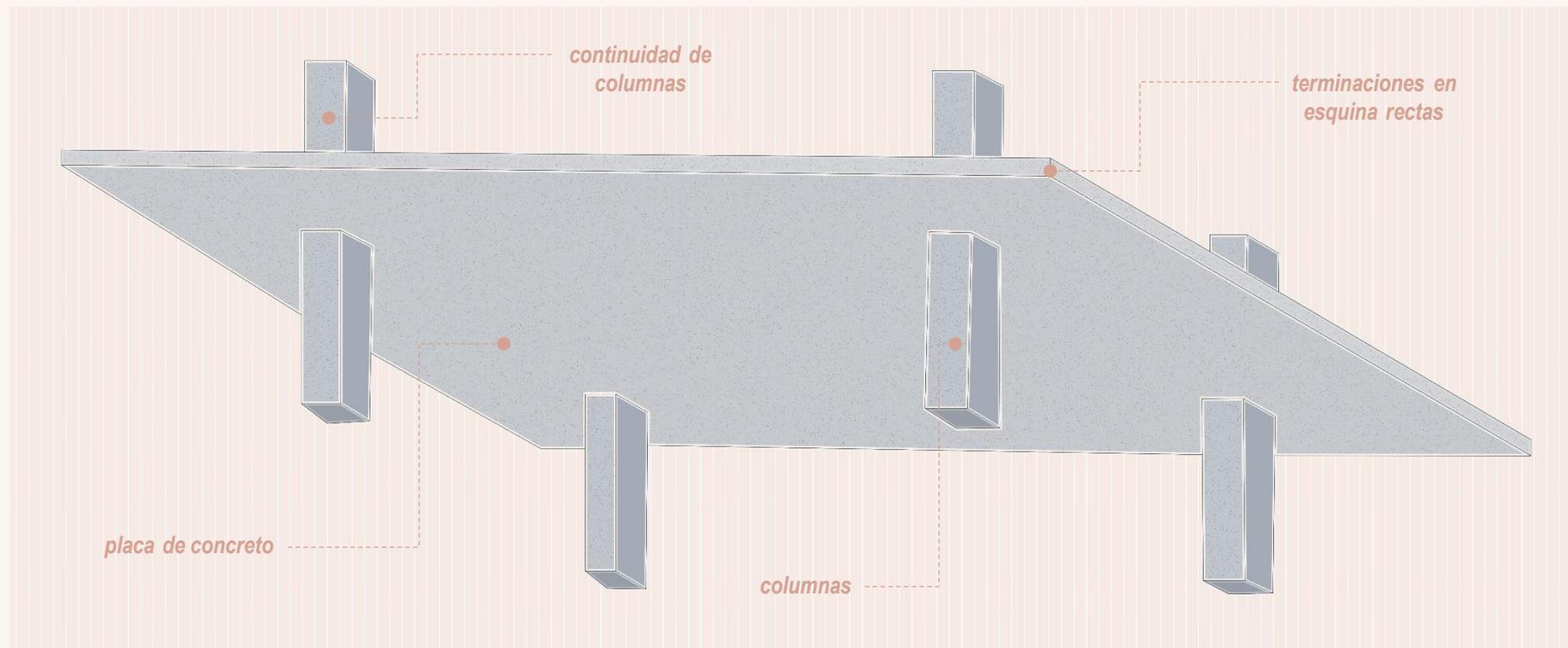
Las losas planas resultan adecuadas para cargas ligeras o moderadas y claros relativamente cortos (entre 3.5 m y 9 m). Se pueden cubrir claros mayores con postensado.

Los métodos bidireccionales son más competentes cuando el vacío es cuadrado o casi cuadrado. La proporción entre el lado largo y el corto no tendría que exceder una delimitada relación.

Para conseguir la máxima eficiencia, las losas planas deberían formar una losa continua de al menos tres vanos en ambas direcciones.

Aunque una retícula regular de columnas sería la disposición más adecuada, hay cierta flexibilidad en la posición de las mismas.

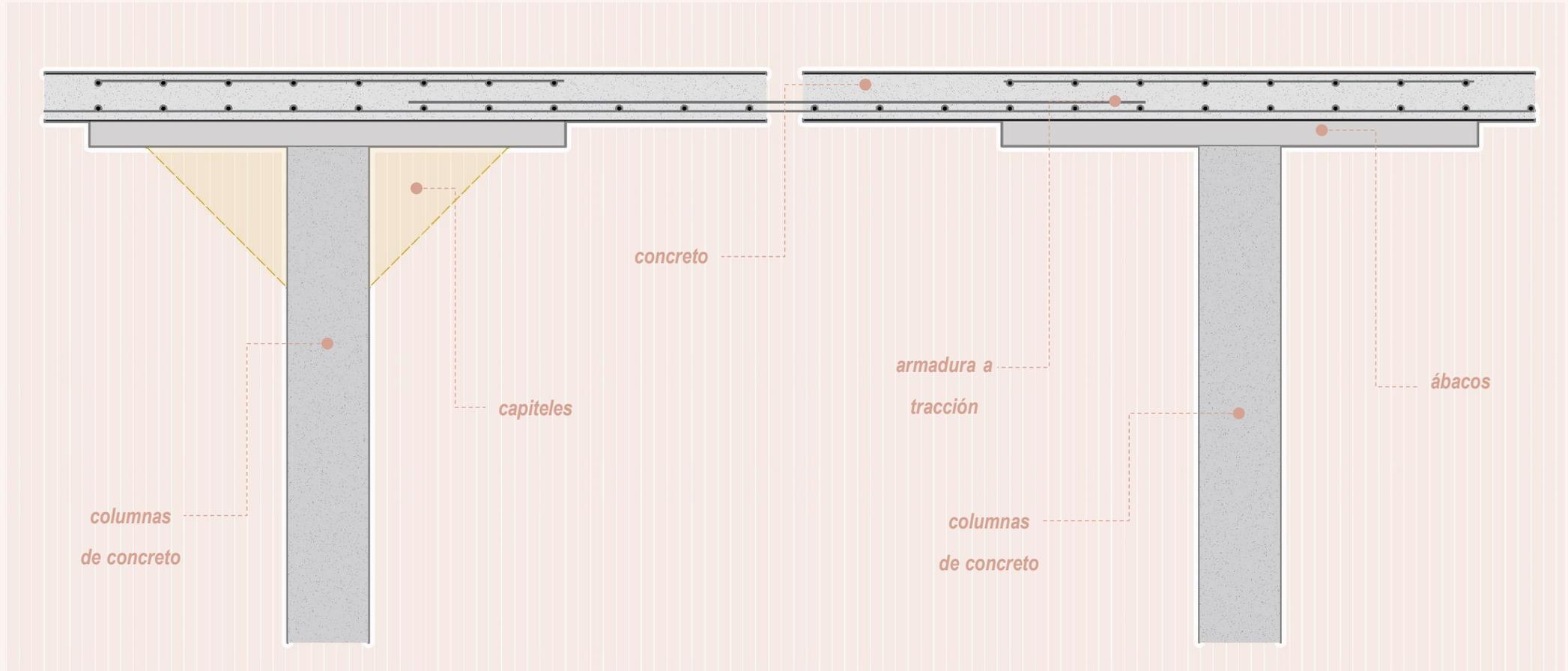
Las columnas pueden estar desplazadas hasta un 10% del claro, respecto de los ejes regulares de columnas, pero cualquier desplazamiento debería repetirse en todas las plantas para mantener la alineación en vertical.



Losas con ábacos

Las losas con ábacos o capiteles son losas de canto **constante** con un tablero de grosor considerable en el entorno de los soportes para mejorar su **resistencia** frente a esfuerzos cortantes y flectores.

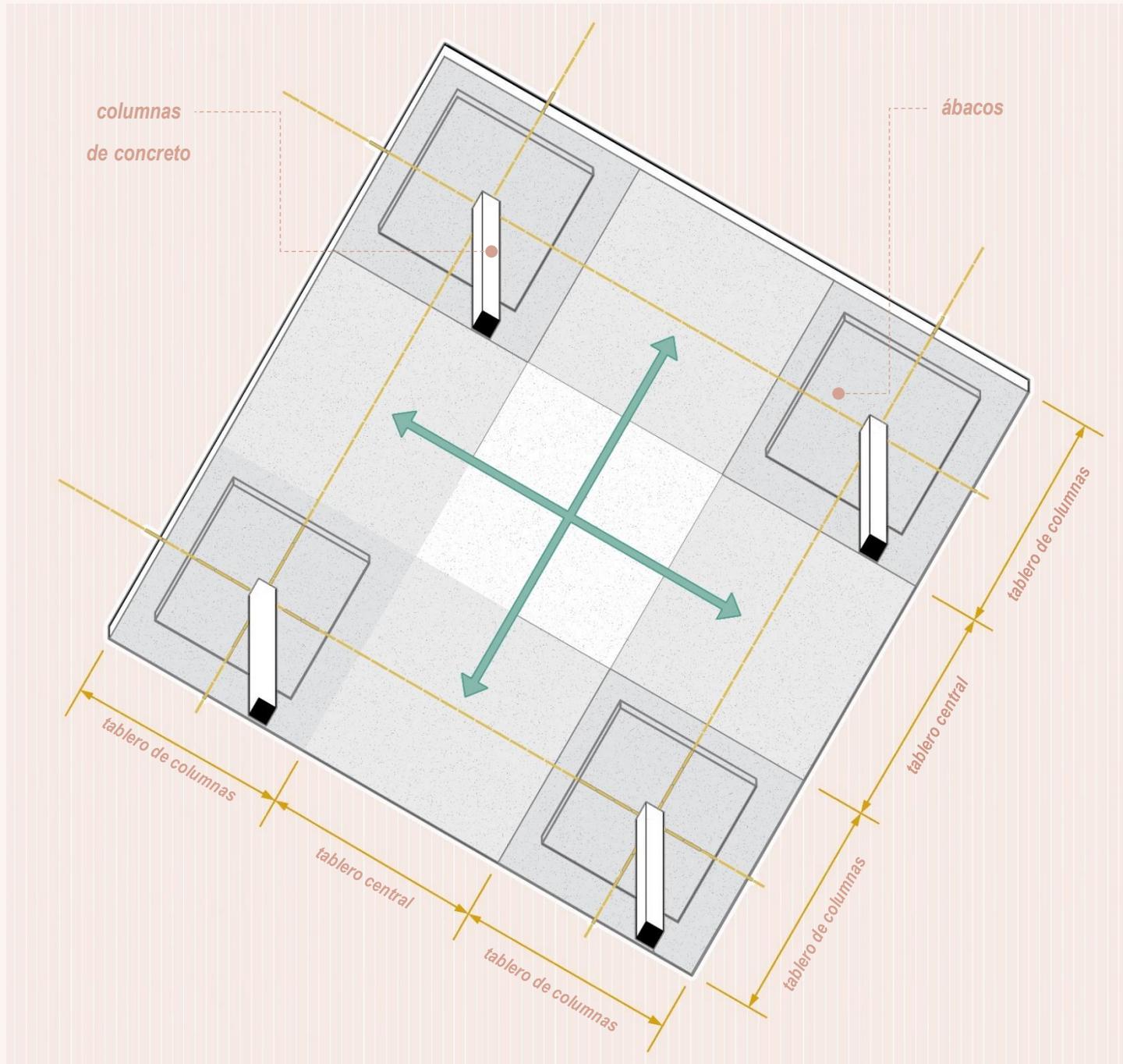
Planteadas y elaboradas con una armadura que trabaja a tracción, normalmente cuentan con un peralte típico de una losa de **15 cm a 30 cm**, el peralte aumentado también incrementa la **resistencia a flexión** de la unión entre losa y columna, ofrece una mayor resistencia frente a **cargas laterales**.



Zeno Ramos, B. (2023). *Ábacos y capiteles*. [Imagen].

Los capiteles de las columnas pueden emplearse en sustitución de o conjuntamente con un ábaco para aumentar la resistencia a cortante.

Los ábacos son porciones de una losa plana con un grosor considerable, para aumentar la resistencia a punzonamiento en el entorno de las columnas sobre las cuales se apoyan.



Zeno Ramos, B. (2023). **Dimensiones.** [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Los ábacos pueden provocar que el canto total de la losa sea mayor que en el caso de las losas planas.

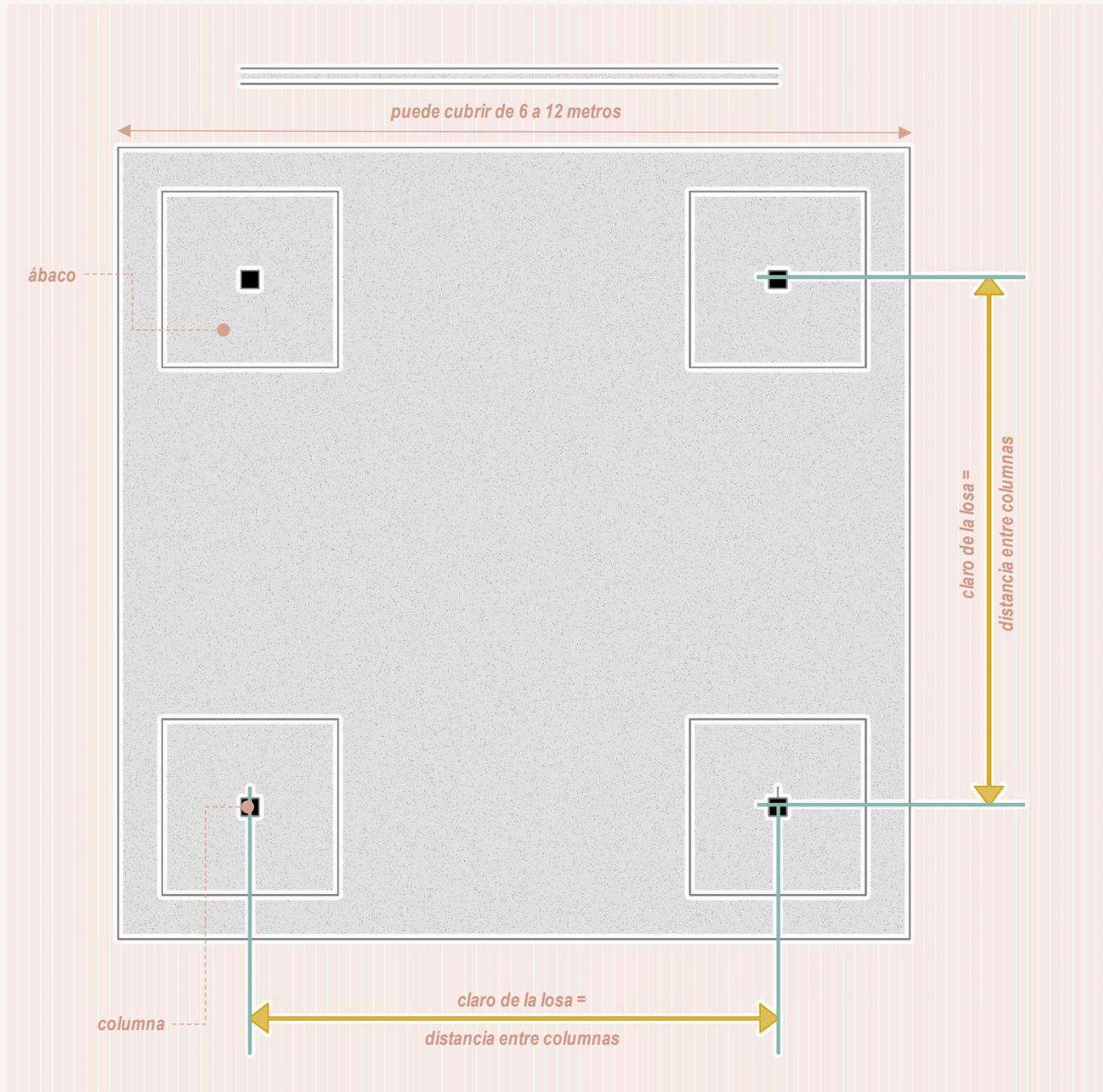
La zona entre los ábacos logra ocuparse para distribuir y colocar instalaciones, así como disminuir el canto total de la losa.

Proyección mínima del ábaco: $0.25 \text{ cm} \times$ canto de la losa, ancho mínimo del ábaco: $0.33 \text{ cm} \times$ claro.

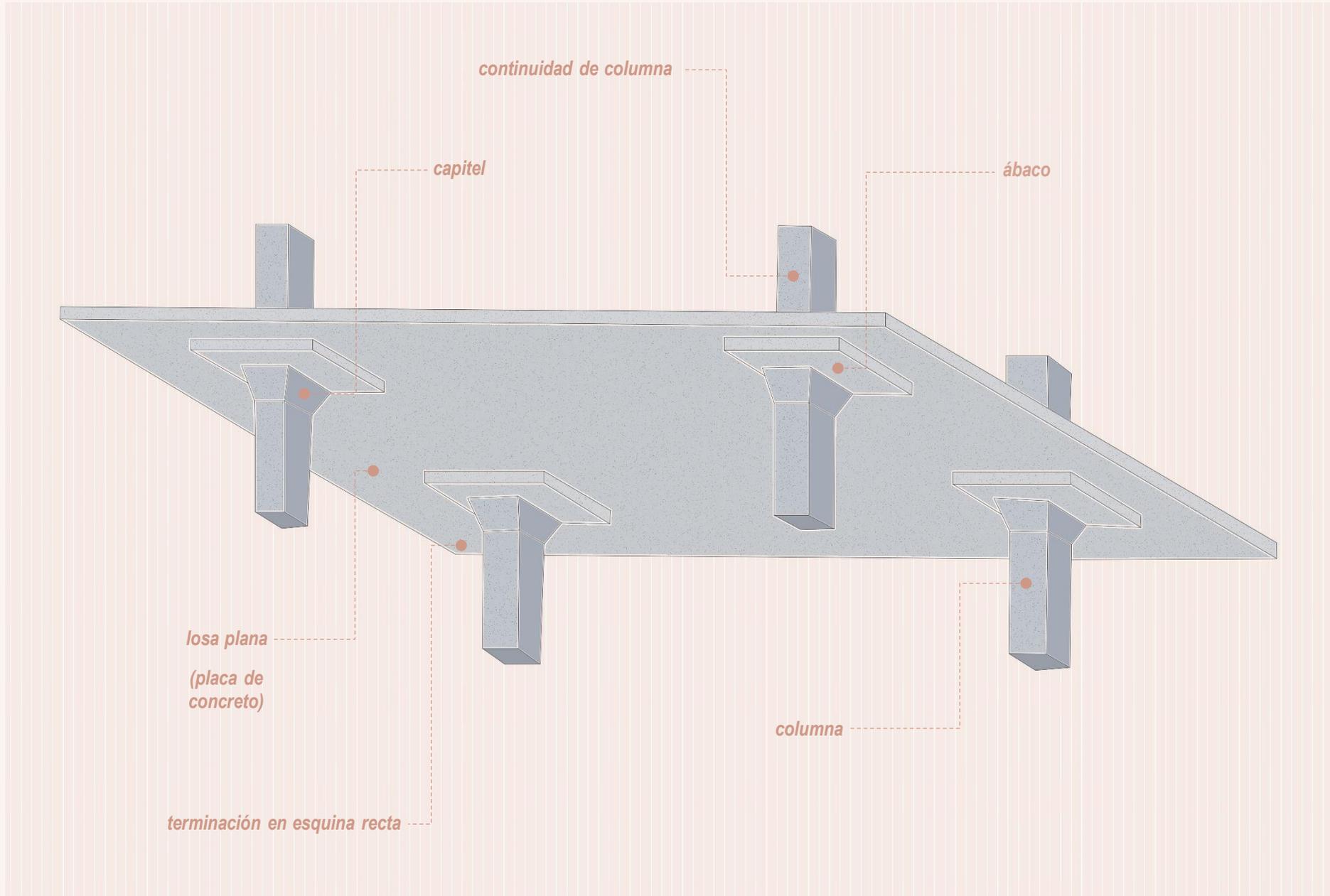
Las losas con ábacos son adecuadas para cargas relativamente pesadas y claros de entre 6 y 12 m.

Las losas con ábacos ofrecen flexibilidad en la disposición de los soportes y las instalaciones.

La abertura de huecos está restringida a los dos tercios centrales de cada vano.



Zeno Ramos, B. (2023). *Restricciones*. [Imagen].



Zeno Ramos, B. (2023). *Losa con capiteles y ábacos*. [Imagen].

Losas bidireccionales sobre vigas

Una losa bidireccional de peralte constante puede armarse en dos direcciones y construirse conjuntamente con vigas y soportes en los cuatro lados de un vano estructural cuadrado o casi cuadrado. La solución de losa bidireccional sobre vigas resulta eficaz para **claros de longitud media** y **cargas elevadas**.

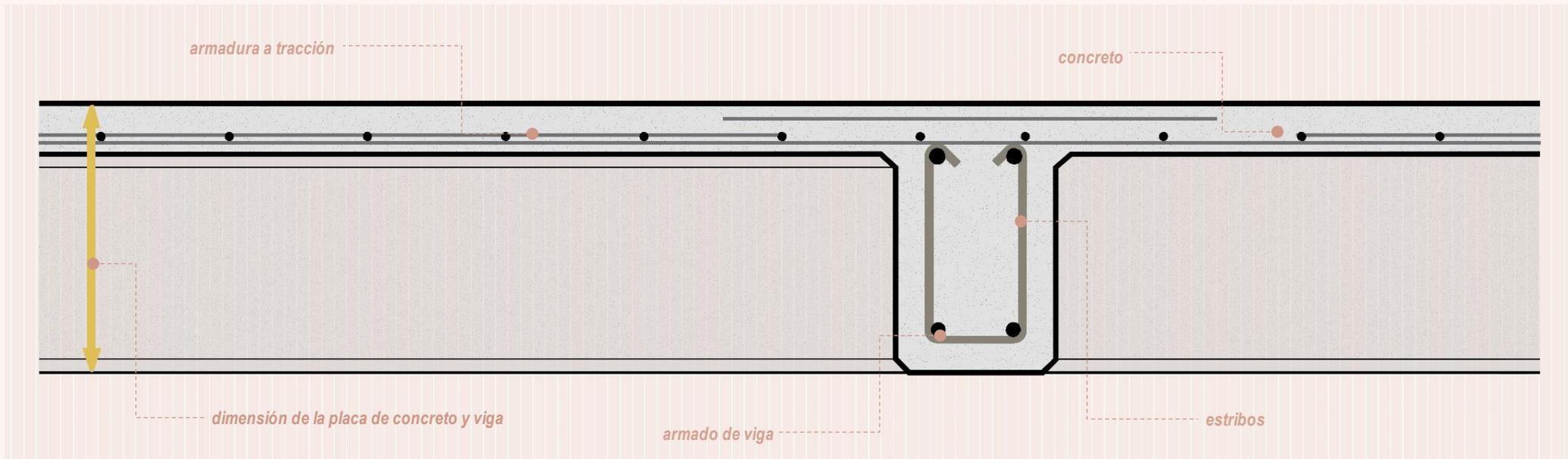
Una ventaja fundamental de estos sistemas respecto de las losas planas sobre soportes, reside en la rigidez de la unión entre viga y columna, que las hace resistentes frente a **cargas laterales**.

Las principales desventajas son los mayores costos del encofrado y el mayor canto general, especialmente cuando los **conductos** de las **instalaciones** deben plantearse y pasar **por debajo** de la estructura de vigas.

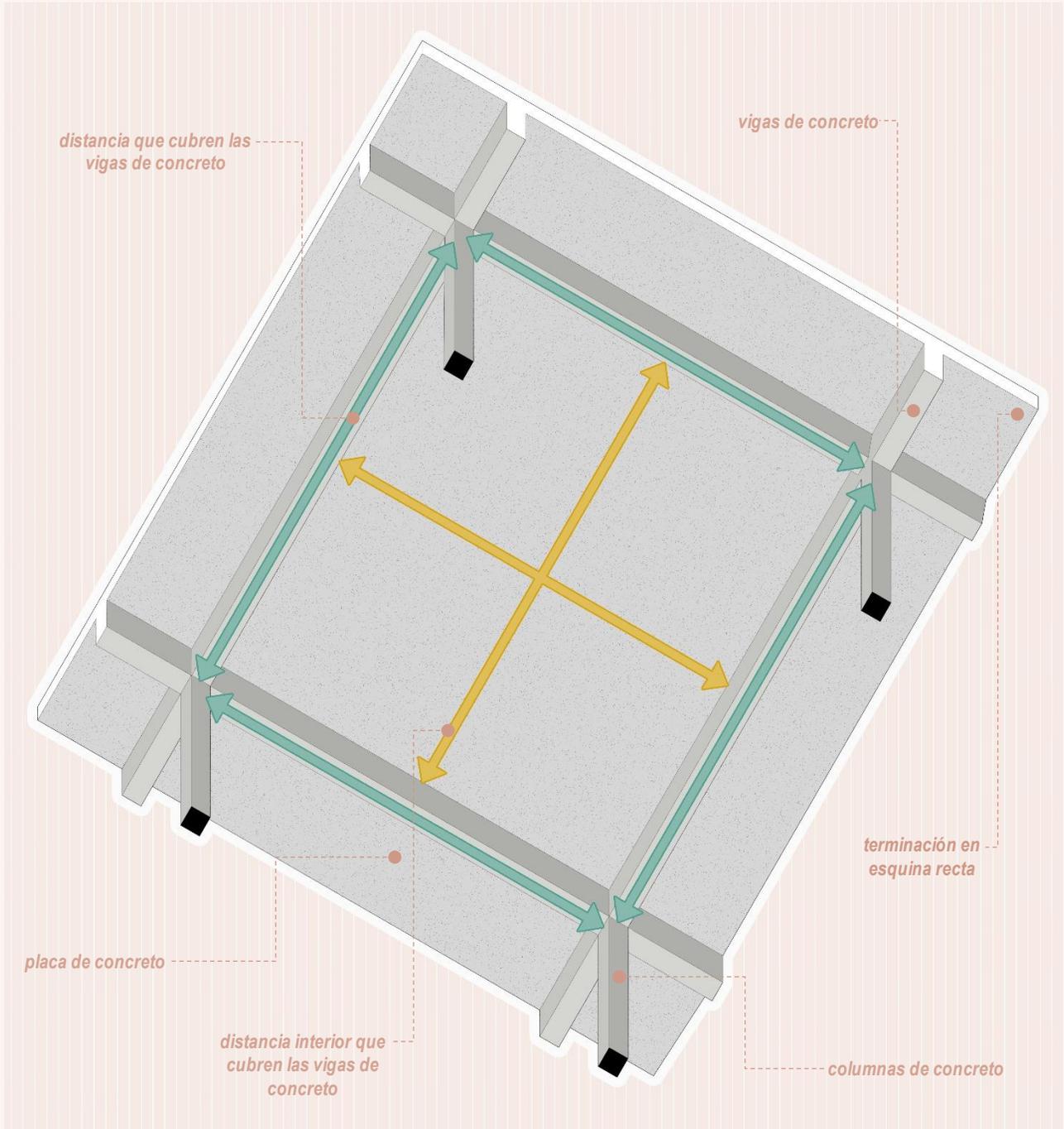
Debido a que la losa y las vigas se ejecutan conjuntamente, el grosor de la losa contribuye al canto estructural de las vigas.

Regla práctica para predimensionar el canto de la viga: $\text{claro}/16$, incluyendo el canto de la losa.

Armadura de tracción, canto de la losa: mín. 10 cm.



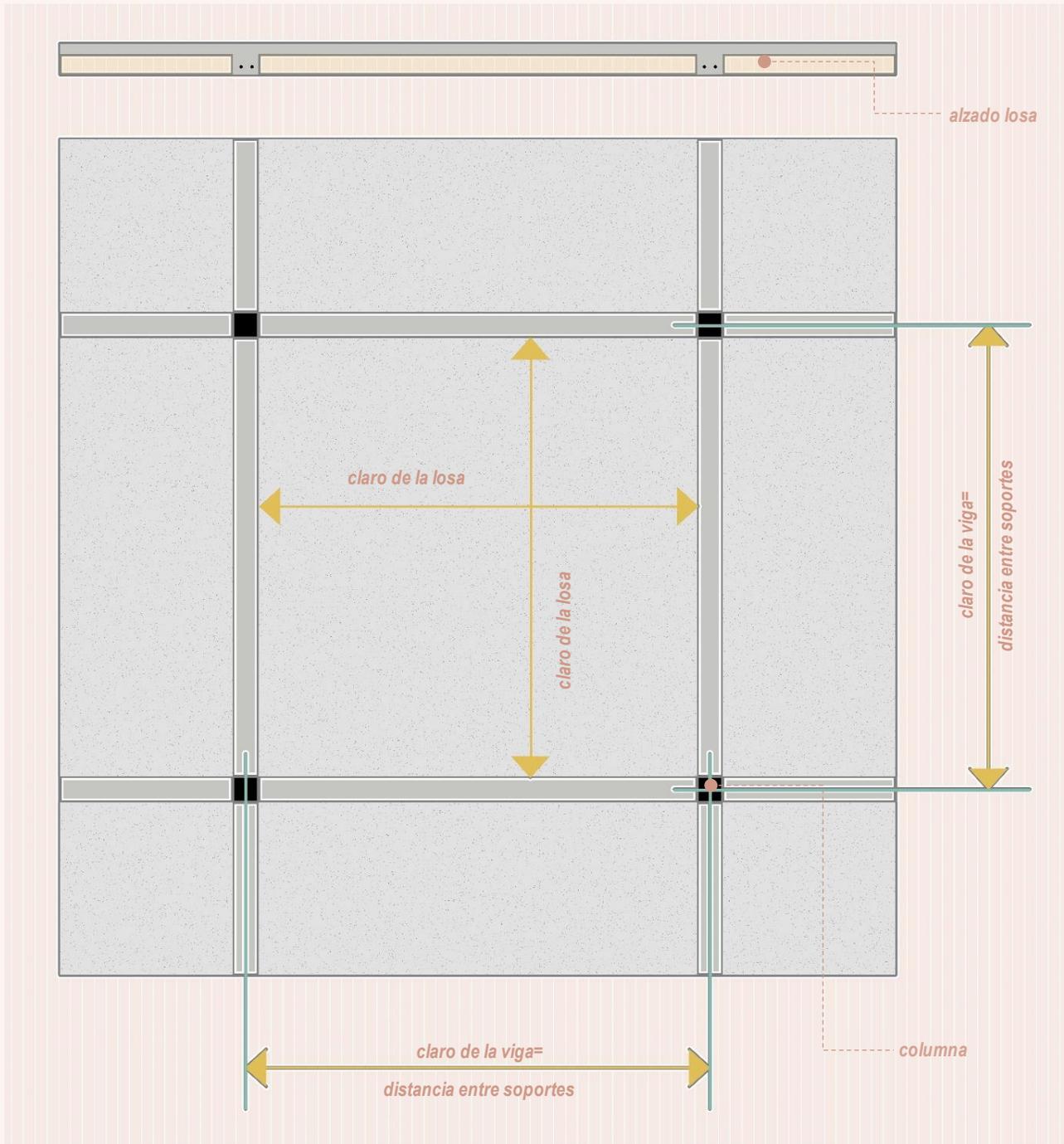
Zeno Ramos, B. (2023). Esfuerzos (corte). [Imagen].



Las uniones entre viga y columna pueden transmitir momentos flectores, de modo que se aumenta la estabilidad lateral.

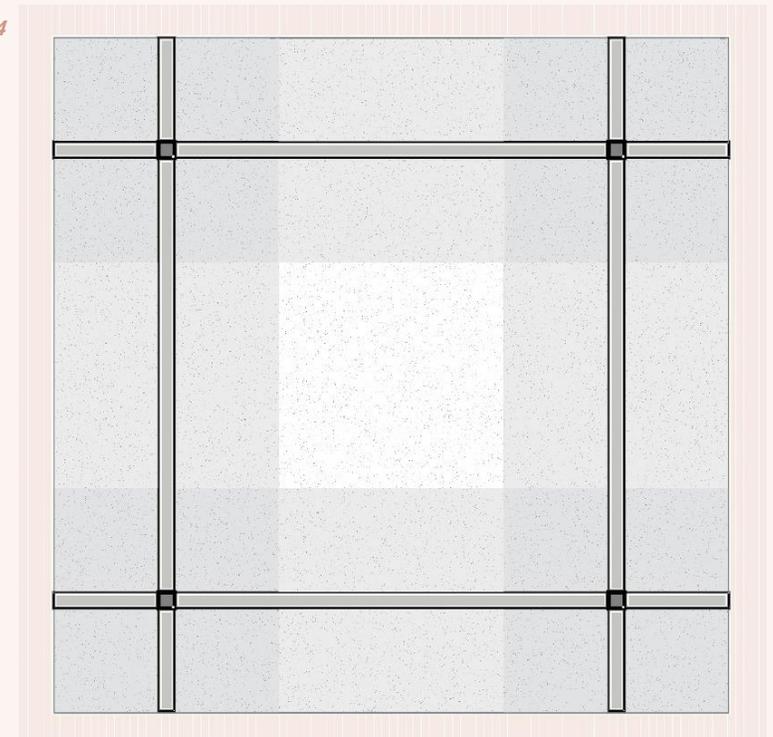
Las instalaciones deben situarse por debajo de las vigas en ambas direcciones, por lo cual aumentan el claro general del forjado o cubierta. La colocación de las instalaciones en un suelo técnico sobre la losa puede resolver este problema.

Zeno Ramos, B. (2023). *Conexiones*. [Imagen].



Zeno Ramos, B. (2023). **Acomodo.** [Imagen].

74



75

Zeno Ramos, B. (2023). **Secciones.** [Imagen].

Para simplificar la distribución de la armadura de acero, las losas bidireccionales se dividen en franjas de columnas y franjas centrales.

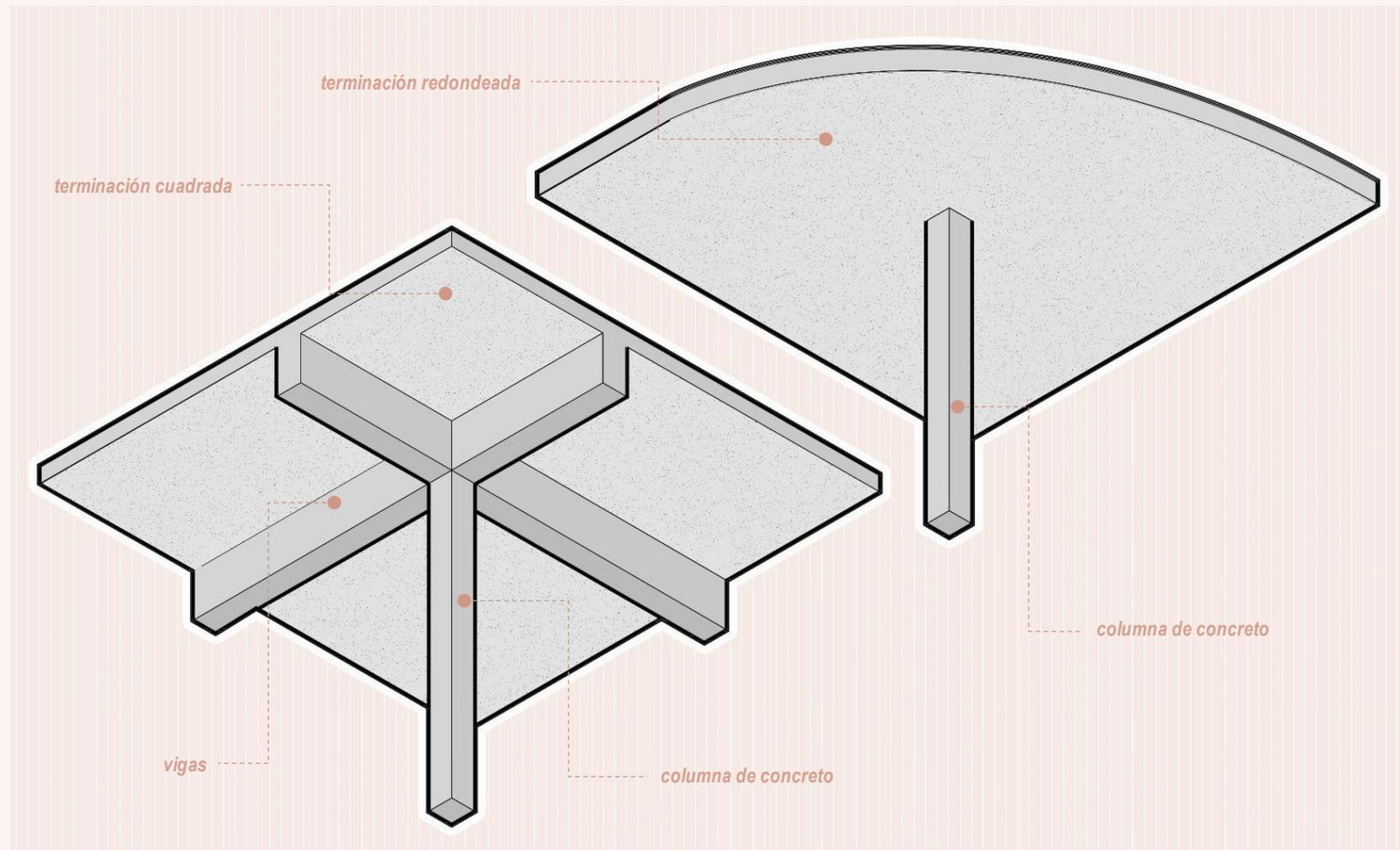
Las cintas de los soportes contienen más armadura para trabajar simultáneamente con las vigas, al tiempo que las cintas centrales conservan menor armadura, dado que actúan como losas.

Tramos de esquina

Por su propia naturaleza, los sistemas de concreto armado u concreto in situ postensado, proporcionan nudos rígidos capaces de **transmitir momentos** en las uniones de columnas, vigas y losa. Estas intersecciones pueden soportar los **momentos producidos** por **voladizos** en dos direcciones.

Las losas planas con o sin ábacos son sistemas bidireccionales capaces de prolongarse más allá de los soportes de borde o esquina en dos direcciones. (Ching, F., D., 2014).

Los sistemas unidireccionales o bidireccionales, requieren vigas en las dos direcciones principales, localizadas al mismo nivel para disminuir el uso en general del material.



Zeno Ramos, B. (2023). *Remates*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Cimbrado

Preparar el sitio de trabajo. Se comienza a medir, trazar y colocar las líneas o puntos guías, éstas serán el punto de inicio para comenzar la construcción. Antes de empezar a realizar el “encofrado” de madera es recomendable **barnizar la madera** con aceite quemado para que cuando llegue el momento del descimbrado sea mucho más fácil, ya que se tiene identificada la altura a la que quedara la losa con respecto a las dalas o cadenas de desplante, colocación de “pies derechos” o “puntales” elaborados de **polines de 4x4** que tengan la altura que tendrá el entepiso de la construcción, es recomendable que la separación entre cada uno de estos sea de aproximadamente **1 metro**.



Zeno Ramos, B. (2023). **Trazo**. [Fotografía].

Elaboración del trazo de las líneas guías, para comenzar con el montaje de la cimbra de madera.



Zeno Ramos, B. (2023). **Aceite quemado**. [Fotografía].

Se vacía el aceite quemado en un recipiente lo demasiado grande para que quepa el aplicador.



Zeno Ramos, B. (2023). *Rodillo con aceite quemado*. [Fotografía].

11

Se da una pasada a modo de barnizado a la madera que se ocupará para la elaboración de la cimbra para evitar que una vez ejecutado el colado el concreto que pegue a esta última.



Zeno Ramos, B. (2023). *Cuñas de madera*. [Fotografía].

12

Colocar debajo de los mismos arrastres cuñas de madera, para evitar el **deslizamiento** y se puedan manipular para moverlos hacia arriba o hacia abajo.

Se deberá **modular** la distribución de los mismos de acuerdo al área general que cubrirá la losa, arriba de ellos se colocarán las vigas principales de madera o “**madrinas**” de **4x8**” en un solo sentido de la retícula, clavos de **3**”, de **2**”, o de **2”1/2**, pies derechos.

Se ponen de forma perimetral, con separaciones para evitar el deslizamiento.

Armado

Se corta la longitud de las varillas (normalmente de 3/8) de acuerdo a la especificación de los planos, se colocan en ambos sentidos formando una cuadrícula o armado, se elaborarán distintos tipos de elementos con el mismo material (lo que cambiará será su forma), y se colocarán traslapados entre sí de manera que quede un “**emparrillado**”.

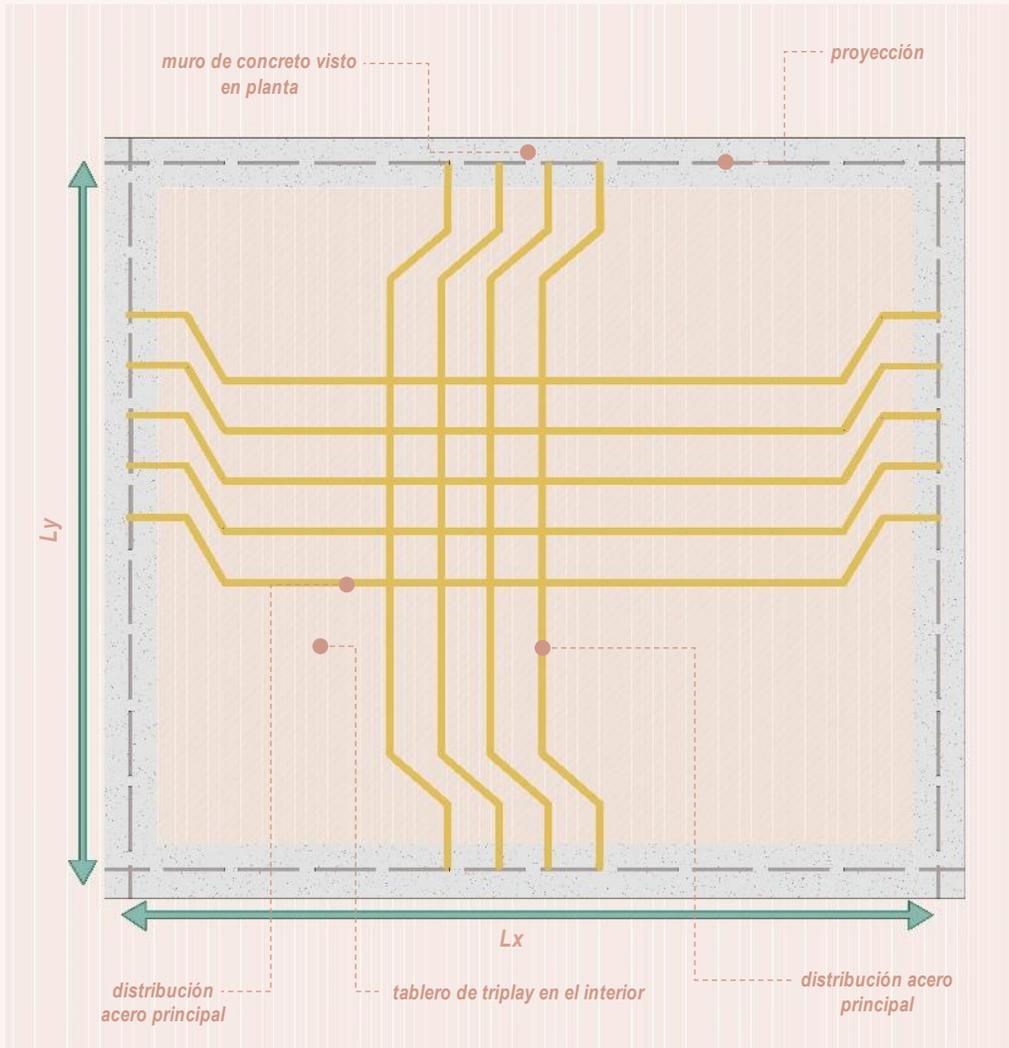
Una vez que se tiene completo el tablero, con el alambIÓN se comienzan a hacer amarres en los **puntos de intersección** que se forman en la cuadrícula, se comienza a tomar en cuenta los **pasos de las instalaciones** (hidráulicas y eléctricas), hace un refuerzo por medio de la colocación de acero normalmente en el sentido corto en forma de bastones y varillas inferiores corridas, que tienen la **forma de columpio**.

Para saber si en obra se tiene la medida correcta de varilla según el cálculo, se puede observar grabado en las mismas.



*Zeno Ramos, B. (2023).
AlambIÓN cortado y varillas.
[Fotografía].*

Emparrillados en losas bidireccionales y unidireccionales

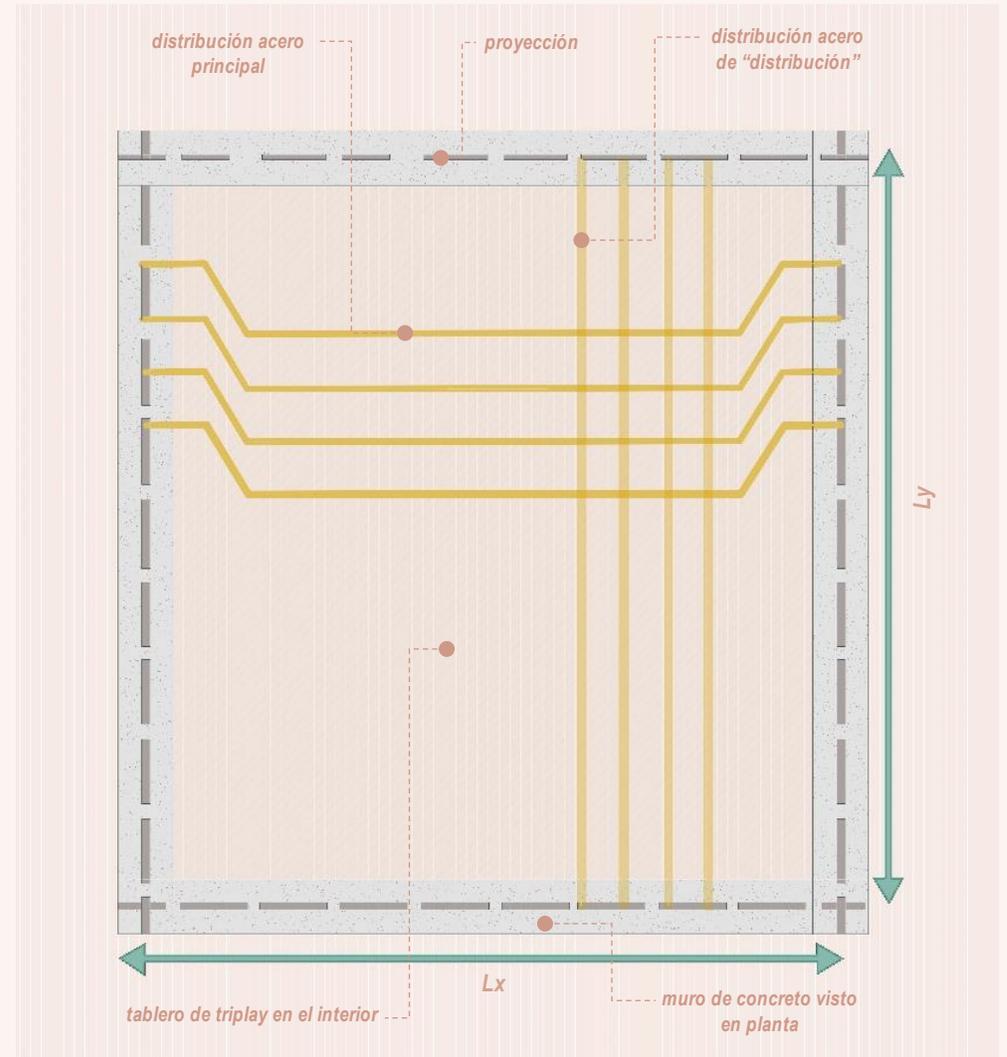


Zeno Ramos, B. (2023). Losa bidireccional esquema representativo. [Imagen].

Acero principal en ambos sentidos vistos en planta.

77

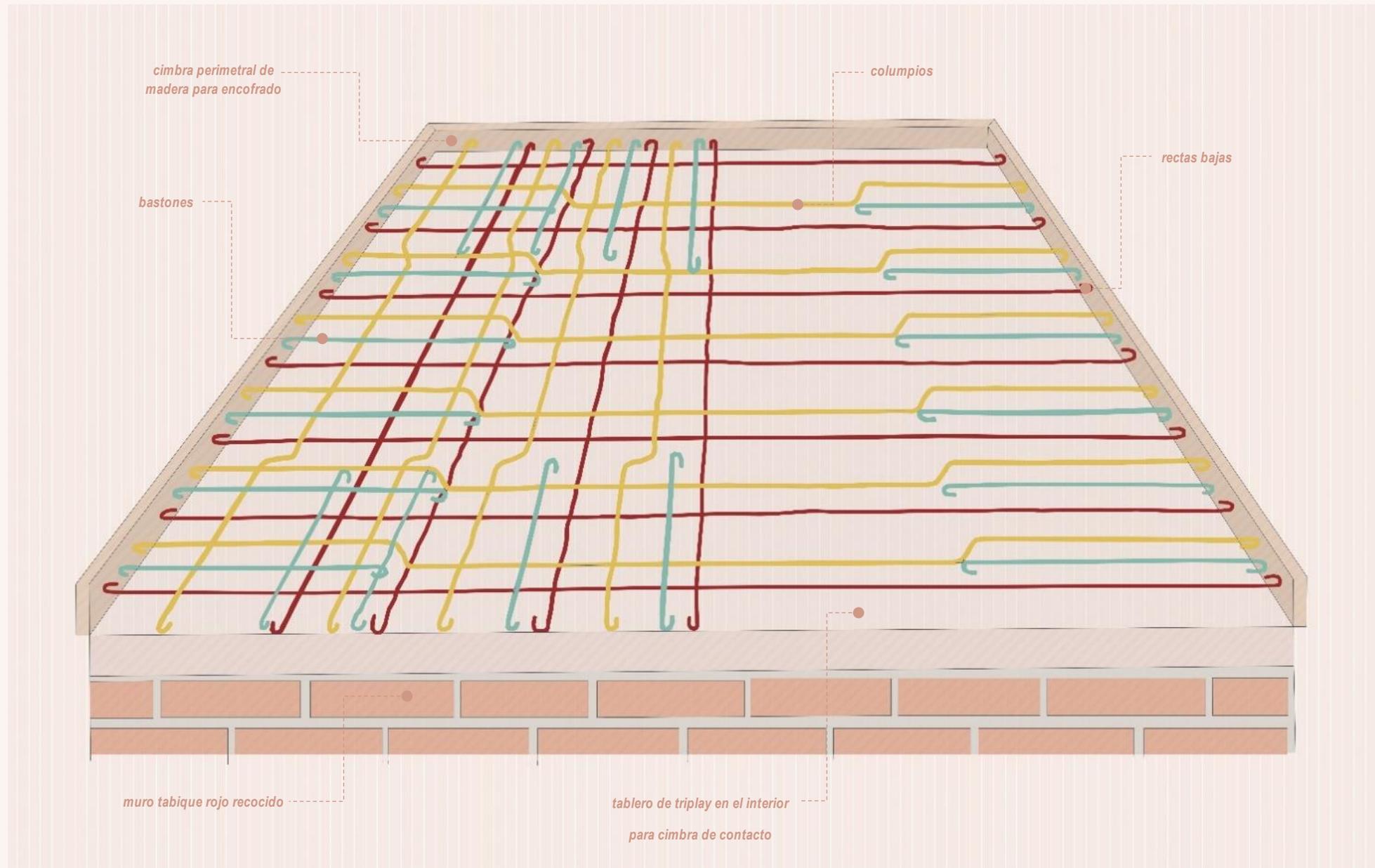
Acero principal y acero de distribución vistos en planta.



78

Zeno Ramos, B. (2023). Losa unidireccional esquema representativo. [Imagen].

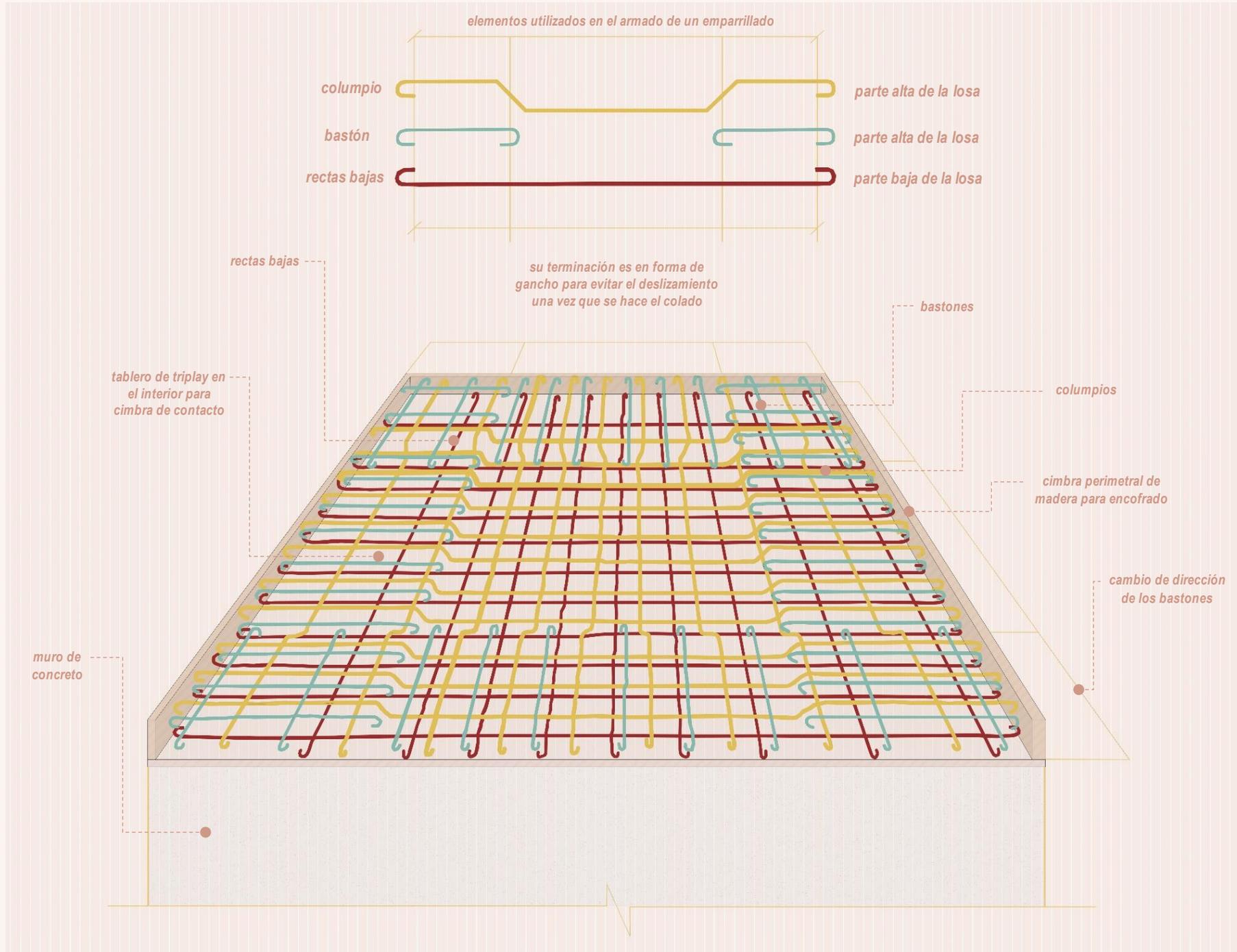
Acero principal.



79

Zeno Ramos, B. (2023). *Emparrillado a medio terminar vista en axonométrico esquema representativo. [Imagen].*

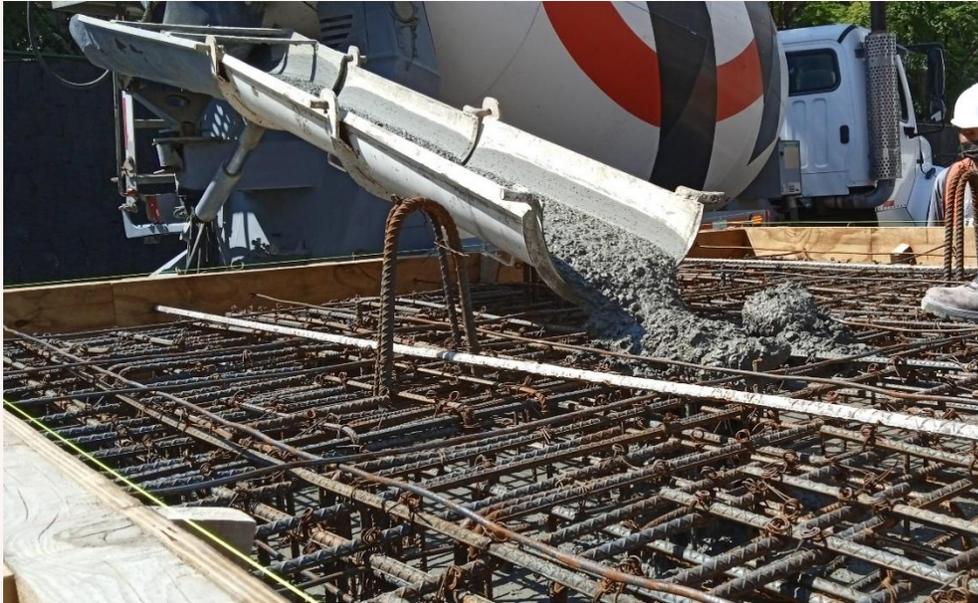
Armado de entramado.



Zeno Ramos, B. (2023). *Tablero*. [Imagen].

Fabricación del concreto

Elaborado con agua, grava, revoltura, arena y cemento. Para elementos grandes como una losa es recomendable hacer el pedido de una **olla de concreto**, sobre todo si se requiere algún **aditivo** o algún otro elemento específico.



Zeno Ramos, B. (2023). *Ollas de concreto*. [Fotografía].

En caso de que realice el pedido de una olla de concreto, habrá que valerse de un cálculo previo de m³, según el proyecto, ya que existen diversos tamaños.

También es importante que cuando la olla llegue al lugar de trabajo, lo primero que se haga sea recibir la **nota de expedición de la planta**, **revisar la hora** en la que salió de la misma y si excede la hora es mejor no recibirla, sin embargo, existen algunas excepciones.

Colado

Una vez que se fabricó el concreto se vacía sobre el **emparrillado de varillas** para generar el volumen de la losa, por último, se mete un **vibrador** a la placa para vibrar el concreto que acaba de vaciarse y evitar que se formen burbujas dentro de él.



Zeno Ramos, B. (2023). *Distribución del concreto*. [Fotografía].

Una vez que se comienza a vaciar el concreto de la olla, es importante que exista la supervisión pertinente para que se vacíe de manera uniforme por toda la cimbra.

Tiene relevancia revisar que el concreto cumpla con la **granulometría** pertinente, el personal puede ayudarse distribuyéndolo mediante el uso de una pala.



16

Una vez que se terminó de vaciar el concreto, se debe hacer uso de un vibrador para evitar burbujas, el tamaño de este último dependerá de la dimensión de m³ del elemento de concreto.

Zeno Ramos, B. (2023). **Vibrador de concreto.** [Fotografía].



17

Zeno Ramos, B. (2023). **Vibración del concreto.** [Fotografía].



18

Zeno Ramos, B. (2023). **Concreto sobrante.** [Fotografía].

Prueba de muestreo y revenimiento

Una vez que se recibió la olla con las **especificaciones requeridas** antes de hacer uso del concreto se debe hacer una **prueba de muestreo**, sirve para asegurar que la mezcla puede ser trabajable, se vacía una pequeña cantidad en algún recipiente más pequeño en este caso una carretilla, limpiar el **cono**, obtener una muestra y llenar el cono compactarlo “**varillando 25 veces**” llenar a **2/3**, nivelar la superficie, levantar cuidadosamente, colocar el **cono al revés** y poner la varilla a través del cono volteado, **tomar varias medidas** para hacer un reporte de la distancia que se tiene en promedio entre la varilla y la parte superior de la mezcla.

La **prueba de revenimiento** sirve para comprobar la **eficiencia del concreto** se llenan los **cilindros** para mandarlos al laboratorio donde son curados y se truenan en la prueba de **resistencia a compresión**.



Zeno Ramos, B. (2023). *Muestreo del concreto.* [Fotografía].



Zeno Ramos, B. (2023). *Llenado del molde.* [Fotografía].

19



Zeno Ramos, B. (2023). *Inicio prueba de revenimiento.* [Fotografía].

20

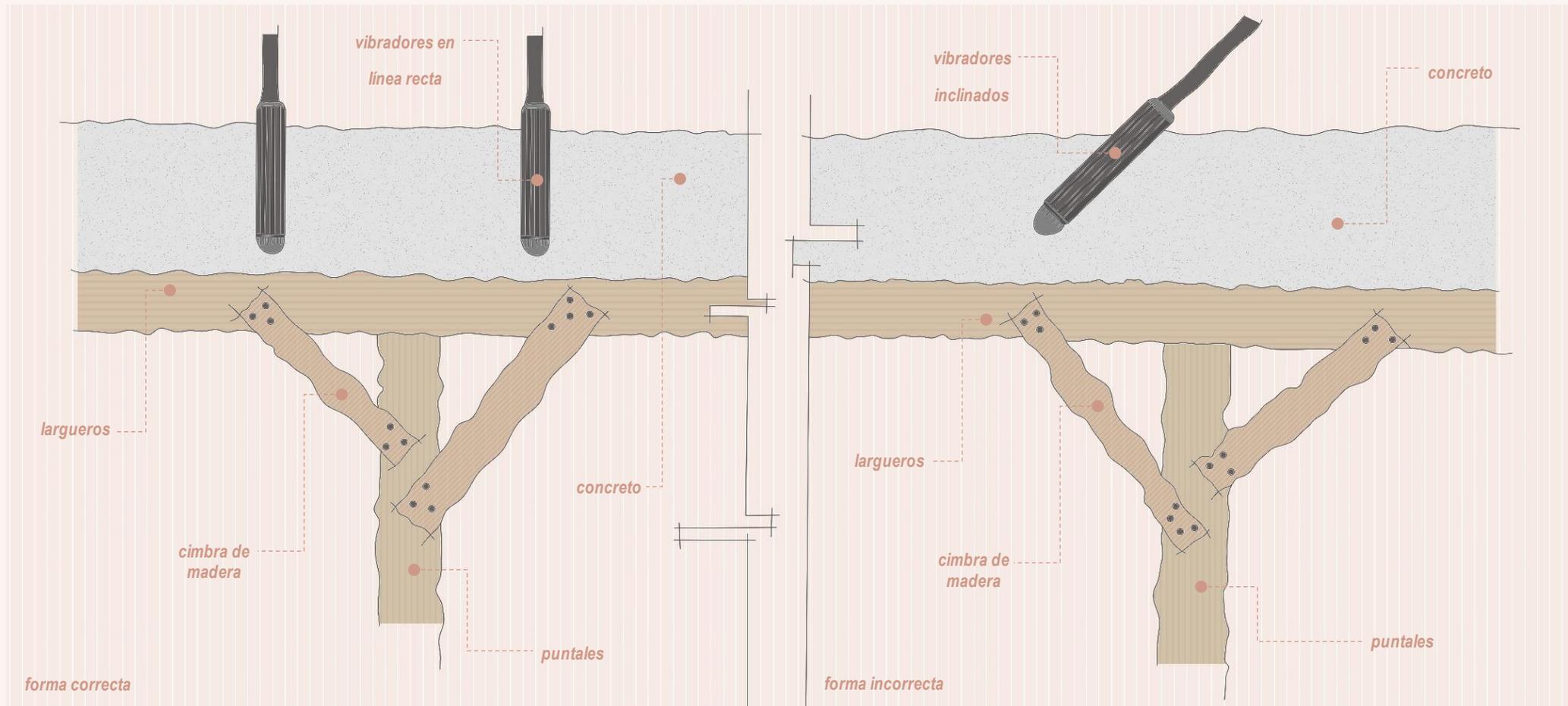
21



Zeno Ramos, B. (2023). *Báscula electrónica.* [Fotografía].

22

Durante la vibración del concreto se tiene que revisar que el vibrador se encuentre en la posición correcta, de lo contrario el procedimiento será nulo.



Zeno Ramos, B. (2023). *Posición y uso de vibradores.* [Fotografía].

Curado y descimbrado

Desde el día posterior de realizado el colado, se **cura la losa** regándola con agua a lo largo de una semana, por tres ocasiones al día esto para **prevenir agrietamientos.**

Consideraciones

Las dimensiones de los **calibres** de algunos materiales variarán de acuerdo a la **especificación del cálculo estructural** que se encuentre en los planos proporcionados.

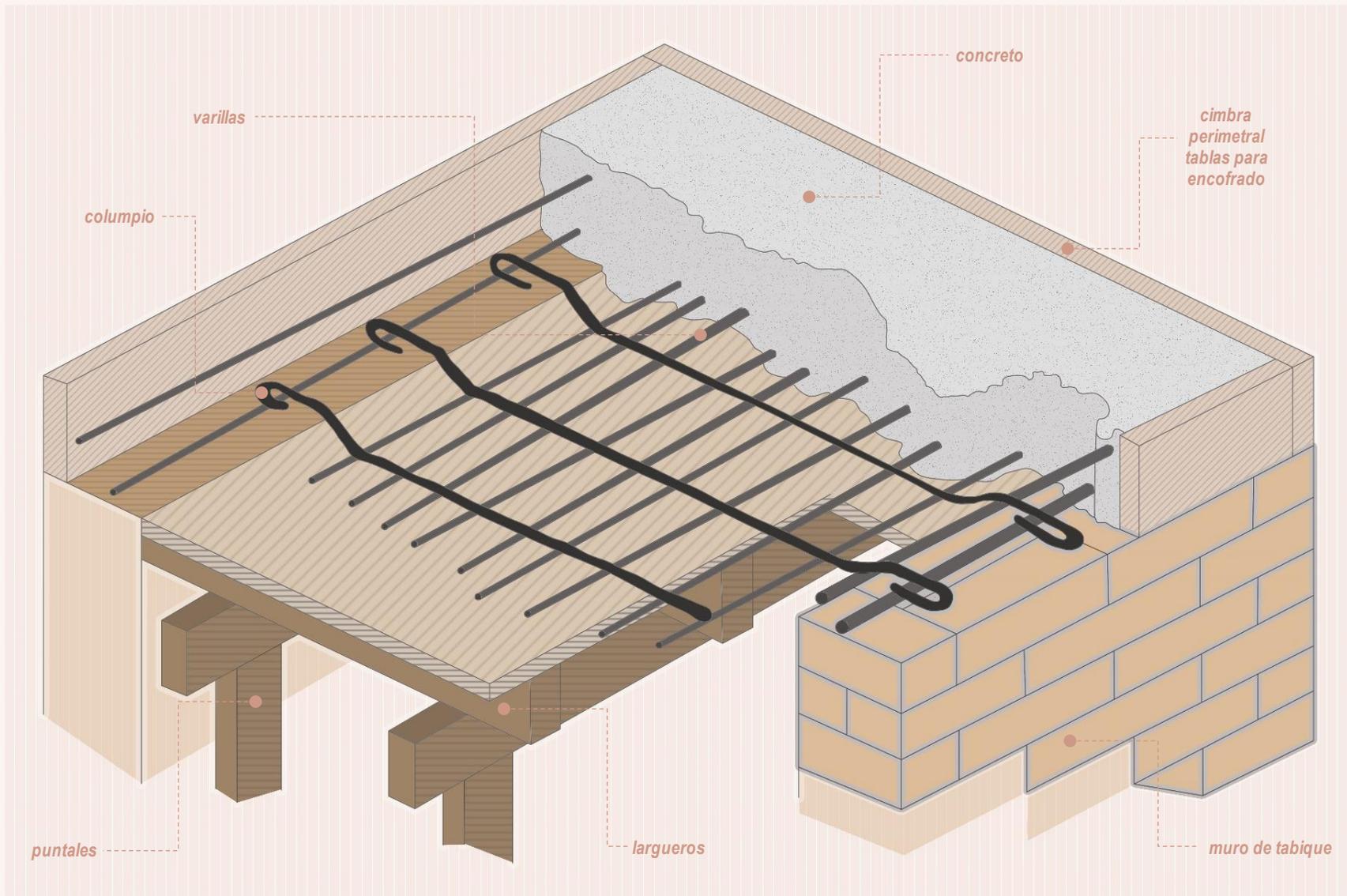
Otras herramientas

Andamios, carretillas, botes, mezcladora y vibrador, pala, yana, flexómetro, martillos, serruchos.

Comportamiento (sismo)

Es un elemento que transmite de forma muy fácil las vibraciones.

No es recomendable utilizarlas en claros con luces muy grandes, debido a que puede ocurrir un desplome.



82

Cuando se diseña una losa maciza desde un inicio se debe pensar que es un **sistema que va a trabajar en conjunto**, comenzando desde la distribución regular de la retícula que la compone (con el fin de una mejor resistencia a la flexión), y la ayuda de un subsistema compuesto por vigas, trabes y columnas.

Los anteriores **recibirán la carga de forma perpendicular** a como se encuentre el elemento y la transmitirán al suelo en el que estén por medio de columnas o muros.

Confort térmico

Debido a los materiales con los que se encuentra elaborada la losa maciza (que es como si hiciéramos una piedra grande artificial), al encontrarse en cubiertas y expuesta al sol gran parte del día, **transmite fácilmente el calor al interior del espacio arquitectónico** que cubre, por lo que en su mayoría tiene que ser **“apoyada”** por **instalaciones** que ayuden a mantener un ambiente fresco en su interior.

Cosas que debes saber, pros y contras

- A diferencia de otros tipos de losas, es más fácil de construir por la **forma** en la que se pueden **conseguir los materiales** con los que se elabora o la mano de obra que la ejecuta.
- Desde el punto de vista **estético** se puede concebir su forma como un **elemento “pesado”**, al ser una placa completamente maciza.
- Es importante que el acero se coloque sólo en los puntos donde haya una mayor tensión para evitar un **desperdicio de material**, el armado del mismo dependerá de la forma de apoyo que tendrá el diseño de la losa.

•Al momento de poner el peso de una carga muerta sobre la misma, tiene una mayor **capacidad de resistencia** a diferencia de otras losas utilizadas.

Limitaciones

Debido a su poca resistencia a la tensión los **elementos de concreto** sujetos a esfuerzos de tensión deberán reforzarse con varillas de acero.

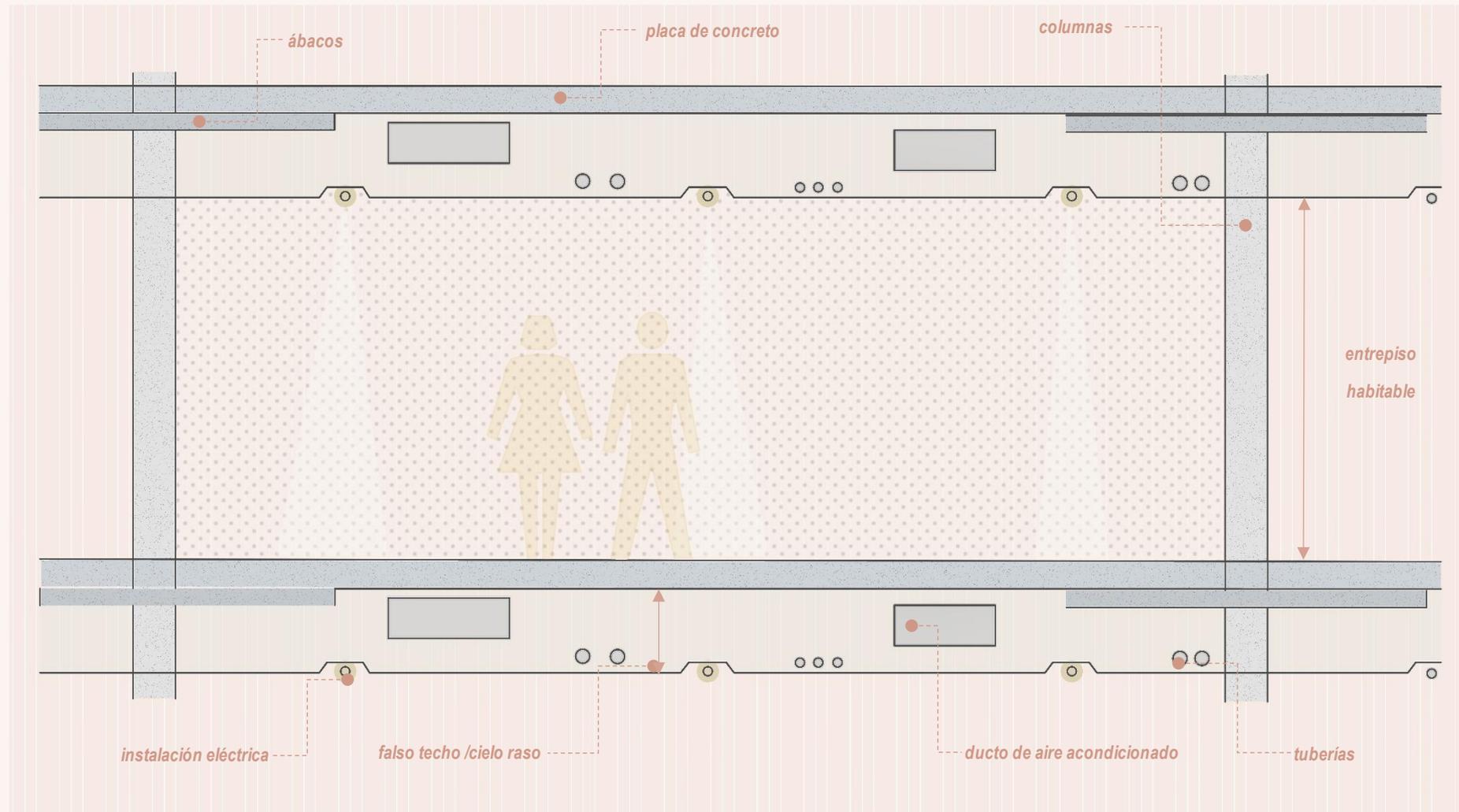
Aun los concretos de más alta calidad no son completamente inmunes a la penetración de agua, **son permeables**. Este material contiene compuestos solubles, los cuales pueden variar su graduación con la cantidad de agua.

La impermeabilidad es particularmente importante cuando se usa concreto reforzado, en caso de que se le confíe a la cubierta de concreto el prevenir la oxidación del acero.

Otros requerimientos físicos

- 1.-**Espacio** para componentes no estructurales del edificio, como la colección y distribución de servicios, equipo mecánico, materiales de acabados (acabado de piso y plafón), tubería, ductos, alambrado, iluminación, etc.
- 2.-**Resistencia** a la vibración propiedades de transmisión y absorción acústica.
- 3.-**Protección** de o resistencia a los daños causados por incendio, exposición al sol, calor, heladas/deshielo y ambiente químico agresivo que causa corrosión.
- 4.-**Facilidad y accesibilidad** para el mantenimiento y reparación.

Paso de instalaciones losas macizas



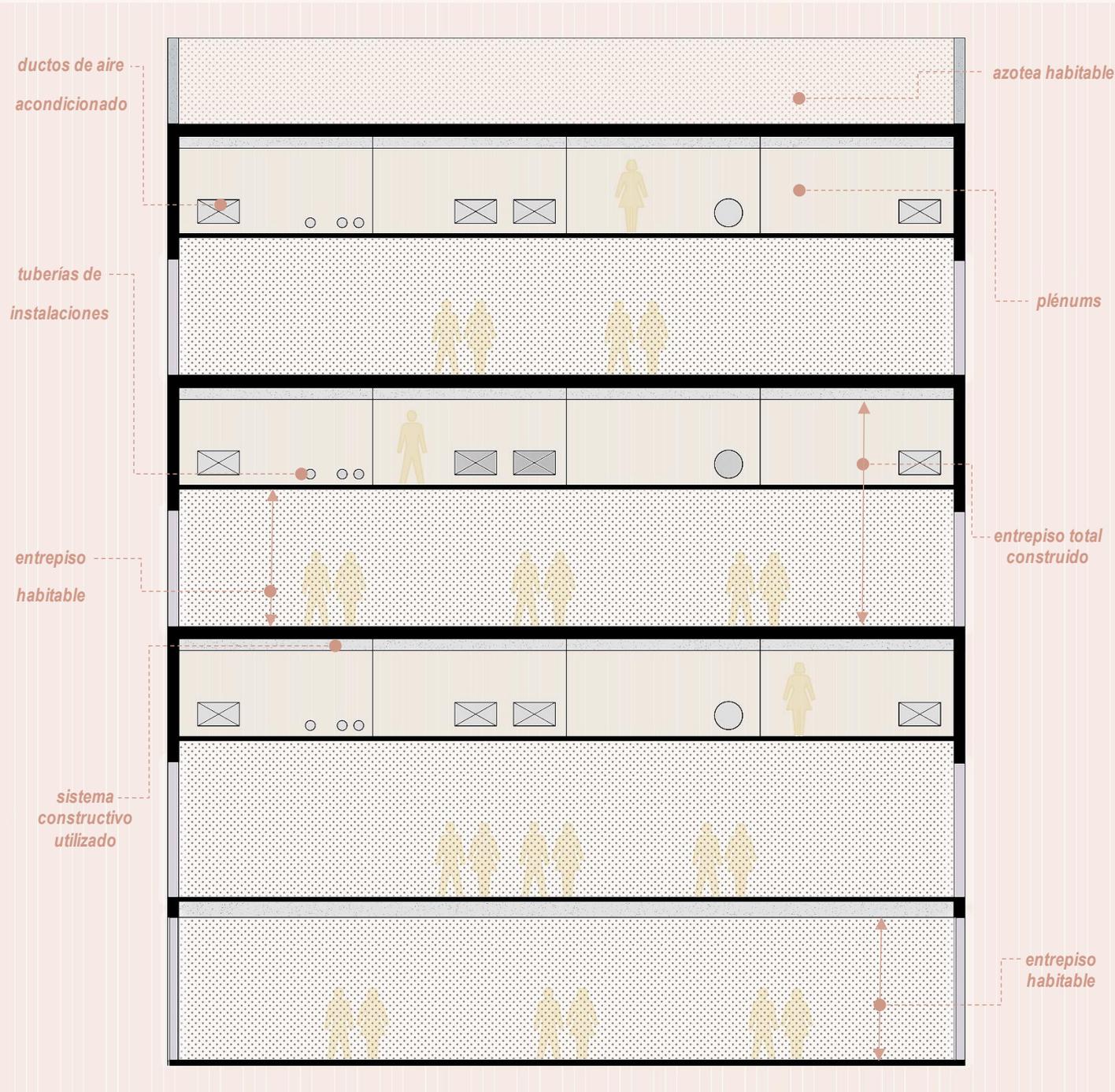
83

98

Zeno Ramos, B. (2023). **Falsos techos**. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

La distribución de las instalaciones por debajo del forjado y oculta por un falso techo es la solución más común. Para minimizar el canto del conjunto forjado-techo, estos sistemas de distribución de las instalaciones deberían utilizarse con forjados de poco grosor, como es el caso de las losas planas.

Los conductos de mayores dimensiones como las líneas distribuidoras, pueden requerir falsos techos en pasillos y otros espacios donde pueda reducirse la altura de techos.



Disponer las líneas distribuidoras y los conductos de mayores dimensiones en pasillos y otros espacios que pueden tolerar techos más bajos, ayuda a minimizar los conflictos entre el sistema estructural y la distribución horizontal de los conductos de aire de los sistemas de climatización.

La utilización de plenums de mayores dimensiones, con una altura libre que permita el paso de una persona erguida, puede facilitar el acceso a las instalaciones sin perturbar los espacios servidos, lo cual puede ser de utilidad en hospitales, laboratorios y otros edificios con instalaciones complejas o que requieren mantenimiento y modificaciones de forma permanente.

Zeno Ramos, B. (2023). *Pisos de instalaciones*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Sería importante que al momento en que nos encontramos desarrollando un proyecto, analicemos con detenimiento el programa de requerimientos para contemplar por ejemplo, si se necesitan ciertas temperaturas, puesto que eso incrementará el espacio que necesitemos para el desarrollo de las instalaciones, afectando la altura del entrepiso y por lo tanto la elección de la losa.

Distribución horizontal de instalaciones por encima de la estructura

Losas planas y con ábacos

Debido al **espacio sin obstáculos** bajo las losas planas y entre los ábacos, los conductos de las instalaciones se pueden disponer en cualquier zona y dirección, proporcionando la máxima **flexibilidad y adaptabilidad** en la distribución de las instalaciones.

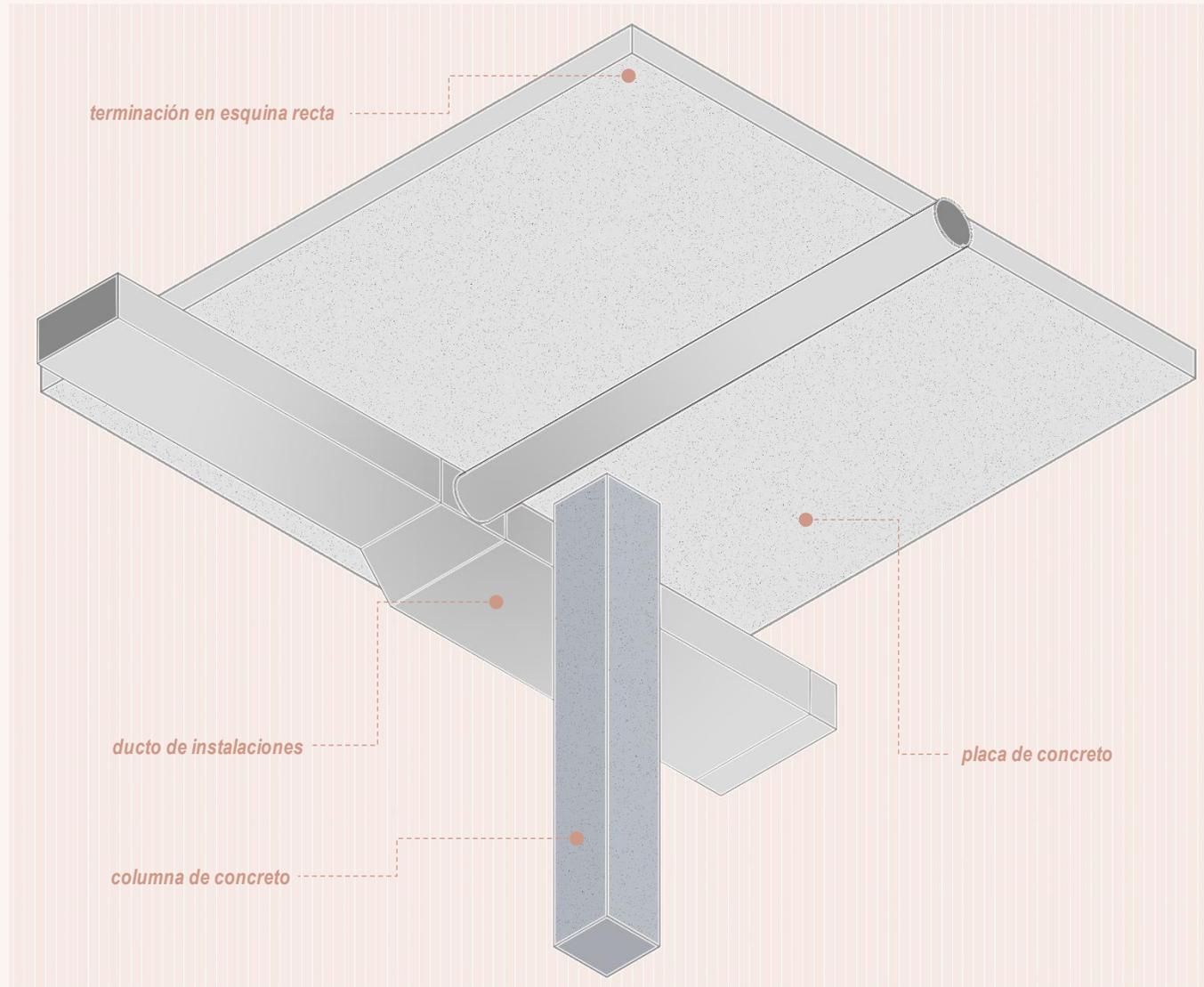


Zeno Ramos, B. (2023). *Conductos de aire acondicionado*. [Fotografía].



Zeno Ramos, B. (2023). *Piso de instalaciones*. [Fotografía].

El **grosor** de las losas planas puede **adaptarse** para alojar canaletas de cableado en la **parte superior** de la losa. La relativa delgadez de ellas permite conseguir el menor canto total del forjado en áreas que requieran disponer de todas las instalaciones en todo el espacio.



Zeno Ramos, B. (2023). *Reducciones de espacio*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

85

El canto total de la losa, suelos y techos incluidos, viene determinado normalmente por los conductos de ventilación del sistema de climatización. Cuando estos conductos se sitúan en áreas que admiten unos falsos techos más bajos, como en pasillos, la altura entre plantas puede reducirse significativamente.

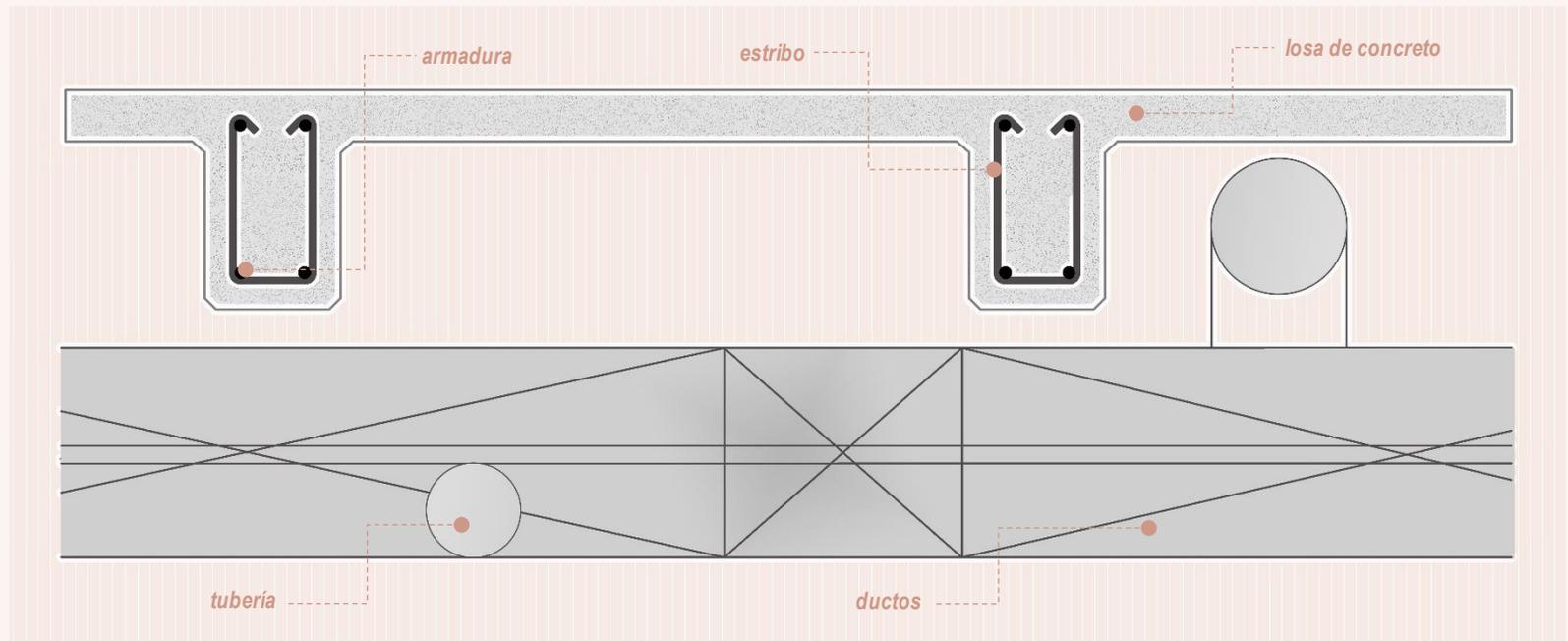
Los huecos verticales deberían hacerse coincidir con el módulo estructural y con la localización de las columnas.

Se pueden abrir huecos de menor dimensión en el tercio central de un vano, siempre que se refuerce adecuadamente. Si la losa debe perforarse entre dos columnas, será necesario algún tipo de soporte adicional, normalmente muros de carga.

Las instalaciones suelen situarse por debajo de la viga, excepto algunos ramales cortos que pueden discurrir en paralelo a las vigas entre jácenas y jácena.

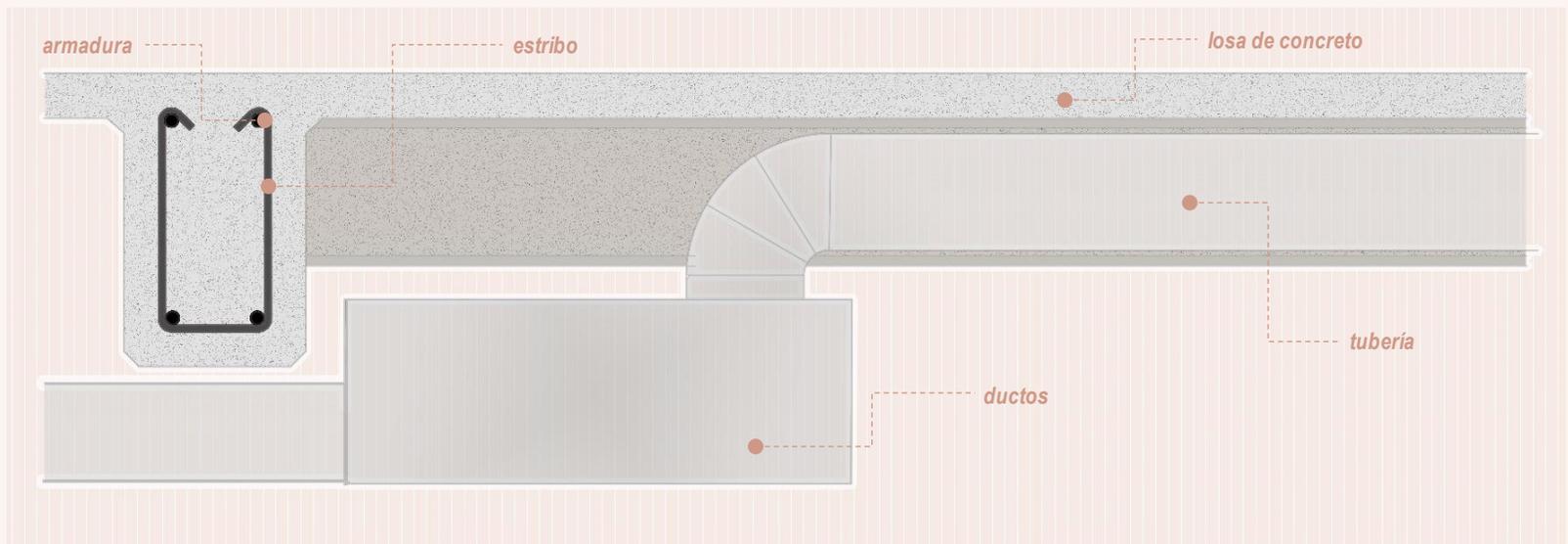
La colocación de los conductos mayores paralelos a las jácenas puede reducir el canto total de la losa.

Pueden efectuarse pequeñas perforaciones sin que se resienta el comportamiento estructural de las losas apoyadas sobre vigas.



86

Zeno Ramos, B. (2023). *Recorridos*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

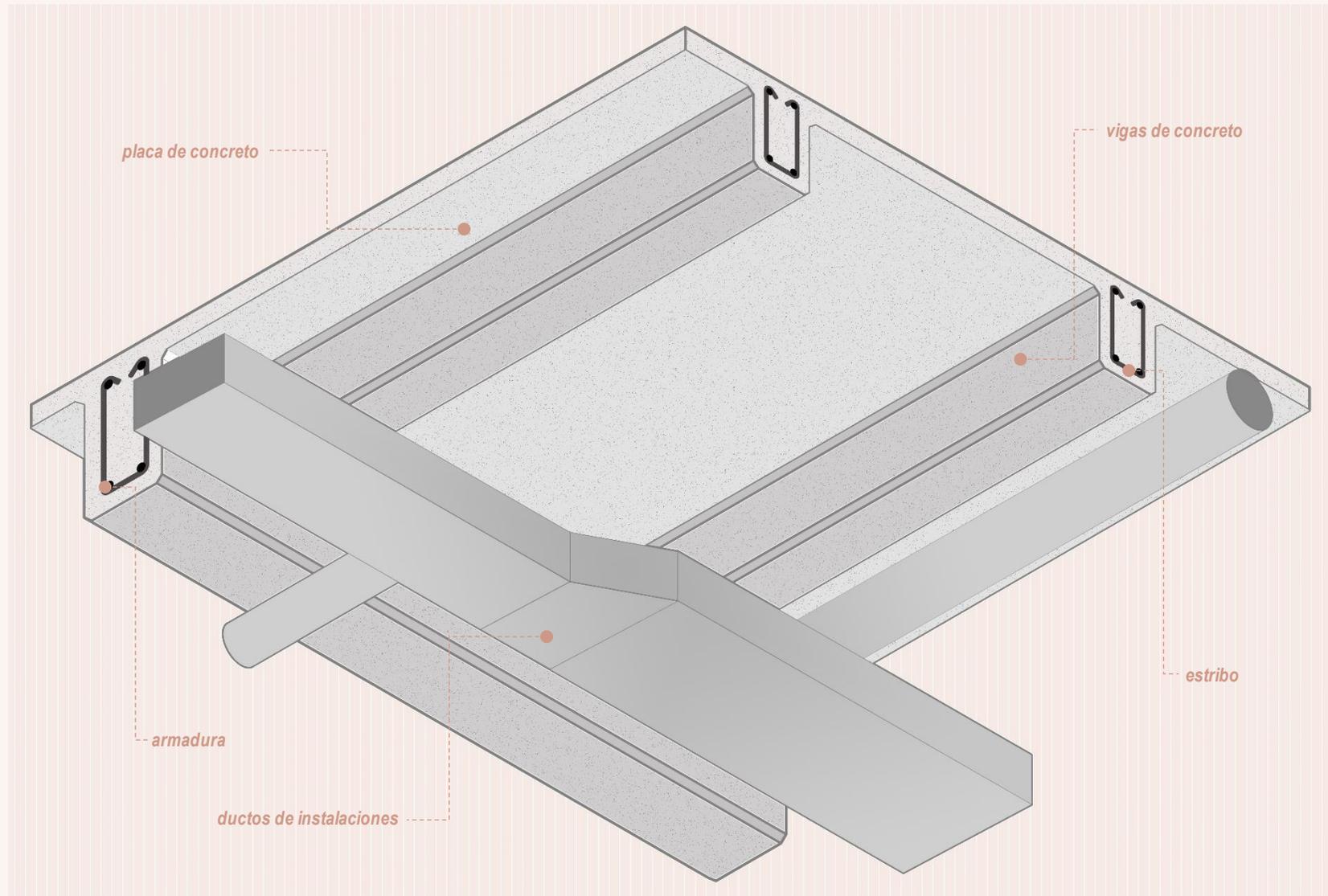


87

Zeno Ramos, B. (2023). *Ubicación y aberturas para ductos*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Si la losa debe perforarse entre dos pilares, se requerirá algún tipo de soporte adicional, generalmente muros de carga.

Los **huecos** en la losa para el **paso de conductos verticales** deberían ajustarse dentro del espacio de separación entre vigas. En cualquier caso, puede modificarse la **distribución regular de las vigas** para permitir huecos mayores.



88

La adaptación del sistema de losas sobre vigas proporciona la posibilidad de la incorporación espacial y estructural de unidades prefabricadas.

Zeno Ramos, B. (2023). *Integración de instalaciones en losa.* [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Sí durante la ejecución en obra se determina que se debe hacer pequeñas perforaciones para que pasen los conductos de instalaciones resultado del cálculo, se dividirá la longitud total del elemento a una tercera parte.



Zeno Ramos, B. (2023). *Proporciones*. [Fotografía].

Derivado de los planos de instalaciones y estructurales que se tengan disponibles durante la ejecución en obra llegar a un consenso sobre donde es posible hacer traslapes evitando daños de algún tipo.



Zeno Ramos, B. (2023). *Traslapes*. [Fotografía].

IV

TEMAS

LOSA DE VIGUETA Y BOVEDILLA LIGERA

Poliestireno

01

¿Qué es?

La losa fabricada de vigueta y bovedilla es un sistema constructivo que toma en cuenta las **cualidades portantes** de las viguetas de concreto pretensado y las particularidades aligerantes de las bovedillas. El sistema, constituido en un comienzo para la construcción residencial, posibilita su utilización en obra civil y comercial, porque, retribuido a su **bajo peso**, es factible cubrir considerables claros sin ampliaciones significativas del grosor de la capa de compresión.

Elementos

Una losa de vigueta y bovedilla consta de cuatro elementos: viguetas, bovedillas, nervios de temperatura y capa de compresión de concreto armado.

Viguetas

Las viguetas son piezas portantes que **trasladan las cargas** de la losa a los muros. Éstas transcurren paralelas a las zonas que se emplean como apoyos (cubiertas, cielorrasos o entrepisos). Las orillas de cada una de las viguetas reposan sobre vigas u otros **elementos estructurales**.

Determinadas viguetas se seccionan a medida en la ejecución de obra, en tanto que otras se prefabrican conforme los **requisitos de diseño**. Existen viguetas con diferentes cortes geométricos, macizas, armadas o de alma abierta, las anteriores son más baratas y de sencilla manufactura.

Bovedillas

Las bovedillas son elementos prefabricados que actúan como cimbra perdida o cimbra muerta (no se puede recuperar tras el vertido. Soportan la capa de compresión de concreto armado, después del fraguado se vuelve autoportante como una losa maciza, pero relativamente con menor peso.

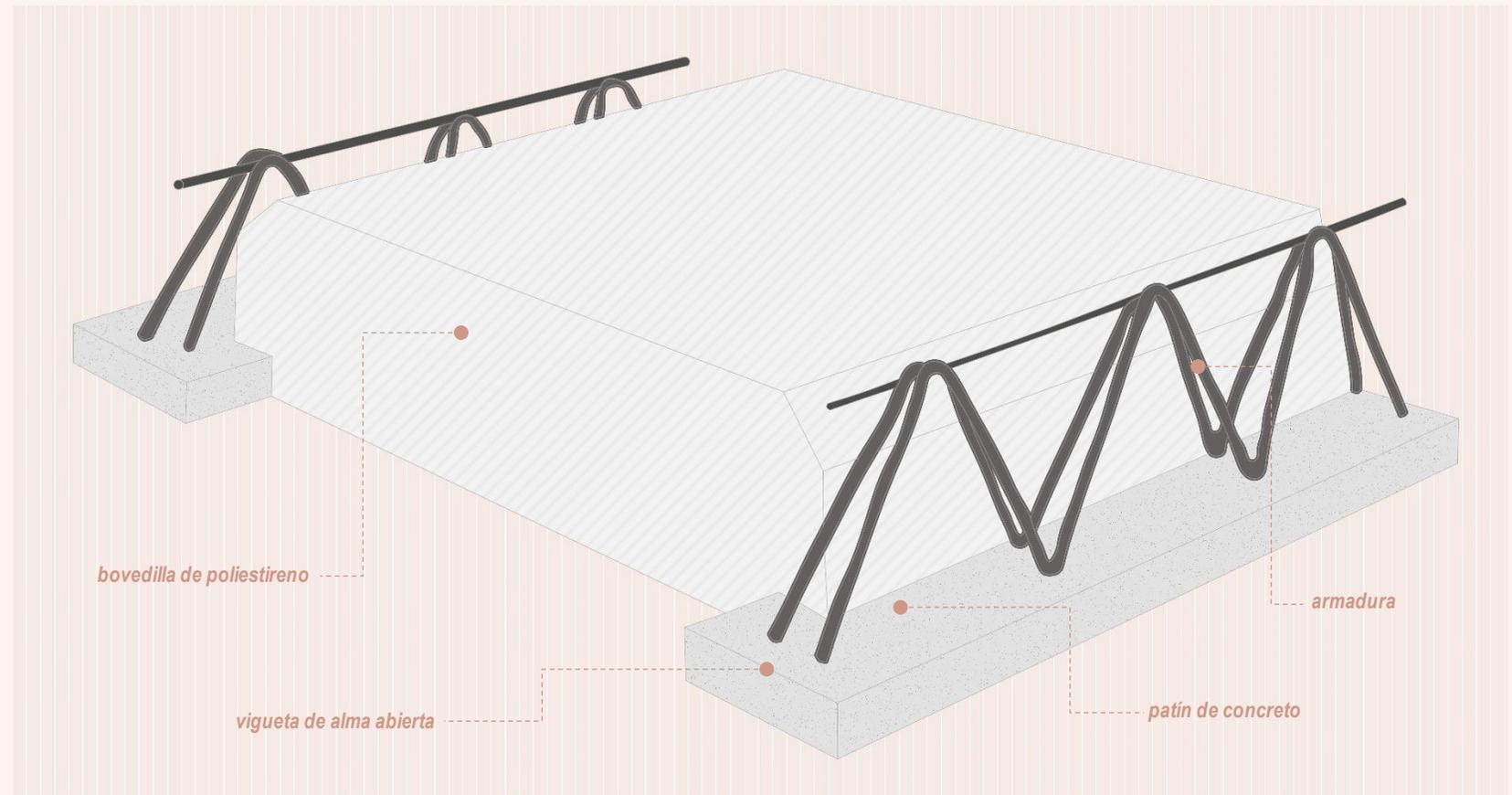
Se comercializan bovedillas elaboradas con diferentes materiales, como las de cemento-arena y las de cerámica. Destacan por su **ligereza** las bovedillas de poliestireno, porque son las que más ayudan a **reducir el peso de la losa**.

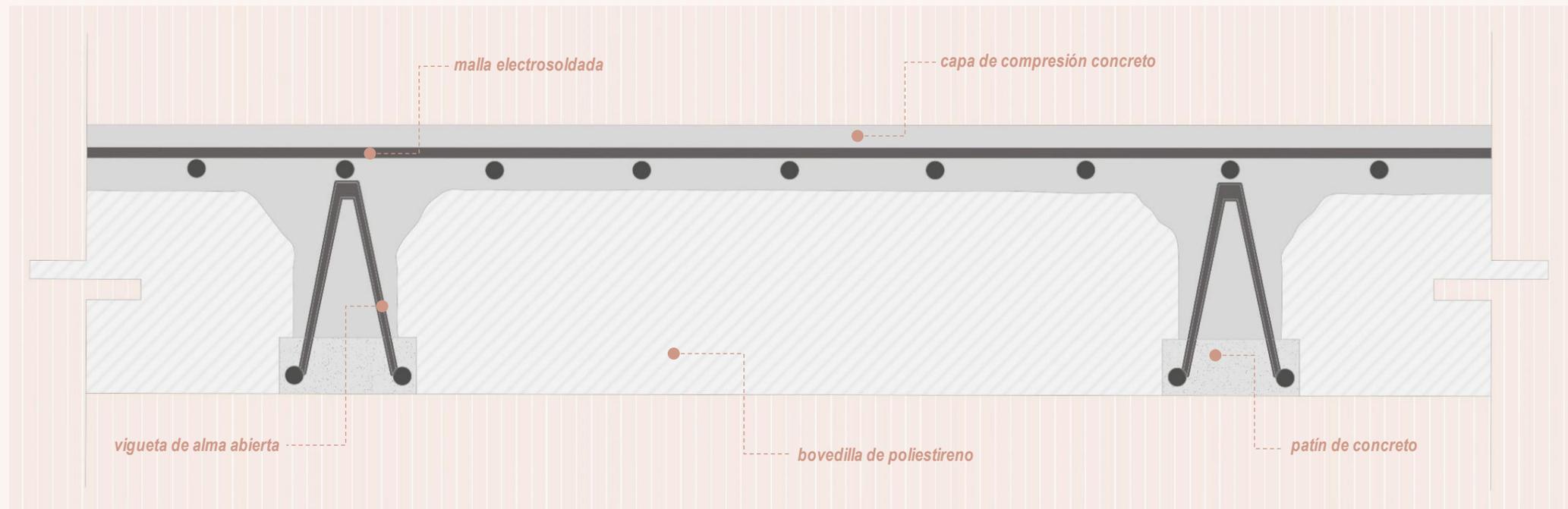
89

106

El poliestireno es ligero, tiene una conductividad térmica y acústica muy baja.

*Zeno Ramos, B. (2023).
Bovedilla de poliestireno.
[Imagen].*





Zeno Ramos, B. (2023). *Corte bovedilla de poliestireno y vigueta de alma abierta. [Imagen].*

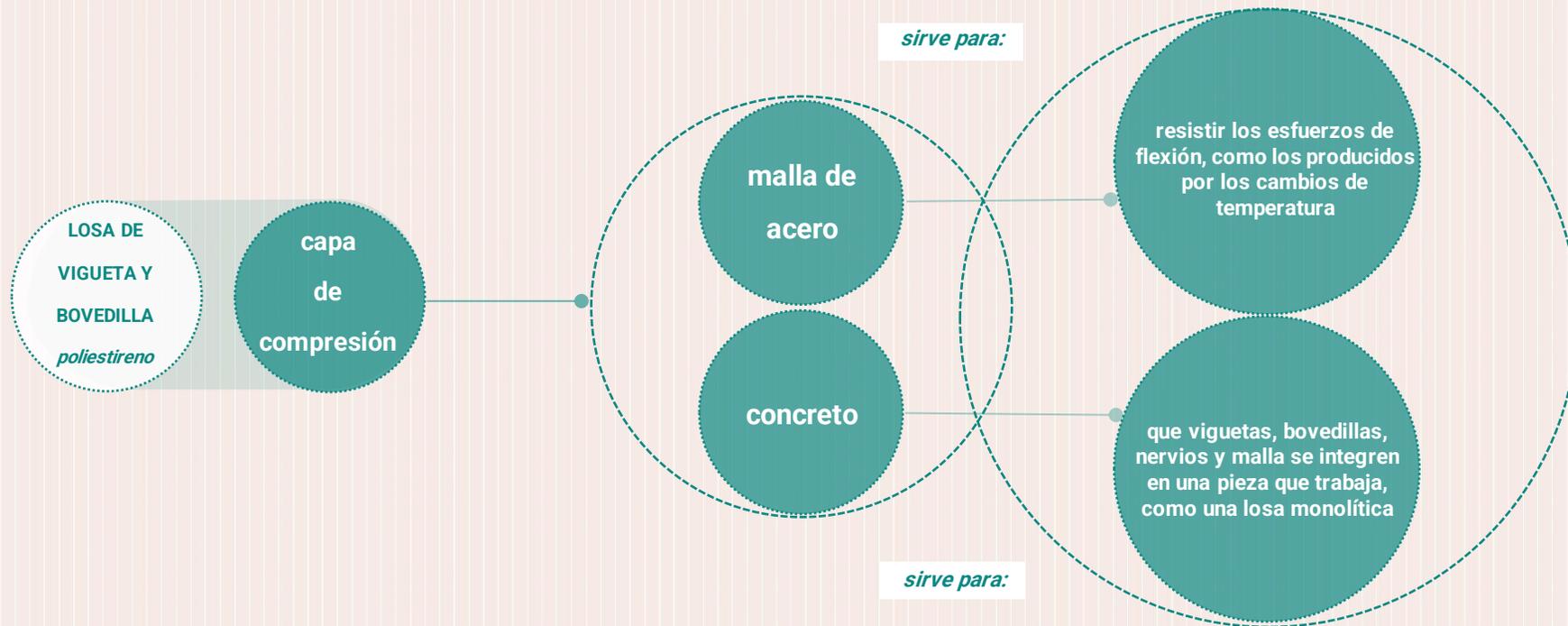
Nervios de temperatura

Los nervios de temperatura son **mallas metálicas de refuerzo** que ayudan a librar los claros, tienen la función de repartir cargas puntuales entre las viguetas. Se colocan en sentido contrario al de las viguetas en claros cortos a cada **3 m** con varillas de **3/8"** y en claros largos a cada **2 m** con varillas de **1/2"**.

Las bovedillas de poliestireno son de fácil cálculo y transporte, para cuantificarlas es una tarea sencilla debido a que son piezas modulares.

En la imagen apreciamos una losa de alto peralte en la que la mayor parte del volumen es de poliestireno expandido o unicel y con propiedades térmicas y acústicas.

COMPONENTES DE LA LOSA DE VIGUETA Y BOVEDILLA POLIESTIRENO



Zeno Ramos, B. (2023). *Relación de elementos de la losa de vigueta y bovedilla de poliestireno. [Diagrama].*

Crterios y uso

Se podría decir que es el sistema más **económico y rápido** para utilizarse en la construcción de casa habitación, ya que la cimbra es prácticamente nula, **menor cantidad de concreto** y menor uso de mano de obra, lo que favorece en el costo total, también puede usarse en edificios de oficinas, por ejemplo.

Las viguetas y bovedillas conforman el peralte total de la losa formando un eje de carga que permite el ahorro de materiales como concreto y acero.



91

109

Zeno Ramos, B. (2023). *Conjunto de elementos*. [Imagen].

Proceso constructivo

Toma de medidas

Al momento de tomar la dimensión de las viguetas se tienen que considerar los **claros** que la vigueta cubrirá y atravesará de muro a muro, el **espacio imprescindible** en la trabe o dala donde se apoyará el peso de la vigueta, si la losa mantiene contemplado un **volado** en el diseño es preciso tomar en consideración la medida que sostendrá al final.

Se deben **considerar** los **soportes de apoyo** en el momento de la obtención de medidas. La vigueta tiene que acomodarse con un mínimo de **10 centímetros** sobre la trabe, por lo que no debe olvidarse que cuando se saquen las medidas se hagan en relación a los paños exteriores.

Sacar las medidas considerando los puntos anteriores garantiza más que cuando se coloquen las viguetas queden apoyadas de manera correcta sobre los muros perimetrales **evitando desfaces**.

Colocación de cimbra

Cuando ya se obtienen las medidas pasamos a la planeación y fabricación del material debe pensarse con anticipación un espacio apto y seguro para maniobrar las viguetas (incluyendo radios de giro), considerando el montaje con las trabes perimetrales y apuntalamiento (puntales y maderas).

Un atributo del sistema constructivo de losas ligeras de vigueta y bovedilla es que se disminuye la **extensión de cimbra de contacto**, y por tal razón una conservación en el importe de material.

Para colocar las viguetas se sobreponen temporalmente en trabes y maderas (cimbra temporal), no olvidando que la **distancia mayor** entre los soportes no sobrepase los **1.80 metros**.

Colocación de viguetas

Una vez llevado a cabo el progreso conforme a las medidas conseguidas y la cimbra de contacto se ha acomodado en su lugar, se sigue con la colocación de las viguetas, deben distribuirse al interior de la trabe con una separación mínima de **10 centímetros**, para simplificar su amarre al acero y queden apropiadamente ahogadas en cemento, consiguiendo una losa de una pieza (losa monolítica).

La separación entre las viguetas será de **65 cm a 67 cm** aproximadamente con medidas tomadas a partir del centro, la longitud final será cuando se acomode la bovedilla de poliestireno.

Cuando ya se haya colado la losa, las viguetas conformaran **un solo elemento** que brindara soporte y resistencia, se puede retirar la cimbra aproximadamente en la segunda semana posterior al colado.

Montaje de bovedillas

Cuando ya se ha hecho el montaje de las viguetas, se comienza con la colocación de las bovedillas de poliestireno que están diseñadas para acomodarse entre las viguetas, es importante que el personal que se encuentre laborando en la obra tenga **precaución al caminar** sobre el tablero ya montado, ya que, aunque estén soportadas por la cimbra temporal, las

bovedillas pueden **romperse** o **desfasarse** si se ejerce **demasiado peso** sobre ellas. Existen casos en los que el personal considera necesario la colocación de cimbra completa con tabloncillos encima de los puntales y maderinas para evitar algún percance.

Esta forma de trabajo también ayuda a que las instalaciones sean colocadas de manera más segura y organizada.

Instalaciones sanitarias y eléctricas

El poliestireno expandido o unicel es un recurso que facilita el acomodo de tuberías y cableado de **forma simple**, sencillamente se va dando espacio a las tuberías por las bovedillas traspasando los conductos de la vigueta. En cuanto las rosetas eléctricas deben sujetarse a materiales más sólidos en los pueden destacar las viguetas ya que las bovedillas de poliestireno **en tanto no estén coladas aún son muy frágiles**.

Colocación de malla de refuerzo

La malla de refuerzo se encuentra en modo de rollo de ahí que es inevitable **expandirla** y puede que al realizarlo no se acople a la superficie plana, por eso es fundamental **extenderla** y **enderezarla** hasta que termine lo más plana posible y se ajuste correctamente a las viguetas y bovedillas. Una vez que se ha logrado aplanarla lo adecuado se instalará **arriba** de las viguetas y bovedillas, es probable que la malla intente regresar a enrollarse por eso se debe sujetar al acero superior de la vigueta.

La malla tiene que recubrir la **totalidad de la extensión del colado**, en ocasiones en que la malla no alcance a cubrir se debe emplear otro fragmento de malla y traspalarse al menos con **60 centímetros** entre ellas para que acabe reforzada de forma correcta.

Refuerzos adicionales

Es posible emplear refuerzos adicionales en función de las distancias cubiertas en la losa, si esta distancia es mayor a **4 metros** es crucial tomar en cuenta que se deben añadir **refuerzos adicionales**. Otra circunstancia que se toma en consideración a la hora de emplear refuerzos adicionales es el tráfico o cargas que ocurrirán encima de la losa.

Los fundamentales refuerzos a emplear son: bastones de refuerzo: utilizando una **varilla de 3/8** se producen trozos que tengan forma de «u» en los dos costados, a esta pieza se le da el nombre de **bastón**. Las secciones de los bastones se tensan desde la trabe más o menos hasta una **cuarta parte** de la **distancia total** del claro a cubrir.

Por ejemplo, si la losa tiene un tamaño de **6 metros de largo**, cada bastón se colocará desde la orilla de la trabe a unos **150 cm** de distancia. Es conveniente tener presente que la varilla no solo se acomoda encima, si no que se debe **tensar** y **sujetar** desde las varillas de la trabe como a todas las secciones de la vigueta. También los bastones se localizan en todas las viguetas en todas las direcciones.

Trabe auxiliar: en la situación de que la carga es muy maciza y los segmentos a cubrir bastante espaciados, mayores a **5 metros** es inevitable destinar refuerzos para las viguetas. La alternativa más óptima es separar el tramo por fragmentos más pequeños con una trabe.

Esta trabe se acomoda previamente o se integra al colado de la losa de modo que el concreto de la trabe termine colado junto con la losa, con una conexión compuesta por acero y concreto que va a ser más confiable. Este apoyo se debe programar desde el comienzo de la disposición de las viguetas. En el momento en que la **orientación** y la **distribución** de las viguetas este efectuado se coloca la cimbra de tal forma que la trabe tenga conexión con las viguetas y todas las **trabes perimetrales**.

Colado

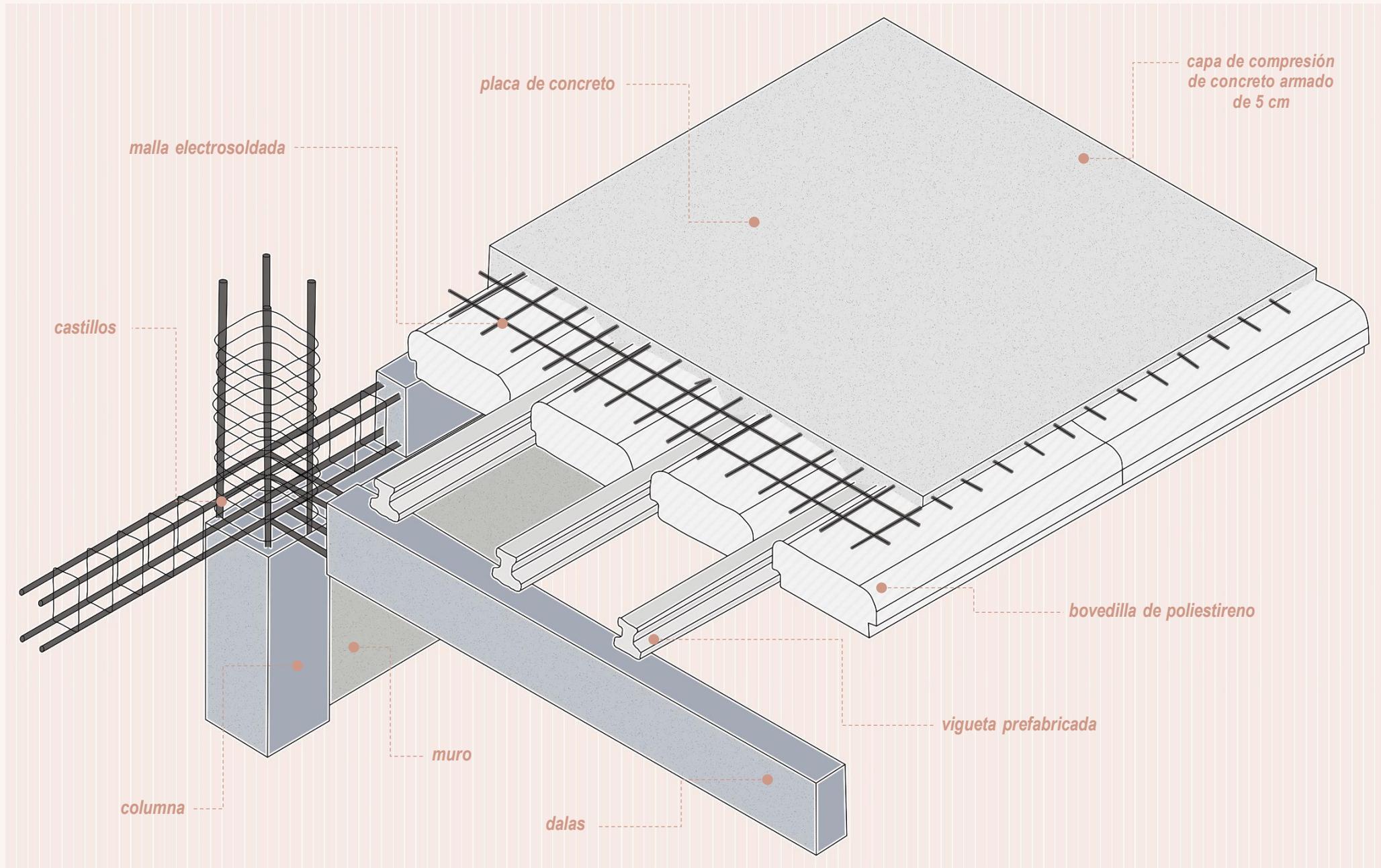
Cuando ya todos los elementos estén colocados en su lugar y la cimbra y el entarimado hayan quedado bien afianzados es hora de proceder al colado. Se debe **humedecer** todas las bovedillas, viguetas, varillas y mallas para que el concreto se **incorpore** de una mejor forma. La capa de compresión debe contar con un espesor de **5 centímetros**.

El concreto debe llegar a toda la superficie de la losa si es necesario se puede utilizar una maquinaria como el **vibrador** para asegurarse que todos los canales estén rellenos de cemento. Para el colado de la pieza de unicel es forzoso en primer lugar situarlas con un agregado fino de arena y cemento para que la forma del diseño quede bien acentuada. Después al colado se debe **hidratar el cemento** regándolo con agua por al menos una semana durante todos los días.

Después del colado

Después de que hayan transcurrido aproximadamente **2 semanas** después de colar la losa, ya se puede empezar a retirar la cimbra de contacto. Al instante de quitar los puntuales y madrinan van a permanecer visibles las bovedillas, viguetas y los alambres que se destinaron para sujetar todos los materiales en su lugar.

Para alcanzar un superior aspecto estético se deben apartar los alambres que sobresalen y **emplastar** la parte interior de la losa. Como último procedimiento se nivelarán con concreto y malla todos los espacios, **desniveles e imperfecciones** que se pudieron producir en el instante de colar la losa. Cuando todo se encuentre nivelado se da paso a dar el **acabado** con el material que sea de preferencia.



Zeno Ramos, B. (2023). Sistema constructivo de vigueta pretensada y bovedilla de poliestireno. [Imagen].

IV

TEMAS

LOSA DE VIGUETA Y BOVEDILLA PESADA

Concreto

01

¿Qué es?

La losa de vigueta y bovedilla pesada es un sistema de componentes prefabricados en prototipos metálicos, pretensados en fábrica y segmentados según la dimensión de cada proyecto, constituido por **piezas autoportantes** como viguetas y aligerantes como las bovedillas, malla electrosoldada, capa de compresión de concreto y apuntalamiento. Los elementos pasados deben ser **diseñados** y **calculados** para complacer los **requisitos de carga**, según sea el proyecto.

Está constituido por dos unidades que le admiten sostener la carga de la losa, su peso y transmitirlos a las trabes. En esta ocasión se emplean en construcciones que trabajan en un solo sentido.

Surgen desde la búsqueda de perfeccionar los sistemas constructivos tradicionales por lo que concierne a **tiempos, practicidad y economía**.

Materiales

Conformada por una vigueta pretensada de concreto de **alta resistencia** (el patín colado en su totalidad), puede ser de alma abierta (es cuando encontramos el patín colado y una estructura muy simple en la parte superior) y una bovedilla de concreto ligero, malla electrosoldada, concreto.

Proceso constructivo

Cimbrado

Una vez que se encuentra listo el **sistema** que **soportará** la losa (muros y columnas) se preparará el sitio de trabajo, (se comienza a colocar polines perimetrales para lograr la nivelación de las viguetas), ya que se encuentra colocada la **cimbra de frontera** que será la que soporte el concreto y funcionará como molde del mismo para almacenarlo y permitirle llevar a cabo el proceso de fraguado.

Armado

Se colocan las viguetas en el sentido corto de los tableros, con entre ejes de separación de **70 a 75 cm**, cuidando que queden **ahogadas en sus extremos** con dadas perimetrales, es un sistema con capacidad autoportante, en los casos en los que el claro rebase el máximo de soporte de **6 metros**, tendrá que llevar un puntal en la parte del centro, una vez colocadas las viguetas, se colocan las bovedillas entre las mismas, empezando de preferencia con las de los **extremos** dirigiéndonos al centro, para que las viguetas queden perfectamente **alineadas**.

Cuando se ha terminado de colocar todas las bovedillas, para sellar la losa se coloca sobre la superficie una malla electrosoldada para control de temperatura y se humedece la superficie de contacto para colocar una capa de concreto con resistencia a la compresión de **200 kg / cm²**, con espesor de **4 cm**, que funcionará como capa de compresión al sistema, se distribuye de manera uniforme sobre la superficie para evitar la **concentración de cargas**, los días posteriores después del colado se lleva a cabo la práctica del curado del concreto como se hace con la losa maciza para llegar a la resistencia especificada por diseño del concreto.

Fabricación del concreto

Agua, grava, revoltura, arena, cemento.

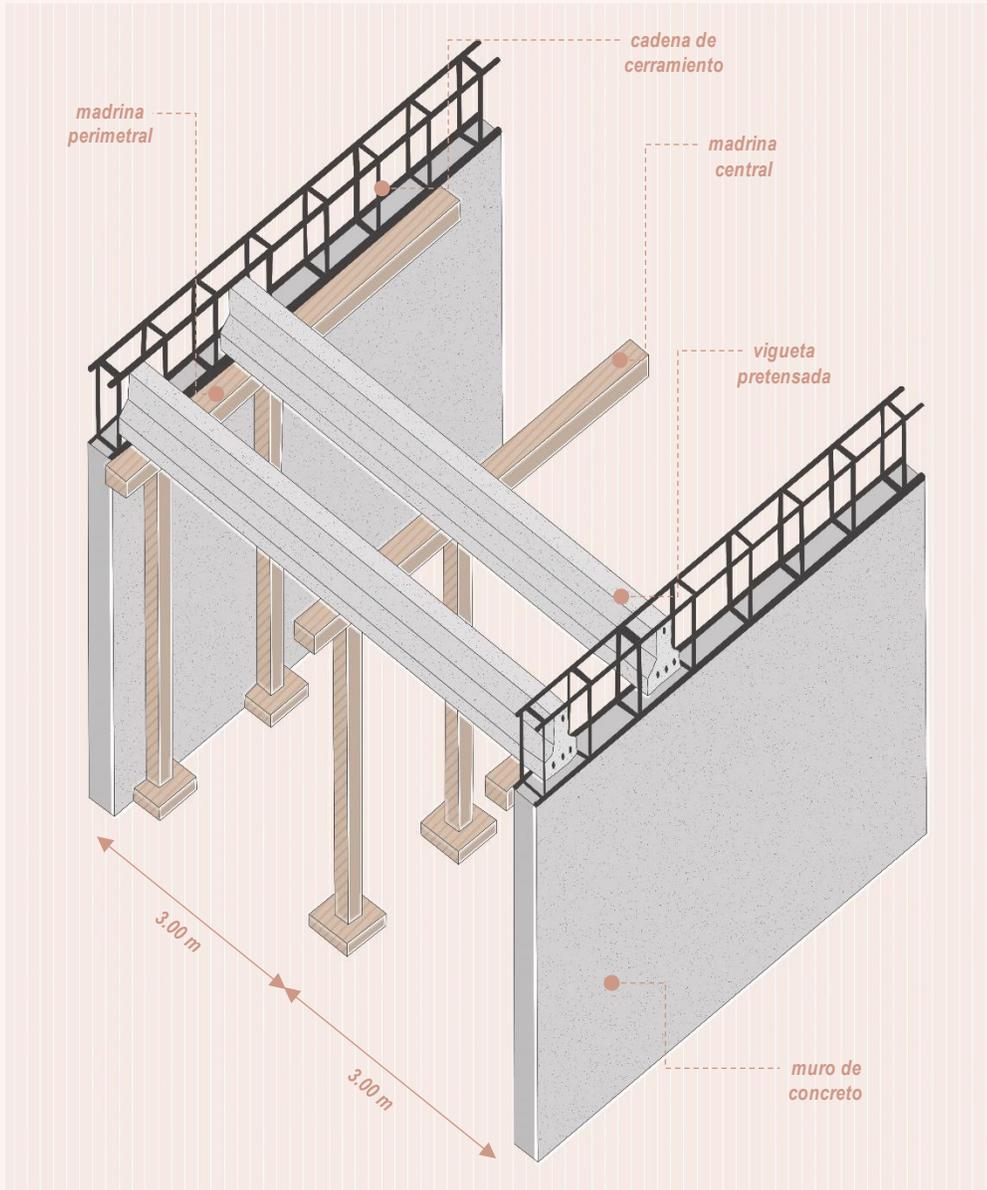
Colado

Por último, se mete un vibrador a la placa para vibrar el concreto que acaba de vaciarse y evitar que se formen **burbujas** dentro del concreto.

Limitaciones

Uso: debido a la utilización de elementos prefabricados, si la construcción se encuentra en un asentamiento relativamente pequeño, no es recomendable utilizarla por el **suministro y manejo de los materiales**, así la dificultad del uso de mano de obra especializada.

Colocación del sistema de piso de vigueta y bovedilla



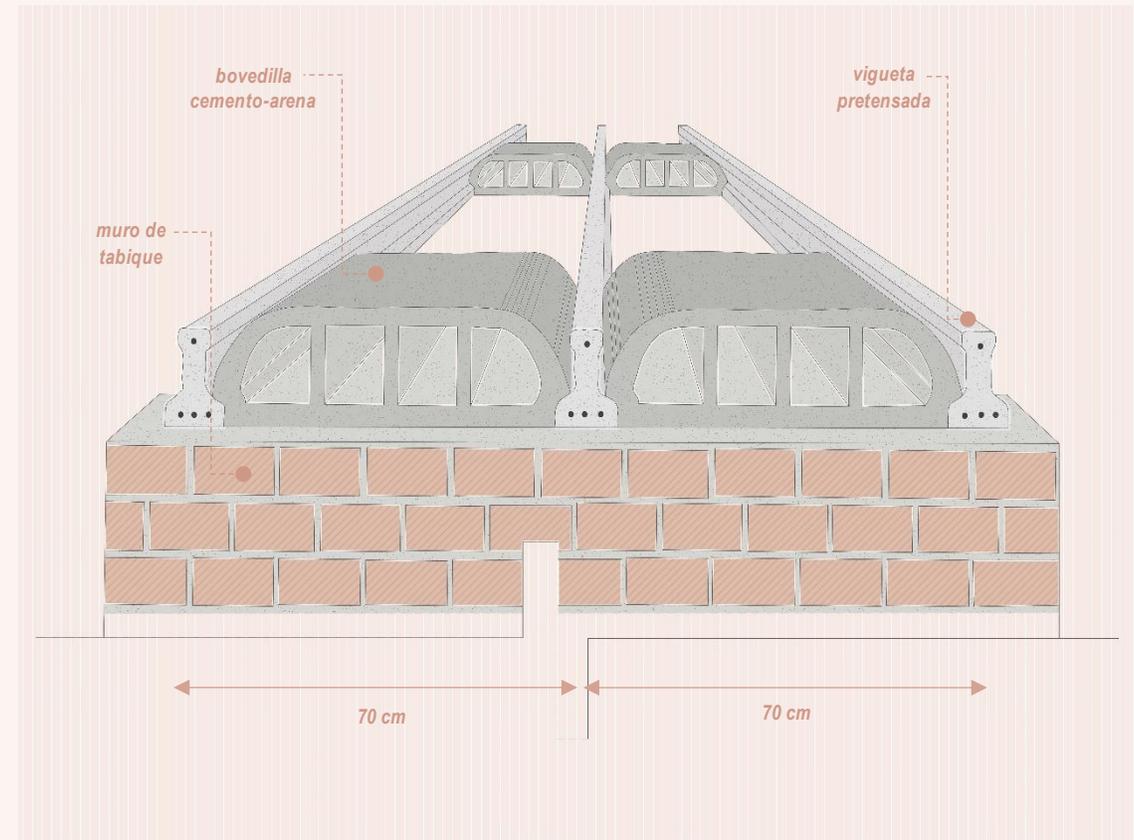
Zeno Ramos, B. (2023). *Cimbra y nivelación*. [Imagen].

I. Ubicar la madrina perimetral de nivelación y maderas centrales, confirmando que no sobrepase la distancia de autoportancia del elemento.

93

II. Ubicar las viguetas al interior de la cadena o trabe, cuando menos 7 cm, con una distancia entre ellas conforme al proyecto. Una bovedilla se destina como escantillón en los dos bordes.

III. Colocar el total de las bovedillas haciendo los ajustes necesarios.



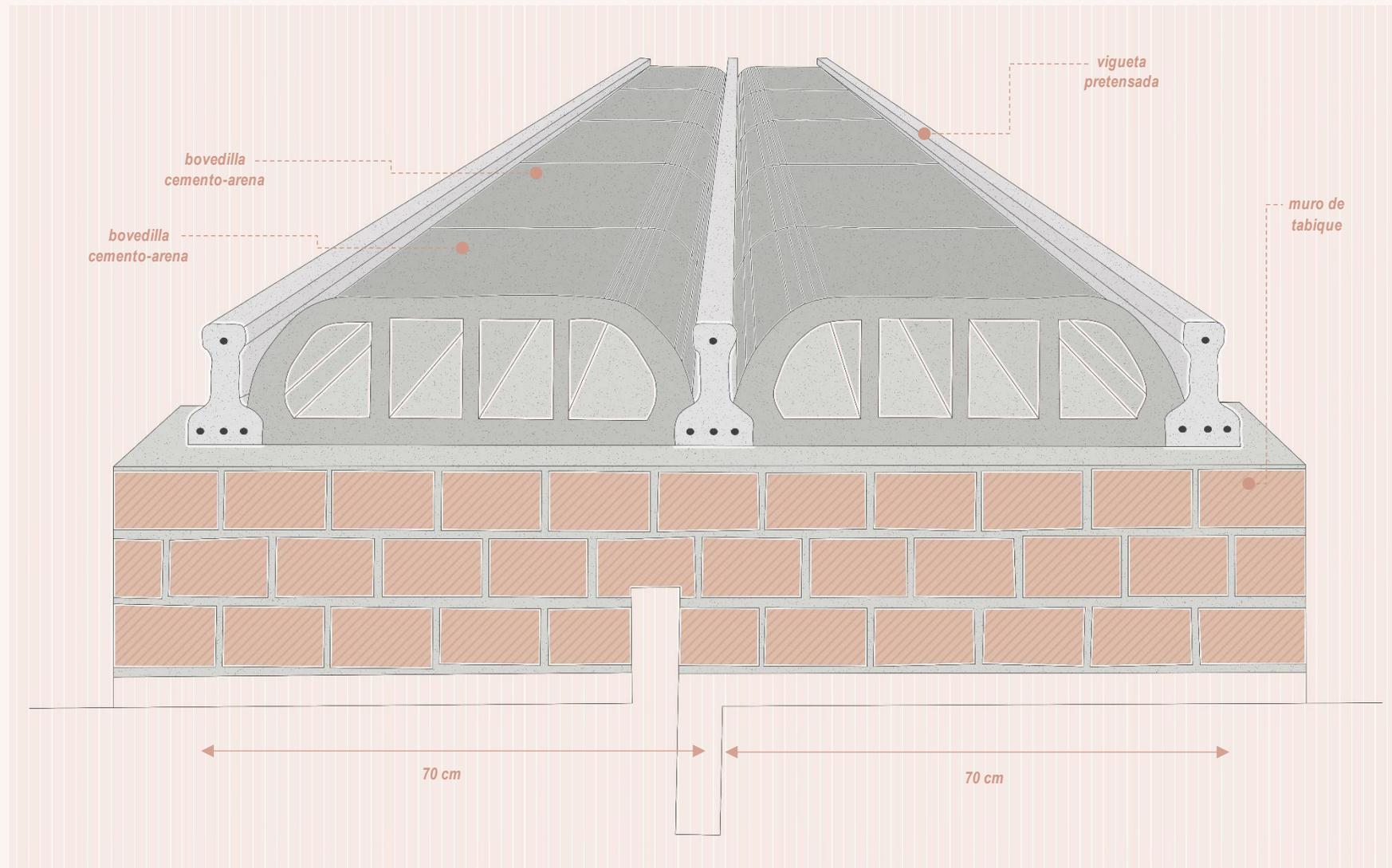
94

116

Zeno Ramos, B. (2023). *Colocación de bovedillas cemento-arena*.

[Imagen]. Basado en Betancourt R., R., et al, 2013.

IV. Usando las bovedillas de cemento-arena se deben tapar los huecos de las bovedillas que queden en contacto con el concreto.



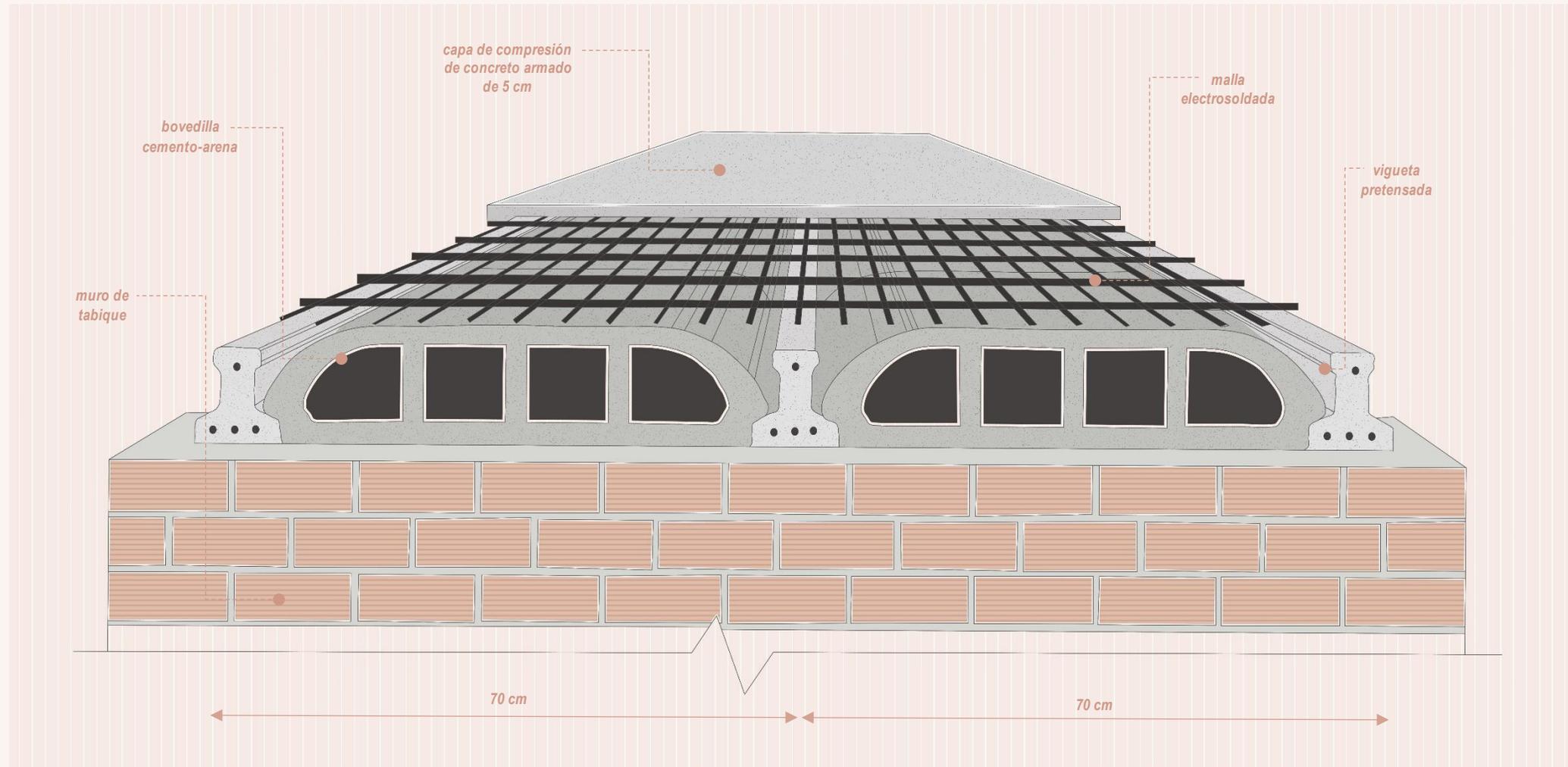
Zeno Ramos, B. (2023). *Bovedillas colocadas dentro de las viguetas.* [Imagen]. Basado en Betancourt R., R., et al, 2013.

V. Tender la malla electrosoldada traslapando cuadro sobre cuadro y fijándola perfectamente a las cadenas de las esquinas.

VI. Sin excepción se debe transitar encima de los tablonces con el objetivo de no aplastar las bovedillas.

VII. Antes del colado del firme de concreto armado, se recomienda humedecer uniformemente las viguetas y las bovedillas.

VIII. Los plazos para quitar los puntales son: las maderas centrales se podrán quitar cuatro días más tarde del colado y los polines perimetrales siete días luego del mismo.



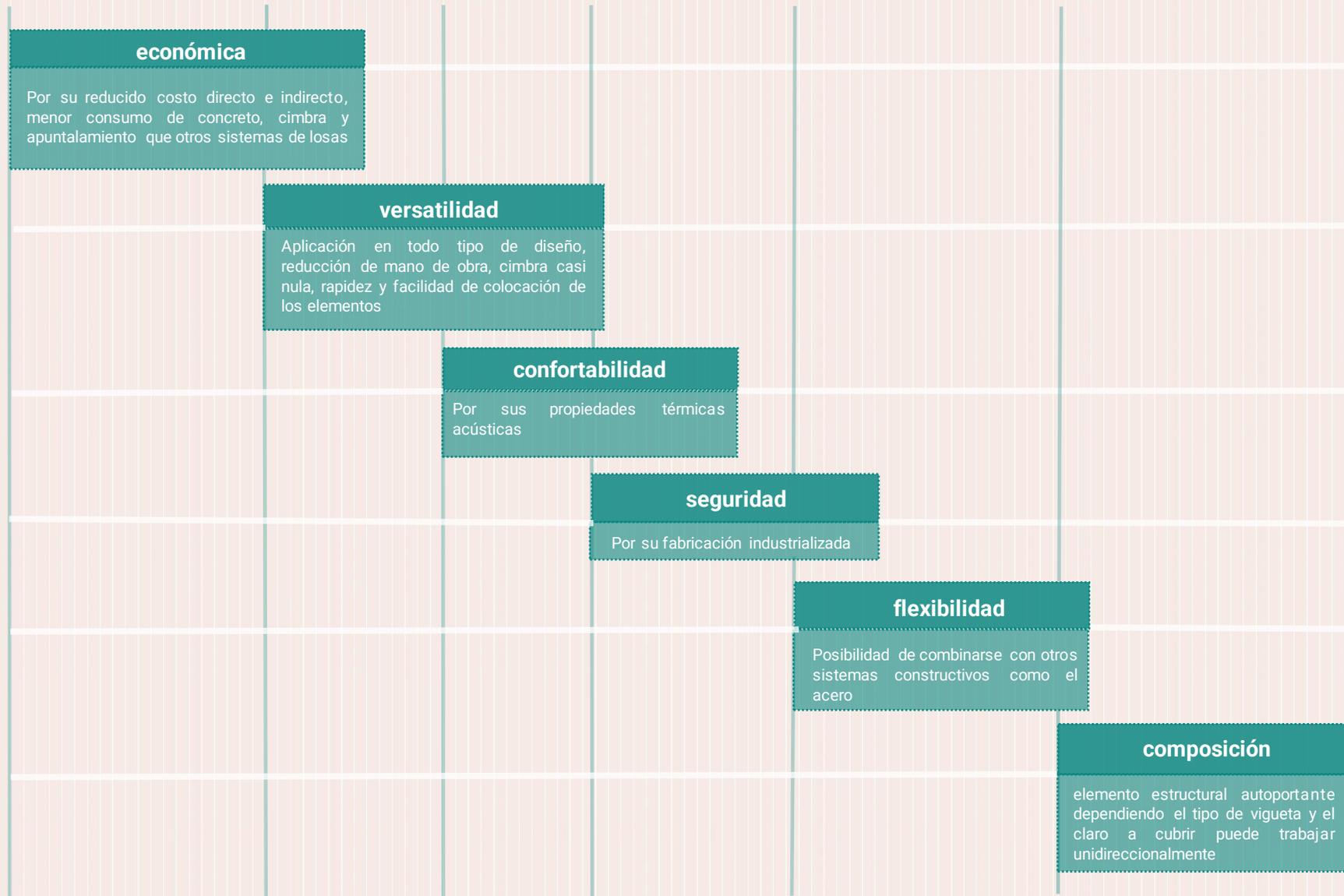
Zeno Ramos, B. (2023). *Colocación de malla electrosoldada.* [Imagen]. Basado en Betancourt R., R., et al, 2013.

Concreto

El concreto del firme debe tener una resistencia mínima de un $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$. El firme se debe colar desde los extremos hacia el centro. Si se llega a usar concreto bombeado se recomienda no concentrar el concreto en **un solo punto**, hay que esparcirlo uniformemente, para evitar que se **colapse** la losa por sobre peso. (PREMEX, 2023).

LOSA DE VIGUETA Y BOVEDILLA

Características



Cosas que debes saber, pros y contras

- A diferencia de otros tipos de losas, puede ofrecer un resultado de construcción de una obra **60% más rápida** en cuestiones de tiempo.
- Genera grandes **ahorros** en **materiales** y **mano de obra**, aunque se requerirá que esta última sea especializada.
- El sistema ofrece la **versatilidad** de realizar las instalaciones eléctricas dentro de los huecos de la bovedilla.
- Cuando tenemos construcciones de dos niveles y también muros divisorios, **evita** que tengamos **trabes que sobresalgan** en el techo del primer nivel (a veces no son estéticamente tan agradables a la vista).
- Es **rápida** y **económica**, no se necesita una cimbra más elaborada como la de una losa maciza, ya que sólo se apuntala, se instalan los **elementos prefabricados** y se coloca la capa de compresión del concreto.
- Al ser la bovedilla el principal **material de relleno**, da como resultado una losa relativamente **ligera**.
- Es barata porque no se hace todo el **procedimiento** de **montaje de cimbra** que se hace en otras losas como la maciza y la nervada (sólo se ocupan puntales), o sólo si se requieren trabes al tener muros desfasados.
- Es importante que cuando se haga el despiece y cálculo de la losa, se consideren las **charolas de instalaciones** en caso de que se tenga un primer nivel.

Inicio

Para la adecuada elección del tipo de losa de vigueta y bovedilla a utilizar es necesario considerar tanto la **etapa constructiva** como la **final** o de servicio.

La losa dependerá del **uso** para el que esté **destinado (cargas)**, del claro que se tenga, del tipo de viga que se use por autoportancia, del tipo de aligeramiento que se empleé en poliestireno o cemento-arena y del espesor del firme.

Variantes de los sistemas de pisos prefabricados

I.Vigueta de concreto presforzado y bovedilla de cemento-arena.

II.Vigueta de concreto presforzado y bovedilla de poliestireno.

III.Viga tubular pretensada y bovedilla de poliestireno.

IV.Placas TT.

V.Placas alveolares.

Capa de compresión

Cuerpo horizontal **no prefabricado** del sistema constructivo que se encarga de **unificar los elementos prefabricados** en un **elemento rígido**, soportando la compresión, termina por definir la altura total de la losa, tiene un grosor entre **4 y 5 cm**, su resistencia puede aumentar si se integra una malla electrosoldada al momento del colado.

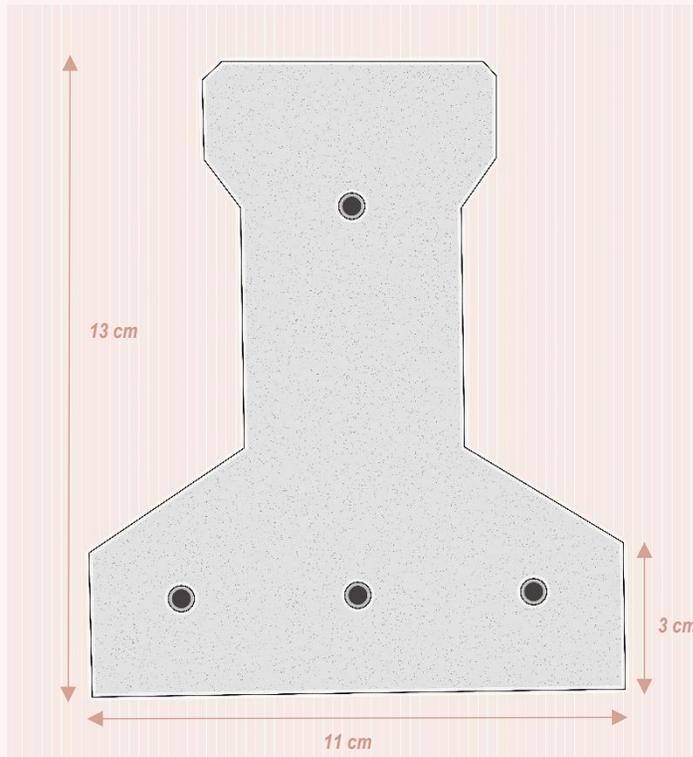
Vigueta presforzada de concreto

La vigueta presforzada de concreto forma parte del grupo de los **extruidos** (debido a su proceso de fabricación) con peraltes de **11, 13, 16 y 20 cm.**

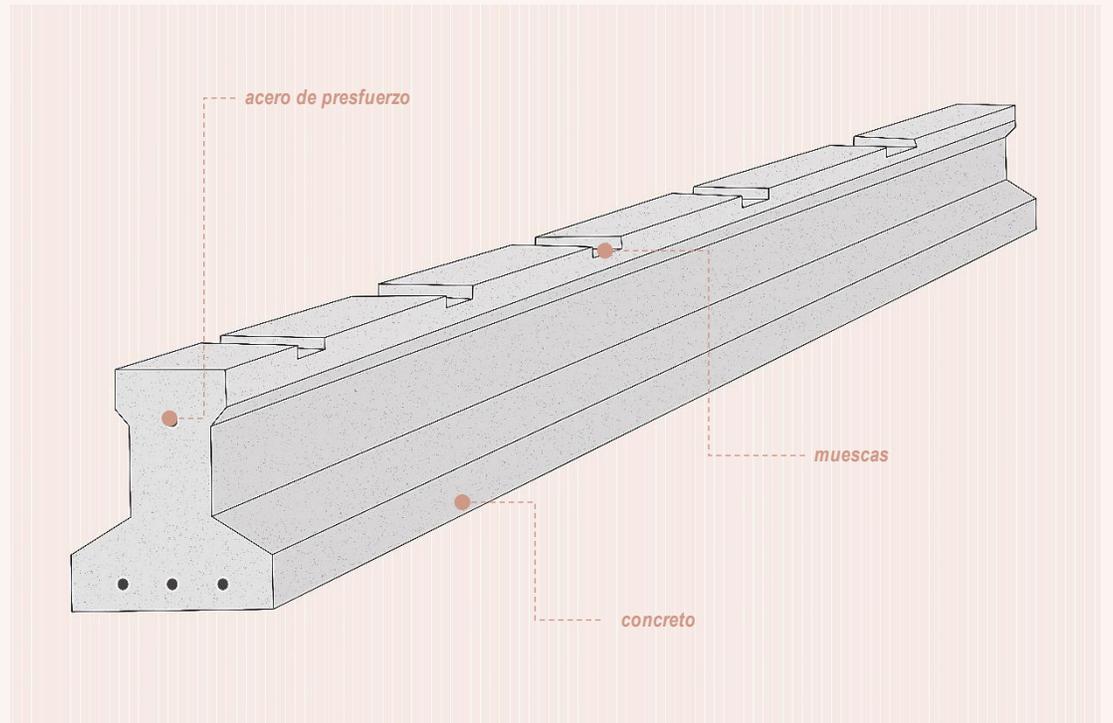
El esfuerzo indicado son alambres de presfuerzo. Los alambres del lecho inferior son los que proporcionan a la vigueta la **resistencia a la flexión.** El alambre superior se coloca para contrarrestar la **contra flecha.**

Se usa acero de presfuerzo y concreto de alta resistencia, los peraltes producidos son los siguientes: P-11, P-13, P-15, P-20.

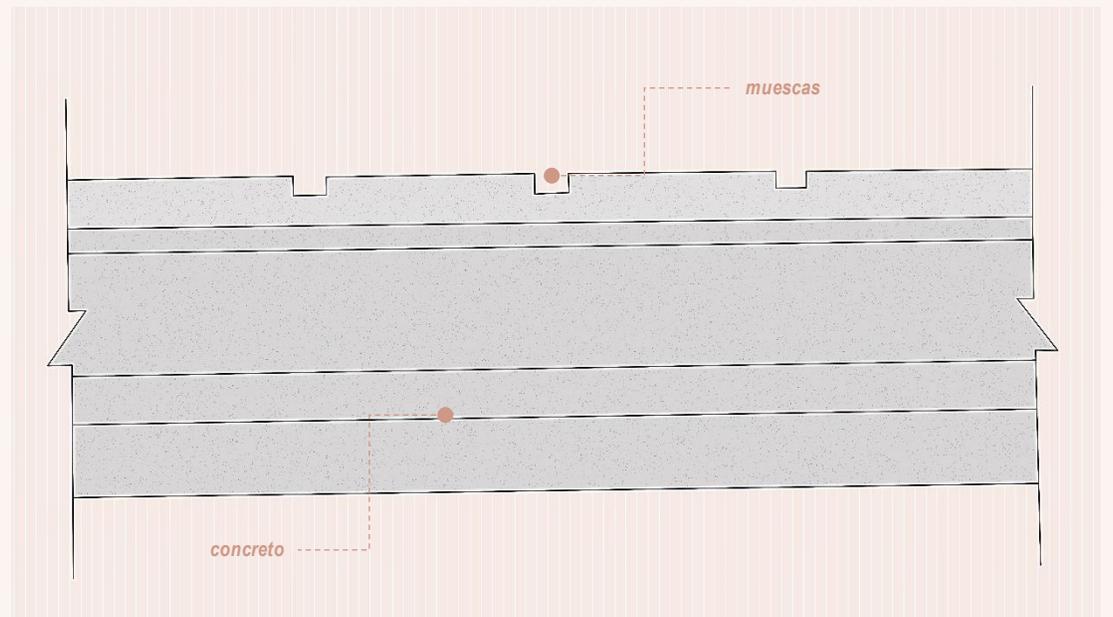
Algunas viguetas de P-13 muestran muescas en el punto superior lo que genera más adherencia y anclaje con el concreto ejecutado en obra.



Zeno Ramos, B. (2023). **Vigueta presforzada P-13.** [Imagen].

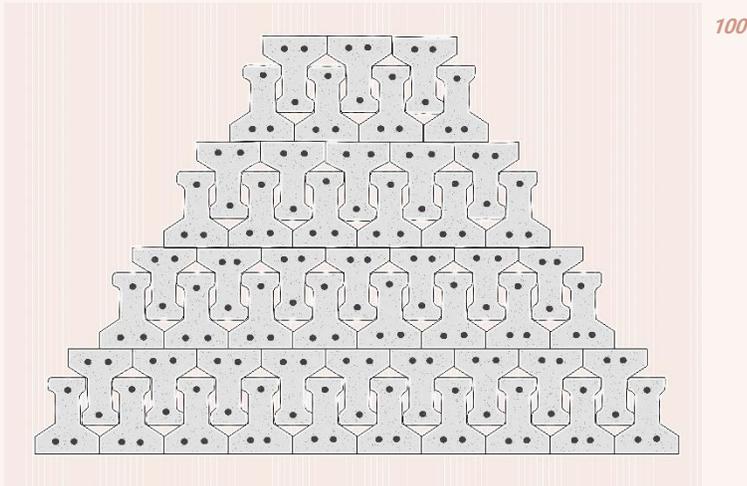


Zeno Ramos, B. (2023). **Axonométrico de vigueta presforzada P-13.** [Imagen].

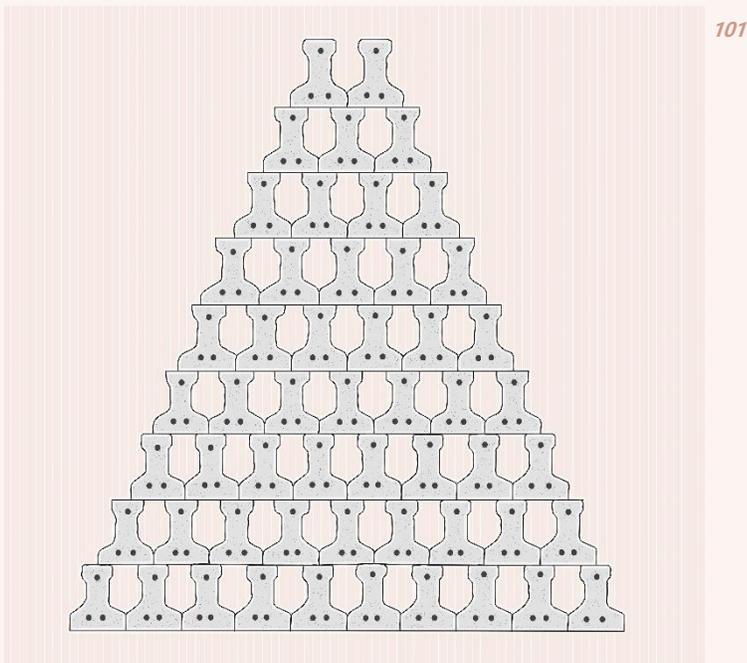


Zeno Ramos, B. (2023). **Alzado vigueta presforzada P-13.** [Imagen].

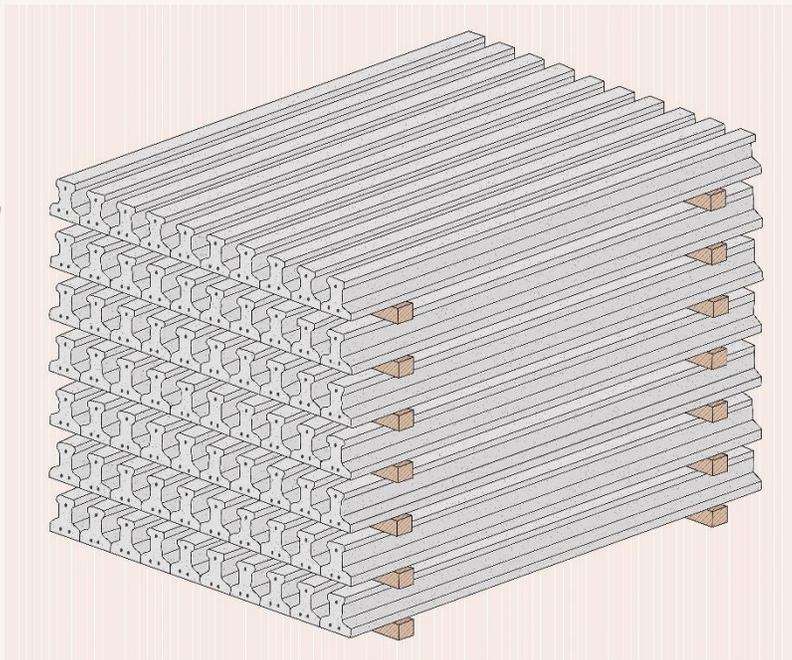
Las viguetas pretensadas pueden asimilar las cargas del procedimiento constructivo en claros más grandes que algún otro elemento de concreto reforzado, sin obligación de apuntalamiento.



Zeno Ramos, B. (2023). **Viguetas invertidas.** [Imagen].

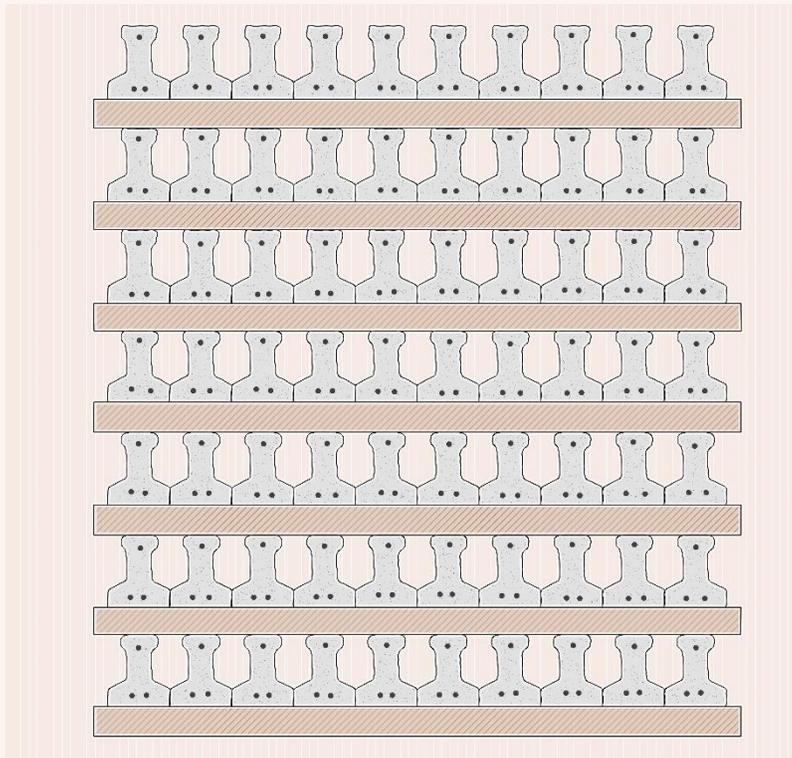


Zeno Ramos, B. (2023). **Viguetas en pirámide.** [Imagen].



102

Zeno Ramos, B. (2023). **Viguetas acomodadas en siete hileras.** [Imagen].



103

Las viguetas no deben disponerse invertidas o en pirámide. Por fiabilidad, solo se debe emplear un barrote o polín para colocar las viguetas en un límite de siete hileras.

Zeno Ramos, B. (2023). **Viguetas sobre polines.** [Imagen].

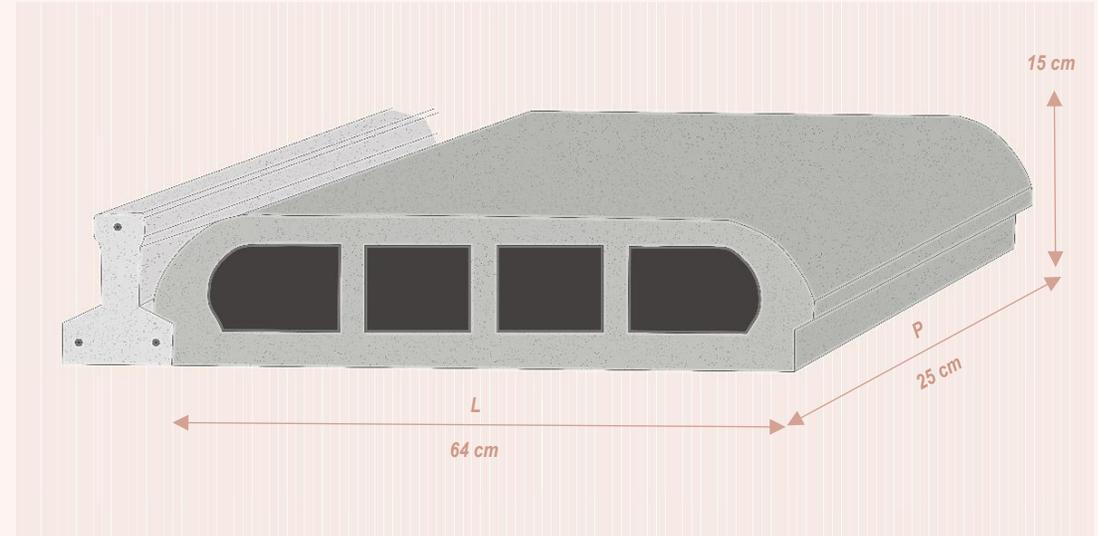
Recomendaciones de almacenaje

Bovedilla de cemento-arena

Son conocidas por ser **módulos de concreto** que soportan su propio peso y otras **cargas inducidas**, trabajan en una sola dirección transmitiendo las fuerzas a las traveses, su altura define el espesor de la losa son las más económicas y resistentes.

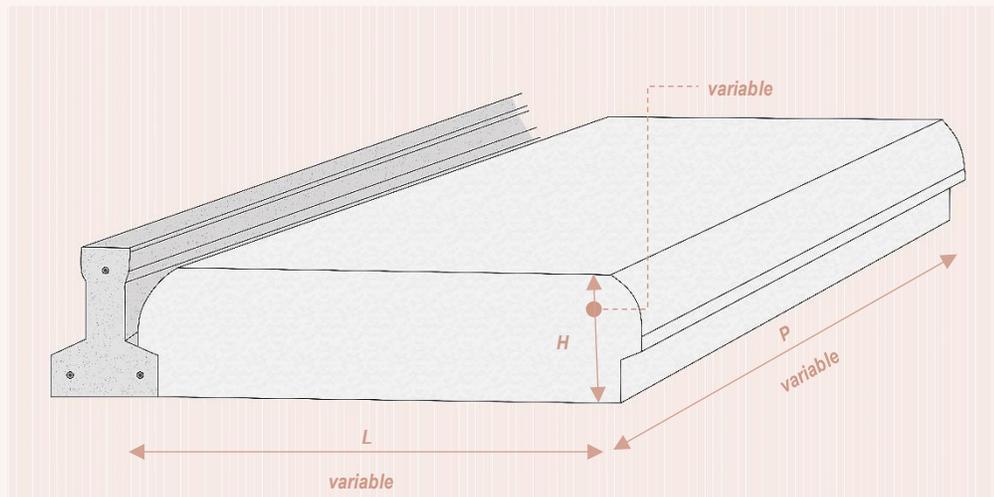
Forma parte del grupo de los **vibrocomprimidos** (debido a su proceso de fabricación) con peralte de **15 cm**.

Fabricada con **materiales ligeros** como: pómez, tepetzil o similar, de textura porosa y superficie rugosa, unida con cemento. (PREMEX, 2023).



104

Zeno Ramos, B. (2023). *Unidad bovedilla cemento-arena.* [Imagen].



105

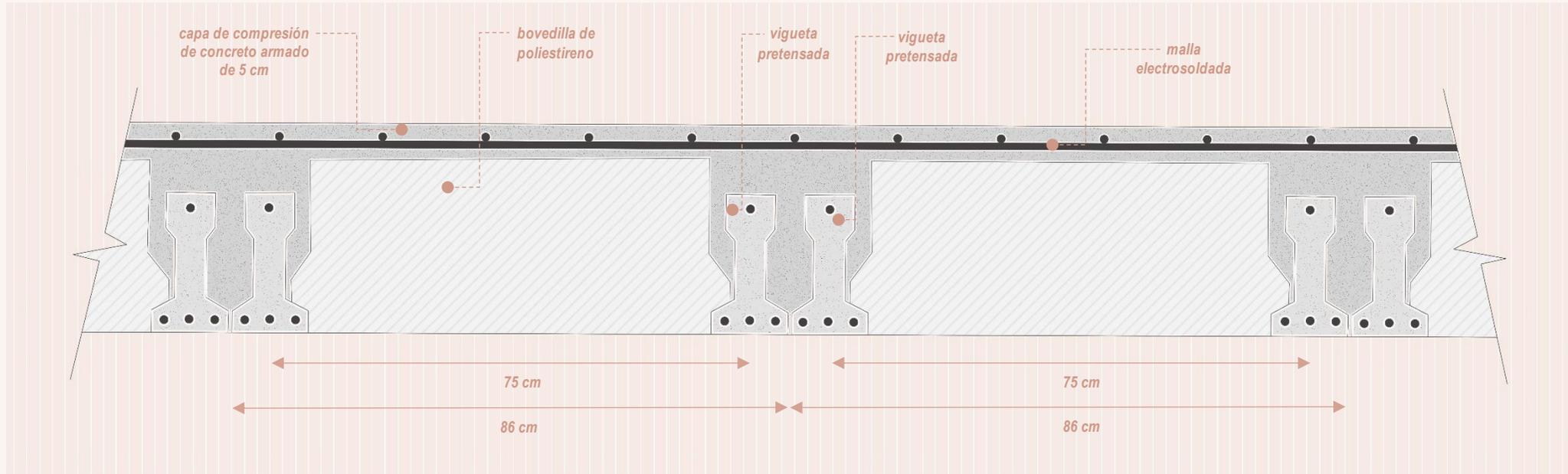
Zeno Ramos, B. (2023). *Unidad bovedilla de poliestireno.* [Imagen].

Bovedilla de poliestireno

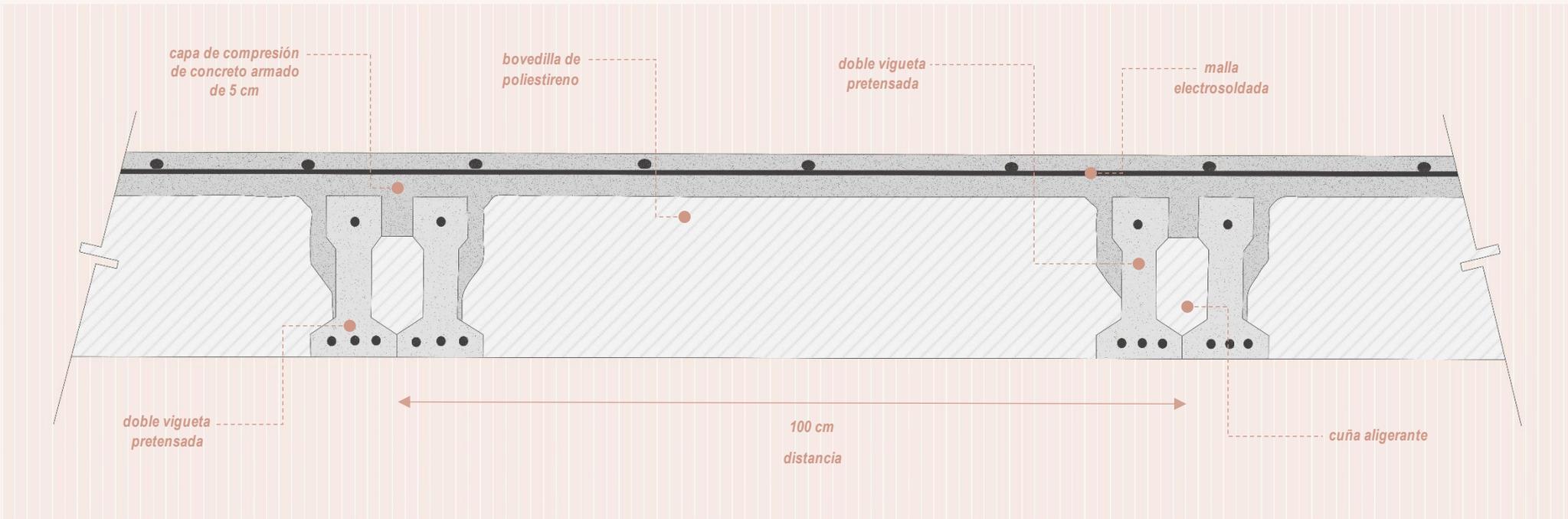
Bovedillas de poliestireno en **dimensiones variables**, forman parte del grupo de **aligerantes** (debido al material con el que se encuentra fabricado).

Al contacto con el fuego **no debe producir flama**, humo ni desprender gases o vapores dañinos a la salud. Su característica principal es la **ligereza**, fácil transporte y acomodo. Pueden producirse en cualquier peralte, ancho y longitud.

123



Zeno Ramos, B. (2023). *Uso constructivo de doble vigüeta pretensada y bovedilla de poliestireno.* [Imagen].



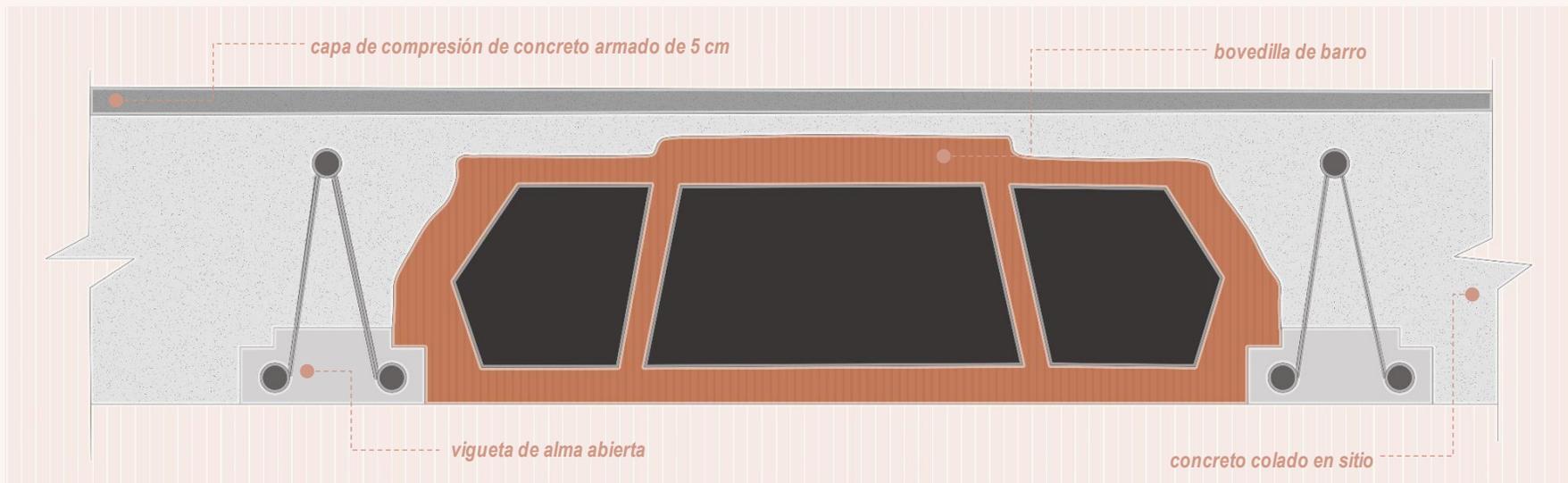
Zeno Ramos, B. (2023). *Uso constructivo de doble vigüeta pretensada con incorporación de cuña aligerante.* [Imagen].



108

Zeno Ramos, B. (2023). *Corte bovedilla cemento-arena y vigeta pretensada. [Imagen].*

Las bovedillas son los módulos aligerantes del método y pueden ser de variados materiales, por ejemplo, cemento-arena, poliestireno o barro.



109

125

Zeno Ramos, B. (2023). *Corte bovedilla de barro y vigeta de alma abierta. [Imagen].*

Su objetivo es la eliminación de la cimbra de contacto, aligerar la losa, aislante térmico y acústico, sin perder la seguridad y calidad que ofrecen los sistemas constructivos más comunes.

Capacidad de autoportancia del sistema constructivo en la etapa constructiva

En esta etapa, el concreto colado en sitio todavía está fresco, por lo que la vigueta pretensada es el único elemento resistente a la **carga vertical**. De ahí que deba sostener el peso de las bovedillas, del concreto ejecutado en sitio y de cualquier carga agregada, como la carga del usuario, instalación o equipo en el transcurso del colado.

Justamente para esta fase del procedimiento constructivo, se preparan **gráficas de resistencia o autoportancia** de los diversos tipos de viguetas.

Con lo anterior conseguimos comprender la distancia que la vigueta puede sostener **sin obligación de apuntalamiento**, nombrada **longitud de autoportancia** de la viga (laut).

Capacidad de autoportancia

Para determinar la **longitud de autoportancia** de las viguetas, se deberán colocar las siguientes cargas:

I. Peso propio del sistema de vigueta y bovedilla.

II. Peso del firme de concreto armado.

III. 150 kg. /m² de carga viva (mínimo).

La carga considerada para calcular la autoportancia representa la carga viva más acabados, **el peso propio no se toma en cuenta**.

La distancia de autoportancia es un parámetro relevante para la adecuada utilización de las viguetas a lo largo de la ubicación de las bovedillas y el colado del firme de concreto armado. De no contemplarse la autoportancia, las viguetas pueden **sobrecargarse** y **generar deformaciones** que dirijan al **colapso** del sistema de piso.

Sistema constructivo en la etapa de servicio

En esta etapa, el concreto colado en sitio ya ha alcanzado su resistencia y se forma una **sección compuesta** junto con la vigueta pretensada.

Los nervios resistentes formados por la vigueta prefabricada más el concreto colado sobre ella, así como los patines del firme tributario proporcionan la **resistencia** a la losa. Se obtiene así una **sección en T**.

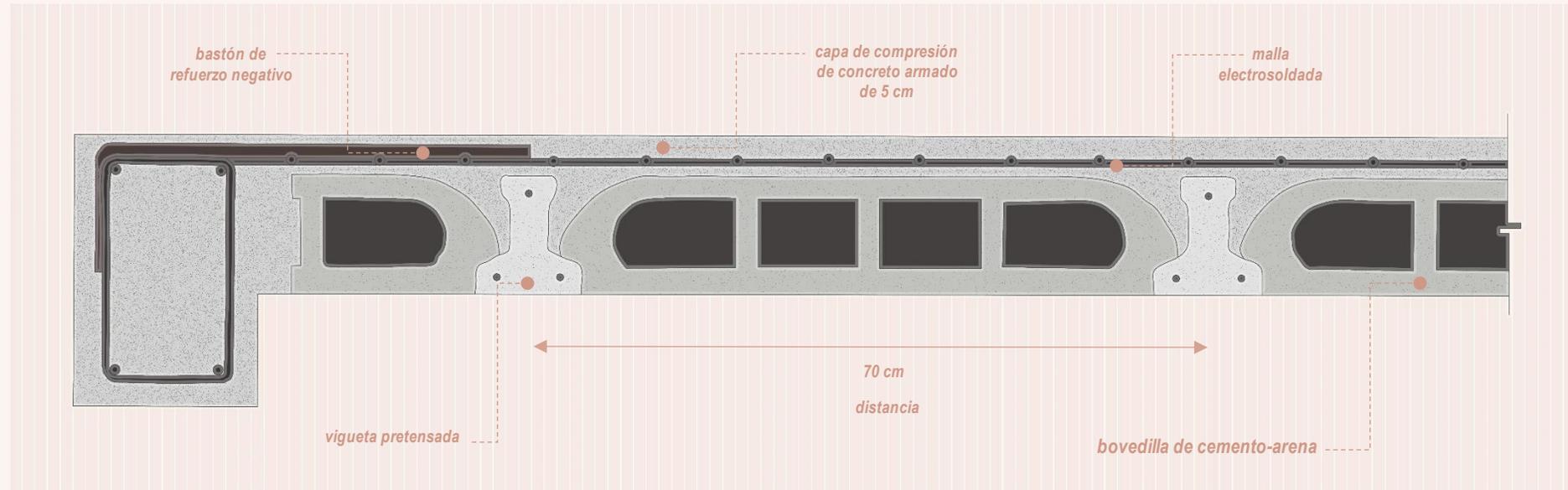
Los sistemas de piso de vigueta y bovedilla son **losas aligeradas** que trabajan en una dirección (la de los nervios resistentes).

Análisis del sistema de losa

Sin continuidad

Debido a que el refuerzo de los nervios resistentes se concentra en el lecho inferior (alambres de presfuerzo de las viguetas), los sistemas de vigueta y bovedilla son adecuados para funcionar como **elementos simplemente apoyados**.

Los tableros de losa se analizan como vigas simplemente apoyadas, de ancho unitario, despreciando así la continuidad de sus extremos.



Zeno Ramos, B. (2023). *Sistema constructivo de vigüeta pretensada y bovedilla de poliestireno. [Imagen].*

Con continuidad

Se ha mostrado que las estructuras tienen un mejor comportamiento para carga vertical como sismo, cuando tienen **elementos redundantes**, es decir son **hiperestáticas**. En el caso de los métodos de vigüeta y bovedilla, esto se alcanza otorgando continuación a las orillas de los nervios resistentes, colocando un **refuerzo superior (bastones)**.

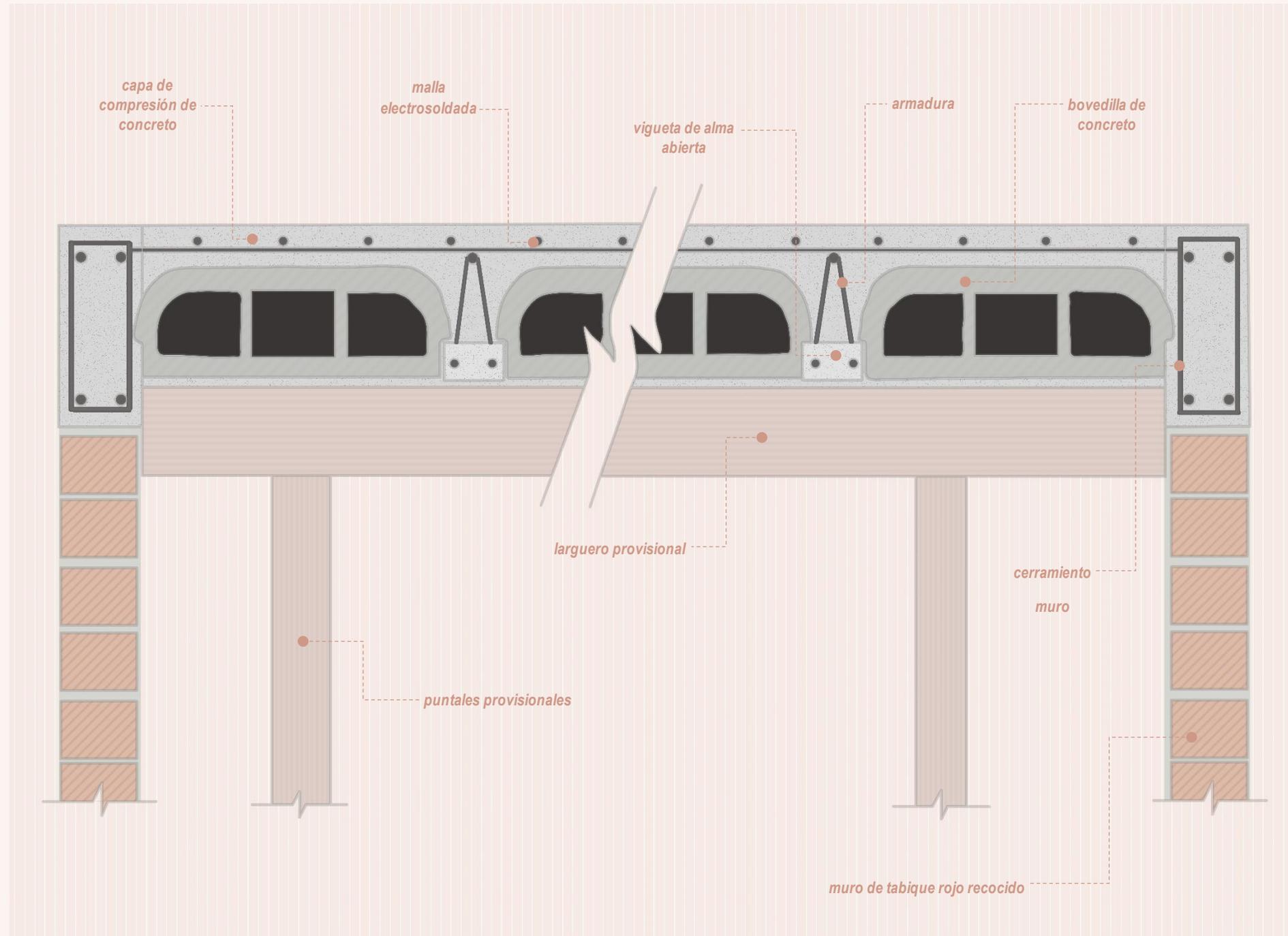
Para diseñar un sistema de piso con continuidad, los **nervios resistentes** se consideran como vigas continuas con apoyos simples ubicados en los elementos de apoyo.

Cálculo del refuerzo negativo (bastones)

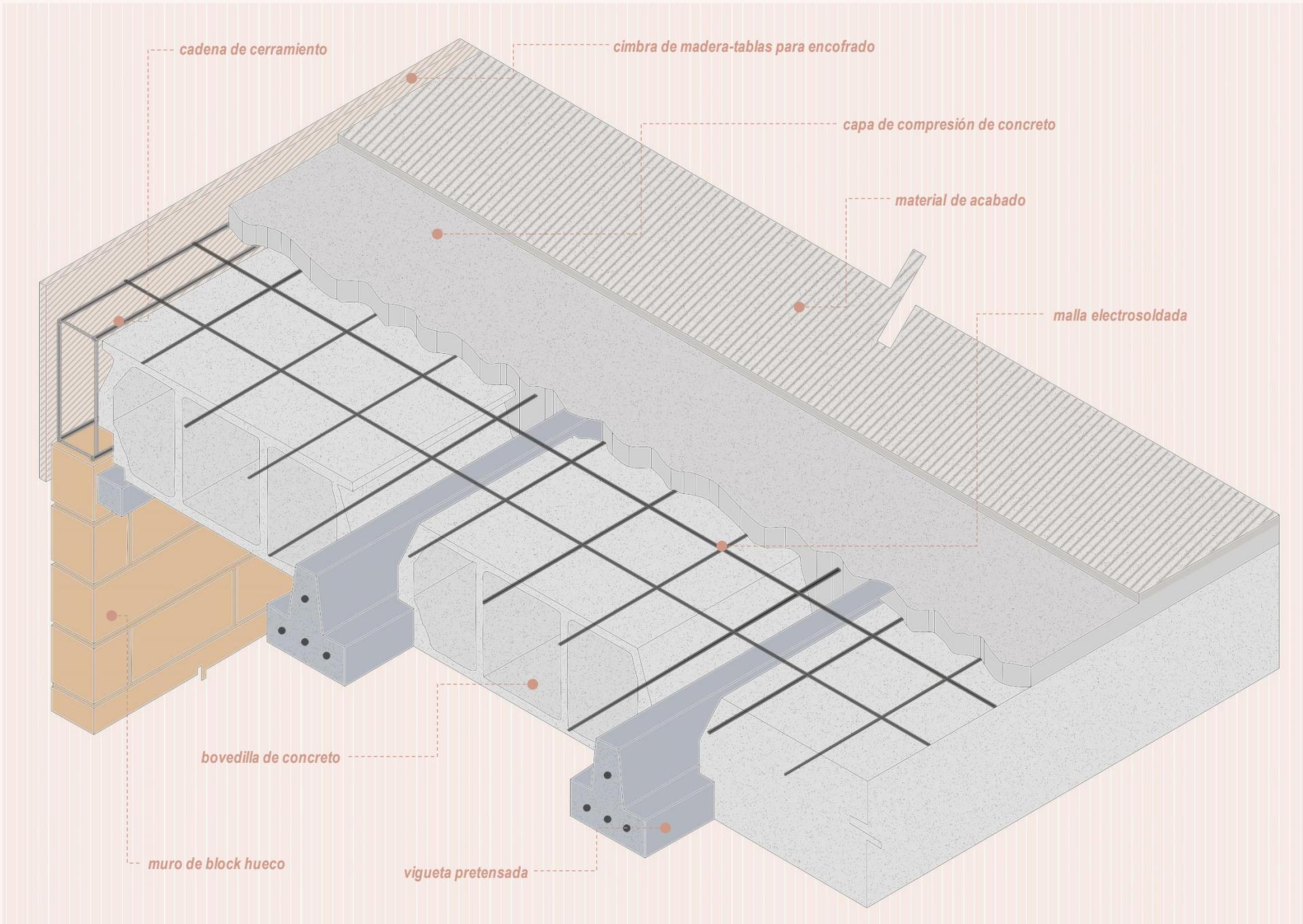
Los **momentos negativos** generados en los sistemas de piso con continuidad son asimilados por bastones de refuerzo empotrados en el firme de concreto y acomodados prioritariamente sobre las vigüetas. La malla de refuerzo del firme no puede ser empleada para este uso.

En caso de sismo, el **extremo discontinuo** del sistema constructivo puede someterse a un **momento positivo**, por lo que además del refuerzo de enlace se requerirá de uno superior que ayude a tomar el **momento negativo**, ya que el refuerzo inferior deberá tomar el momento positivo.

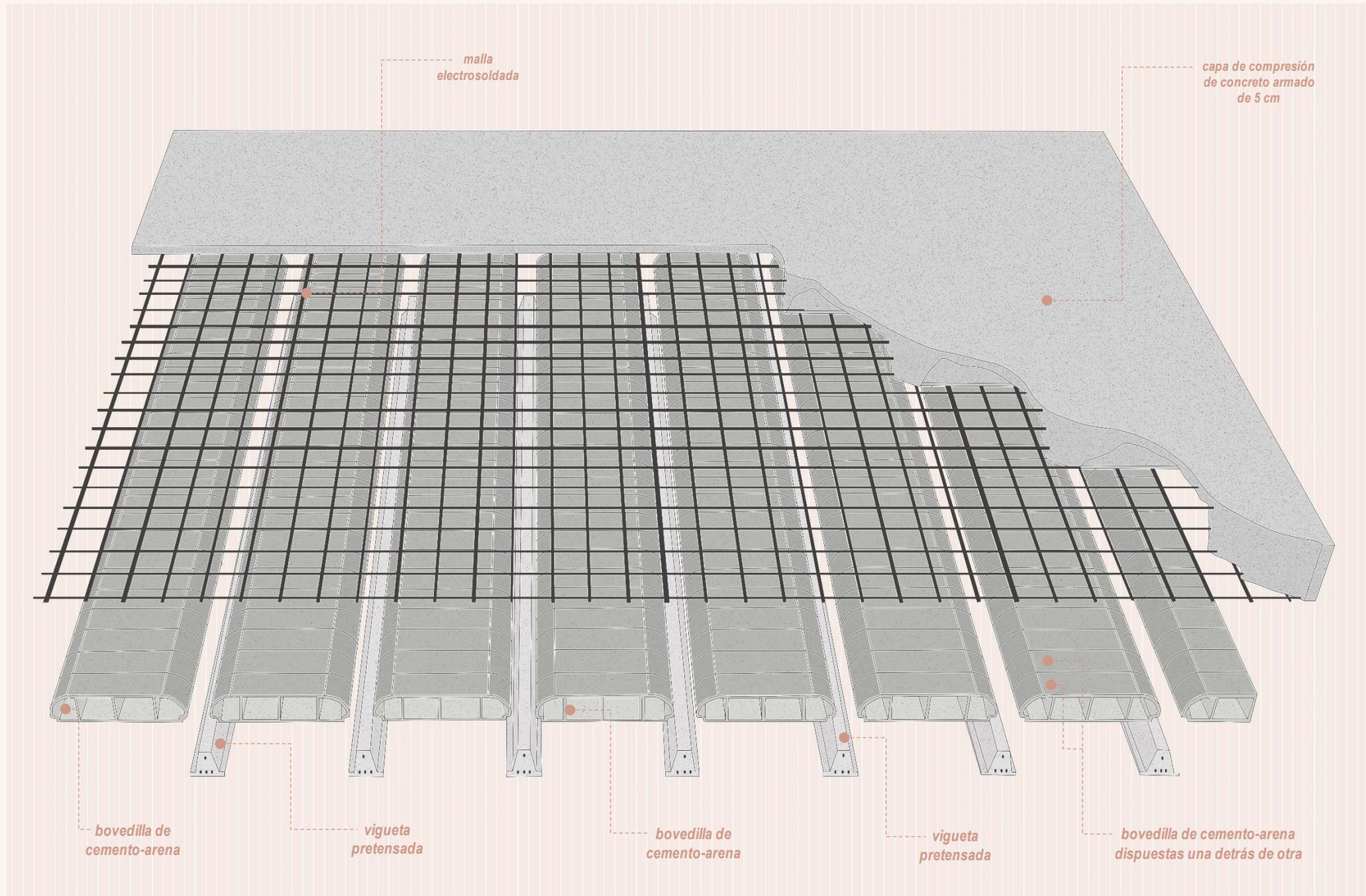
A fin de que el esfuerzo de enlace se incruste en la vigüeta, se podrá contemplar con un sector de **macizado de longitud**.



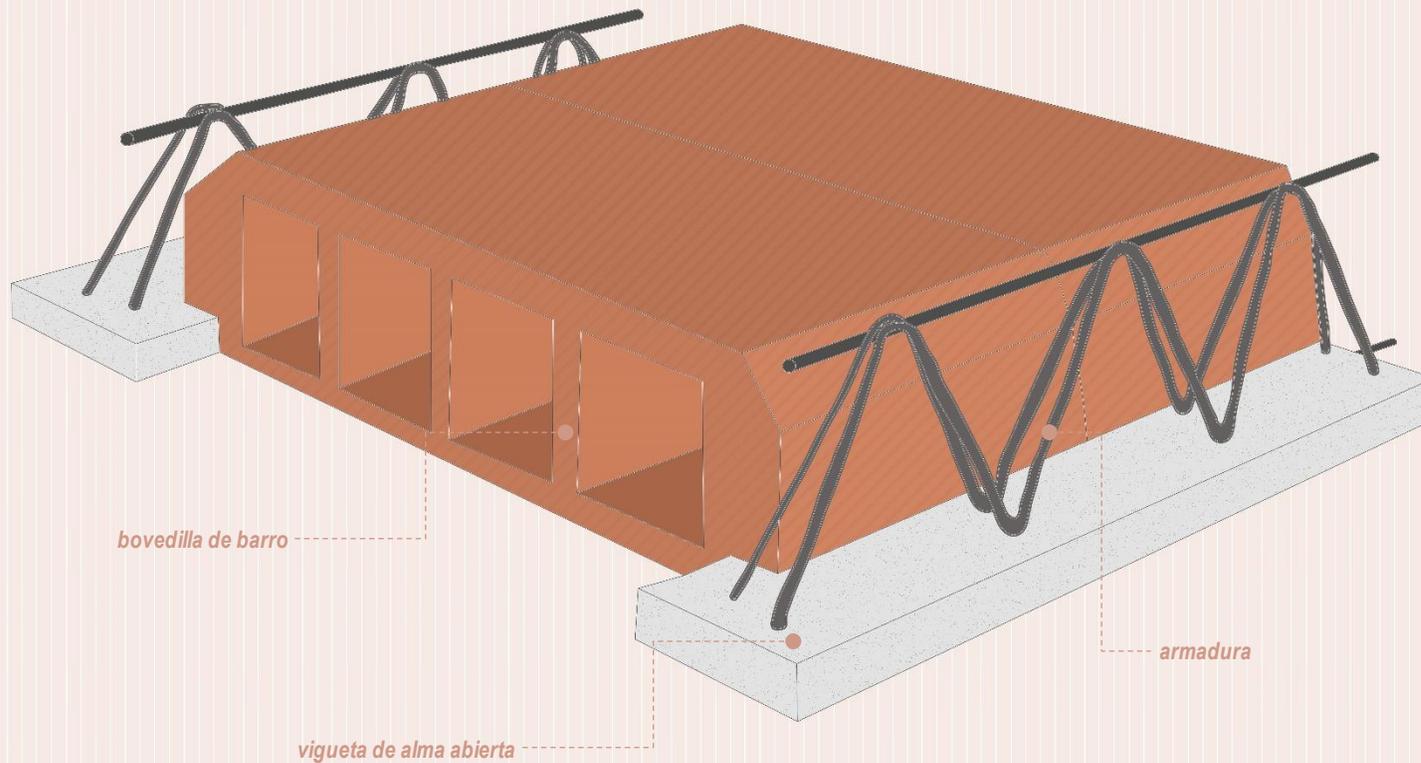
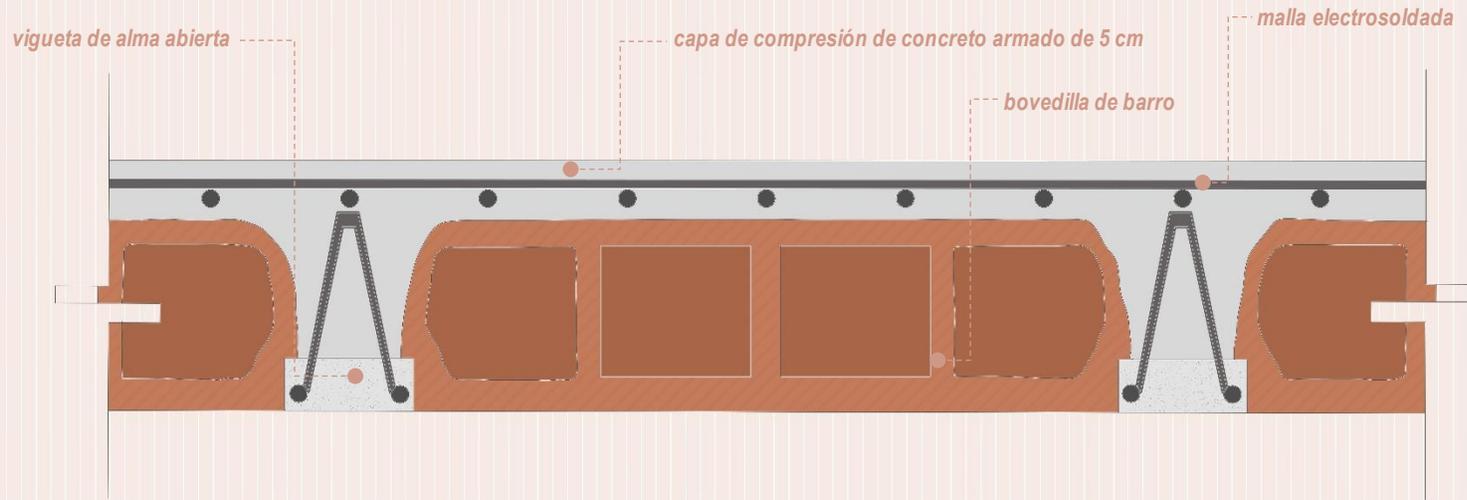
Zeno Ramos, B. (2023). *Corte bovedilla cemento-arena y viga de alma abierta.* [Imagen].



Zeno Ramos, B. (2023). *Axonométrico sistema constructivo vigüeta y bovedilla. [Imagen].*



Zeno Ramos, B. (2023). *Axonométrico en corte del armado de vigueta y bovedilla de cemento-arena. [Imagen].*

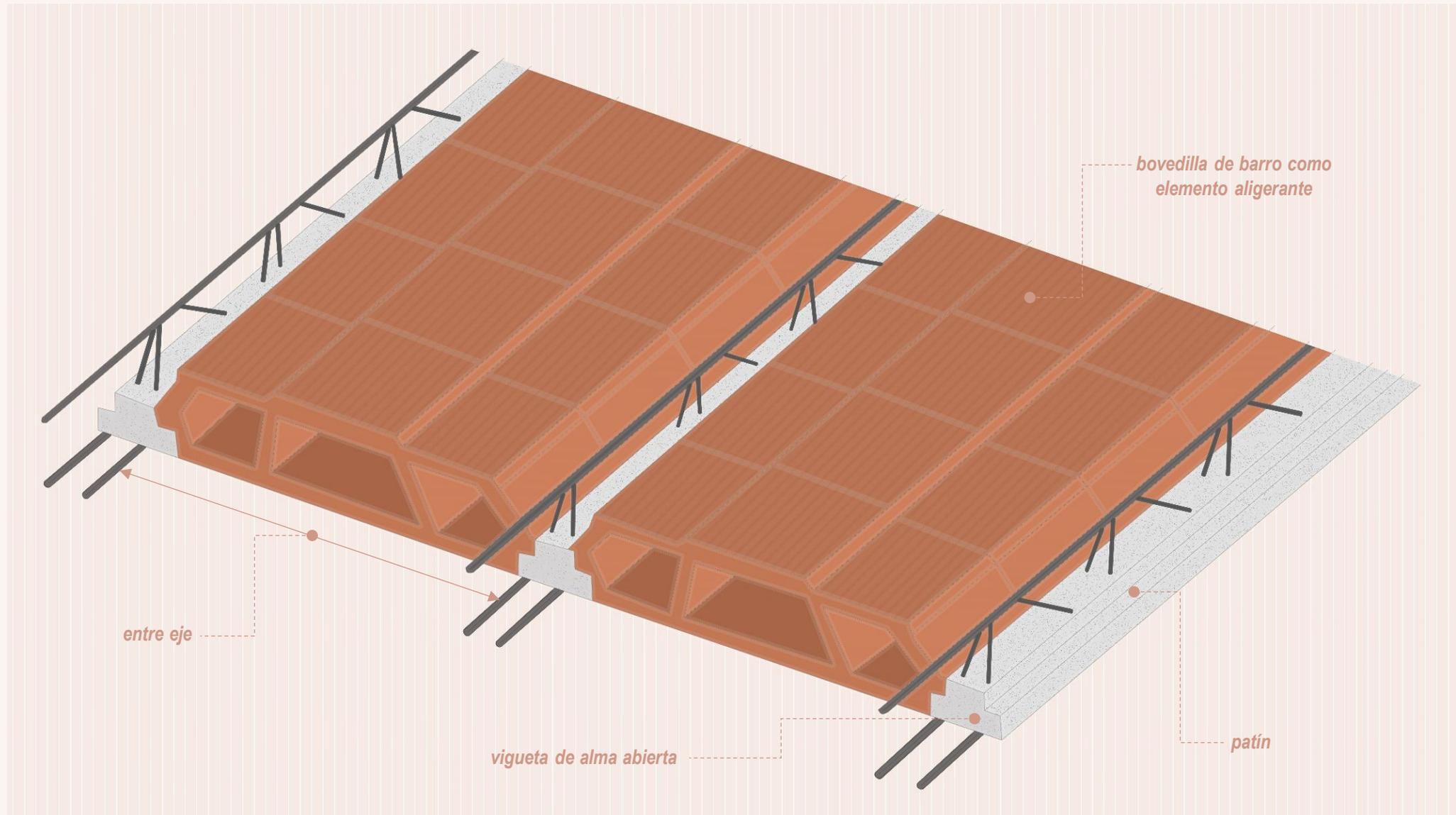


La vigüeta de concreto se encuentra conformada por una armadura y un patín colocado en la parte inferior que se distribuye a lo largo del elemento.

El patín sirve de apoyo a las bovedillas, que funcionan como módulos aligerantes.

La vigüeta prefabricada de concreto tiene una función relevante dentro del método constructivo al ser un módulo estructural de carga encargado de la fortaleza de la losa.

Zeno Ramos, B. (2023).
Elementos horizontales.
 [Imagen].



Zeno Ramos, B. (2023). *Autosoporte*. [Imagen].

El sistema constructivo de viga y bovedilla es autoportante, tiene un uso nulo de la cimbra de contacto o cualquier elemento de madera que representen un alto costo para los sistemas convencionales; disminuye la cantidad de largueros y puntales empleados.



27

Se deben dejar los pasos necesarios para el montaje de instalaciones antes de colocar cualquier acabado deseado, no se deben cortar o perforar las viguetas por ningún motivo.

Zeno Ramos, B. (2023). Pasos de instalaciones en bovedillas de concreto. [Fotografía].



28

Una vez finalizado el montaje de todos los elementos estructurales para lograr una mayor apariencia estética se puede aplanar la superficie para tener un acabado más uniforme sin divisiones.

Zeno Ramos, B. (2023). Apariencia estética en bovedillas de barro. [Fotografía].

Recomendaciones y sugerencias para seleccionar un piso prefabricado

Cargas

Determinar las cargas a las que **estará sometido** en función de su uso.

Peralte

El peralte **total del piso**, será del **claro dividido por 25** con bovedillas de cemento- arena, **20** para bovedillas de poliestireno y **30** con placas alveolares (con esta relación se resolverá gran parte del efecto de vibraciones). (PREMEX, 2023).

Costo

El sistema más barato, es aquel que tiene viguetas de pequeño peralte (viguetas de peralte **11 cm**) y en consecuencia requerirá apuntalamiento a cada **2.5 m**. (PREMEX, 2023).

Tiempos

Si hay urgencia en los tiempos de la obra lo mejor es colocar **sistemas autoportantes**, en donde el elemento portante (viguetas) tendrá un peralte mayor. (PREMEX, 2023).

Capacidad de carga

En los sistemas de piso prefabricados la capacidad de carga está dada por la **cantidad de acero de presfuerzo**, multiplicado por la distancia del centro de los aceros al lecho alto de la losa (la fibra más comprimida) no importa el peralte de la vigueta. (PREMEX, 2023).

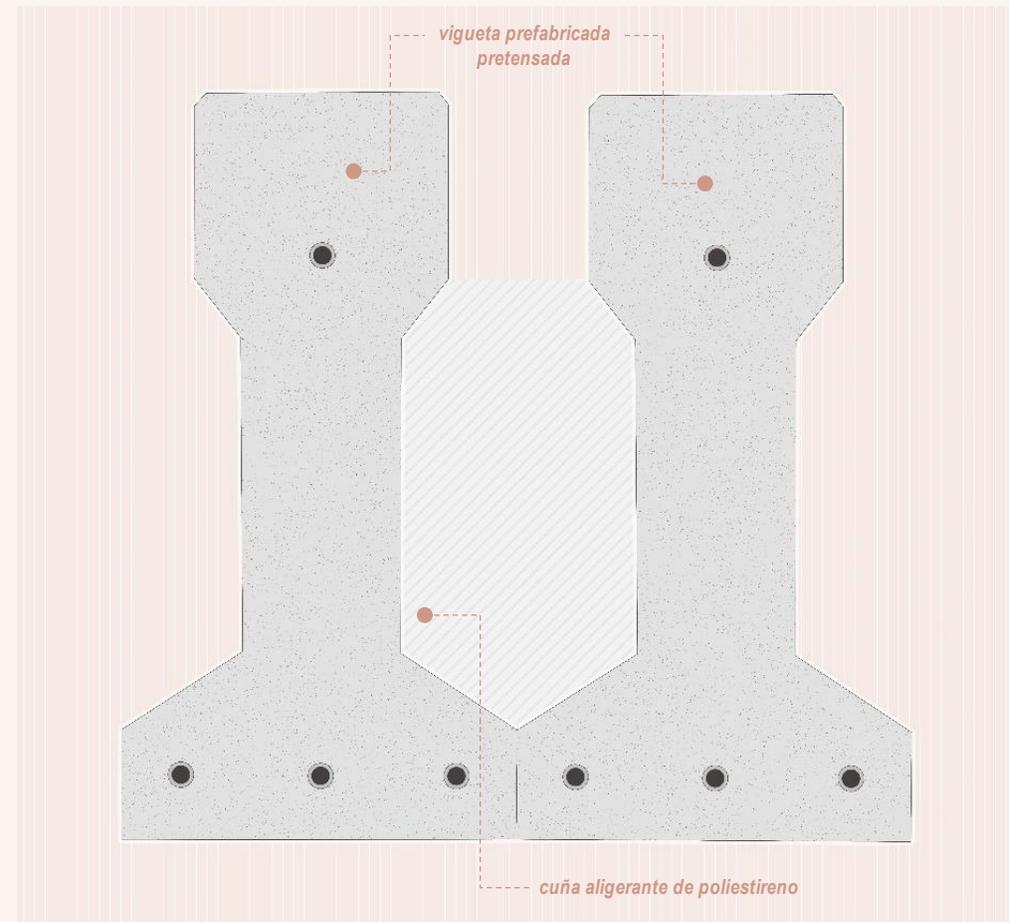
Colocación de nervios

Es recomendable colocar nervios de rigidez de **forma perpendicular** a los **elementos portantes** (vigas), por lo menos a cada **3.00 m** de los apoyos.

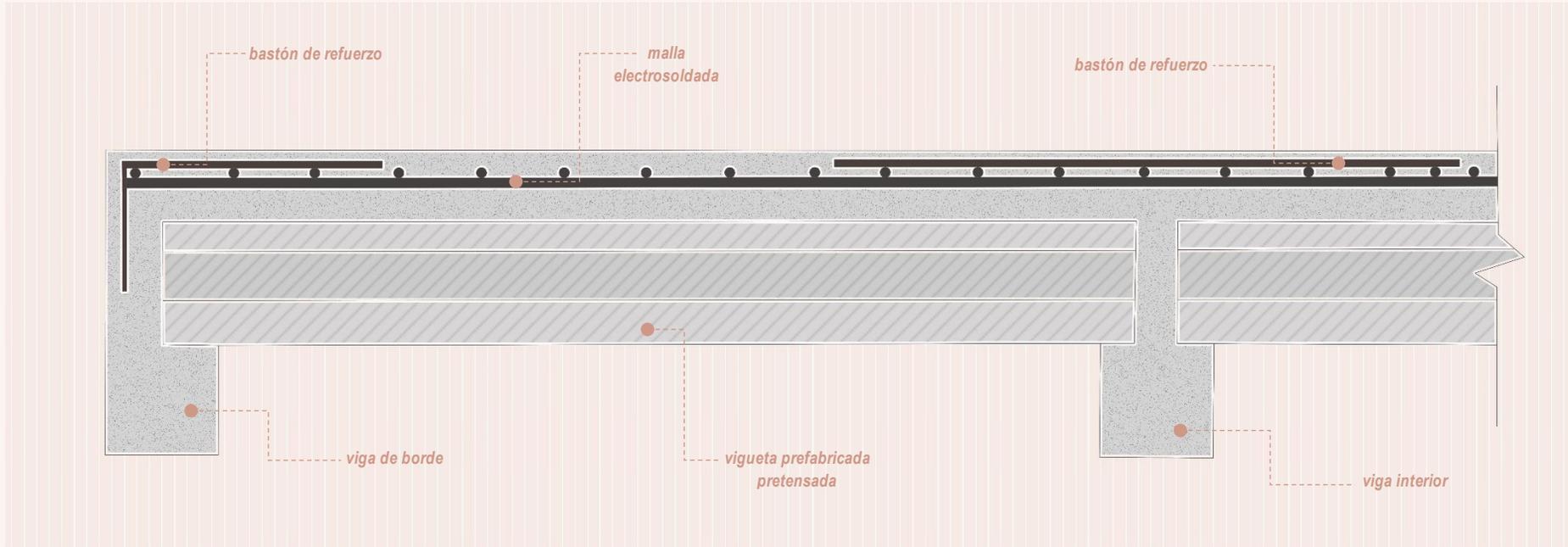
Claros

Dependiendo de los claros a cubrir (distancia estimada en metros), se elegirá el tipo de losa prefabricada, así como los elementos portantes (vigas) y espesor de los firmes de concreto armado, revisando el **comportamiento de diafragma rígido de las losas** ante cargas laterales.

En el caso de la vigueta y bovedilla (cemento- arena o poliestireno) se estima su uso para librar de **1 a 6 metros**.

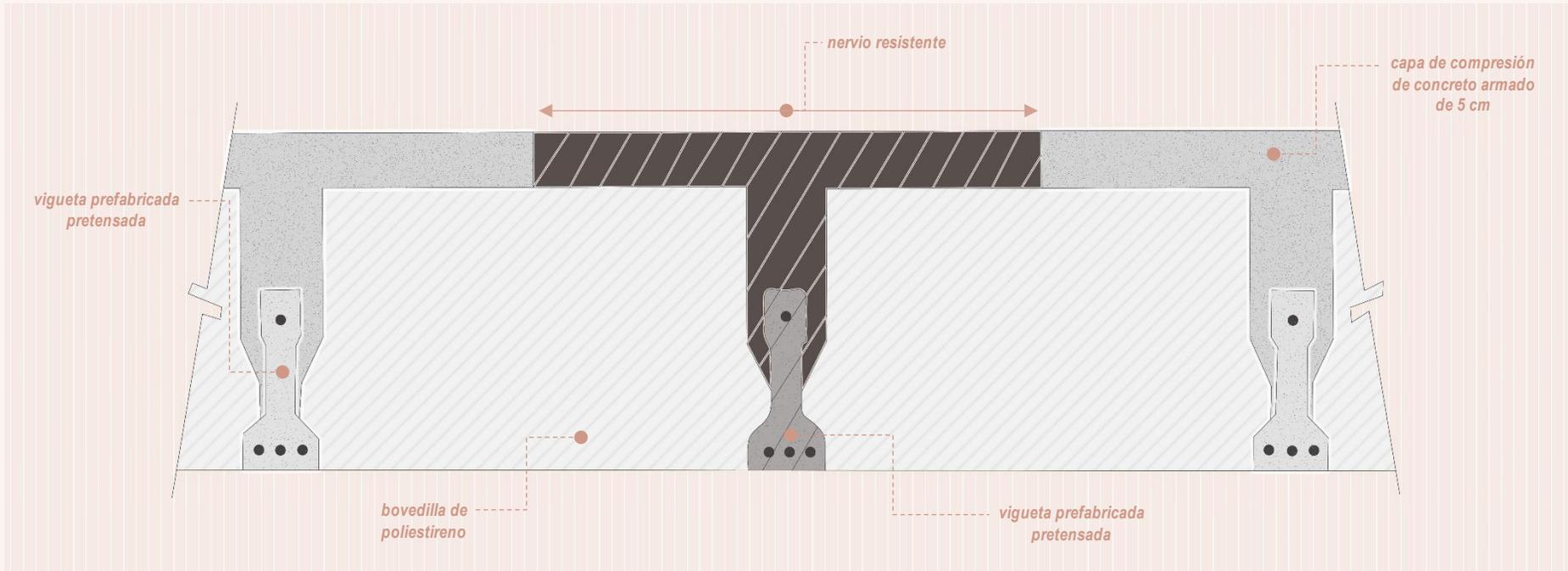


Zeno Ramos, B. (2023). *Cuña aligerante entre viguetas pretensadas.* [Imagen].



118

Zeno Ramos, B. (2023). Corte longitudinal del sistema de vigueta y bovedilla con bastón de refuerzo. [Imagen].



119

Zeno Ramos, B. (2023). Distribución del nervio resistente dentro del armado. [Imagen].

IV

TEMAS

01 LOSA RETICULAR *Casetón recuperable y no recuperable*

Losas nervadas unidireccionales

Las losas nervadas unidireccionales se ejecutan en obra en un solo paso con un grupo de viguetas o nervios muy próximos entre sí soportados a su vez por una serie paralela de vigas, son diseñadas como vigas en T y las más adecuadas para **claros mayores** y **cargas elevadas** dentro de los proyectos.

Cuando parte del volumen del elemento horizontal es ocupado también por otro material más liviano en un aproximado del **70%**, se llama losa aligerada o nervada.

Aprovechan otro elemento dentro de su composición general, funciona como aligerante **disminuyendo su peso total** considerablemente y **aumentando su espesor**, otorgando más firmeza transversal a la losa.

Es un **elemento estructural monolítico horizontal** de espesor relativamente pequeño, usado para cubrir o dividir un área en una edificación, para dividir entrepisos y para cubrir azoteas.

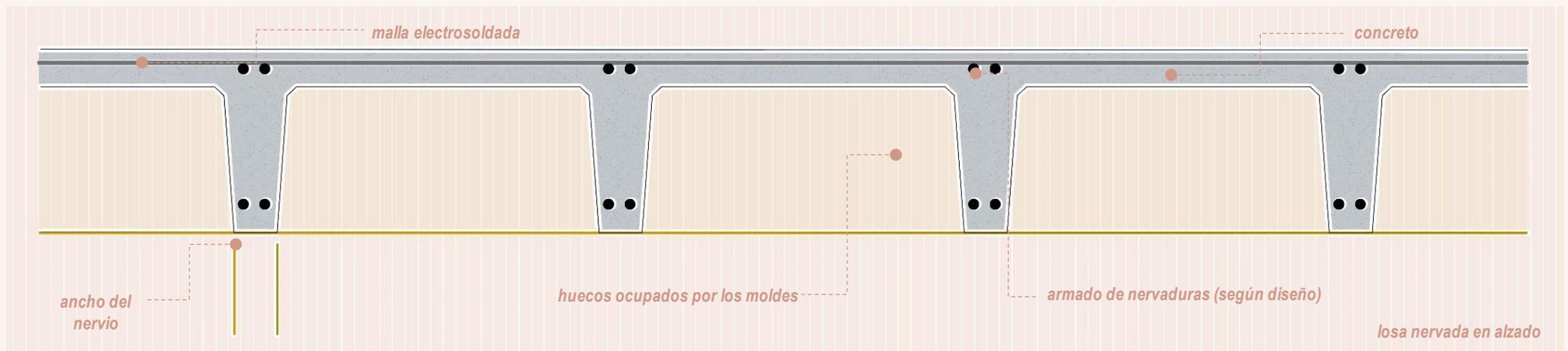
Deben tener la **capacidad de sostener su propia carga**. Cargas muertas como: el mobiliario, equipos e instalaciones, y cargas vivas como posibles usuarios que ocuparán el espacio, así como situaciones ambientales, viento, lluvia y nieve.

Asimismo, garantizar la seguridad al interior, aislamiento al ruido, al calor, a la vibración y la visión entre los espacios.

La losa debe contar con una armadura mínima de montaje y los correspondientes refuerzos para cortante.

Se debe contar con una armadura a tracción en cada nervio.

Anchura del nervio: 12.5 a 23 cm.



120

138

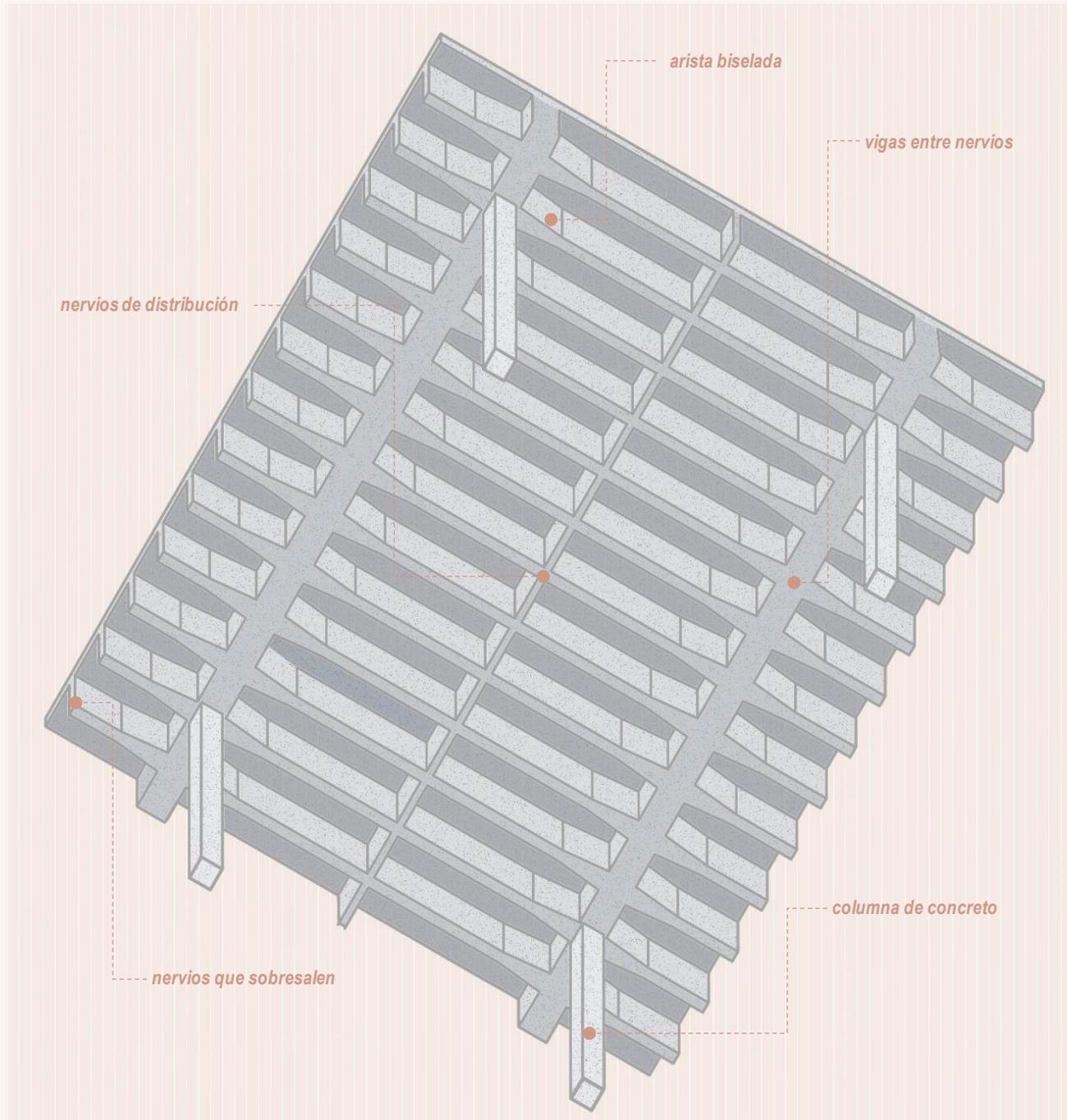
Zeno Ramos, B. (2023). Nervaduras. [Imagen].

Libran claros de hasta **12m**, con espesores de los **15** hasta **45cm**. Se encuentran compuestos por columnas, nervios y capiteles (en casos específicos).

Las nervaduras son aquellas que trabajan en una sola dirección perpendicular a los apoyos, esto es cuando en una losa perimetralmente apoyada existe un lado que es **dos veces** o más grande que el otro lado. Se comportan como vigas anchas.

Están compuestas por concreto, malla electrosoldada, acero de refuerzo según el cálculo estructural, una canaleta metálica y en el caso de los casetones recuperables estos son de fibra de vidrio y poliestireno. El sistema de nervadura proporciona el **canto** y la **rigidez** necesarios y reduce el peso propio de la losa.

Los encofrados de los nervios lo componen moldes reutilizables que encontramos en dimensiones de **50 a 75 cm** y cantos de **15 a 50 cm**, en intervalos de **5 cm**, poseen aristas biseladas que facilitan el desmolde.



Las aristas biseladas permiten ampliar los encuentros de los nervios con la viga y mejorar su resistencia a cortante.

Los nervios que sobresalen por debajo pueden alinearse con las vigas de soporte.

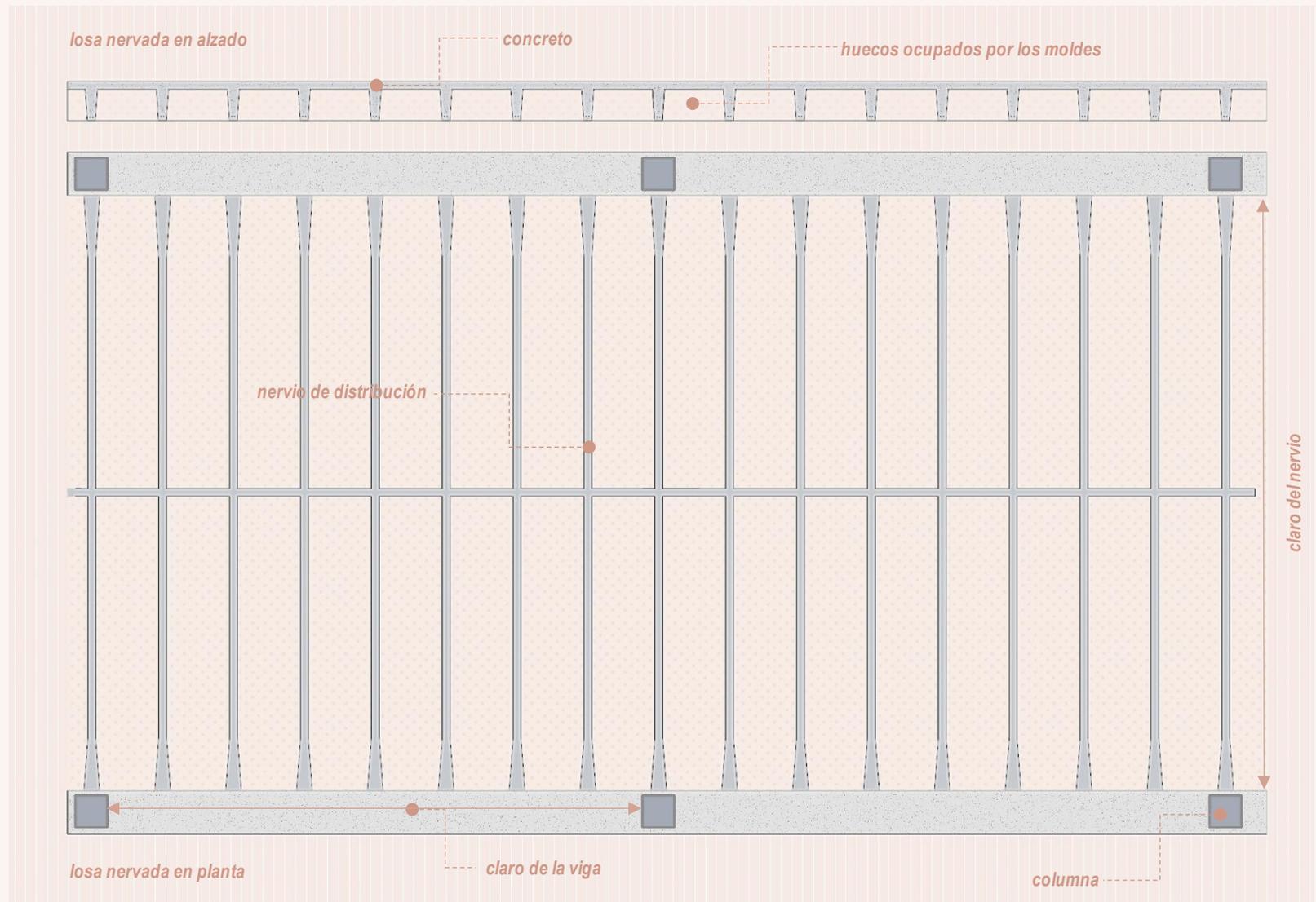
Los nervios de distribución se colocan en perpendicular al resto, con el objetivo de distribuir las concentraciones de carga sobre un área mayor.

Es necesario colocar un nervio de distribución cada 6 o 9 m, y cada 4.5 m como máximo en el caso de claros superiores a 9 m.

La manera más redituable de efectuar las vigas es utilizar los moldes individuales de la losa nervada conservando el canto de los nervios e incrementando el ancho.

Zeno Ramos, B. (2023). *Losa nervada axonométrico*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Los nervios deberían disponerse en la dirección de los voladizos.



Zeno Ramos, B. (2023). *Orientación*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Los nervios normalmente se disponen en el lado largo del módulo estructural rectangular, mientras que las vigas se alinean con el lado corto.

Las losas nervadas son adecuadas para sobrecargas ligeras a medias en luces de 4.6 a 10.7 m; se pueden conseguir luces mayores mediante postensado.

En condiciones de cargas ligeras puede ser más económico disponer los nervios en la dirección del lado largo del vano rectangular.

La condición modular de los moldes de los nervios incita a plantear una **retícula estructural** con **proporciones, geometría regular** y repetitiva. Se manifiesta complejo adaptar vanos o vacíos variables en las losas nervadas.

La apariencia característica de la cara inferior de las losas nervadas puede **dejarse a la vista**, pero las **instalaciones** deben colocarse por **encima** o por **debajo** del sistema estructural.

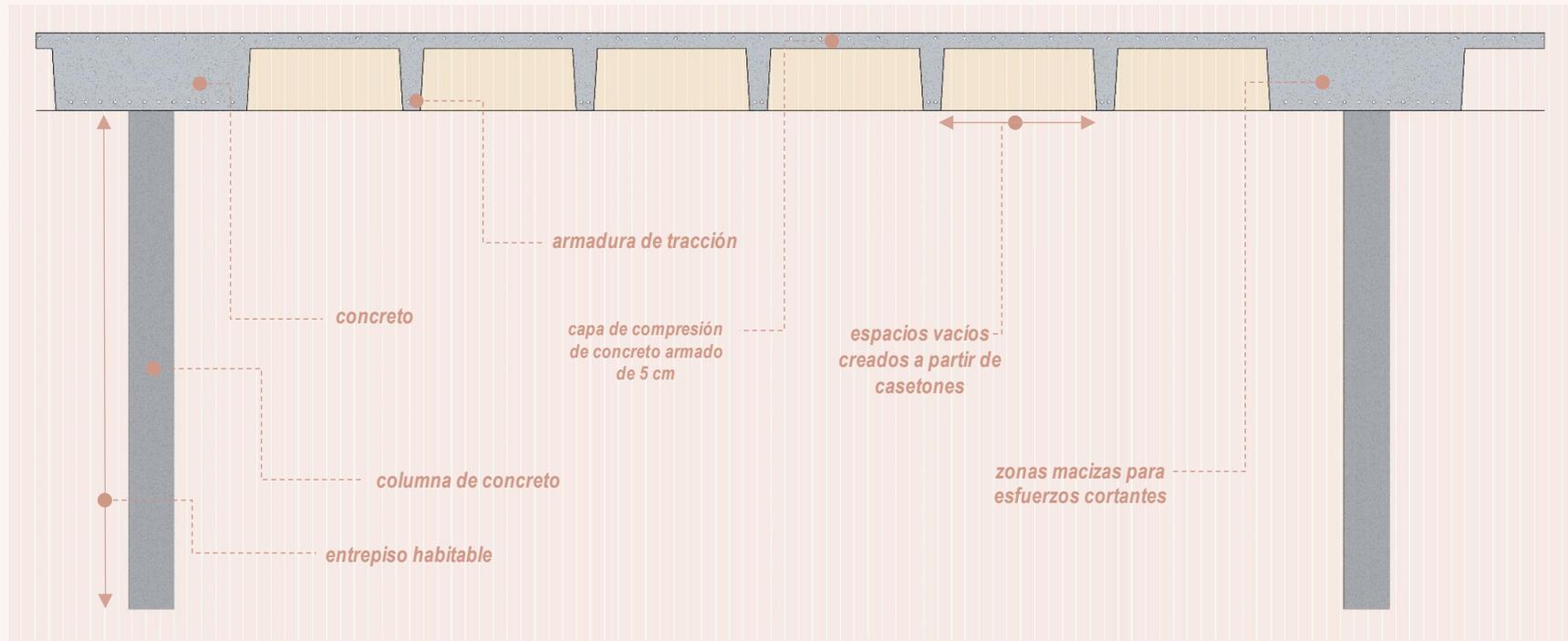
Losas reticulares

Las losas reticulares son losas de hormigón bidireccionales, reforzadas por nervios en dos direcciones. Pueden asumir **cargas más elevadas** y cubrir luces mayores que las losas planas.

La cara inferior artesonada puede resultar atractiva arquitectónicamente y a menudo se deja a la vista. Cuando se deja a la vista la cara inferior de una losa reticular, resulta necesario **dejar expuestas las instalaciones mecánicas, eléctricas** o de fontanería, o trasladarlas a la parte superior de la losa bajo un suelo técnico. (Ching, F., D., 2014).

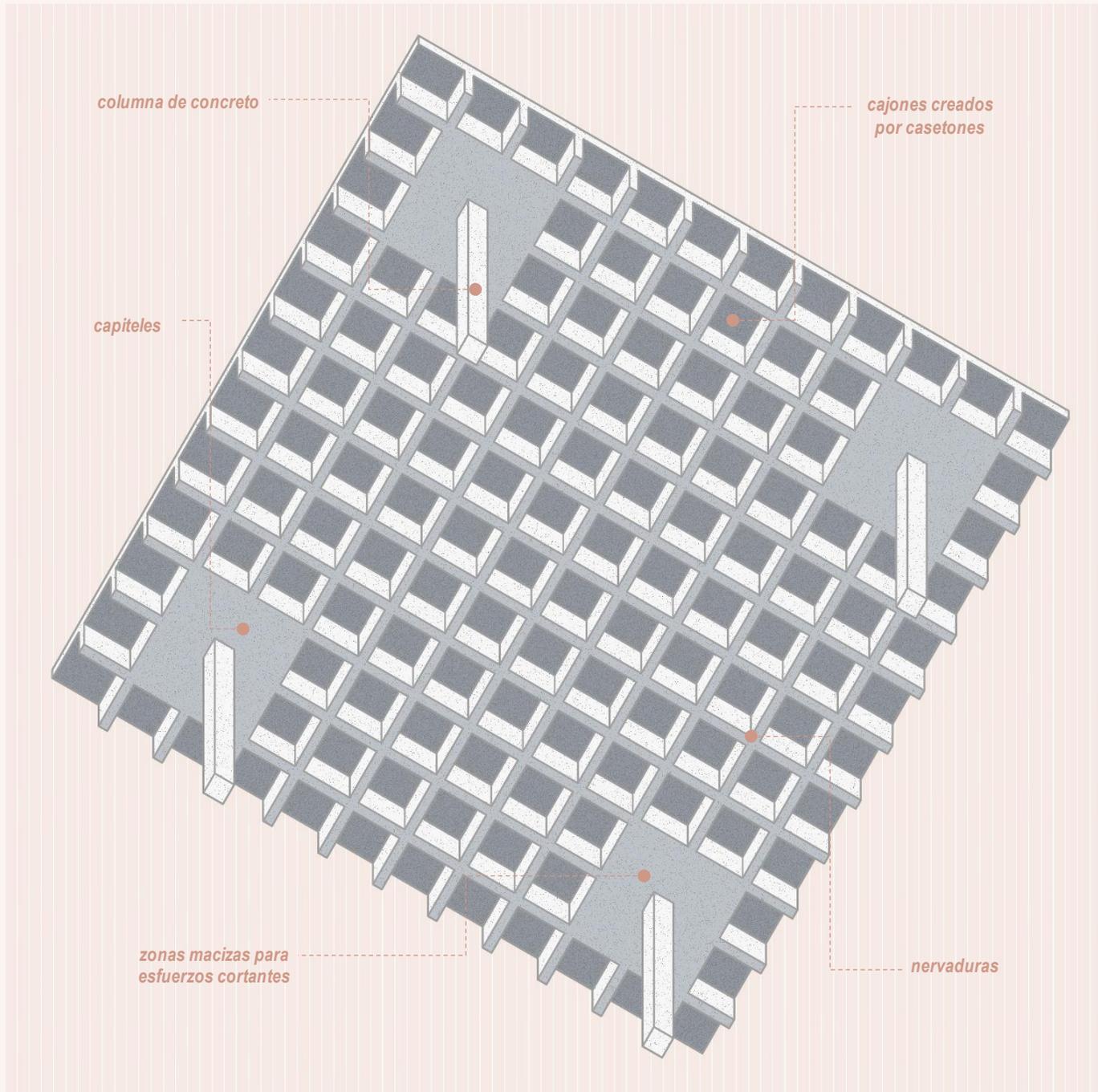
La **localización de los elementos del techo**, como luminarias o rociadores automáticos, requiere una integración cuidadosa con el módulo de los casetones.

Para el retiro adecuado de los moldes de casetones es necesario emplear el líquido adecuado al momento del colado, para evitar particiones.



Los espesores o gruesos de la losa van desde los 15 hasta los 45 cm, dependen también de las medidas del casetón que se ocupe en su construcción.

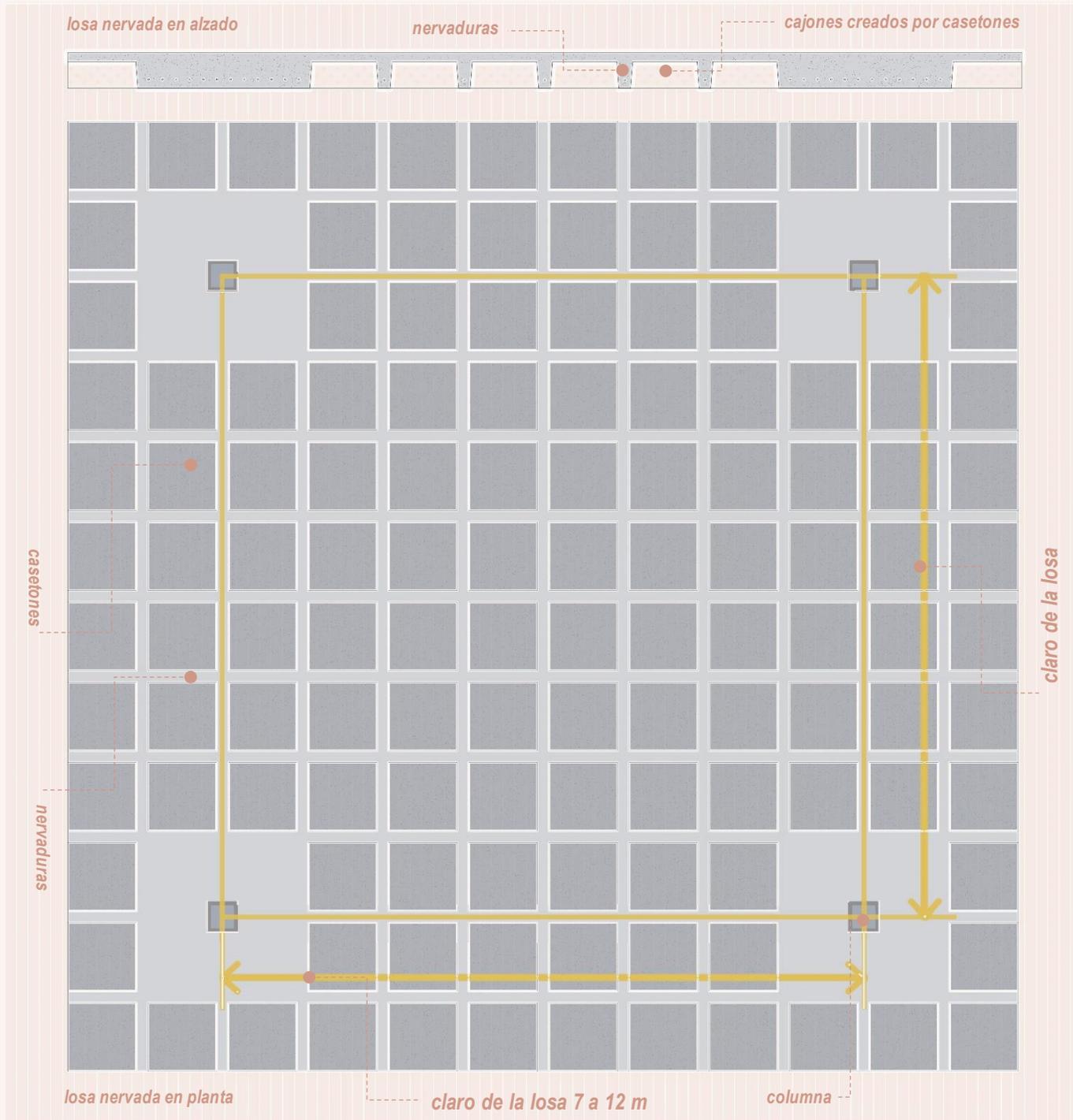
Zeno Ramos, B. (2023). **Corte losa nervada.** [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.



Para la resistencia de los esfuerzos cortantes y transmitir los momentos flectores a las columnas, se forman cuadrantes al rededor omitiendo los casetones según el tamaño del claro y de las condiciones de carga a las que se encuentre sometida la estructura.

Una vez que se llevó a cabo el desmolde, no deben presentarse deformaciones, fisuras y/o fracturas que puedan afectar la seguridad estructural del proyecto en turno.

Zeno Ramos, B. (2023). *Losa nervada axonométrica*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.



125 Este sistema constructivo tiene como resultado **sistemas de concreto relativamente ligeros** para cubrir claros de **7 a 12 m** que pueden llegar a **18 m** mediante un **postensado** de los elementos que la conforman.

Para lograr la máxima eficiencia, los vanos estructurales deberían ser cuadrados o aproximarse lo más posible.

Las losas reticulares pueden presentar voladizos en ambas direcciones, con vuelos de hasta un tercio del claro principal.

Cuando no hay voladizos puede colocarse un zuncho perimetral omitiendo los casetones de la franja de borde.

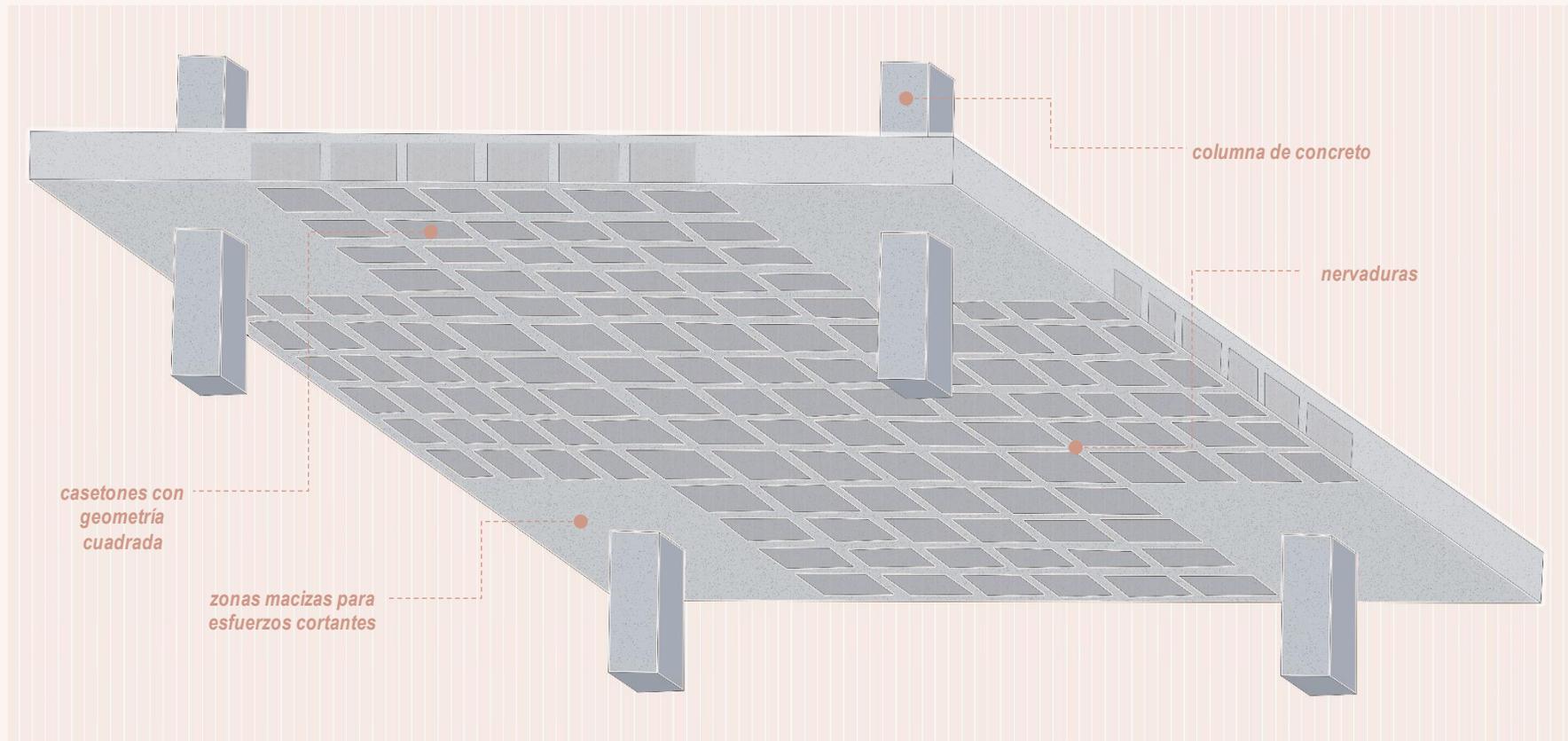
Zeno Ramos, B. (2023). *Planta losa nervada.* [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

En el mercado podemos encontrar **moldes de fibra de vidrio o metal** con medidas entre **45 y 75 cm** alturas de **20 y 50 cm** a intervalos de **5 cm**. Los casetones de **45 cm** y nervios de **12.5 cm** de ancho crean un módulo de **47.5 cm** los de **75 cm** y **15 cm** un módulo de **90 cm**.

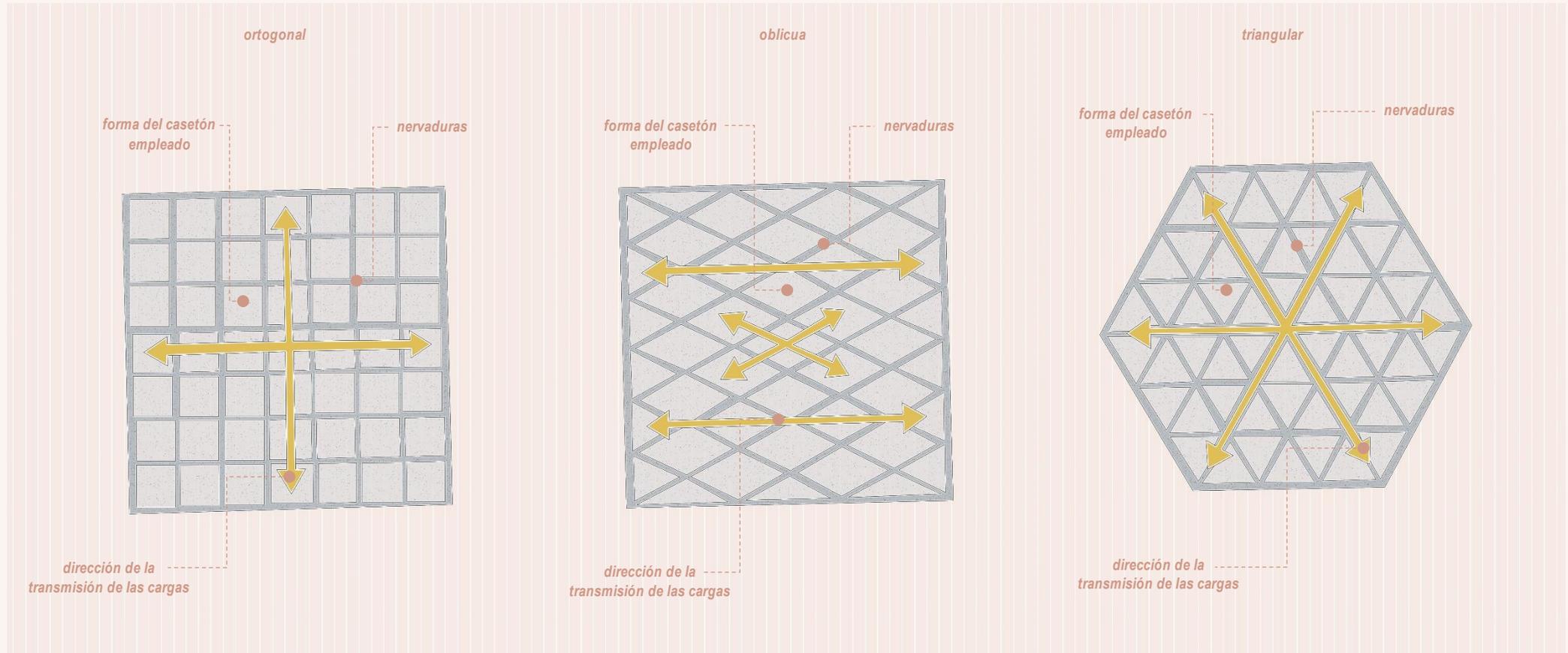
Gracias a que se puede calcular de forma modular el método de casetones normalmente termina en **retículas estructurales** de proporciones reiterativas y geometría invariable.

Las losas reticulares llegan a mostrar voladizos en ambos sentidos, con distancias de hasta un tercio del claro principal.

Cuando no hay voladizos puede colocarse un zuncho perimetral omitiendo los casetones de la franja de borde.



Zeno Ramos, B. (2023). *Vista de casetones.* [Imagen].



Zeno Ramos, B. (2023). *Esquema de distribución en planta sobre las distintas direcciones de retículas de nervios.* [Imagen].

Retícula ortogonal

- I. Transmisión biaxial de la carga.
- II. Planta cuadrada y con líneas de apoyo en sus cuatro lados.

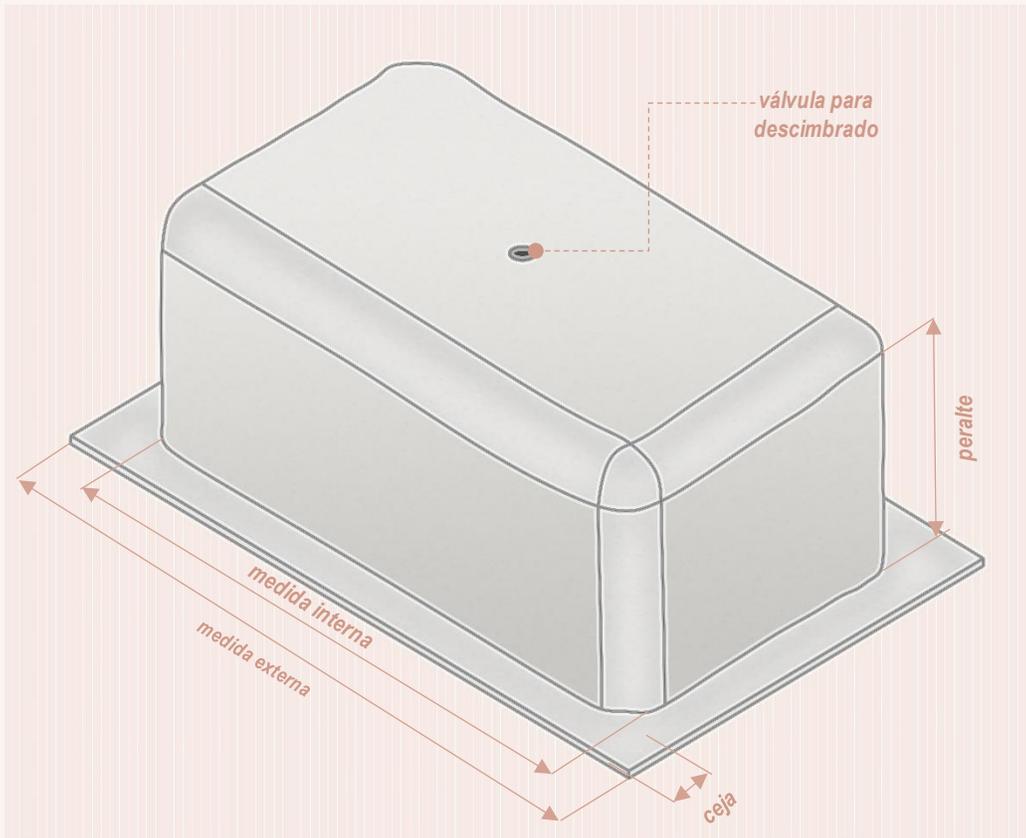
Retícula oblicua

- I. Transmisión uniaxial de la carga.
- II. Planta rectangular alargada y con líneas de apoyo en dos lados opuestos.

Retícula triangular

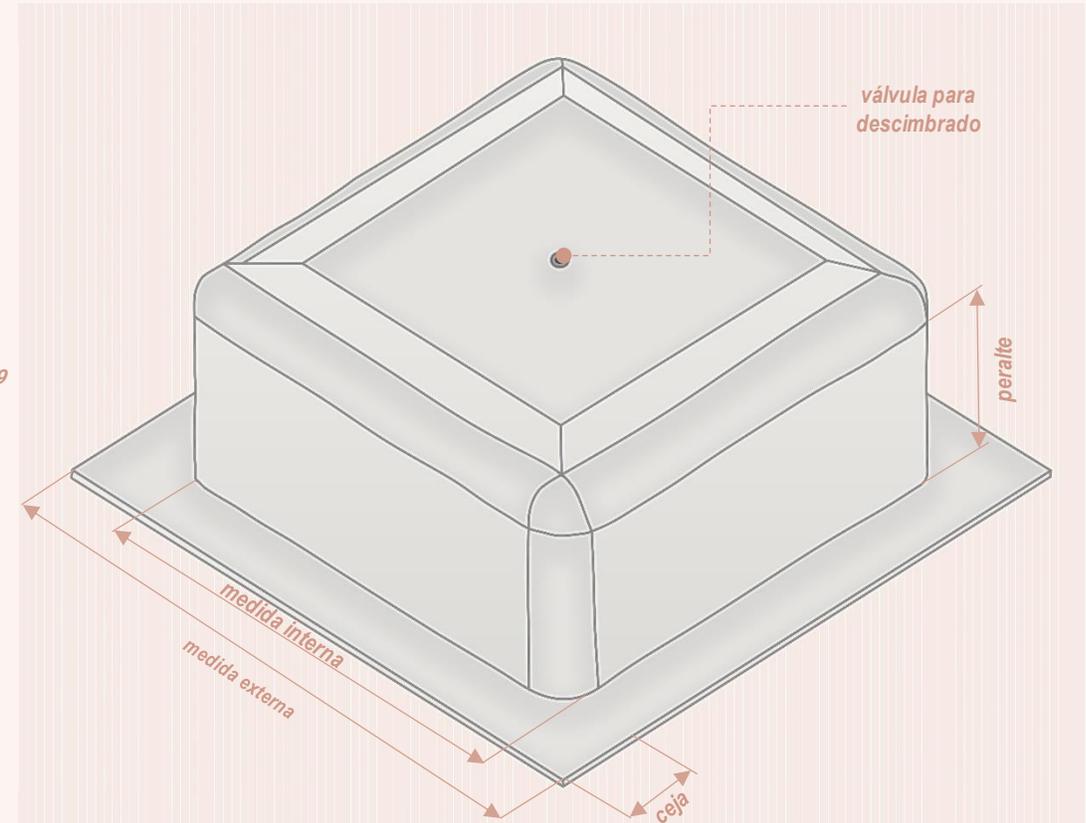
- I. Transmisión triaxial de la carga.
- II. Planta predominantemente concéntrica y con líneas de apoyo en todos sus lados.

Se dejan sobre la cimbra los espacios que corresponden a las filas de bloques de borde, las hileras interiores de vacíos que ocuparán los moldes, se ubicarán por medio de reventones a partir de los elementos extremos ubicar encima de la cimbra la posición de los casetones.



Zeno Ramos, B. (2023). **Casetón rectangular.** [Imagen].

129

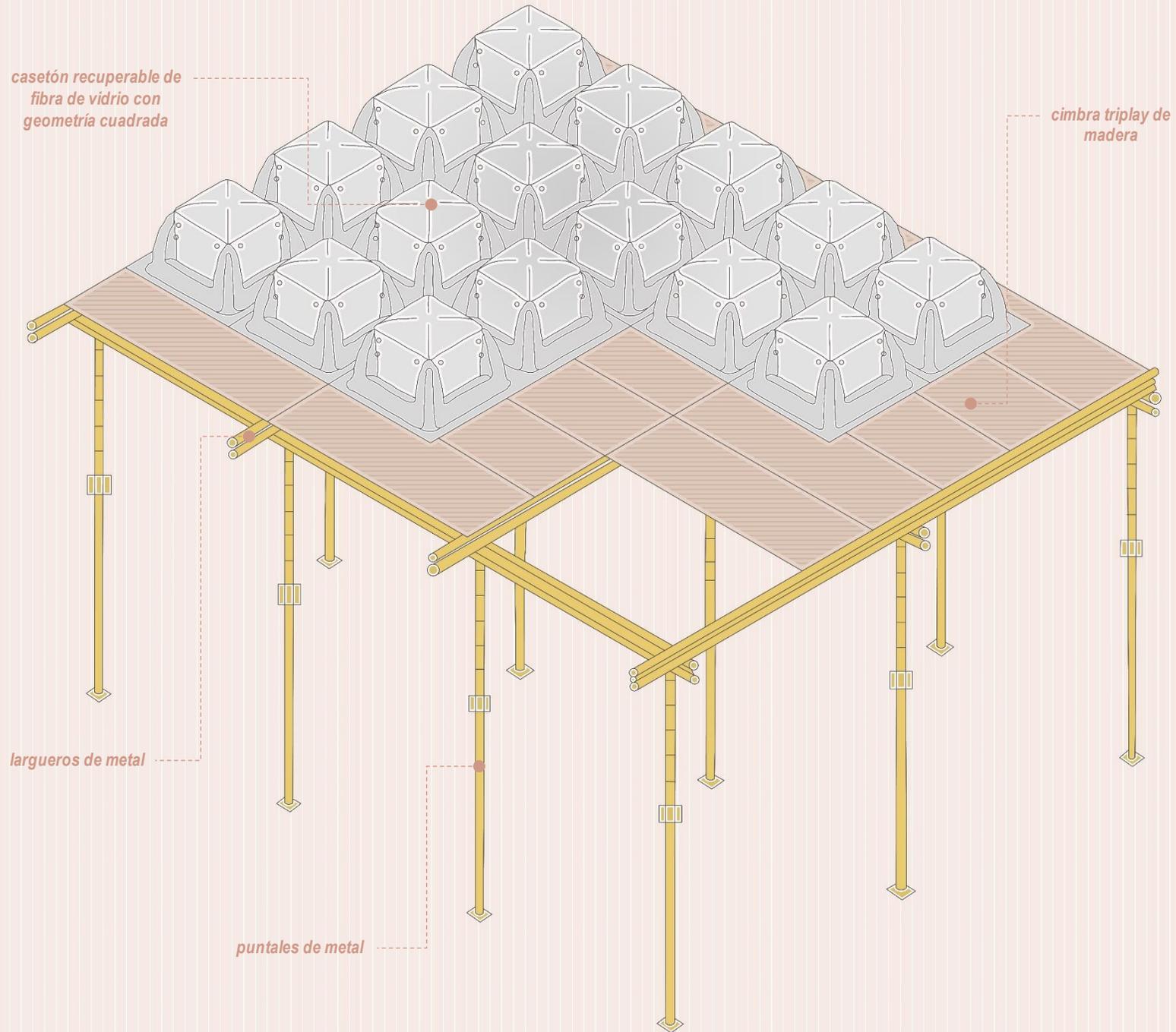


Zeno Ramos, B. (2023). **Casetón cuadrado.** [Imagen].

Los moldes prefabricados se ubican encima de una cimbra uniforme, acomodados por pares, uno de fondo y otro de tapa que constituyen un cajón, en el área que queda entre los módulos se acomoda el refuerzo para ejecutar el concreto de las nervaduras.

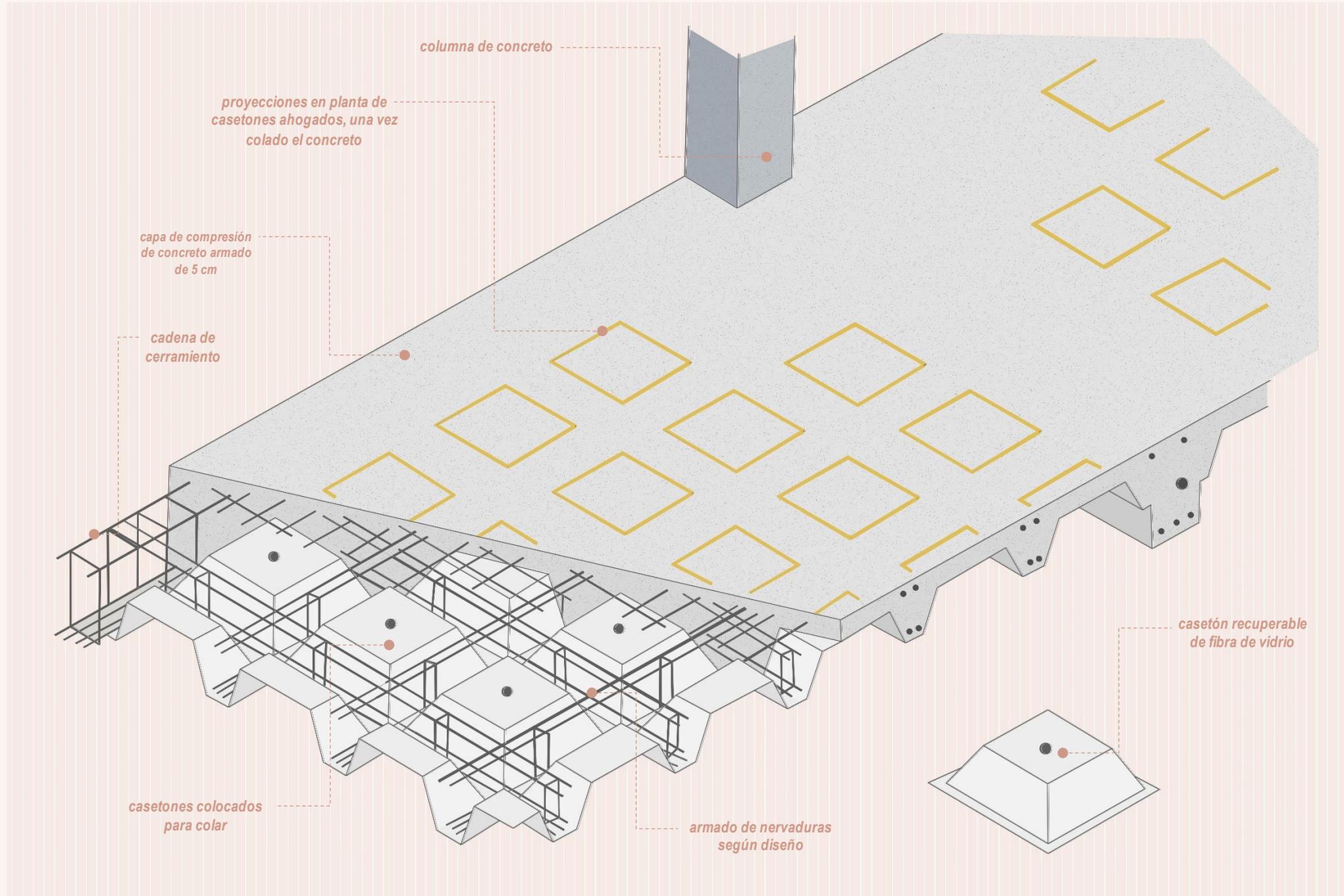
128

146

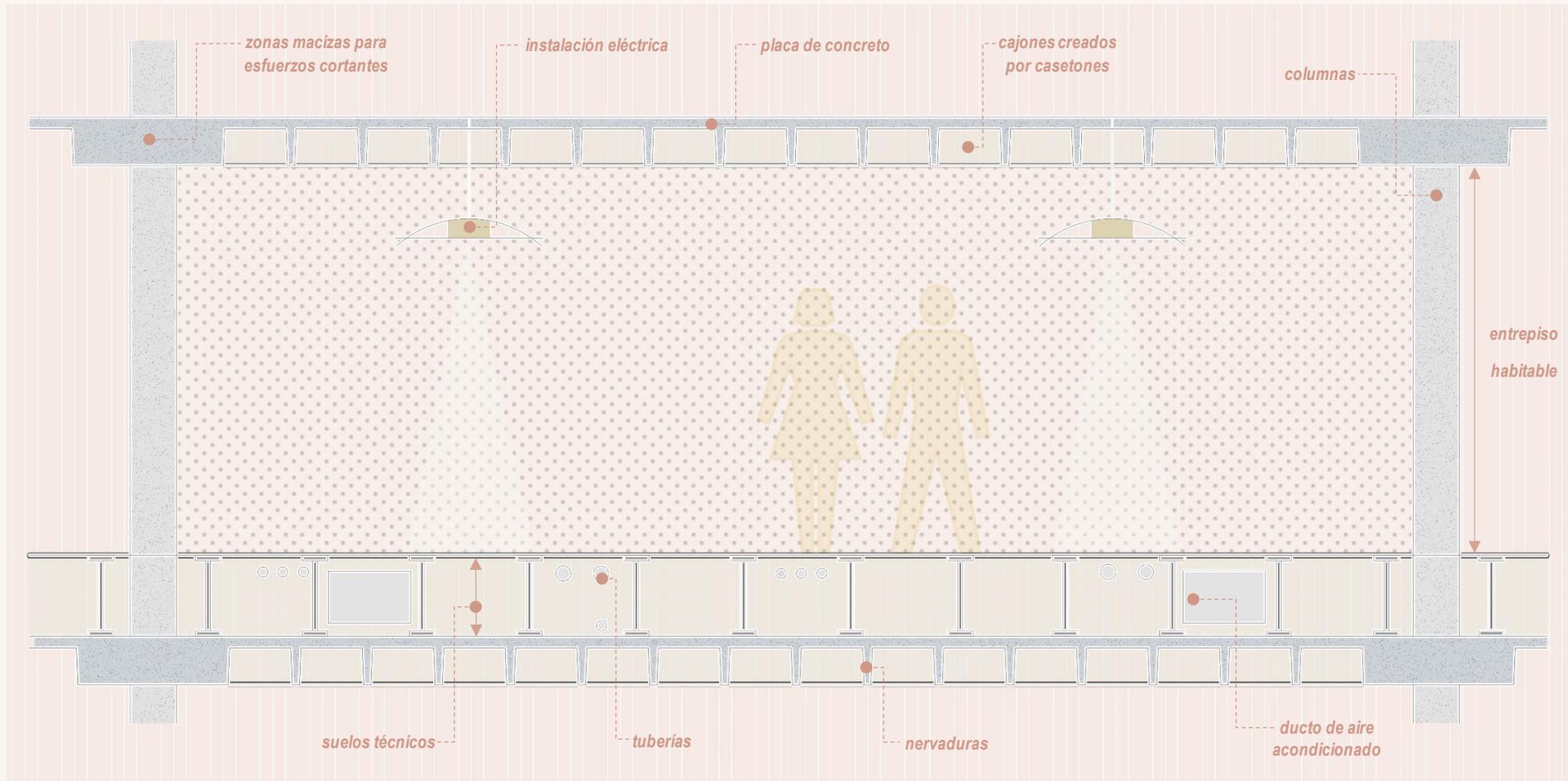


Antes del colado se debe aplicar sobre los casetones un desmoldante que se encuentre elaborado a partir de ceras.

*Zeno Ramos, B. (2023).
Axonométrico de cimbra para losa reticular a base de casetones de fibra de vidrio.
[Imagen].*



Zeno Ramos, B. (2023). *Casetones axonométrico*. [Imagen].



Distribución horizontal de instalaciones por encima de la estructura

Zeno Ramos, B. (2023). *Mantenimiento*.
[Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Es preferible la distribución de las instalaciones por encima de la losa de entrepiso cuando se requiere un alto grado de acceso y flexibilidad en la distribución, también cuando la cara inferior de la losa va a quedar a la vista por cuestiones estéticas o de otra índole.

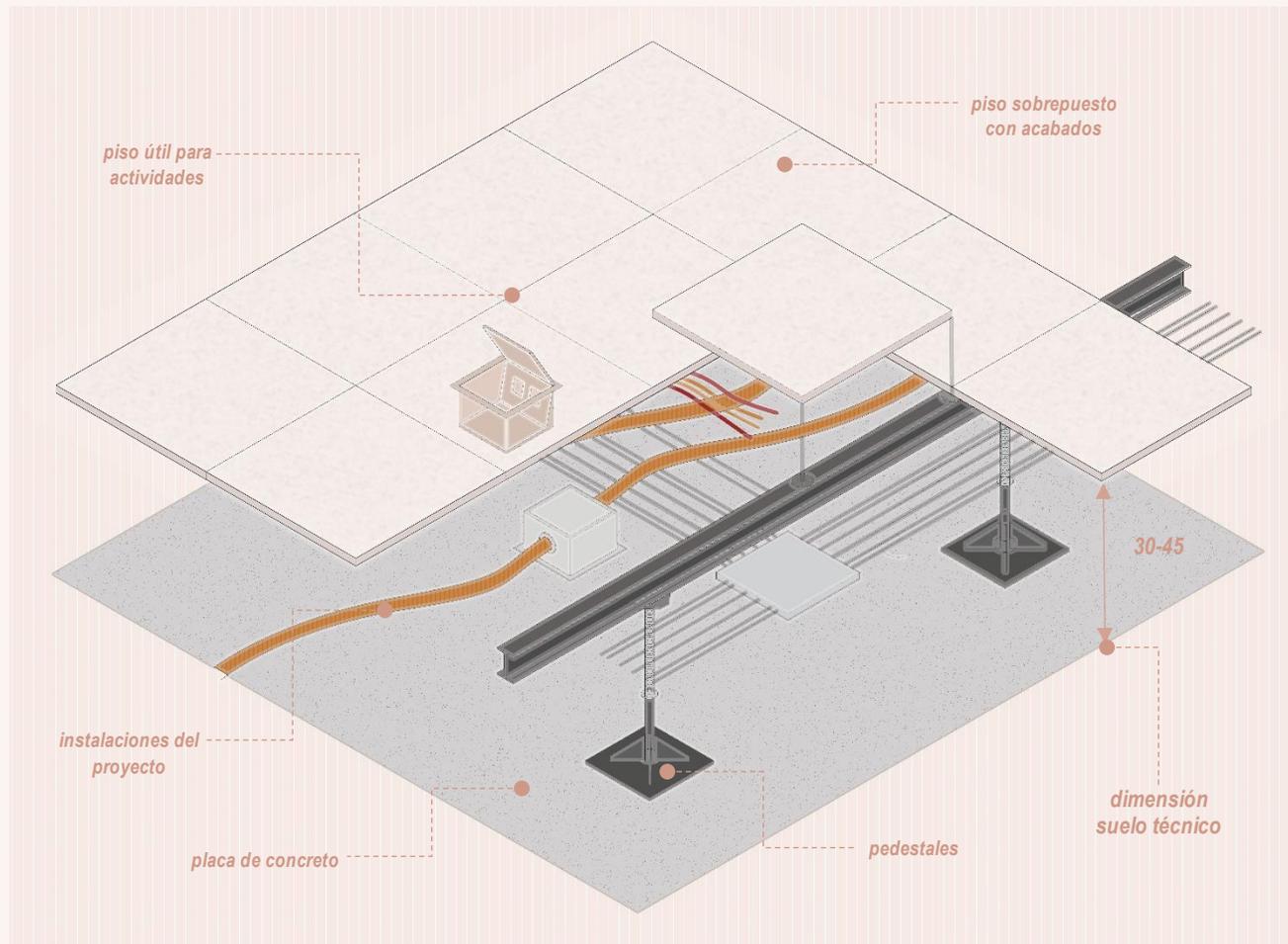
Normalmente se utilizan los sistemas de **suelos técnicos** en espacios de oficinas, hospitales, laboratorios, salas informáticas y centros de televisión y comunicaciones, para proporcionar **accesibilidad** y **flexibilidad** en la disposición de mesas, puestos de trabajo y equipos.

Los equipos pueden moverse libremente y conectarse en cualquier punto con sistemas modulares de cableado, resulta una solución adecuada cuando **la cara inferior de la losa**, como en el caso de una losa alveolar, **quiere dejarse a la vista**.

Los suelos técnicos constan de **paneles practicables e intercambiables**, apoyados sobre **pedestales** de altura ajustable que permiten el libre acceso al espacio inferior.

Los paneles del suelo suelen ser **cuadrados**, de **60 cm** de lado, de acero, aluminio, tablero de madera revestido de acero o aluminio, o de hormigón armado aligerado. (Ching, F., D., 2014).

Los paneles pueden tener acabados de moqueta, vinilo o laminado a alta presión; también existen acabados especiales con **resistencia frente al fuego** o con control de la corriente electrostática. (Ching, F., D., 2014).



133

Los pedestales son ajustables para proporcionar alturas de entre 30 y 75 cm; también hay modelos con alturas mínimas de hasta 20 cm.

Los sistemas que utilizan travesaños tienen mayor estabilidad lateral, también pedestales sísmicos que cumplen la normativa técnica de estabilidad lateral.

El espacio bajo el suelo técnico se aprovecha para la instalación del sistema eléctrico, cajas de conexión, así como cableado de los sistemas informáticos, de seguridad

Zeno Ramos, B. (2023). **Sistemas de servicio**. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

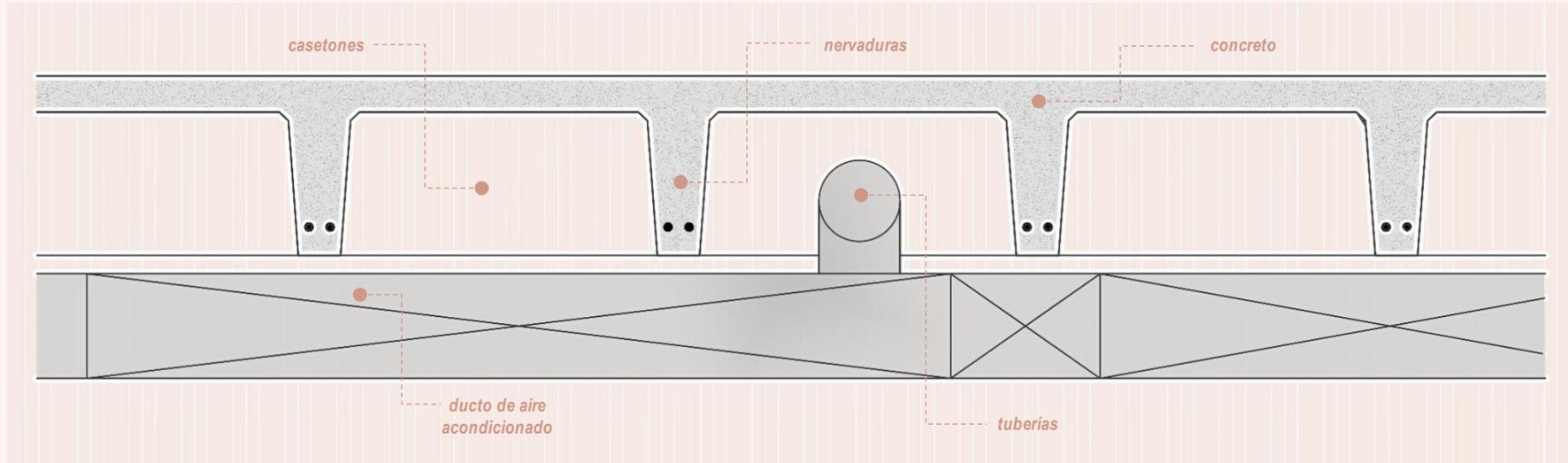
Distribución horizontal de instalaciones por encima de la estructura

Las instalaciones suelen situarse por **debajo de los nervios de la losa**. Si se desea dejar a la vista la cara inferior de la losa, las instalaciones pueden colocarse sobre la losa en un **suelo técnico accesible**.

El espacio entre nervios puede servir para alojar tramos cortos de conducciones.

Los huecos y aberturas de cierta dimensión deberían ajustarse a la retícula de columnas. Los huecos de menor tamaño pueden ajustarse a la retícula de los nervios.

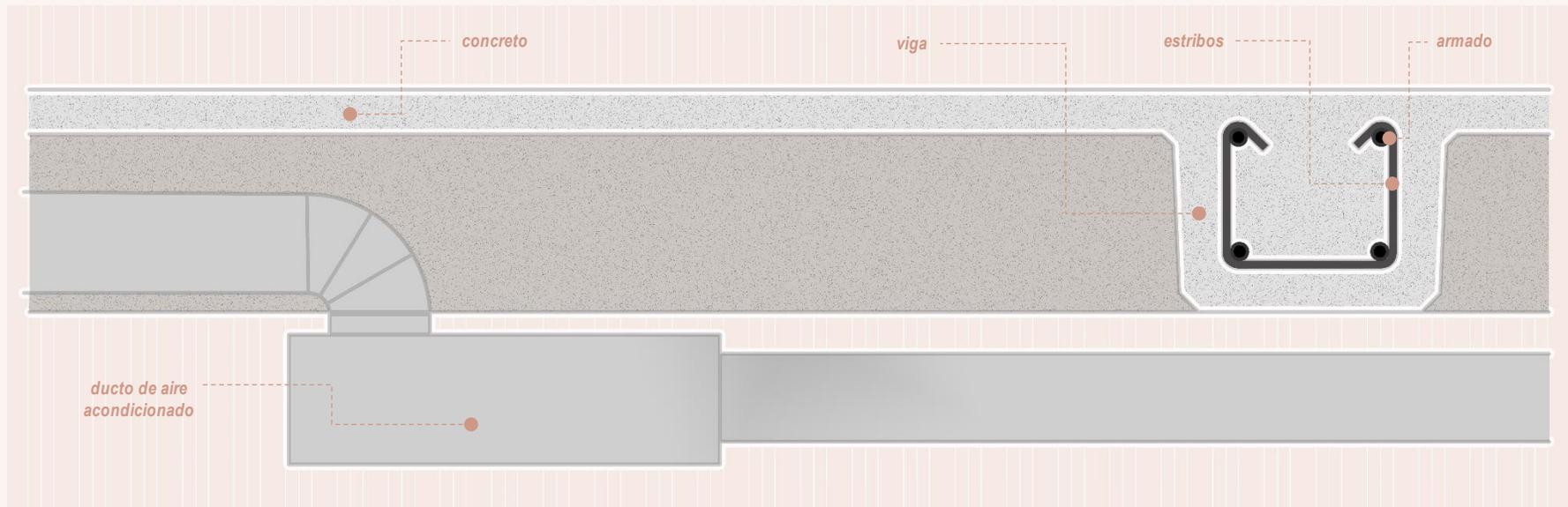
Zeno Ramos, B. (2023).
Ajuste. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.



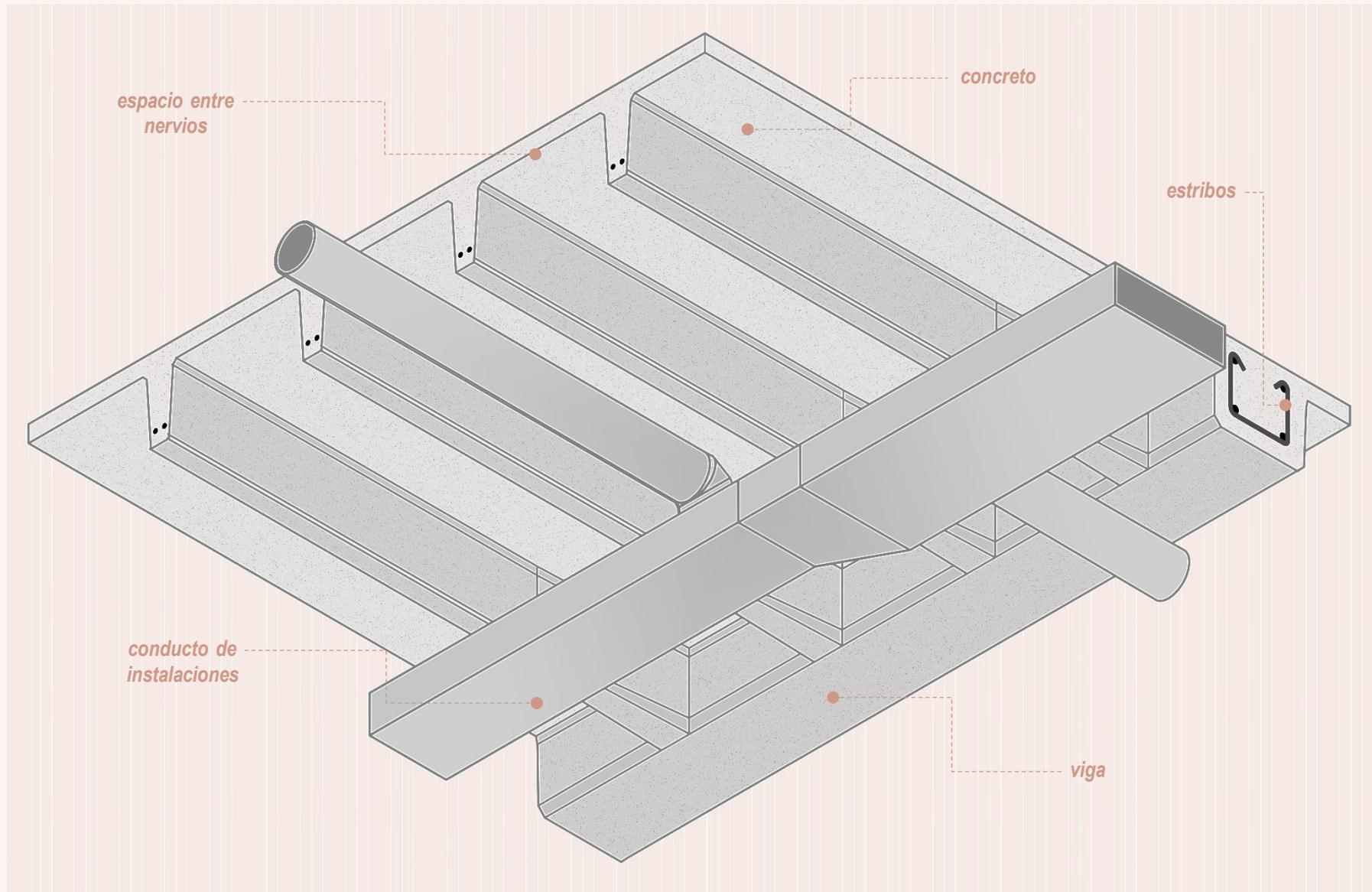
134

151

Zeno Ramos, B. (2023).
Separaciones. [Imagen].



135



Zeno Ramos, B. (2023). **Aberturas.** [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Los huecos pequeños pueden realizarse en la losa en los espacios entre viguetas o nervios: sin embargo, las instalaciones no deberían perforar las viguetas o nervios, ni los tramos macizos de la losa.

La localización de los puntos de iluminación y de los rociadores automáticos debería coordinarse cuidadosamente en relación con los nervios de la losa. (Ching, F., D., 2014).

IV

TEMAS

01

LOSA MIXTA

Elementos de acero

Las vigas, trabes, cerchas y columnas de acero se emplean para **construir entramados estructurales** que soportan desde edificios de una planta hasta rascacielos. Normalmente es complejo manejar el acero en obra, donde se corta, une y perfora siguiendo las especificaciones del proyecto, lo cual puede proporcionar un resultado **relativamente rápido** y **preciso** para construir un entramado estructural.

Las estructuras de acero **permiten claros mayores**, especialmente son utilizadas en proyectos comerciales e industriales donde se requieren edificios sin columnas intermedias.

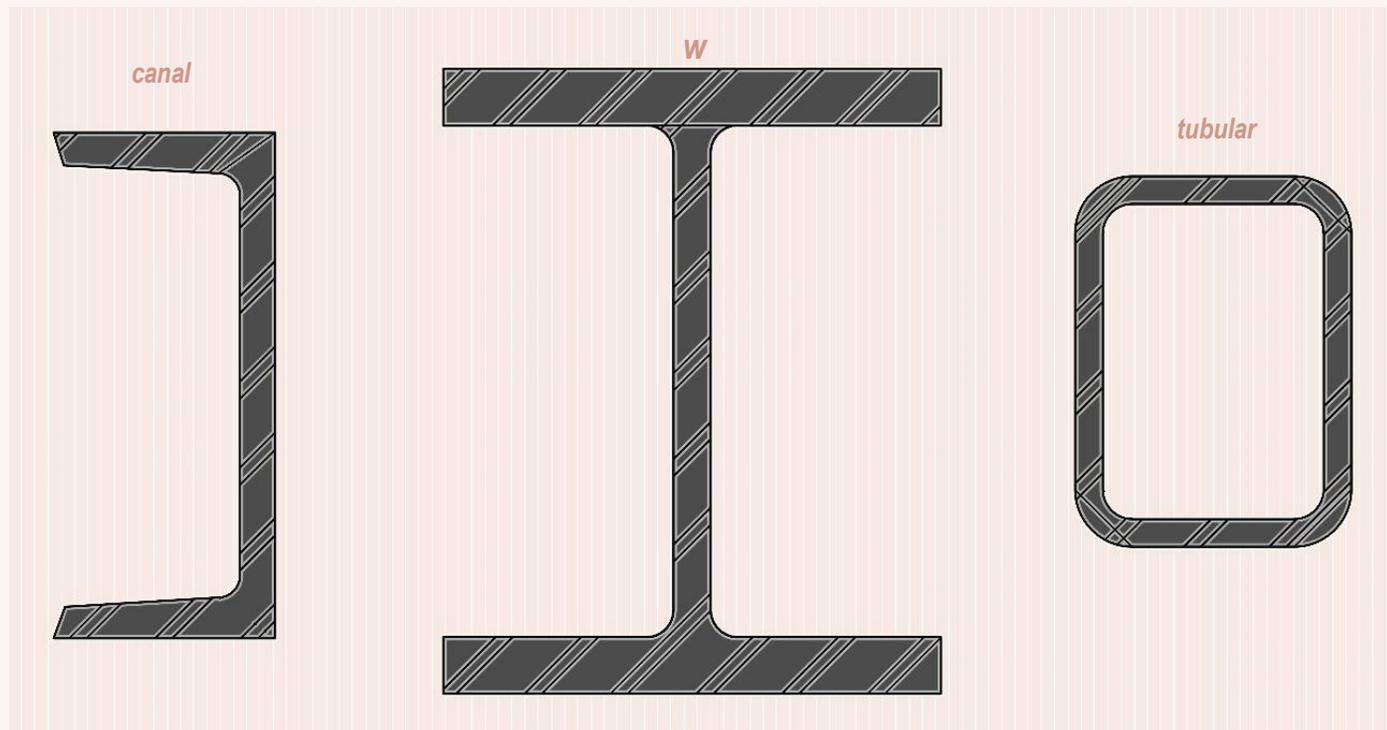
El acero puede **dejarse expuesto** en construcciones incombustibles no protegidas, pero debido a que puede ver mermada su resistencia muy rápidamente en un incendio, se requieren revestimientos y juntas resistentes al fuego para poder calificar una estructura de acero como resistente a éste. En caso de estar expuesto, también es necesario un **tratamiento de protección frente a la corrosión**.

Vigas y columnas de acero

Los **perfiles IPS** (abreviatura debido a que tiene un diseño de barra moldeada en “I” con patines redondeados en forma de “S”), de alma ancha, son los más eficientes desde un punto de vista estructural. Las vigas también pueden ser de **sección tubular**, en **U** o **secciones compuestas**.

Las uniones requeridas para unirlos entre sí suelen recurrir a **elementos de conexión**, como ángulos, perfiles en T, etc. En la actualidad aún hay conexiones roblonadas, pero las más habituales son las atornilladas o soldadas.

Para elegir una unión se deben considerar factores como **posición de las uniones**, **costos**, **tamaño y forma** de las piezas a unir, función, procesos, mano de obra.



El rango habitual de claros para vigas de acero va de **6 a 12 m**; para luces de más de **10 m**, las viguetas de alma abierta también pueden constituir una alternativa económica por su peso reducido. (Ching, F., D., 2014).

El objetivo general consiste en utilizar el perfil de acero más ligero que cumpla los requisitos de resistencia a **flexión y cortante**, dentro de los límites tolerables de tensión y de flecha según los usos previstos, además del costo de los materiales, también hay que tener en cuenta los de puesta en obra.

Un método para comprobar la calidad de uniones por medio de soldaduras es una **prueba no destructiva** es una forma no invasiva para establecer la calidad de un material, elemento o estructura los ensayos no afectan a las propiedades, dimensiones y uso de las piezas ensayadas.

137

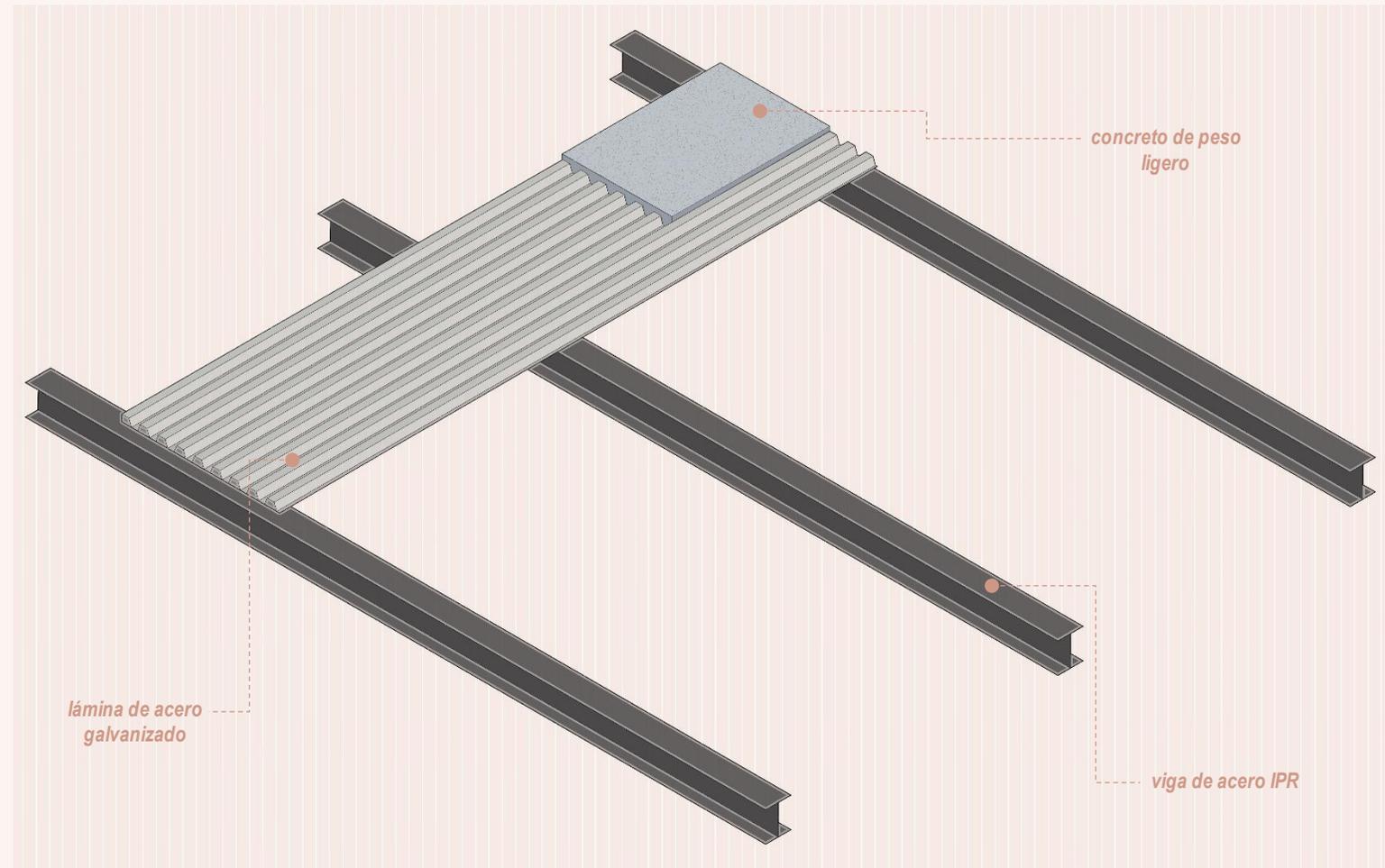
Pruebas no destructivas

1. Inspección Visual IV
2. Líquidos Penetrantes LP
3. Pruebas Magnéticas PM
4. Pruebas Radiográficas RX
5. Pruebas Electromagnéticas PE
6. Pruebas Infrarrojas P

Zeno Ramos, B. (2023).

Tipos de perfiles. [Imagen].

Las vigas en "L" o las viguetas de alma abierta que soportan el concreto o cubierta se sitúan a distancias entre 1.2 y 5 m entre ejes según la magnitud de la carga aplicada y del claro que pueda salvar el propio tablero del concreto.



Zeno Ramos, B. (2023). *Distancias*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Losacero

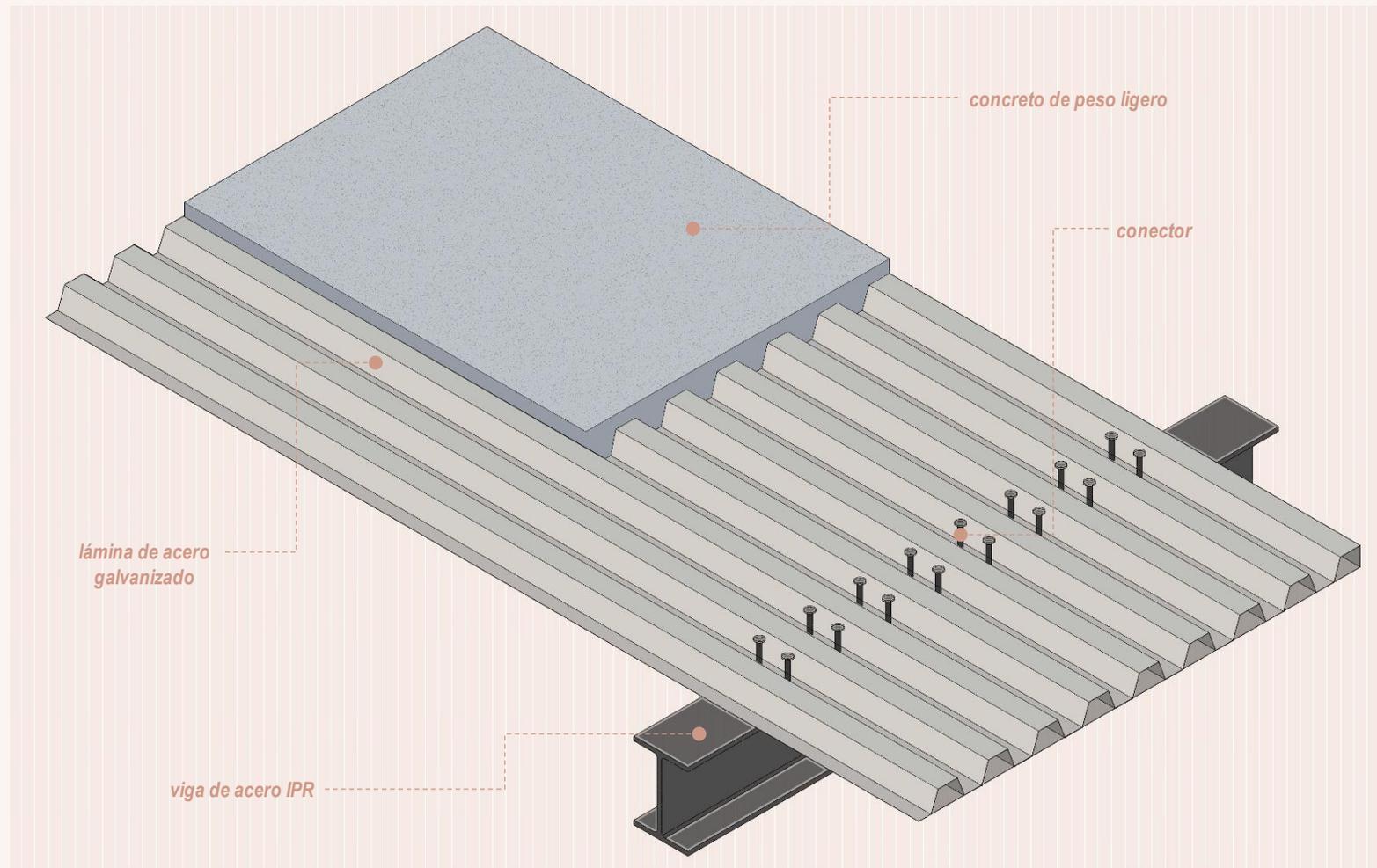
Sistema constructivo de entresaca metálico que usa un perfil laminado diseñado para anclar el concreto, emplea como parte de su composición una **placa metálica trapezoidal de acero galvanizado estructural** que podemos encontrar en el diseño de sistemas de estructuras metálicas o mixtas (concreto y acero).

Para soportar los esfuerzos laterales correspondientes al viento o a terremotos es necesario acondicionar de muros, barras de arriostramiento, o entramados con nudos resistentes competentes de trasladar momentos flectores.

En este tipo de losas se utiliza lámina galvanizada para aumentar su rigidez y resistencia a flexión. La lámina sirve como plataforma de trabajo durante la construcción y como encofrado perdido para una losa de **concreto in situ**.

La **lámina galvanizada** sirve de encofrado perdido para la losa de concreto armado y la sostiene hasta que esta adquiere la **resistencia** para soportar su peso propio y las correspondientes sobrecargas.

En las losas mixta o losacero, la lámina galvanizada, sirve como **refuerzo a tracción de la losa de concreto**, a la cual está conectada gracias al relieve de la cara superior de la lámina, puede conseguirse una mayor conexión mecánica entre la losa y la lámina o las viguetas metálicas **mediante pernos soldados** capaces de transmitir esfuerzos cortantes. Las distintas láminas también están conectadas entre sí mediante tornillos o soldaduras.

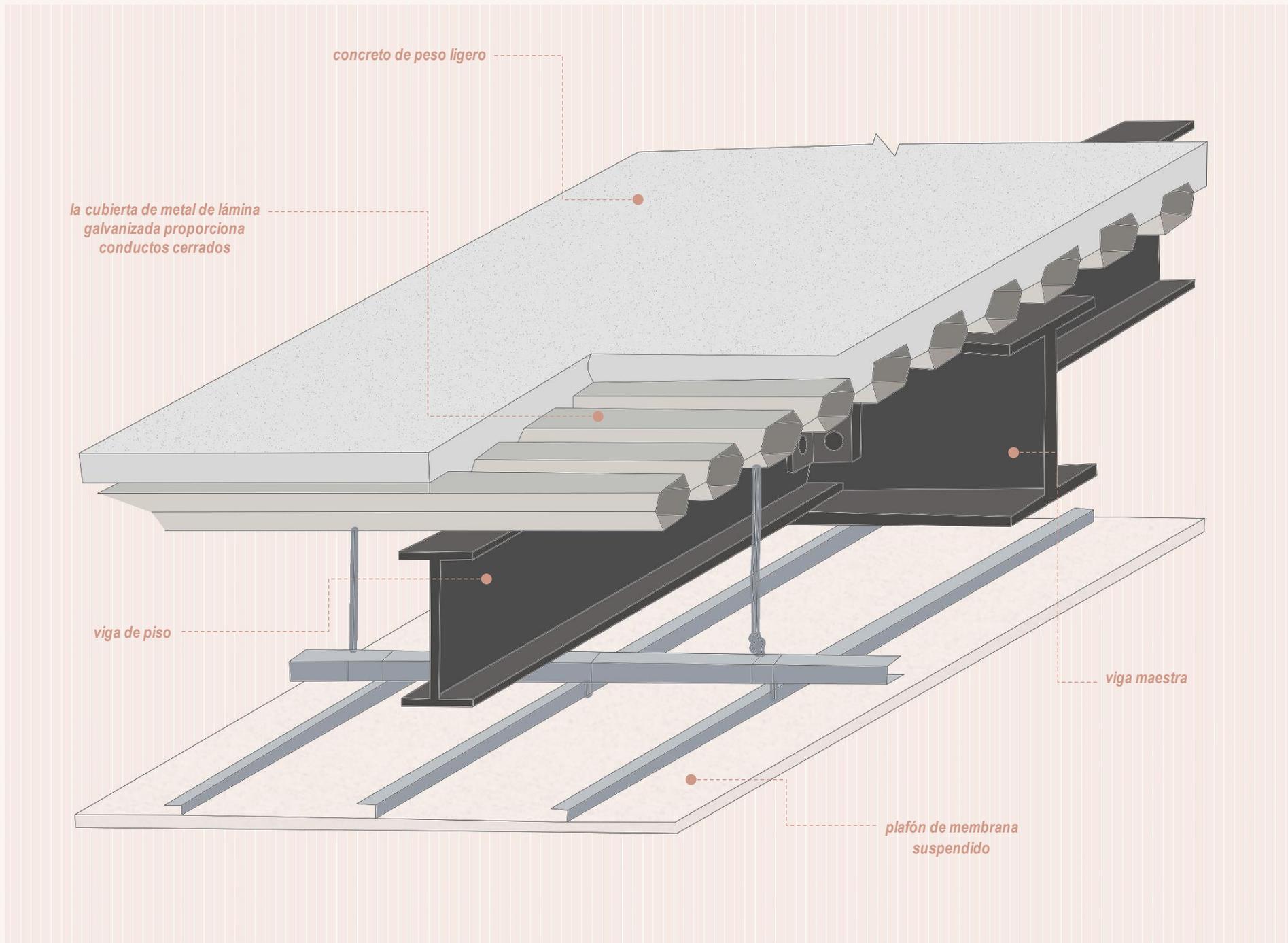


139

Las láminas de la losacero se fijan con vástagos o pernos soldados a la viga a través de la lámina.

Si las láminas deben servir como diafragma estructural y para transferir cargas laterales a los muros rigidizadores, todo el perímetro debe estar soldado a los soportes de acero. Además, se requiere una precisión mayor en las conexiones entre las láminas y de estas con las columnas.

Zeno Ramos, B. (2023). *Elementos de carga*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.



Zeno Ramos, B. (2023). *Axonométrico sistema constructivo losacero. [Imagen].*

Viguetas de alma abierta

Elementos ligeros de acero fabricados en taller con un **alma en forma de cercha**.

Suministran una opción económica a los perfiles de acero en la cuestión de cargas repartidas ligeras o moderadas, en **claros mayores a 10 m**.

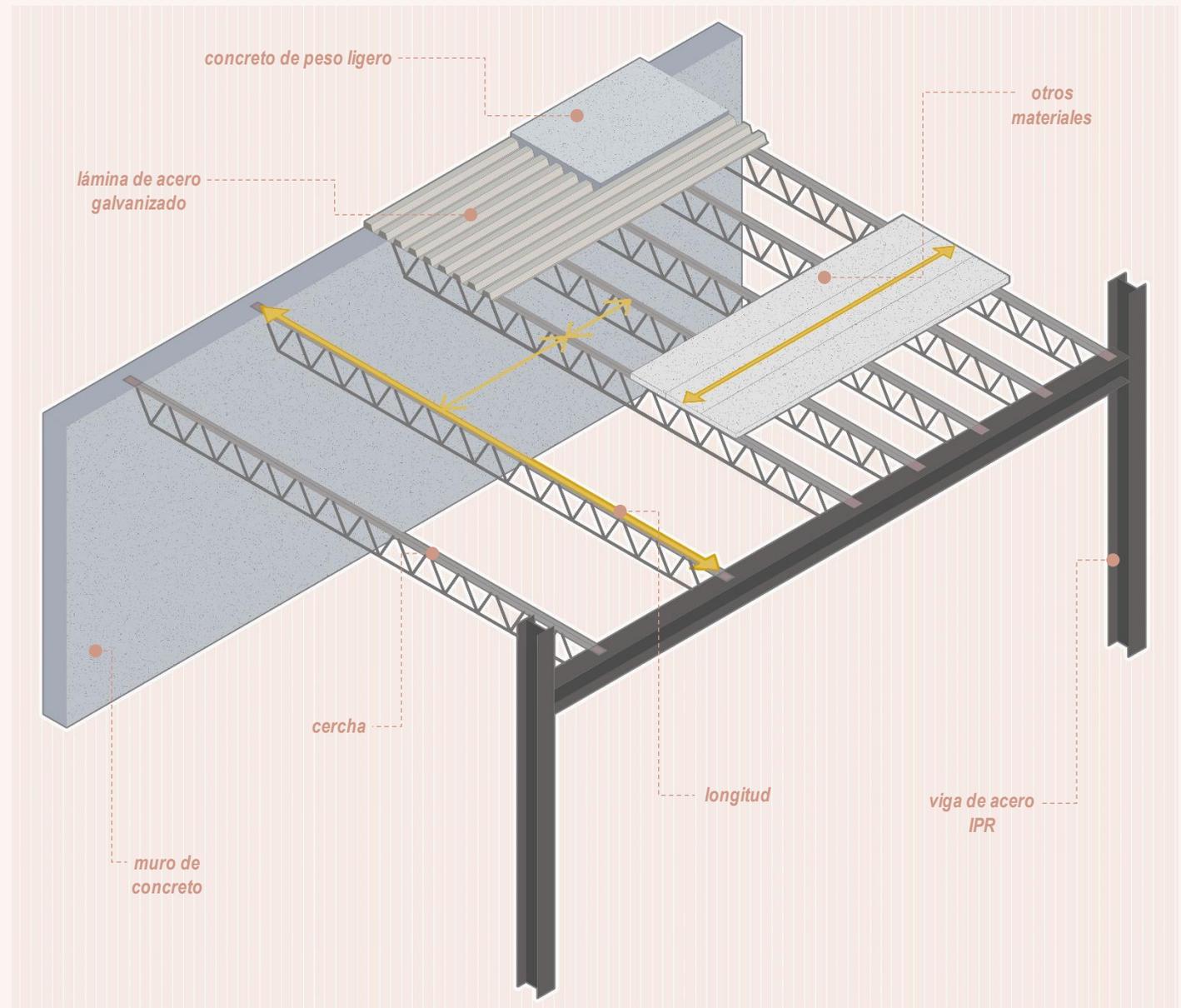
Si se calculan oportunamente, pueden aceptar cargas acumuladas encima de los nudos de las viguetas.

Es posible plantear **pequeños voladizos** extendiendo los cordones superiores.

Separación de 0,6 a 3 m; en edificios grandes es habitual una separación de 1,2 m.

El arriostramiento se situará a distancias de entre 3 y 6 m a ejes, según el claro y la sección del cordón.

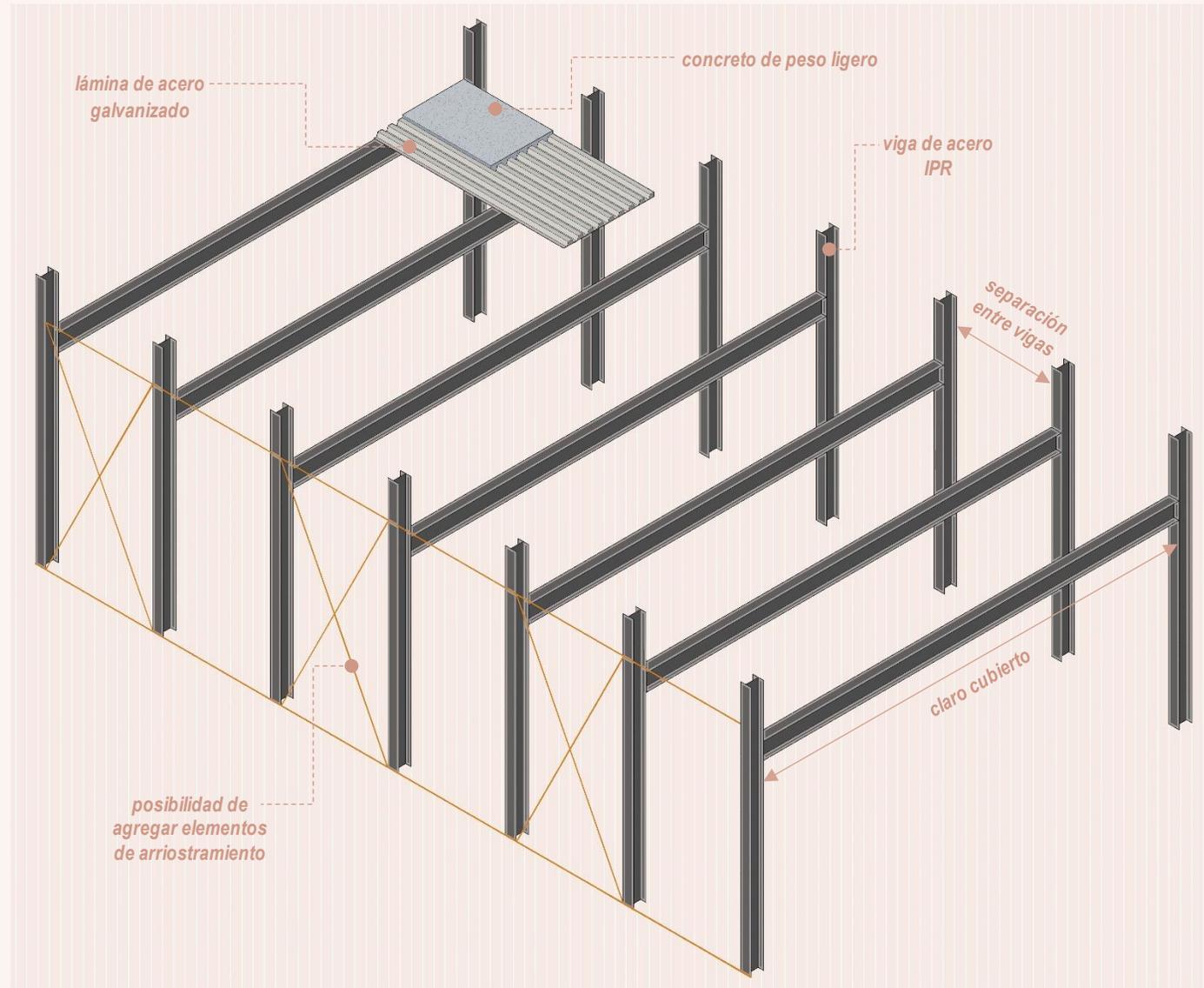
Las viguetas de alma abierta se colocan sobre vigas o cerchas, una variante más densa de las mismas viguetas, muros de carga de concreto armado u otros materiales, o sobre armados livianos de acero.



141

158

Zeno Ramos, B. (2023). *Combinación de elementos*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.



142

El grado de resistencia al fuego de la estructura de viguetas dependerá de la losa y de las conexiones del techo.

Son necesarios arriostramientos horizontales o diagonales para evitar el movimiento lateral de los cordones de las viguetas.

Sistema unidireccional de vigas

Cada par de columnas de vigas sostiene a su vez una viga o cercha, para formar una especie de marco y cubrir el claro necesario.

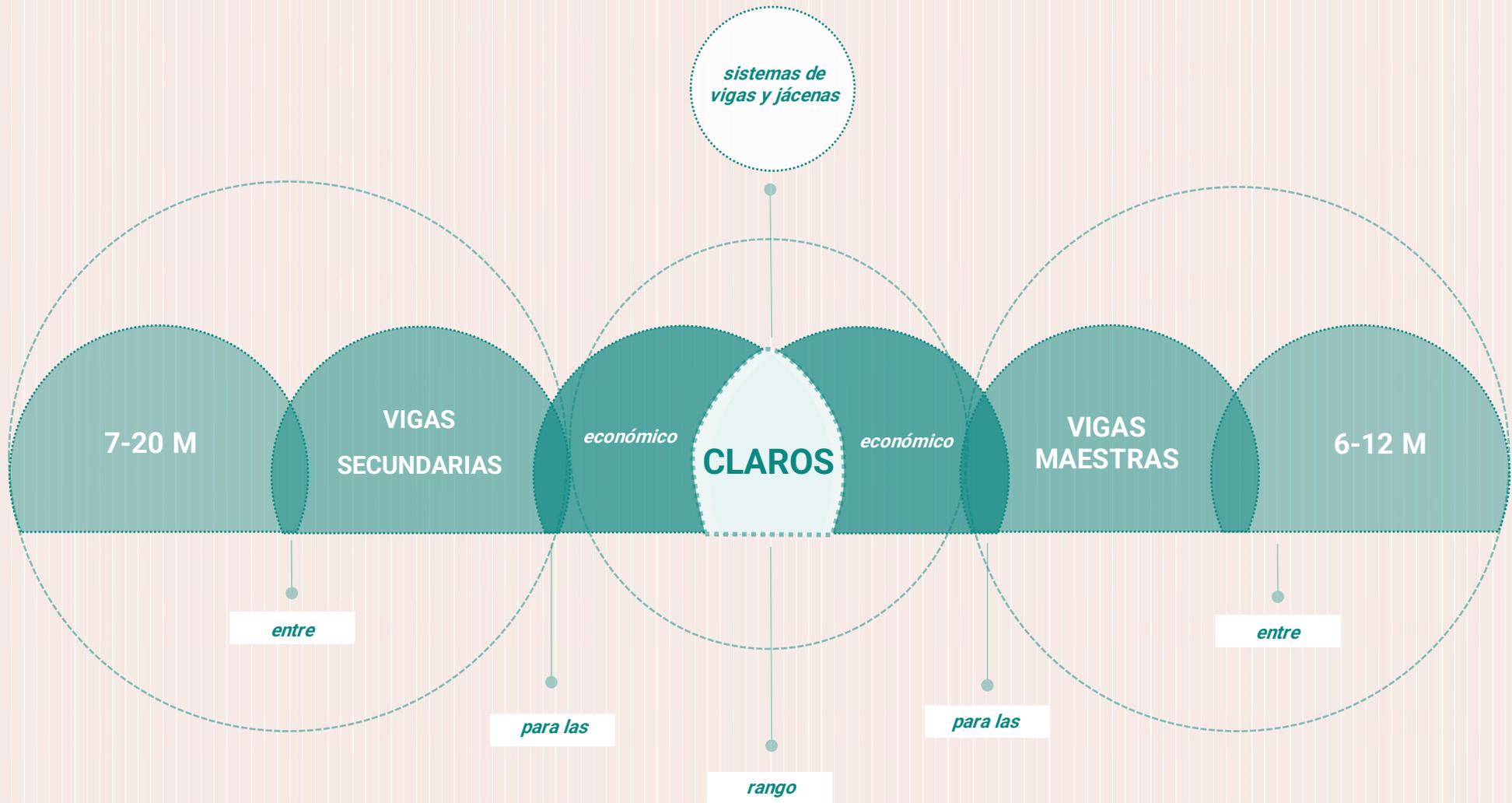
Es adecuado para edificios **alargados y estrechos**, sobre todo cuando se necesita un **espacio diáfano**.

Zeno Ramos, B. (2023). *Arriostramiento*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

El espacio diáfano está limitado por el claro que pueden salvar las vigas de acero.

Es necesario algún tipo de arriostramiento en las dos direcciones, pero las cargas laterales suelen ser más significativas en el lado corto.

SISTEMAS DE VIGAS Y LONGITUD DE CLAROS CUBIERTOS

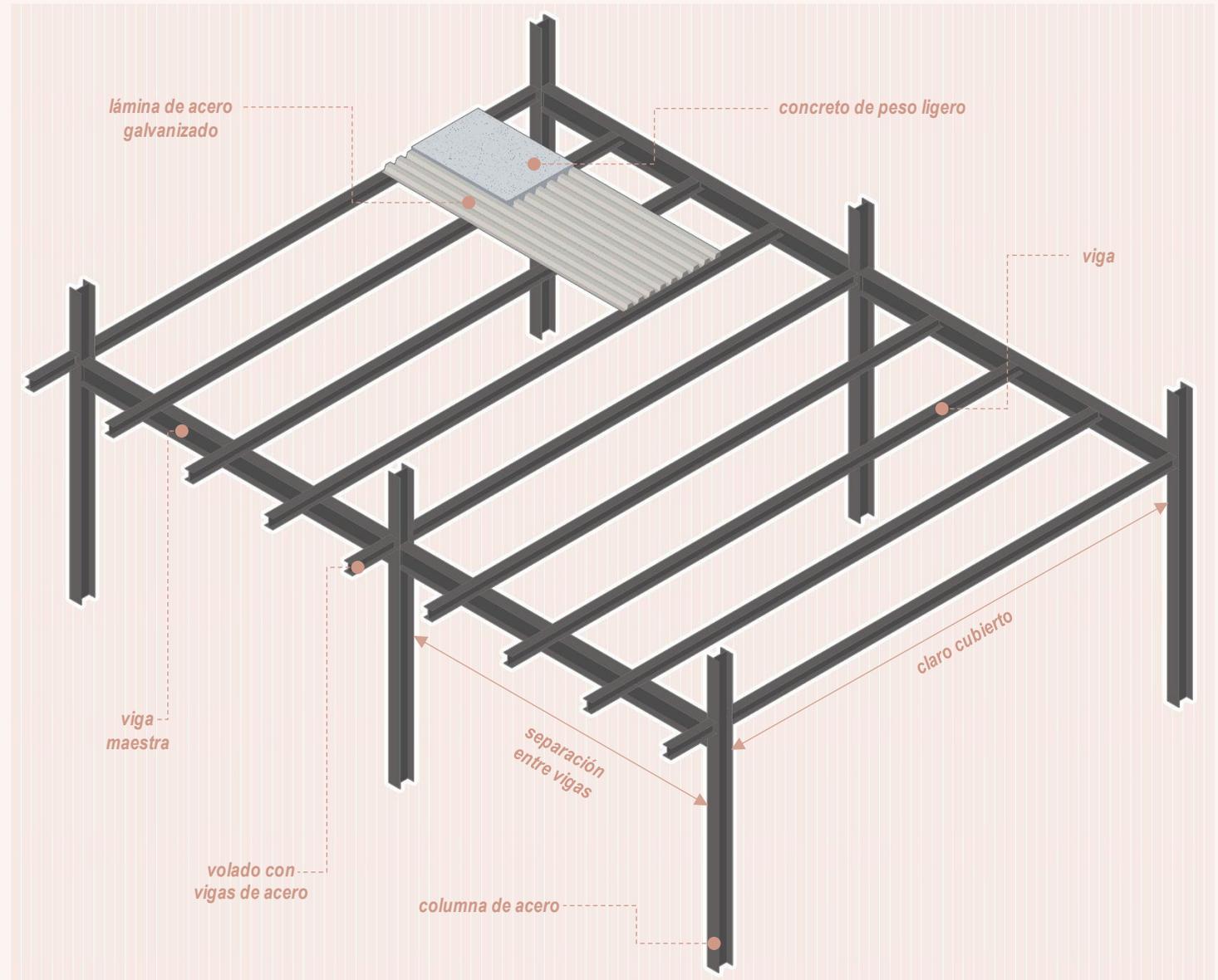


Zeno Ramos, B. (2023). *Sistemas de vigas y jácenas*. [Diagrama].

Sistemas de vigas y jácenas

Tanto las vigas primarias como las secundarias pueden consistir en perfiles normalizados de acero para claros de hasta **10 m**. Para **claros mayores** es más económico recurrir a **viguetas de alma abierta, cerchas o vigas de celosía**. (Ching, F., D., 2014).

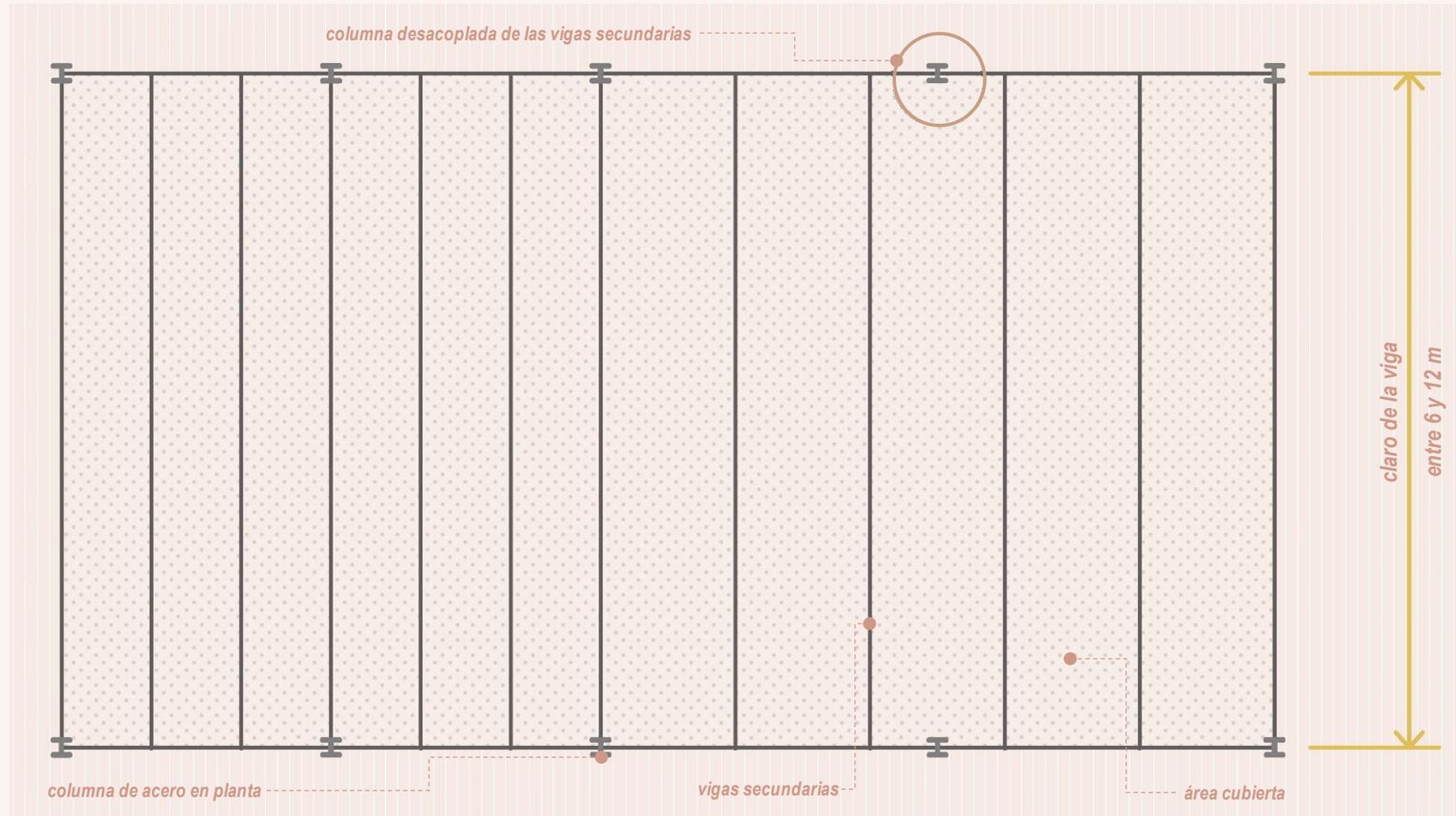
Los entramados de acero deberían utilizarse para cubrir **vanos rectangulares**, donde las vigas secundarias que soportan cargas relativamente bajas salvan el lado largo y las maestras o jácenas el lado corto.



Zeno Ramos, B. (2023). *Despiece de vigas de acero*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Colocar las vigas dentro del claro de las jácenas reduce el claro general; incluso instalaciones pueden atravesar el alma de las vigas mediante perforaciones, si se necesita un espacio más grande debido a los planos de instalaciones, se puede optar un falso techo.

En caso de que se requiera abrir un vano entre el alma de las viguetas, será necesario corroborar junto con los planos estructurales y arquitectónicos si es posible que puede hacerse, en caso afirmativo debe hacerlo un pailero por ningún motivo otro personal que no sea especialista.



144

162

Zeno Ramos, B. (2023). *Desplazamiento de vigas en planta.* [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

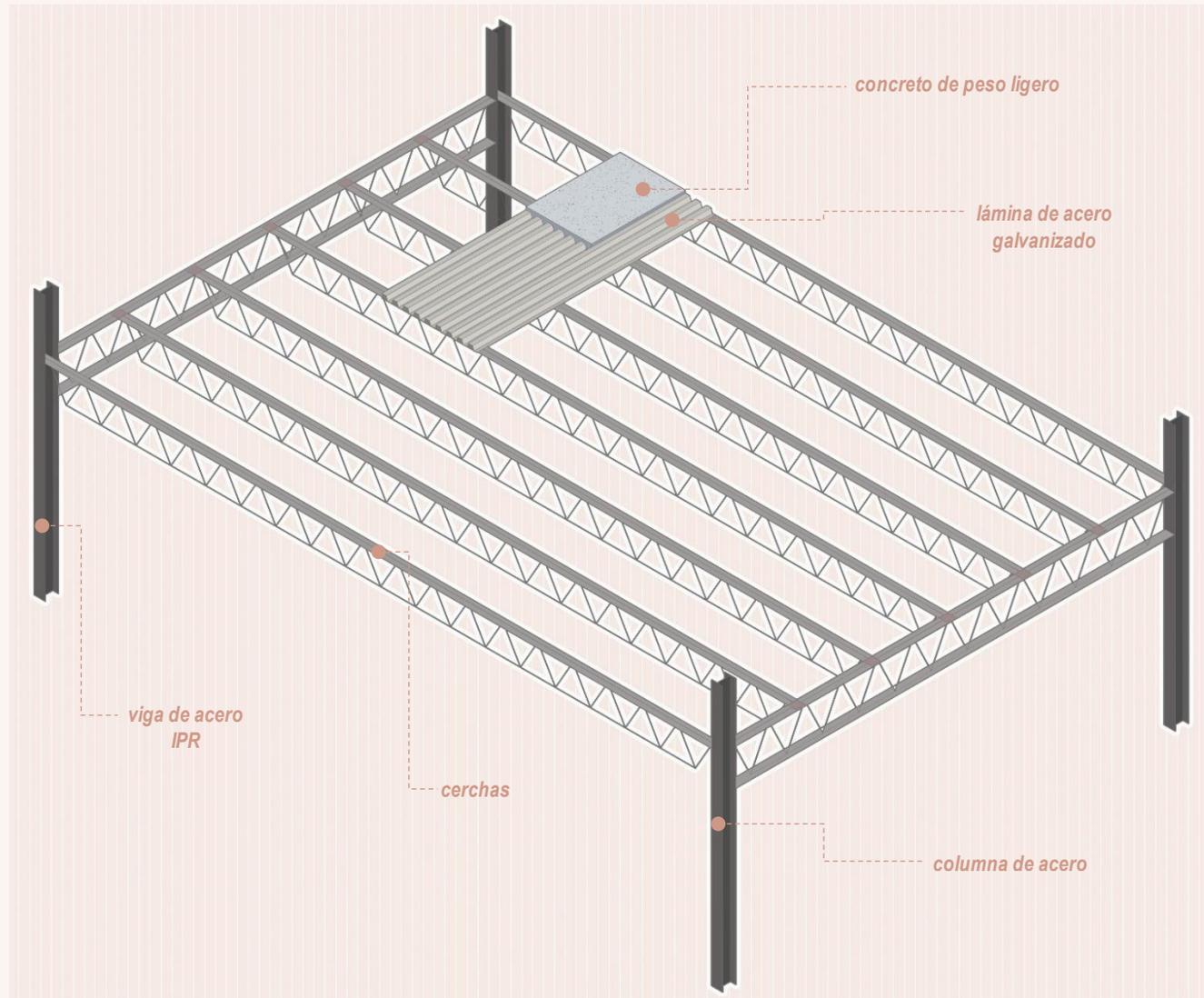
Desplazar las vigas secundarias respecto de las columnas de vigas permite tener canalizaciones verticales.

Sistema de cerchas o vigas de celosía

Debido a sus cantos y longitudes normalizados, las viguetas de alma abierta deberían utilizarse para cubrir **módulos rectangulares**.

Las viguetas de las **series LH y DLH** se conocen como **vigas de celosía** cuando se usan en conjunto con viguetas de alma abierta.

Las viguetas de las series LH y DLH se denominan vigas de celosía cuando se **utilizan para apoyar una serie de viguetas de alma abierta**. Las vigas de celosía y las viguetas de alma abierta comparten el mismo plano.



145

Por lo general, cuando se apoyan sobre vigas de celosía, las viguetas de alma abierta deberían salvar el claro del lado mayor del rectángulo.

En la existencia de cargas livianas y un canto de la losa disminuido, las viguetas de alma abierta pueden cubrir el lado pequeño, singularmente cuando se encuentran dispuestas encima de muros de carga.

Zeno Ramos, B. (2023). *Longitud de claros*.
[Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Proceso constructivo

Traslado

Una vez que la **estructura metálica o mixta** sobre la que se ejecutará la losacero se encuentra lista, se trasladan las placas de lámina galvanizada al lugar en el que se colocarán.

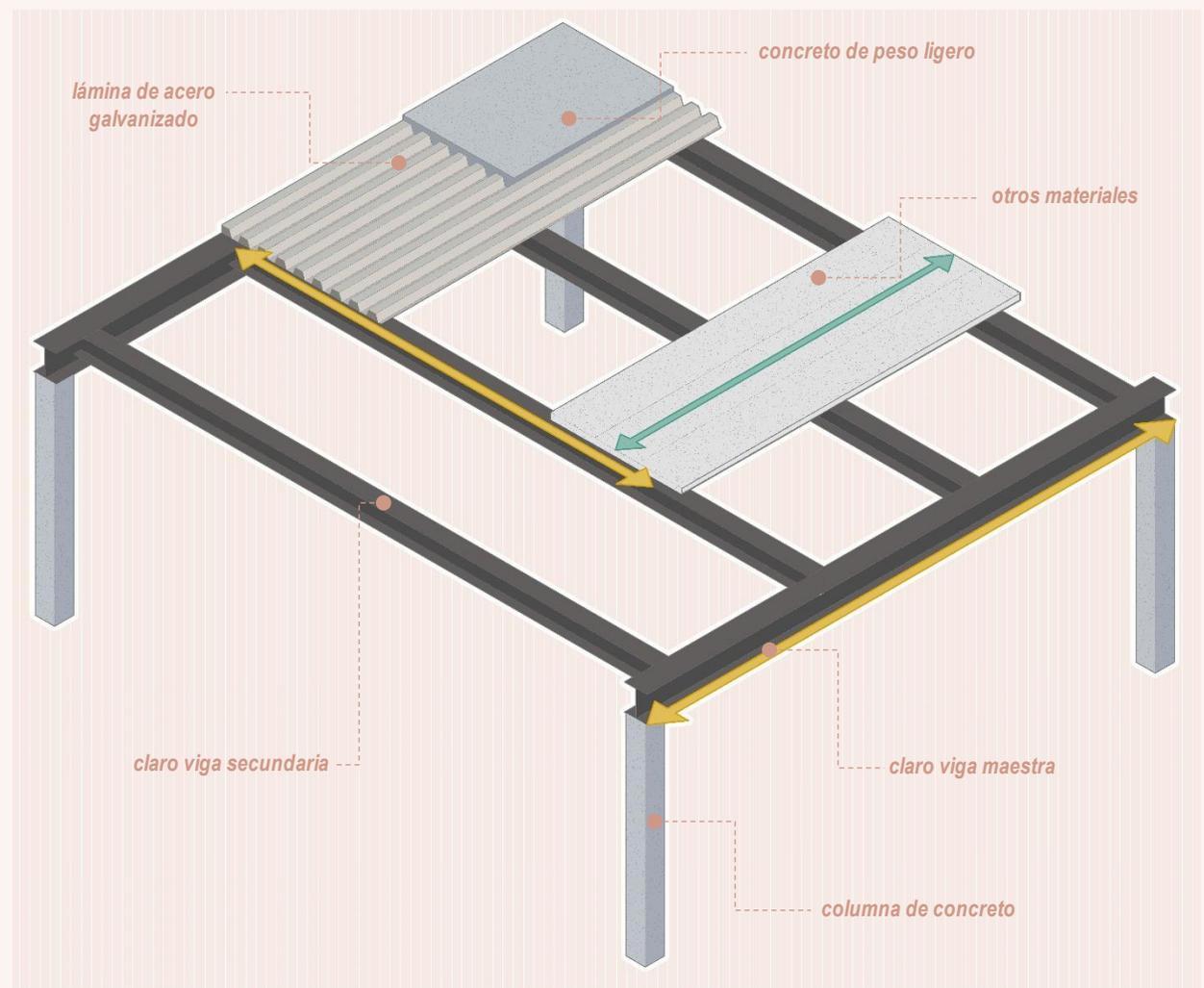
Ubicación

Colocar las placas de lámina galvanizada en el lugar correspondiente de la superficie de la losacero de acuerdo al **despiece del plano estructural**, el sentido acanalado de la lámina en dirección contraria a las vigas metálicas. Al momento de colocarlas se hace con la **cara que cuenta con los relieves, viendo hacia arriba** y en la parte de los extremos al colocar placa siguiente, se hace un ligero **traslape** entre ellas.

Excesos

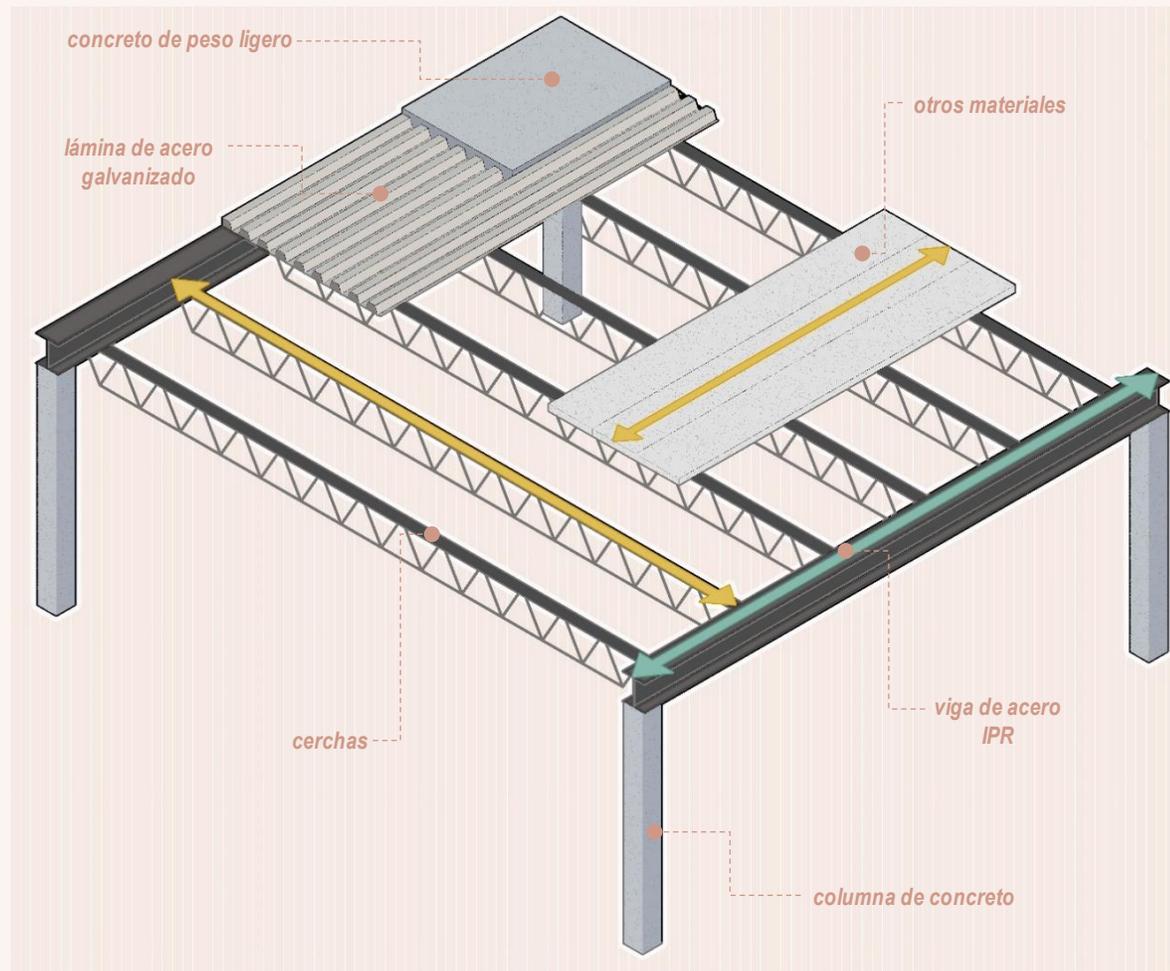
Durante la colocación, cuando haya un elemento estructural (comúnmente columnas) o un vacío que se deba dejar entre las mismas porque así lo estipula el diseño arquitectónico, se puede hacer el **corte de la lámina galvanizada** con unas tijeras para corte de metal o amoladora.

Nunca debe **cortarse el elemento estructural** bajo ninguna circunstancia.



Zeno Ramos, B. (2023). *Comparación de materiales*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Es importante que la estructura de acero sobre la que se montarán las placas de lámina galvanizada se encuentre lista para evitar que estas últimas se sobre encimen mucho tiempo y puedan dañarse.



Zeno Ramos, B. (2023). *Dimensiones de materiales*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Para cada proyecto debe hacerse una comparación de materiales como un sistema, desde obra negra hasta acabados, para decidir el conjunto de ellos que trabajará de mejor forma.

147

Unión con la estructura

Para que las placas de lámina galvanizada no queden sueltas entre sí, para darles **uniformidad** y **unirlas** a la estructura metálica principal, se atornillarán a la misma por medio de una atornilladora con **pernos autoperforantes**. El proceso anterior se repite en cada una de las placas de lámina galvanizada hasta que quede una placa general uniforme, sujeta a la **estructura metálica principal**.

Vaciado de concreto

Se sigue con la colocación de la malla electrosoldada y fijación de la misma a los demás elementos, encofrado, vaciado del concreto y vibrado para la compactación.

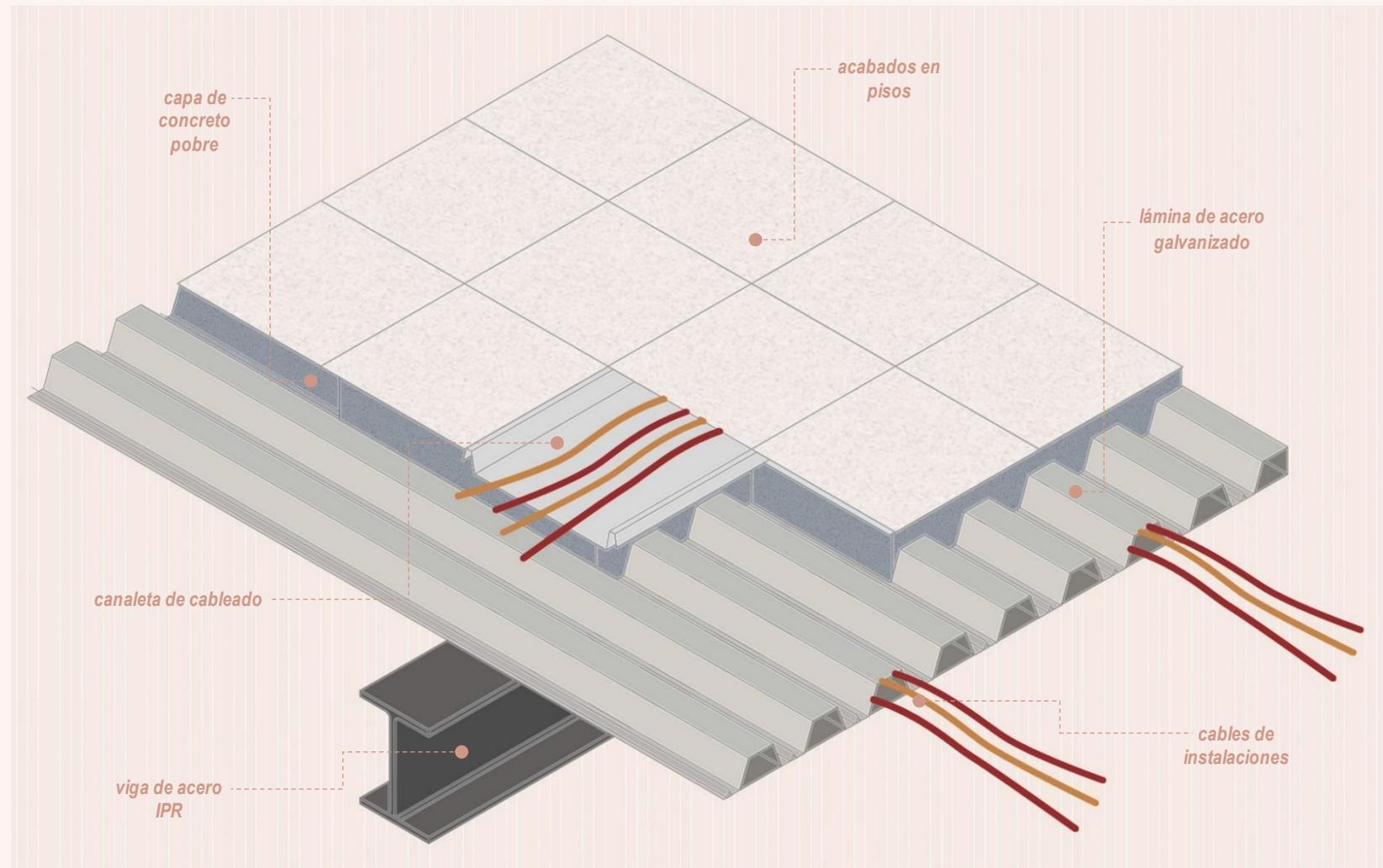
Acabado

Para el acabado final la losacero puede **quedarse aparente** (dejar al descubierto o visible la estructura), o se puede **agregar un plafón de tablaroca** para darle una terminación más estética si así se desea o es el caso.

165

Con esta losa también puede obtenerse mayor aislamiento acústico rellenando las cavidades con fibra de vidrio.

Se pueden incorporar canaletas de cableado a las capas de compresión de la losa. En algunos casos estas canaletas pueden implicar una reducción efectiva del canto estructural de la misma y problemas en mantenimiento.



Zeno Ramos, B. (2023). *Instalaciones*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Pasos de instalaciones losacero

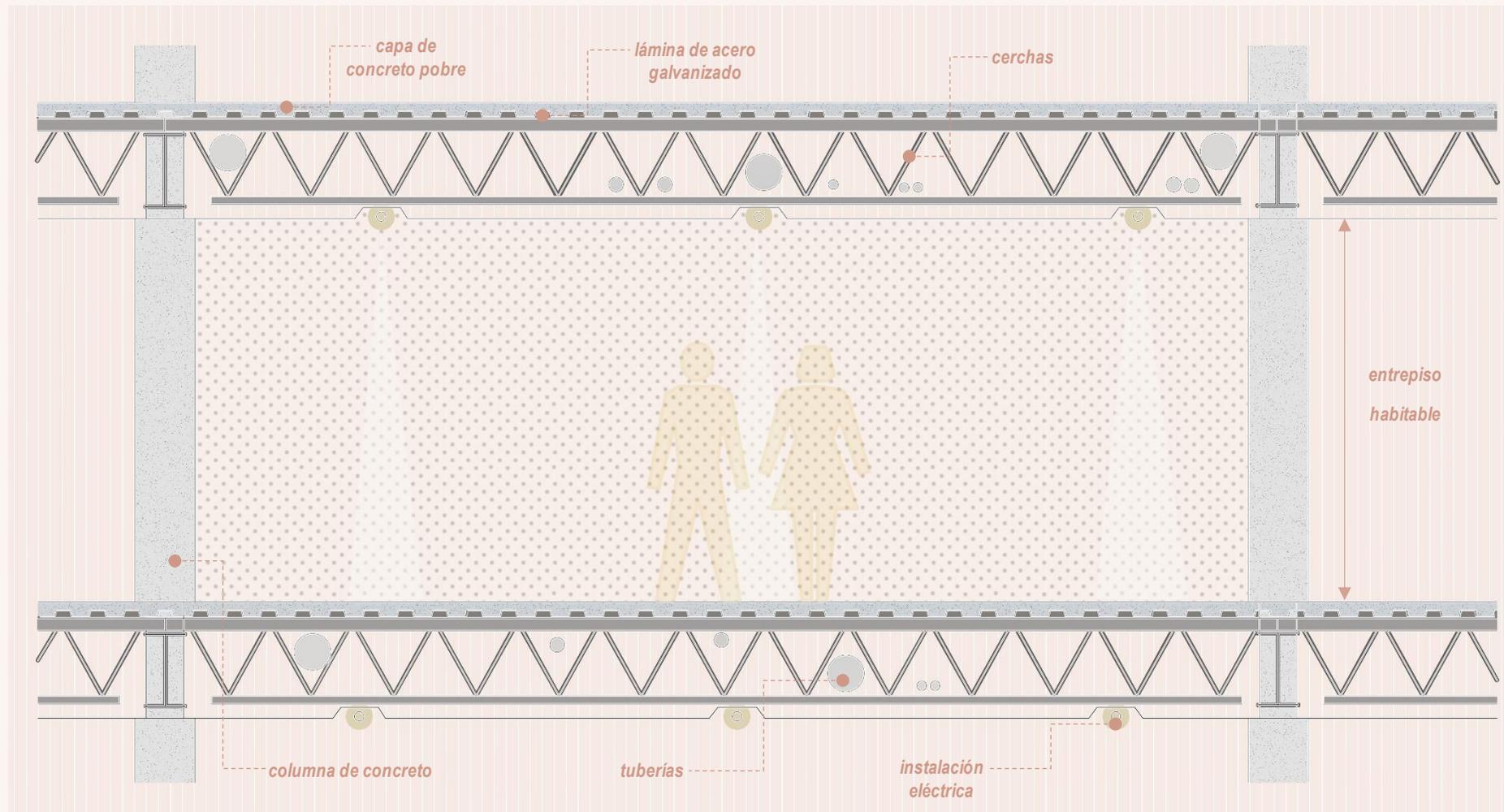
En el caso de la losacero es aquel que se ejecuta soldando una **lámina grecada con una plana**, de modo que se forman una **serie de espacios o conductos (espacio vacío)** para el cableado eléctrico y de telecomunicaciones, y dispone de cortes especiales para los huecos de la losa.

En el caso de cubiertas se pueden aplicar directamente aislamientos rígidos sobre la lámina, sin necesidad de contar con un recubrimiento de concreto.

Las **almas abiertas** permiten el **paso de instalaciones**. Los techos pueden fijarse o colgarse del cordón inferior si se necesita un espacio adicional para las instalaciones; también puede omitirse el techo y dejar a la vista las viguetas y la cara inferior de la losa.

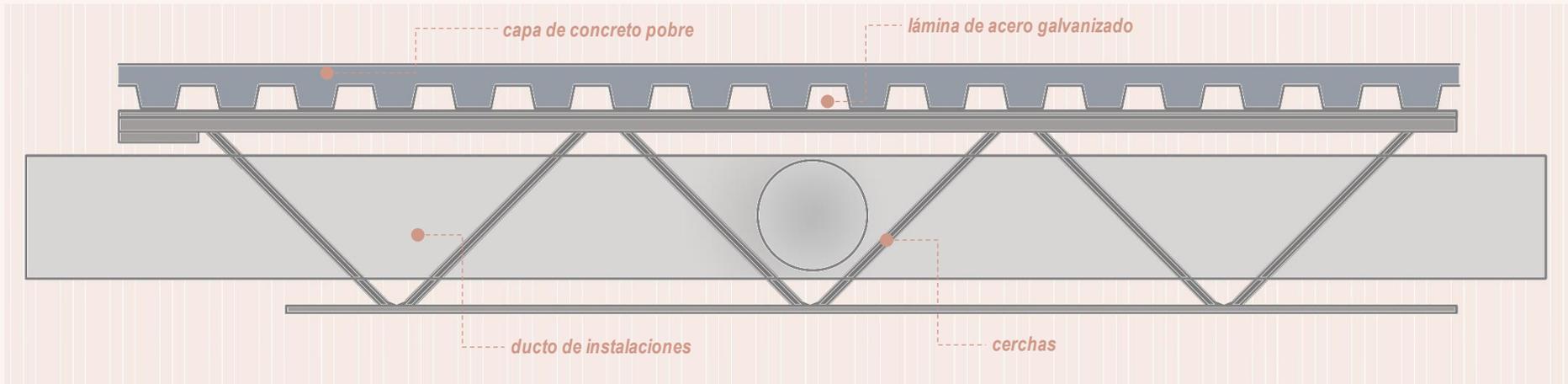
Los **conductos horizontales** dentro del canto de un elemento portante horizontal tienen restringidas sus dimensiones, por ejemplo, el diámetro máximo que pase entre las diagonales de una vigueta de alma abierta será de la mitad del canto. La colocación de los conductos de aire a través de vigas de celosía o viguetas de alma abierta **reduce la flexibilidad** de adaptar la instalación a futuras demandas.

La distribución de las instalaciones a través de los elementos estructurales es adecuada cuando dichos elementos tienen un canto significativo e incorporan aberturas lo bastante grandes para el paso de conductos y tuberías.



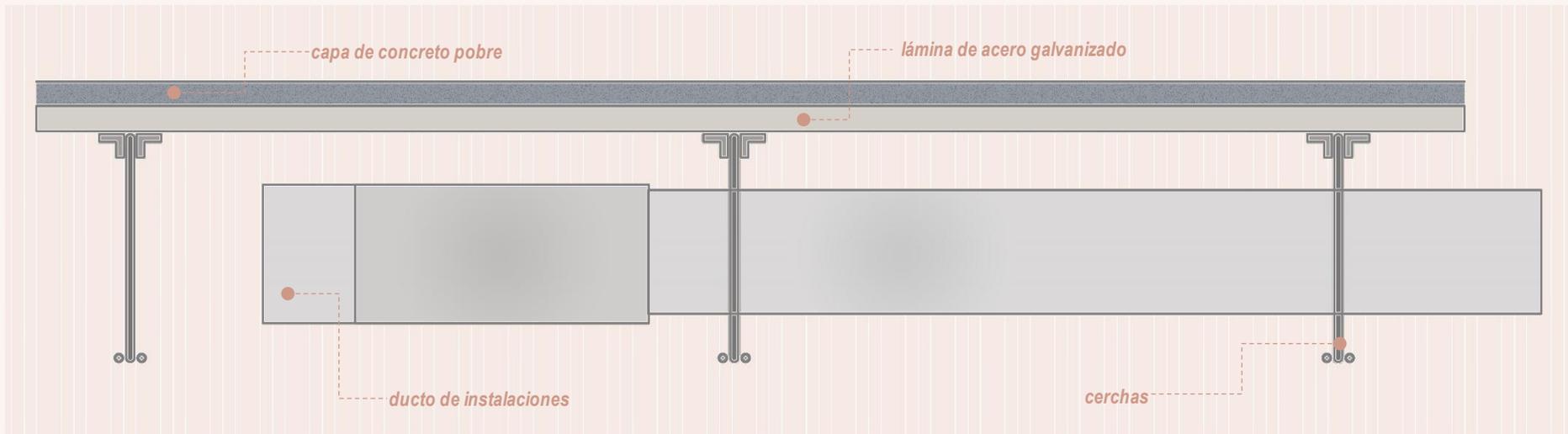
149

Zeno Ramos, B. (2023). *Viguetas de alma abierta*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.



150

Zeno Ramos, B. (2023). *Paso de instalaciones en cerchas.* [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

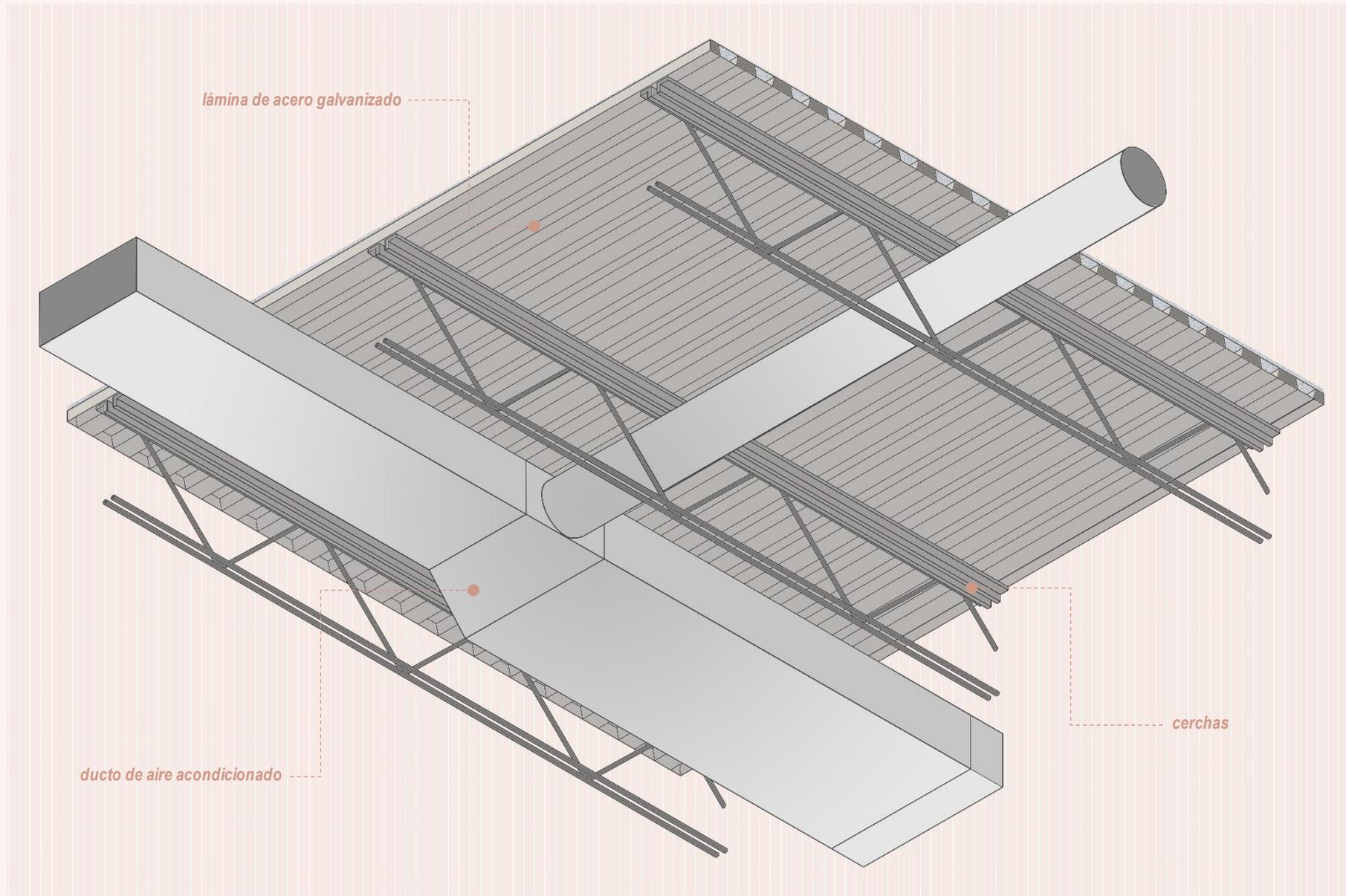


151

Zeno Ramos, B. (2023). *Corte de cerchas y paso de instalaciones.* [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Cuando las viguetas de alma abierta se apoyan sobre vigas de acero, los **conductos de ventilación** y las **redes de fontanería** deben pasar por debajo de las mismas, a no ser que las vigas se modifiquen para permitir el paso de las instalaciones **a través de sus almas.**

Las viguetas de alma abierta permiten el paso de las instalaciones a través de su alma, también pueden discurrir en paralelo a las viguetas.



Zeno Ramos, B. (2023). **Disposición.** [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

El apoyo de las viguetas de alma abierta sobre cerchas o vigas de celosía puede permitir que las instalaciones que discurren en paralelo a las viguetas atraviesen las vigas.

Los huecos pequeños pueden salvarse soportando las viguetas en brochales sencillos de perfiles angulares que apoyen en las vigas.

Las vigas pueden modificar su forma o sufrir perforaciones para permitir el paso de instalaciones.

En algunos casos, el alma de las jácenas o vigas de acero de mayor porte puede perforarse para el paso de conducciones, reforzando los bordes de la perforación con chapa de acero. La localización y el tamaño de tales perforaciones y sus refuerzos deben calcularse cuidadosamente.



Zeno Ramos, B. (2023). Perforaciones. [Fotografía].

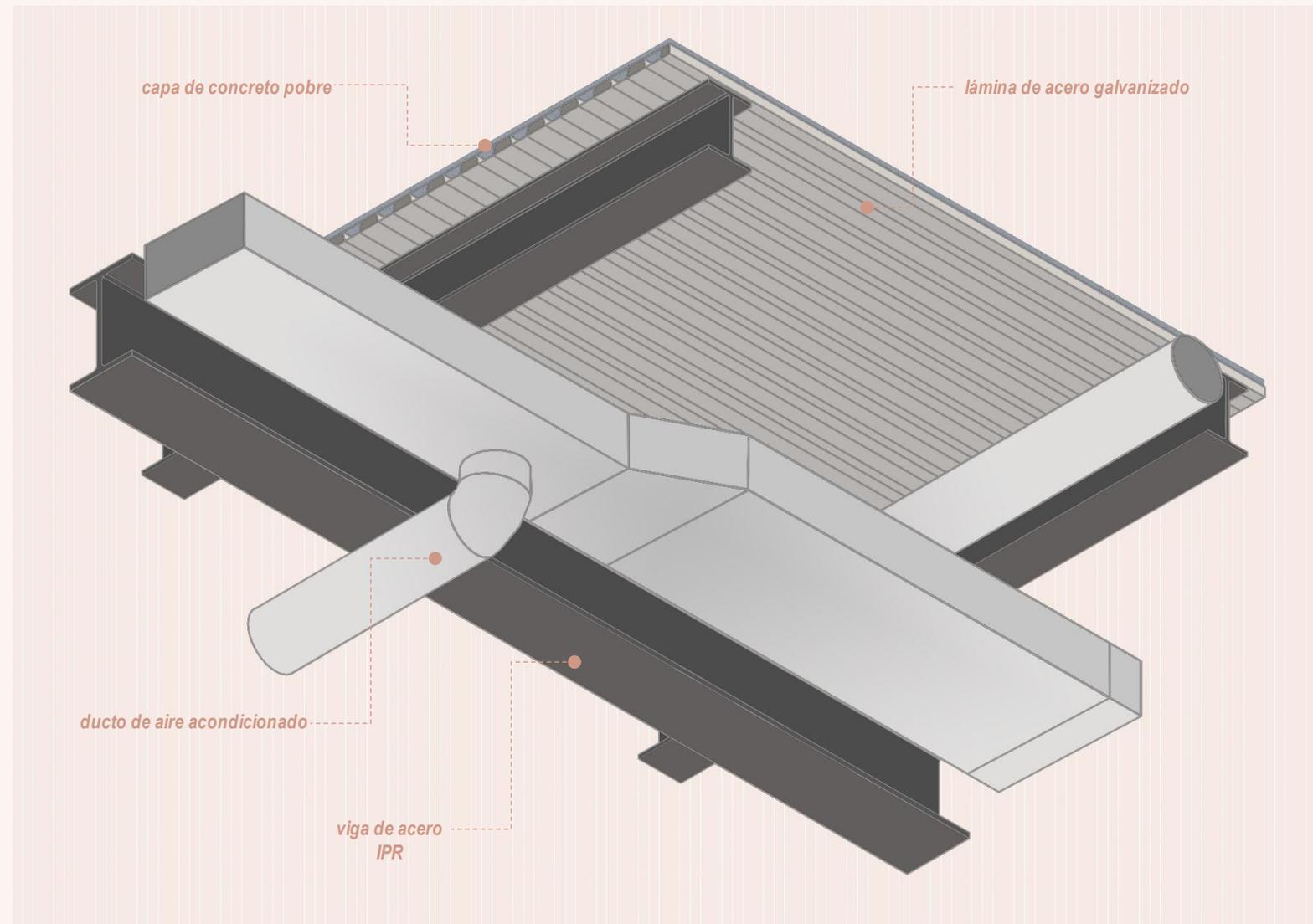
Distribución horizontal de instalaciones por debajo de la estructura

Cuando las instalaciones se colocan por debajo de la estructura de la losacero, la capa horizontal inmediatamente por debajo de la estructura se reserva para los **conductos de ventilación**. Las líneas distribuidoras principales de ventilación deberían **correr en paralelo a las jácenas o vigas maestras**. La capa inferior normalmente se reserva para los sistemas de iluminación y de rociadores automáticos, que se extienden a lo largo del falso techo.

Los **falsos techos**, los componentes eléctricos, los conductos, los registros y todos los **elementos suspendidos** deben estar convenientemente arriostrados para hacer frente a las **cargas laterales** y a los **empujes** hacia arriba que pueden sufrir durante un terremoto.

Para el predimensionado, conviene reservar unos 45 cm por debajo de la parte más baja de la estructura para alojar las instalaciones. (Ching, F., D., 2014).

Los puntos de iluminación y los sistemas de rociadores automáticos a menudo se sitúan en un plano propio (generalmente el inferior) dentro del conjunto de elementos alojados en el falso techo, por razones de flexibilidad y facilidad de mantenimiento.



Zeno Ramos, B. (2023). *Integración de instalaciones*. [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Los conductos de ventilación y retorno se **sitúan** por lo general por **encima** de los sistemas de iluminación y de rociadores automáticos.

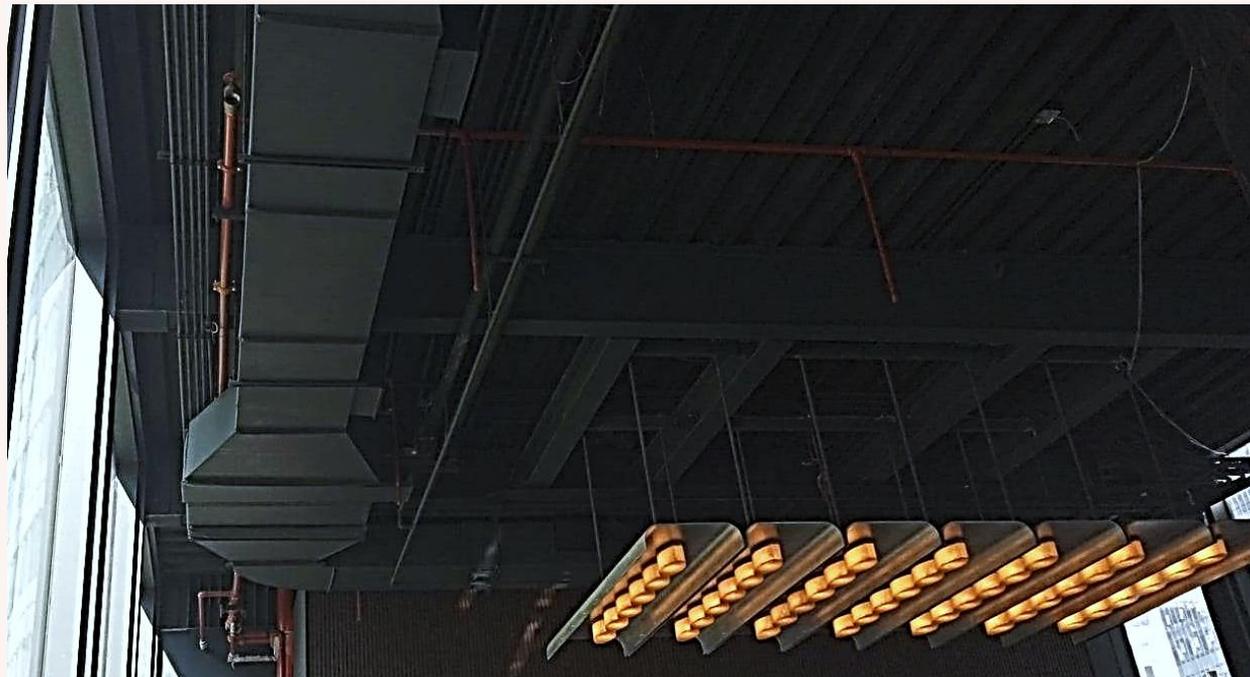
Reservar una **zona vertical** para distribuir los conductos de ventilación proporciona cierta **flexibilidad** para coordinar la localización de registros, puntos de iluminación y rociadores.



30

Los sistemas de techos suspendidos resultan eficaces para ocultar las instalaciones situadas bajo el forjado, al tiempo que permiten el acceso para mantenimiento y posibles modificaciones futuras. (Ching, F., D., 2014).

*Zeno Ramos, B. (2023). **Ocultar.** [Fotografía].*



31

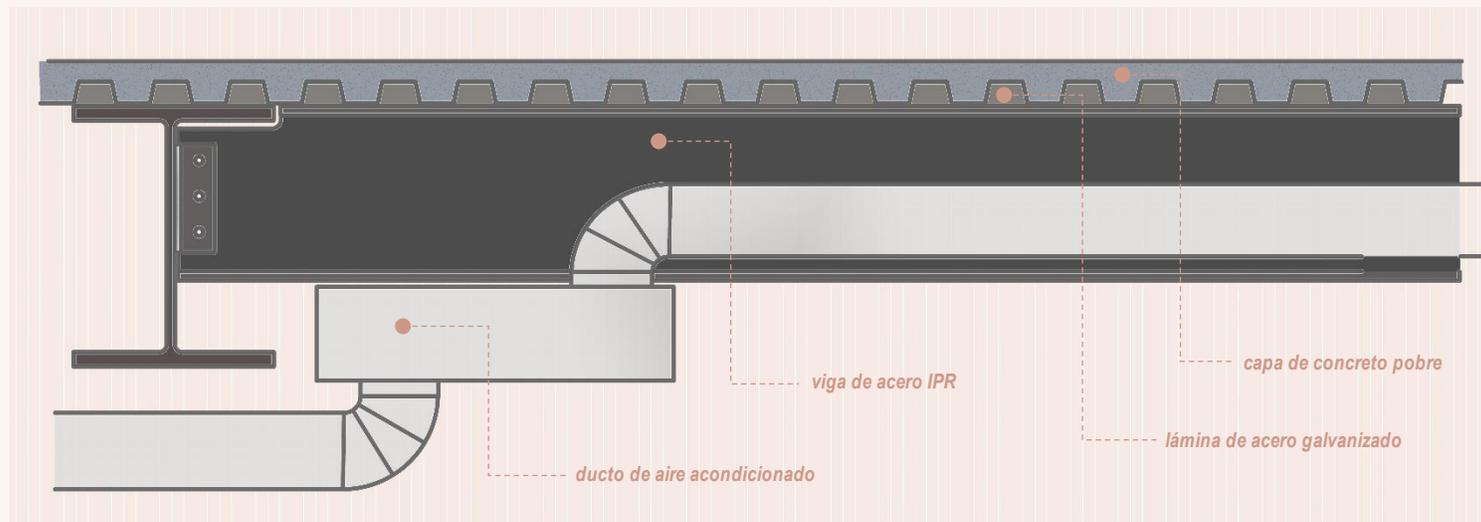
Si las instalaciones bajo la losa van a quedar a la vista, debe aplicarse especial cuidado para conseguir la disposición y la apariencia deseadas.

*Zeno Ramos, B. (2023). **Exposición.** [Fotografía].*

Cuando las jácenas y las vigas de acero **comparten el mismo plano**, los conductos de ventilación pueden **discurrir entre las vigas**, pero deben pasar por **debajo** de la jácena. Si la jácena está situada por debajo de las vigas, las instalaciones pueden pasar por **encima** de ella, pero se incrementa el canto total de la losa.

Cuando sea necesario pueden modificarse y reforzarse las vigas de acero para alojar las instalaciones dentro de sus alas. También pueden fabricarse vigas a medida inclinadas, acarteladas o aligeradas con el fin de liberar espacio para las instalaciones.

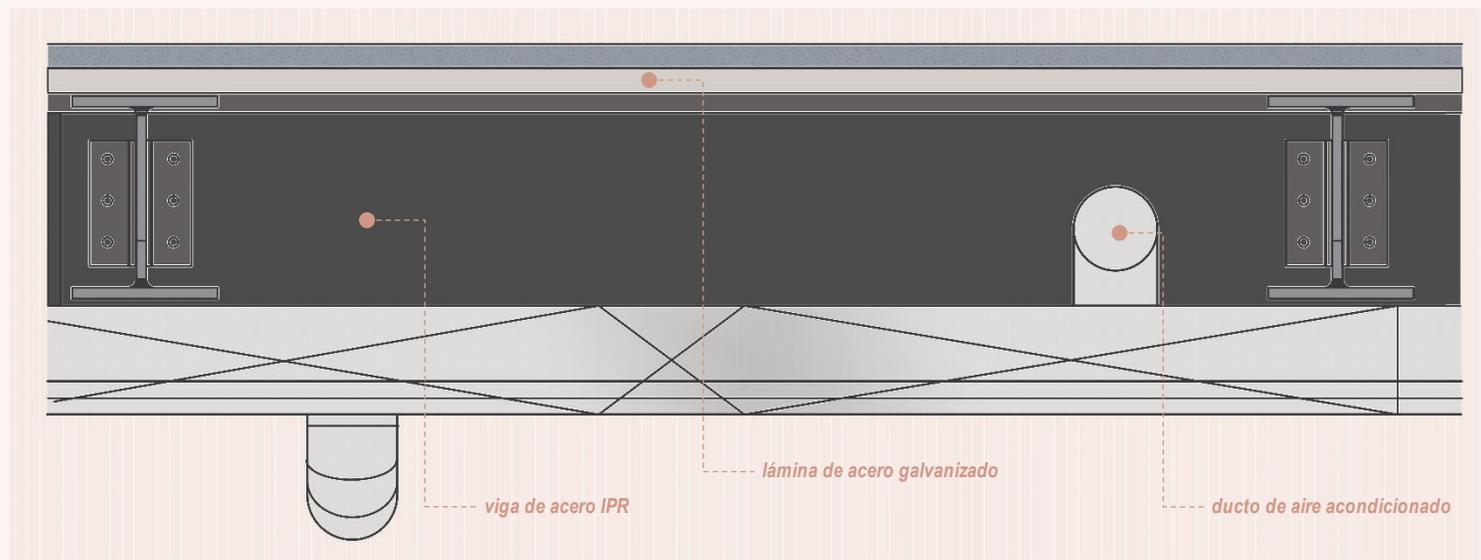
Los conductos de ventilación que discurren en perpendicular a las vigas deben situarse bajo estas.



154

Zeno Ramos, B. (2023). **Modificaciones.** [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

Los vanos y vacíos deben acoplarse a la modulación entre vigas. Si es inevitable que sean más grandes que aquellas, en tal caso hay que implantar un armado extra.



155

Zeno Ramos, B. (2023). **Ductos de aire acondicionado y vigas de acero.** [Imagen]. Basado en Ching, F., D., et al, 2014.

IV

TEMAS

01

TRIDILOSA

Estructuras de cubierta

Según va creciendo la escala de una estructura, pueden ser necesarias unas **líneas interiores de soporte** para mantener las luces de la cubierta dentro de unos límites razonables. Siempre que sea posible, estas líneas de soporte deberían reforzar la **calidad espacial** de los volúmenes que quedan definidos por la forma de la cubierta.

Cuando se necesita un lugar que se encuentre libre de soportes por tramos largos, funcionalidad y sea necesario un **espacio diáfano**, como es el caso de estadios deportivos y salas de conciertos, será necesario recurrir a **estructuras de grandes claros**.

En este tipo de edificios se requerirá un sistema estructural adecuado y capaz de resistir los **grandes momentos de flexión** producidos por las luces de la manera más eficiente posible, sin sacrificar por ello la seguridad.

La distancia entre pilares debe ser la **máxima posible** para **dotar al espacio de la mayor flexibilidad**. Las flechas y deformaciones constituyen un factor determinante en las estructuras de grandes luces. El canto y las dimensiones de cada uno de los elementos de la estructura suelen estar más condicionados por el **control de la flecha** que por los esfuerzos producidos por la flexión.

Cuestiones estructurales

La **escala** es fundamental para determinar la **forma estructural**. En estructuras consideradas pequeñas como viviendas unifamiliares o edificios, las demandas estructurales pueden resolverse por sistemas sencillos que hagan uso de diversos materiales.

En las estructuras de gran tamaño las **cargas gravitatorias verticales, laterales sísmicas y de viento** pueden restringir los materiales que pueden usarse, incluyendo que los distintos métodos constructivos condicionan el funcionamiento del sistema estructural.

Cuestiones de diseño

Otra decisión a la que debe hacer frente el proyectista es valorar hasta qué punto **debe quedar expuesta**, o incluso **enfaticada**, la estructura, puesto que debido a la gran escala de este tipo de estructuras, suele resultar difícil ocultar su presencia.

Siempre es preferible que las estructuras de grandes luces sean **simétricas** para obtener **condiciones equilibradas de carga**. (Ching, F., D., 2014).

Antecedentes

La tridilosa es un sistema constructivo estructural de entrepiso tridimensional mixto, conformado por acero y concreto. Es un **sistema multifuncional**, puede utilizarse en la construcción no solo de edificios, si no de puentes ya sea vehiculares o peatonales, domos, etc.

Uno de sus puntos principales es **optimizar, racionalizar el diseño** y construcción de estructuras empleando concreto y acero.

El principio rector de su funcionamiento es la consideración de la **flexión** (compresión y tensión), la **torsión** (sólo de forma secundaria) y el **cortante**. (Castillo Juárez, H. 2016).

En este caso el concreto toma los **esfuerzos de compresión** ocasionados por la **flexión**, que puede ir por arriba o abajo, si llegara a existir la inversión de momentos, la tensión ocasionada por la misma flexión se toma con el acero, la torsión con el armado transversal y el cortante con las diagonales espaciales (no contenidas en planos verticales) de diferentes perfiles estructurales de acero, las cuales trabajan a tensión y compresión puras. (Castillo Juárez, H. 2016).

¿Qué es lo que la hace diferente?

La distinción más importante con las losas de concreto armado y otros sistemas constructivos de entrepiso, es que la tridilosa **no contiene concreto de relleno**.

El concreto en la parte del cordón de compresión trabaja a un **esfuerzo continuo** en una sección rectangular.

El concreto es variable en una losa o trabe dependiendo de la profundidad del punto donde se mide el esfuerzo pero en este caso no lo es, lo que hace que exista un **ahorro aproximado del 66% del concreto** que normalmente se utilizaría.

Lo anterior conlleva a que el peso final de la losa o trabe disminuya considerablemente. En la tridilosa **no ocurren** esfuerzos distintos de los de **tensión y compresión**, a no ser de forma secundaria (esfuerzo en los nudos soldados).

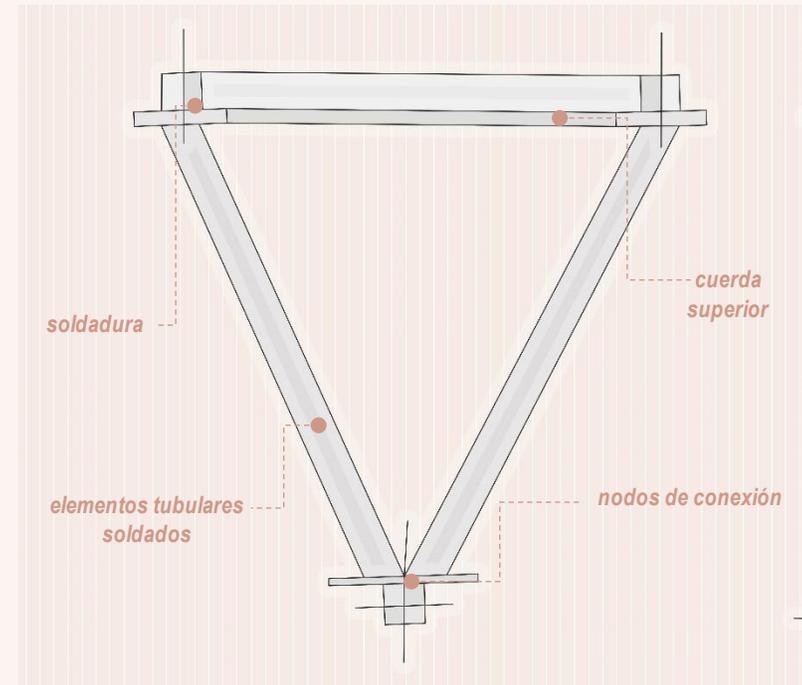
El área necesaria de la capa de compresión de la tridilosa es igual a la mitad del área necesaria en la losa o trabe de concreto armado. (Castillo Juárez, H. 2016).

Las **diagonales** se colocan entre las dos capas formando de esta manera pirámides, según las necesidades requeridas en el momento estas pueden ser una, dos, tres, o cuatro.

La **capa superior** tiene un calibre adecuado para que la losa de concreto absorba los esfuerzos debidos a los **cambios de temperatura**.

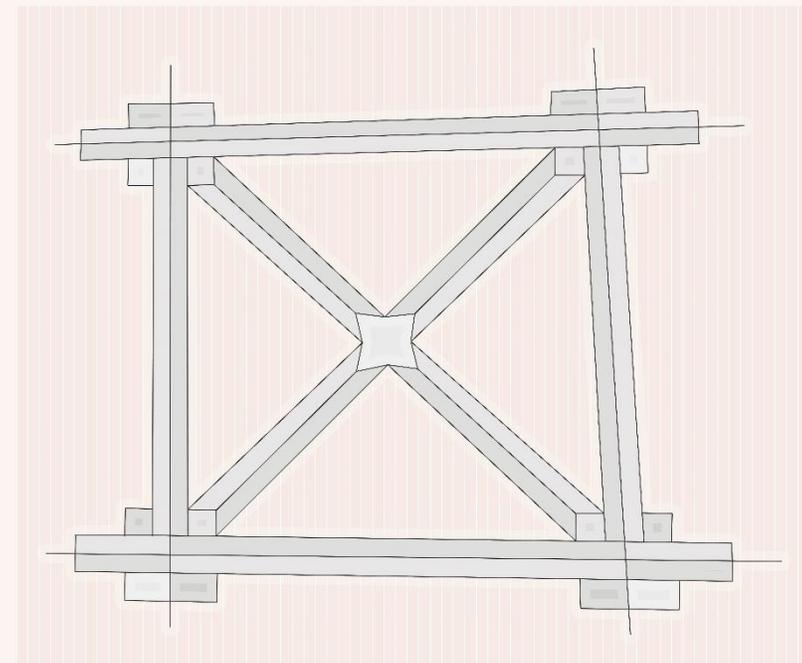
Los **nudos** se forman mediante placas de acero que tiene como función **conectar las diagonales** entre sí, y para unir las a las barras que toman la tensión. La extensión y espesor de la placa, se diseñan de acuerdo con la fuerza que se necesita resistir.

Vista de planta y alzado donde se aprecia la geometría que compone un solo modulo.



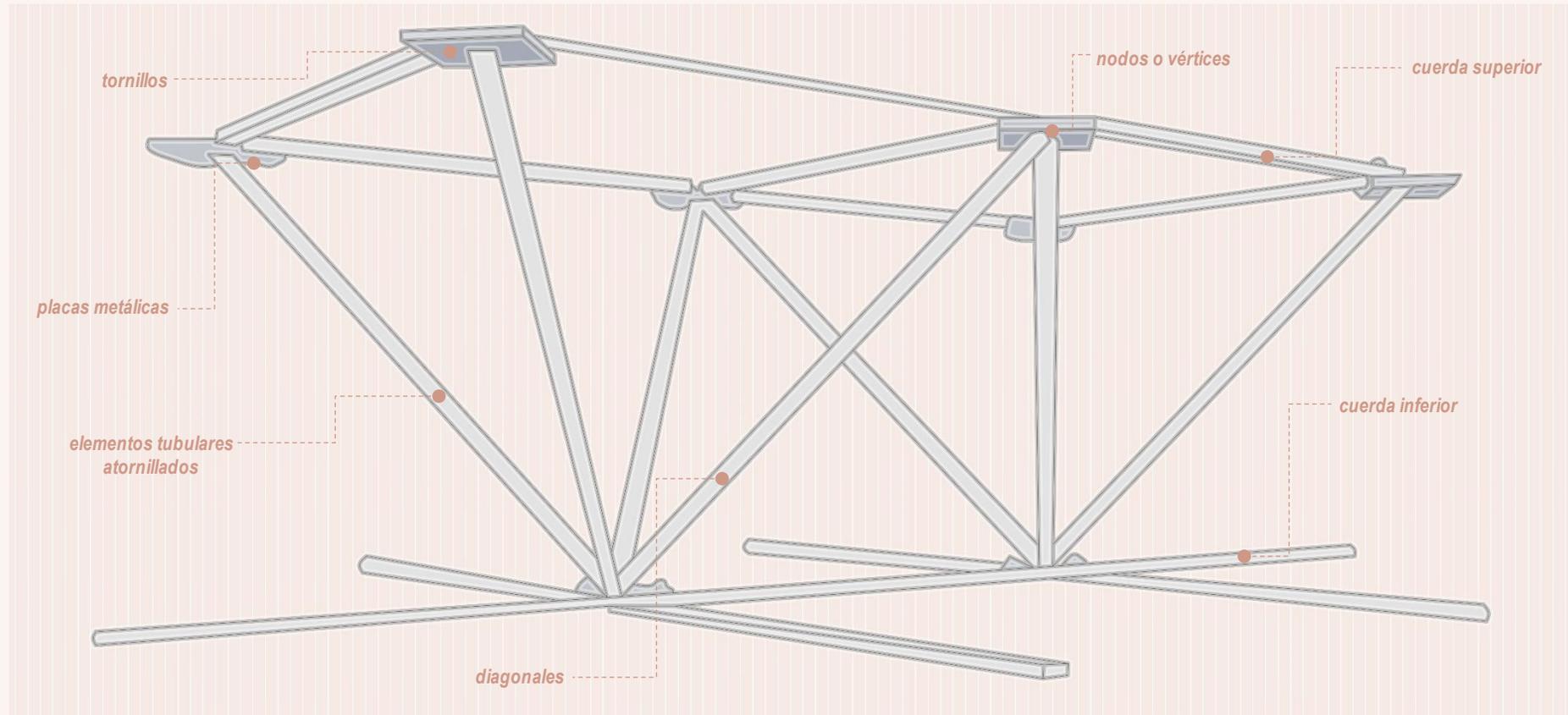
156

Zeno Ramos, B. (2023). *Modelo modulo en alzado. [Imagen].*



157

Zeno Ramos, B. (2023). *Modelo modulo en planta. [Imagen].*



Zeno Ramos, B. (2023). *Unión de dos módulos.* [Imagen].

La **soldadura** debe ser suficiente para transmitir la fuerza que soporta el perfil angular. El tipo de soldadura que se utiliza depende del tipo de acero empleado en el diseño.

Materiales utilizados

Todo el **acero utilizado es estructural**, tanto el redondo, que son varillas como los diferentes perfiles estructurales de ángulos, tubos y placas. Una característica es que los nudos que forman las pirámides por medio de diagonales espaciales, en el lecho y superior e inferior, se tienen que unir con una soldadura y colar con una losa de concreto.

La tridilosa es un sistema estructural tridimensional distinto, versátil y económico en comparación con otras losas.

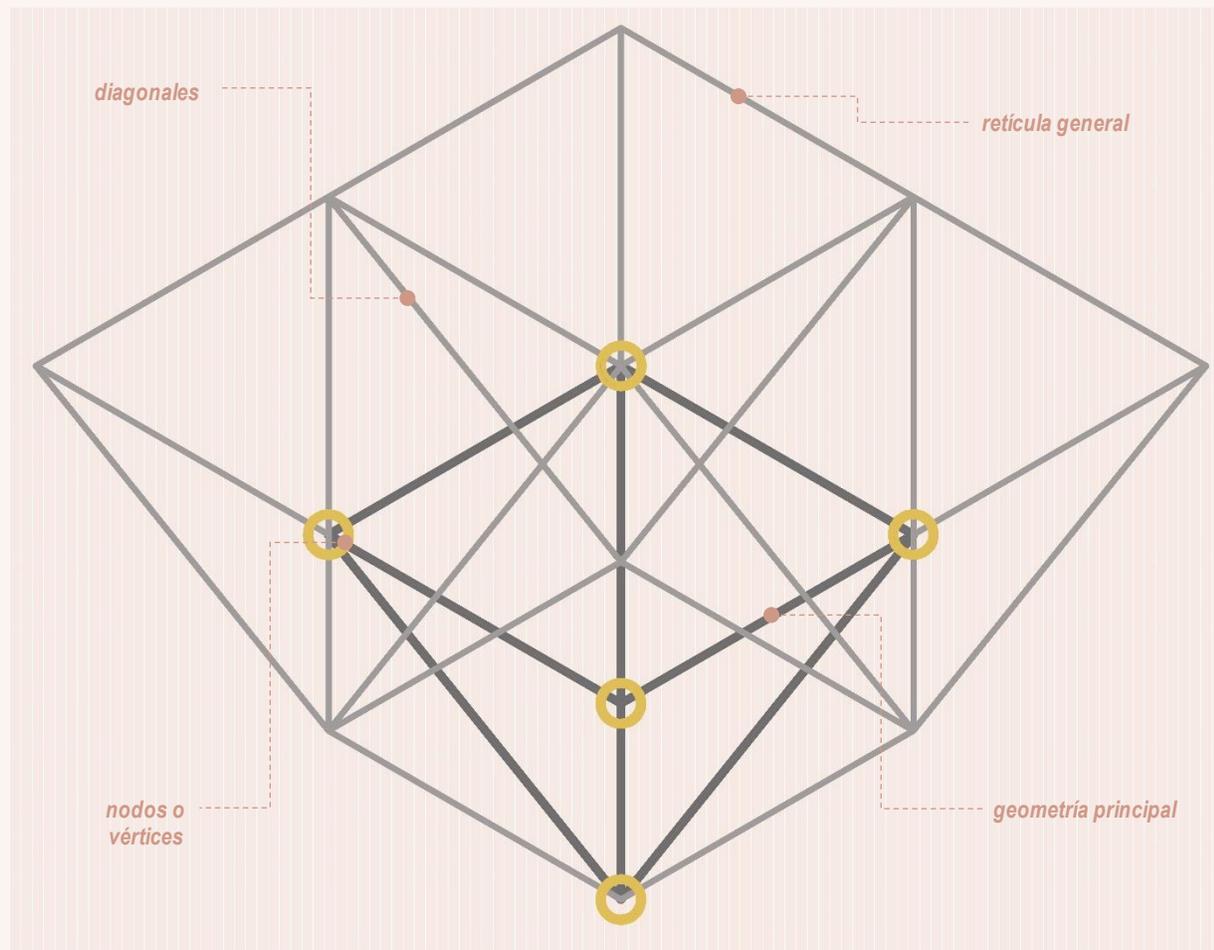
Propiedades geométricas

El **sistema de fabricación** se basa en tres elementos fundamentales:

1. Tridicapiteles.
2. Triditrabes.
3. Tridilosa.

Las **columnas de apoyo** quedan situadas al **centro** de los tridicapiteles. La integración de los **tres elementos básicos** con las columnas, constituye un sistema estructural en el cual los techos resultan planos.

Con esta geometría en su diseño, es una estructura que a medida que aumenta de peralte disminuye su peso.



Zeno Ramos, B. (2023). *Nodos y geometría de módulos*. [Imagen].

Ventajas

Las ventajas que se obtienen con esta estructura son:

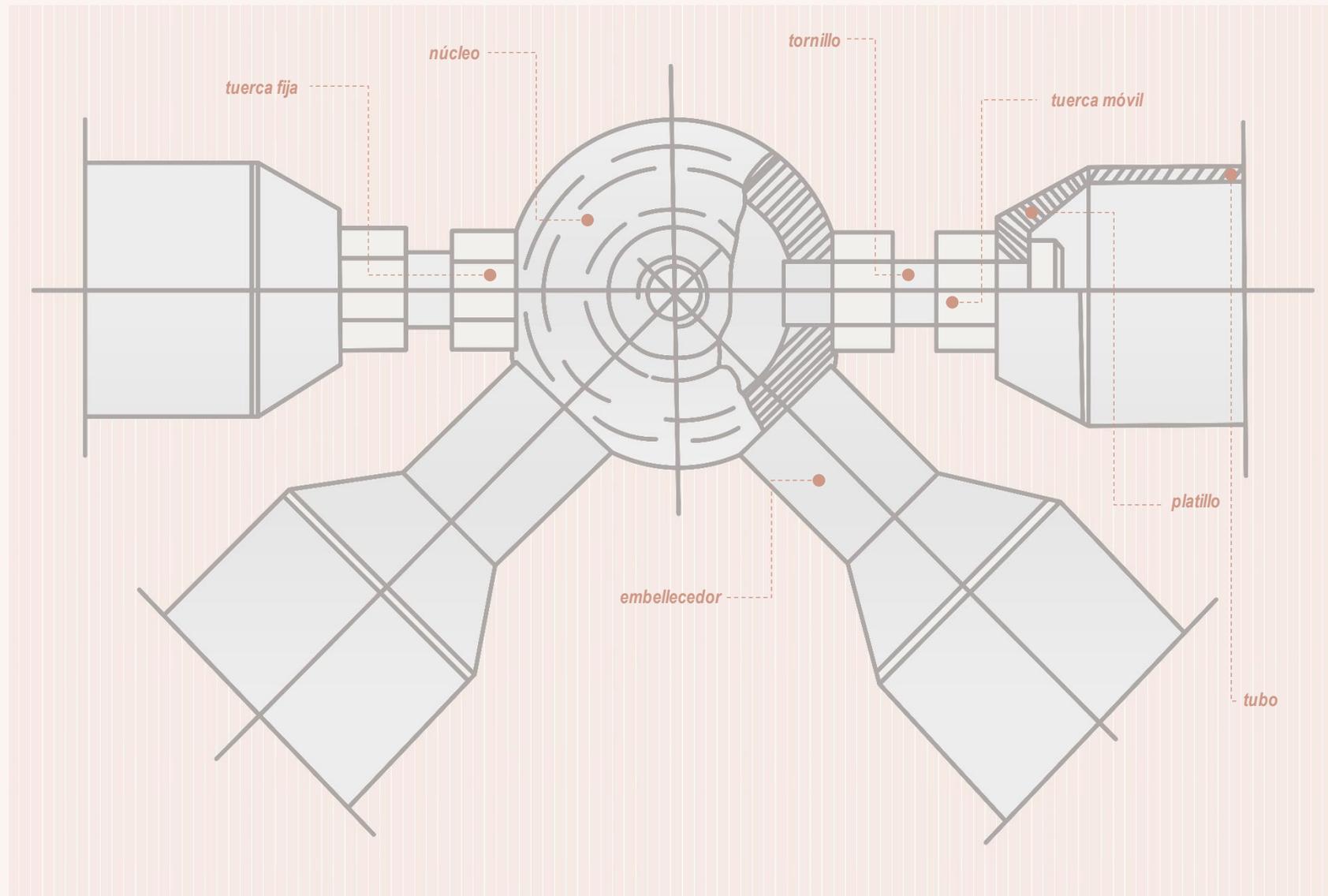
- 1.-La **transmisión de cargas** está plenamente definida.
- 2.-Todos los elementos, a excepción del piso, pueden ser **diseñados independientemente** unos de otros y por ello se les puede hacer trabajar con el máximo esfuerzo.
- 3.-Se forma un colchón de **aire térmico y acústico**.
- 4.-Es una estructura que a medida que **aumenta de peralte** disminuye su peso.

En el concreto armado sólo unas cuantas secciones transversales experimentan el **máximo esfuerzo** de diseño y en dichas secciones sólo los puntos más alejados del eje neutro lo toman.

En este sistema las traveses quedan determinadas con precisión. La tridilosa es una estructura que trabaja de manera simple, debido a que todas sus partes trabajan a **esfuerzos** simples de **tensión o compresión** y están sujetas al equilibrio debido a fuerzas concurrentes en un nudo.

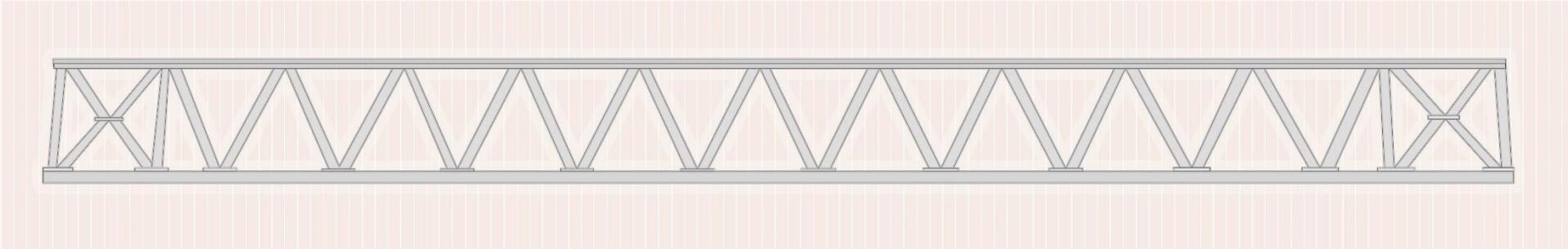
159

El sistema constructivo de tridilosa puede utilizar en la unión de los elementos de metal una unión por nodos.



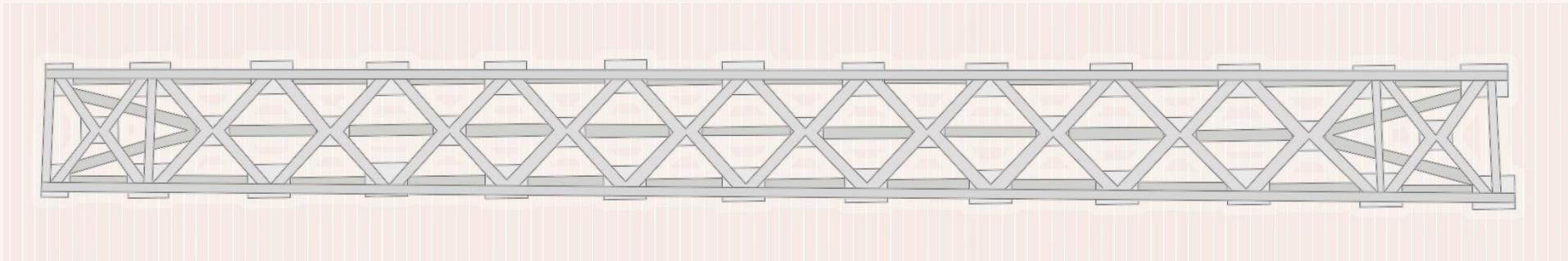
Zeno Ramos, B. (2023). **Nodo pieza.** [Imagen].

Los nodos son piezas de forma esférica en su centro con elementos en forma de "brazos" a sus lados que pueden moverse según la dirección de los elementos tubulares.



161

Zeno Ramos, B. (2023). *Armado de triditribas vista en alzado*. [Imagen]. Basado en Castillo Juárez, H., 2016.



162

Zeno Ramos, B. (2023). *Armado de triditribas vista en planta*. [Imagen]. Basado en Castillo Juárez, H., 2016.

180

Criterios de dimensionamiento

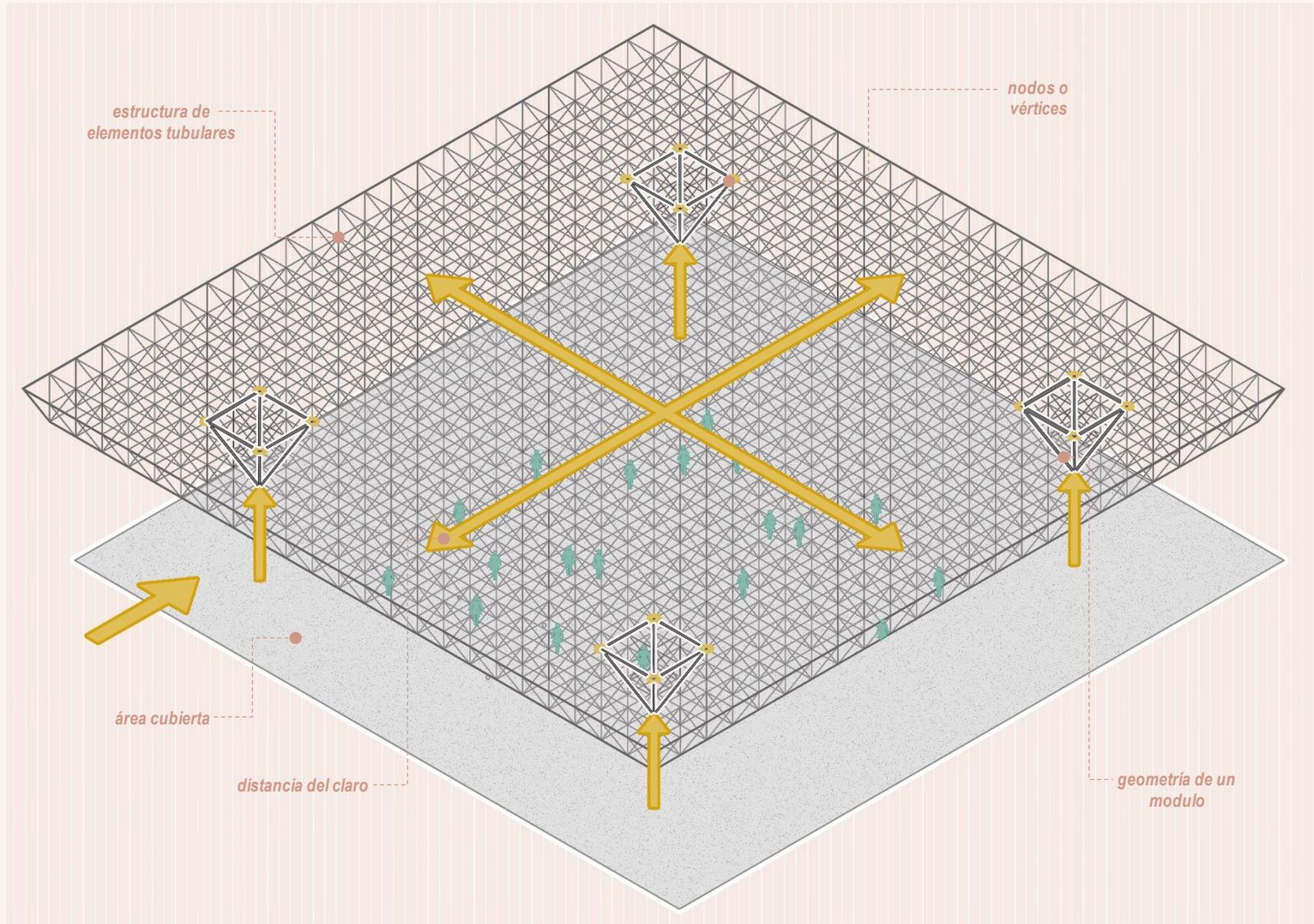
Los criterios de dimensionamiento por considerar son los siguientes:

- 1.-El **concreto** en la losa tapa deberá tener un **espesor mínimo de 6 cm y 10 cm** como máximo. (Castillo Juárez, H. 2016).
- 2.-El **peralte** de la triditribas se recomienda que tenga entre **1/10 y 1/12** de la longitud del claro que hay que cubrir. (Castillo Juárez, H. 2016).
- 3.-Es mejor si las **barras diagonales** son de la misma longitud y ancho que el módulo. (Castillo Juárez, H. 2016).
- 4.-Se recomienda que el **peralte** de la estructura tenga una **relación de 0.7071** de la longitud del módulo. (Castillo Juárez, H. 2016).

Vista de planta y alzado de la conjunción de varios módulos.

- 5.-La **extensión** de las **placas** y su espesor, sobre las que se forman los nudos, será de acuerdo con la sección de los perfiles.
- 6.-La **longitud** de la diagonal en un módulo no deberá ser mayor que **1.5** veces el peralte de la estructura.
- 7.-Se podrán utilizar **diferentes perfiles** de acero estructural.

El sistema de tridilosa está diseñado a partir de retículas estructurales tridimensionales basadas en la rigidez de la triangulación de elementos lineales.



Zeno Ramos, B. (2023). *Retículas estructurales tridimensionales*. [Imagen].

Consideraciones para la fabricación de la estructura

Se debe tomar en cuenta:

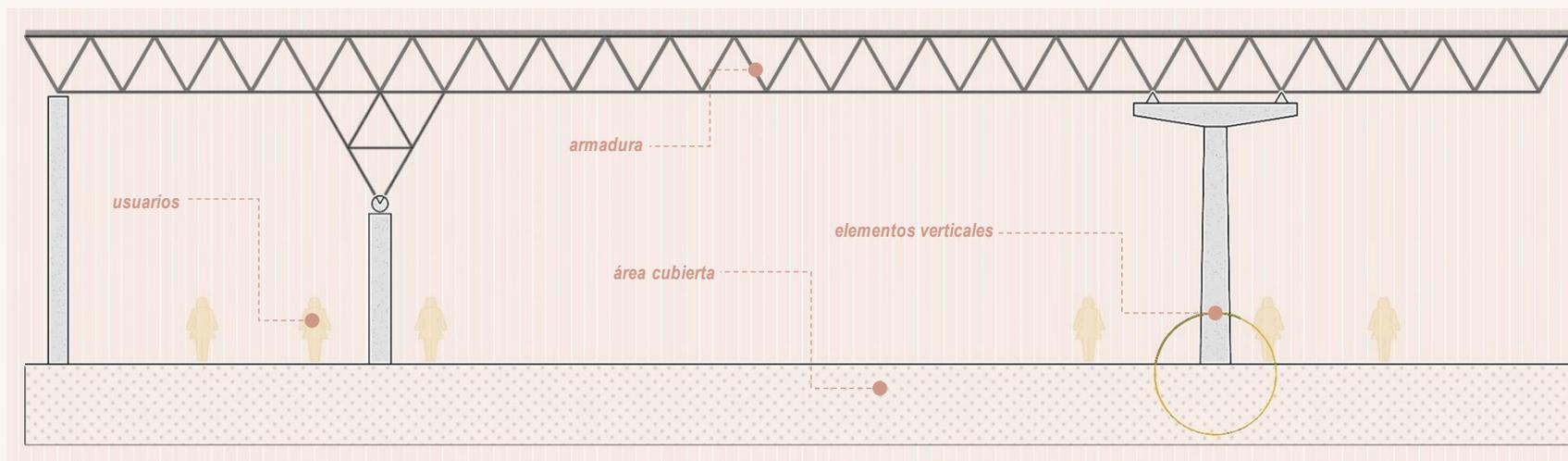
- 1.- Los **elementos**, tanto de la retícula superior como la inferior, los elementos diagonales, deberán ser rectos.
- 2.-El **acero** en el **cordón superior** y en el **inferior** será de la **misma calidad** si no lleva concreto, en cuyo caso el lecho que no lleva puede ser diferente del que si lo tiene. Los **elementos diagonales** pueden ser o no del mismo material que cualquiera de los dos lechos, pero siempre en acero.
- 3.-La **especificación N-1**, se aplica para la longitud del elemento (barra superior e inferior y diagonales) a partir de cuando este sale del concreto.
- 4.- En los **nudos**, el tramo de elemento queda embebido en el concreto, puede admitir curvaturas que se ajustarán a lo indicado en la especificación **N-801 del ACI** (American Concrete Institute).

5.- Cada elemento que **concurra** en un **nudo** deberá estar soldado a los elementos adyacentes.

6.- Considerando que los **nudos** quedarán embebidos en el concreto, en caso de que algunos de estos la especificación anterior no se cumpliera en forma adecuada, o que la soldadura aplicada no satisficiera las especificaciones generales, se podrán **usar conectores** que unan los elementos **deficientemente soldados** así no será necesario deshacer el nudo.

7.-Todos los **elementos de las retículas**, superior e inferior, deben quedar **dentro del concreto**, lo que se procurará tener el mínimo de lechos entre varillas. En caso de que por condiciones constructivas especiales se tuvieran que utilizar varios lechos, habrá necesidad de **engrosar la capa de concreto** en las zonas en las que los elementos de acero pudieran quedar al **descubierto**.

8.-Cuando haya necesidad de hacer **empalmes de las varillas**, el condón de soldadura deberá sujetarse a lo indicado.



164

La base o cimentación debe ser capaz de resistir cualquier momento de vuelco causado por las cargas laterales.

Zeno Ramos, B. (2023).

Percepción de espacio en tridilosa. [Imagen].

V

CONCLUSIONES

¿QUÉ SE PUEDE DECIR SOBRE TODAS?

01

Sobre las losas y contenidos, sobre los materiales didácticos.

Para el alumnado y futuros profesionales es fundamental comprender el comportamiento de los diversos **elementos estructurales** bajo **distintos estados de carga**, ya que de ahí se deriva la habilidad de elegir los materiales, las formas, las dimensiones y los sistemas constructivos más adecuados en cada caso.

Los tipos de losas vistos con anterioridad nos ayudan a entender las estructuras como **sistemas de elementos interrelacionados** que sirven para crear y dar soporte a los entornos habitables que denominamos arquitectura.

Como puntos de intersección de los temas abordados anteriormente es importante resaltar:

I. De **forma individual** existen en cada tipo de losa principios fundamentales que gobiernan el **comportamiento de los elementos**, sus conexiones y sistemas estructurales.

II. Que hay **cuestiones** que siguen siendo **esenciales** para todo tipo de edificio, con independencia de su escala, contexto o función.

III. Comprender los **tipos genéricos de sistemas estructurales** y ser capaces de **valorar** las **posibilidades** que ofrecen ciertos tipos de elementos y uniones estructurales. (Piralla Meli, R., 2002).

IV. Antes de que los distintos **elementos** puedan ser **aislados** para su estudio y cálculo, es importante que se comprenda **cómo se acomoda el sistema estructural** y soporta de manera global las formas, los espacios y relaciones derivadas del programa o de la integración en el lugar de un proyecto arquitectónico.

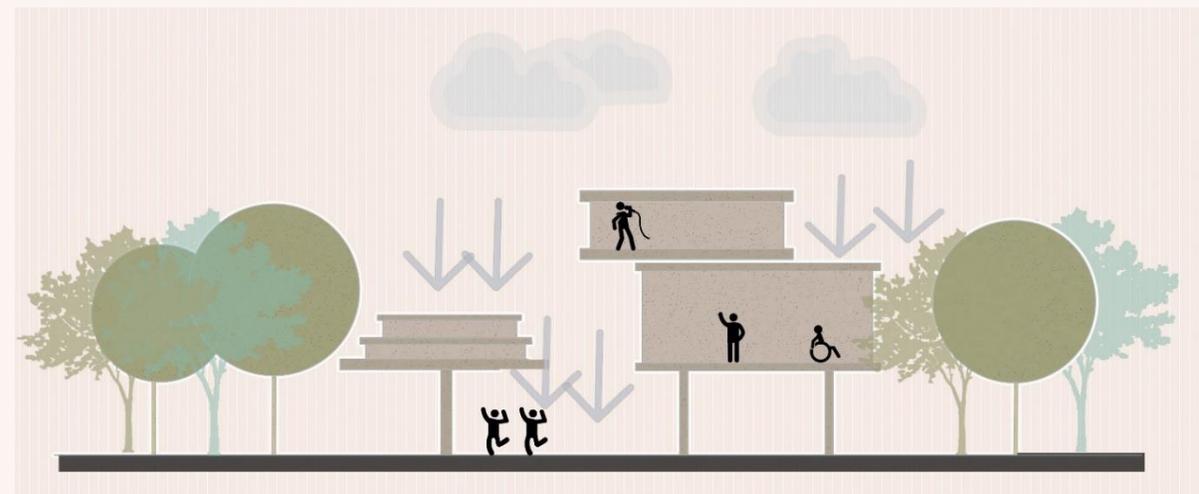
V. Con independencia del **tamaño** y la **escala** de un edificio, comprender los **sistemas físicos de estructura** y cerramientos que definen y organizan las formas y los espacios. (Ching, F., D., 2014).

VI. La **intención formal** de un **proyecto arquitectónico** puede venir ofrecido, dado, sugerido o impuesto por el emplazamiento y el contexto, el programa y la función, o por el propósito y el significado. (Piralla Meli, R., 2002).



Zeno Ramos, B. (2023). *Realidades que coexisten factores climáticos.* [Imagen].

165



Zeno Ramos, B. (2023). *Consideraciones con el usuario.* [Imagen].

166

184

Si tenemos las bases técnicas teóricas bien comprendidas al momento de abordar un proyecto, podremos verlo de forma integral, en coexistencia con el espacio, contexto, clima, usuarios, actividades.



167

VII. Al tiempo que pensamos en las **opciones formales y espaciales**, también deberíamos empezar a evaluar nuestras **opciones estructurales**, materiales, tipos de soportes, vigas, losas y arriostramientos. (Piralla Meli, R., 2002).

VIII. Pensar cómo pueden influir, apoyar o reforzar dichas opciones las **dimensiones formales y espaciales** de la idea de proyecto.

IX. La idea de proyecto puede obtener un tipo específico de configuración o distribución.

X. El emplazamiento y el contexto pueden sugerir un determinado **tipo de respuesta** estructural.

XI. Los **materiales** de la estructura pueden venir impuestos por los requisitos de la normativa técnica, la facilidad de suministro, la disponibilidad de mano de obra o bien por los costos.

XII. El **diseño** de una estructura debe concebirse como un **sistema**, que cuenta con subsistemas y elementos que se combinan de forma ordenada para cumplir con determinada función, que a su vez interactúan entre sí. (BiDi, 2023).

Al desarrollar un proyecto arquitectónico, independientemente de su escala o programa, los futuros profesionistas deben tomar una **serie de decisiones** en relación al proceso constructivo a adoptar. En esta elección influyen diversos aspectos que deben ser tenidos en cuenta para buscar la **solución más óptima**. Desde cuestiones estructurales, aspectos económicos, relacionados a la mano de obra disponible, cuestiones estéticas, entre otros. (ArchDaily México, 2023).

Con el diseño, desarrollo y ejecución de un sistema estructural que respalde un proyecto arquitectónico, podremos responder a aspectos sociales, económicos y culturales.



168

Zeno Ramos, B. (2023). *Diversos tipos de usuarios*. [Imagen].

Distribución horizontal de instalaciones

Las **instalaciones** se distribuyen a partir y hacia **huecos** y **espacios técnicos verticales**, a través de **espacios horizontales** situados entre los planos del techo y del suelo, dentro del canto total de cada forjado. La manera como se relacionan dichas instalaciones con el canto de los elementos portantes horizontales determina la **dimensión vertical** total del forjado, que a su vez tiene un efecto significativo sobre la **altura total** del edificio.

Hay **tres formas** fundamentales de distribuir las redes horizontales, o derivaciones de las instalaciones mecánicas: por **encima** del elemento portante horizontal, **a través** del elemento portante horizontal, por **debajo** del elemento portante horizontal.

El cableado y las tuberías de suministro de agua requieren poco espacio y pueden disponerse directamente en pequeñas **bandejas** o en **cavidades** de suelos y techos.

La **distribución de aire** requiere **conductos de suministro** y de **retorno** de un tamaño significativo, esto en el caso de sistemas en los cuales es importante un **nivel de ruido bajo**, o donde un pequeño diferencial entre la temperatura deseada y la del aire suministrado requiere un **gran volumen de movimiento** de aire.

Los **sistemas de climatización** plantean el mayor potencial de conflicto tanto con los **elementos horizontales** como con los **elementos verticales** de la estructura del edificio.

Aspectos a considerar

Debido a la constitución en cuanto a materiales, herramienta, mano de obra y tipo de construcción, **no todas las losas nos servirán** en muchos casos para **cubrir las mismas necesidades**.

También debemos **hacer una comparativa** en el **costo, beneficio** y **mantenimiento** que tendremos a largo plazo, puesto que algunos tipos de losas tendrán un **costo de ejecución considerable**, pero nos permitirán una reducción considerable de tiempos en obra y cubrirán claros más grandes, logrando que existan menos columnas, permitiendo que el **espacio arquitectónico** se pueda leer en general como un **lugar más amplio**.

Mientras que otros tipos de losas serán **relativamente más fáciles de colocar**, pero como resultado final tendremos un espacio arquitectónico con **más columnas**, se pudiera **percibir más pequeño** y sobre todo con **menor versatilidad** para el usuario.

VI

CIERRE

01

REFLEXIONES FINALES

¿Qué aprendiste durante el proceso?

Una vez que elegí esta forma de titulación, al igual que la materia para la que elaboraría el material didáctico, revisé los temas a tratar y comencé la investigación.

En un inicio **conté con información de sobra sobre algunos temas**, en cambio con otros, al ser sistemas relativamente un poco más “**contemporáneos**”, o que su **utilización en los procesos de obra** son poco comunes por diversas cuestiones, la información y los datos me resultaron un poco escasos, sobre todo los gráficos.

Por lo anterior, uno de los aspectos más fuertes con los que me quedo de este ejercicio es el **ejecutar una metodología de investigación** de una forma más concreta y única para mi propuesta, sobre todo pensar los **ejes rectores** o base.

También fue de mucha ayuda para guiarme hacerme la **pregunta ¿cuál era la información que realmente me serviría?**, puesto que como lo comenté anteriormente con algunos **excesos de información** y otros “**huecos**”, debía pensar de igual forma qué tipo de alumnos, personal docente, profesionistas o personas interesadas en el tema sería dirigido mi material, puesto que no deseaba caer en un **bombardeo de información** de un tema que frecuentemente es **técnico**.

Podría decir que una vez que logré centrarme en los que iban a ser mis **puntos de partida** continúe con el segundo punto: comenzar a pensar **cómo iba a encontrarse organizado mi texto** con la información para que estuviera listo para su presentación.

Comencé a plantear cuestiones del **tema editorial**, como la tipografía, distribución, tamaños y paleta de colores. La **colorimetría** y **letra** fueron aspectos que reflexioné bastante, debido a que el primero iba a ser parte del fuerte visual de la investigación, es decir tenía que ser una **gama de colores** que fueran lo más atractivo posible para quien fuera a leer la investigación, para que **al ser un tema técnico no fuera monótono y aburrido**, tampoco que hiciera mucho **ruido visual** para evitar desviarse de los temas, finalmente decidí una paleta que involucrará colores cálidos y fríos.

El **tipo de letra** y sobre todo el **lenguaje** fueron un factor determinante.

Durante la elaboración del trabajo fue un reto cuidar que no tuviera demasiados **tecnicismos** sin que se **perdiera el mensaje principal** y no desviarme de los puntos que planteé en un inicio dado que el **tema de la construcción es un ramo con bastante amplitud** que dificulta la decisión de los **apartados de mayor relevancia**.

Cómo se planteó a lo largo del trabajo **los sistemas estructurales funcionan como un conjunto que coexiste de manera igualitaria** desde el momento en el que se diseña, analiza y ejecuta, separar los elementos y hacer mención de algunos hizo difícil decidir hasta donde **contemplarlos** para no sesgar la información.

Deseaba finalizar con el mayor aprendizaje en este trabajo, y así fue.

Cuando contaba con las **cuartillas de información** correspondiente para cada tipo de losa fue complejo pasarlo de **manera gráfica, considerar las ocasiones** en las que los **esquemas tenían que ser más elaborados** porque así lo requería el contenido que describían y cuando valía la pena la **simplicidad** de los mismos para comunicar el **mensaje de forma clara y rápida** para que fueran entendidos sin mayor complejidad.

Sorprendentemente los **esquemas más sencillos** me causaron un mayor conflicto **al pensarlos, dibujarlos y acomodarlos**, en pocas palabras lograr la simplicidad.

En cuestiones generales, una investigación, aunque pueda ser considerada como una **recopilación**, debe tener un **tema central, subtemas, ejes rectores, fuentes de información escrita y gráfica** (confiable, con un punto de vista neutral), **complementada** con otros factores que la hacen **atractiva** y **digerible** para el posible receptor del mensaje, incluidos los **aspectos de diseño gráfico y editorial**.

Recursos que me hubiera gustado tener

Durante mi formación académica existieron diversos factores en común que terminaron por llevarme a esta opción de titulación; el primero es el hecho de que cuando tomé las clases que pertenecían al **área de tecnología**, como **estructuras** y **construcción**, ocurrieron varios problemas dentro de las mismas, no sólo que los profesores no se presentaran a las sesiones correspondientes, sino que muchas veces dentro del aula, al impartir la clase no contaban con un determinado **temario u orden de los temas**, lo anterior no fue un obstáculo para que dejaran trabajos relacionados a lo que se impartía, incluso a temas que ni si quiera eran mencionados durante las clases, así que cada uno de mis compañeros y yo terminamos abordándolos por medio de investigaciones propias.

Lo anterior destapaba la caja de Pandora, caía en cuenta de que algunos **textos de consulta** tenían **términos españoles** o de otra índole **diferente** a la **realidad del estudiante de arquitectura mexicano**.

El problema era desde el reflexionar o analizar, ponerlo en lo local, elaborar los entregables, el poco tiempo de entregas y proyectos, estos últimos como siempre tienen prioridad, pues **el número de créditos dentro del plan de estudios es mayor**.

Otra inquietud fue que nunca vi de **forma gráfica o en sitio** lo que estaba calculando, es decir, **falta mucha práctica** y enfrentamiento con la **realidad**, no conocí las diversas variables que se pueden presentar cuando estamos en obra.

Al ir desarrollando mi trabajo de investigación por apoyo a la docencia, tuve la oportunidad de hacer mi servicio social y laborar en una sede externa, donde me di cuenta de la **gran brecha que existía entre la academia y el mundo laboral**.

Asimismo, esta experiencia me demostró que **aprendía de forma más rápida y dinámica conociendo en primer plano** los materiales, procesos, usuarios, especialistas, etc., entonces elaborar un cálculo es mucho más fácil porque ya **sabía qué estaba calculando y dónde se encontraba**.

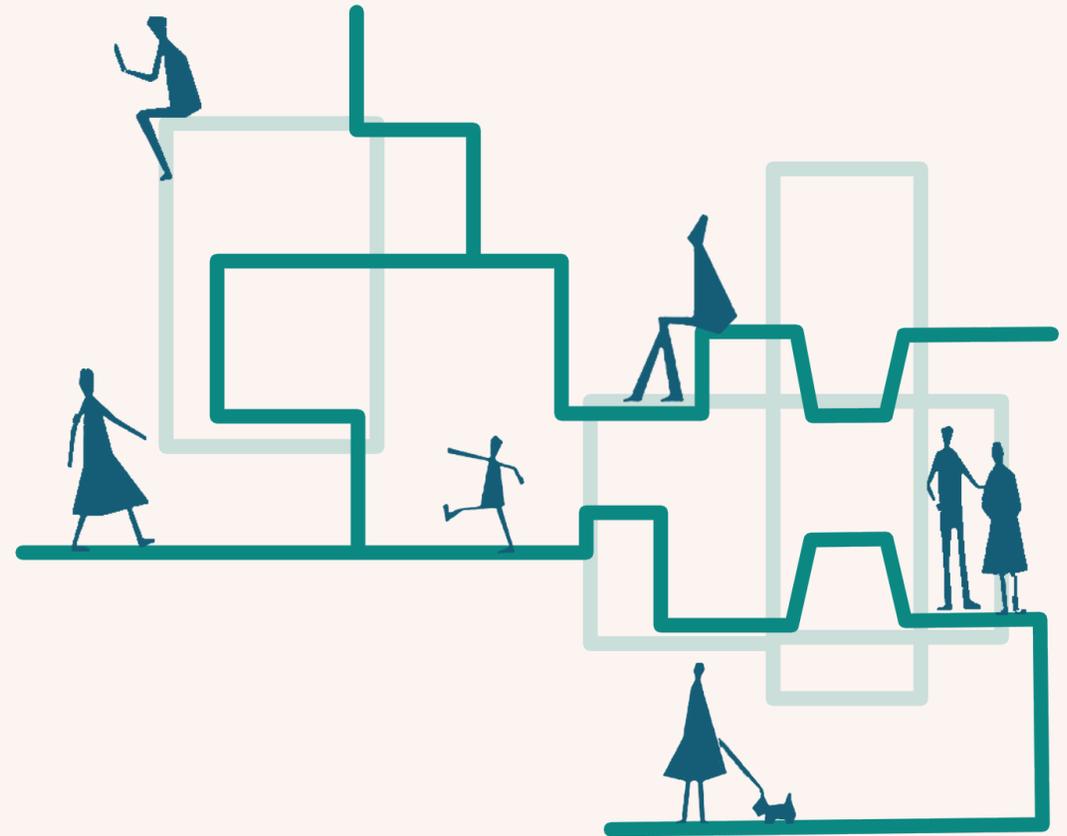
Concluyo que me hubiera gustado tener más **material gráfico orientado a la realidad y práctica o visitas en obra**, para conocer qué era **“físicamente”** lo que estaba **calculando**, porque considero que hay mucho **conocimiento en obra que no se encuentra escrito, sólo hablado y ejecutado**, que si bien estoy consciente de que aun así al egresar de la facultad no se tengan que reaprender y aprender cosas, quizás la brecha pudiera ser más pequeña que nos pudiéramos enfocar en **adquirir nuevos conocimientos** que nos hagan profesionistas más especializados.

También faltaron **recursos digitales, interactivos, videos de casos reales** al menos, éstos son ideales por la **practicidad y rapidez** con la que se puede **consultar la información**, debido a que también me tocó que a todo el grupo nos pedían leer un determinado libro y muchas veces no existían los ejemplares suficientes en la biblioteca, no era posible comprarlos o conseguirlos por fuera, ya que **no eran ejemplares que se consiguieran con rapidez o facilidad**.

Si se tuvieran **recursos digitales accesibles y dignos para todos**, será un acercamiento más real a la práctica.

¿Qué esperas de tus materiales?

Me gustaría que si bien no van a resolver todas las problemáticas que mencione anteriormente, sirvan en algún momento de **apoyo visual** o para ayudar a entender la **forma “física” y real de los elementos y materiales relacionados a las losas, las estructuras y el mundo de la construcción**; sobre todo que más profesores, profesionistas o alumnos y personas interesadas en el tema, cuenten con mi experiencia, que se animen a **compartir conocimiento gráfico y práctico**, que dentro de las limitantes sea más accesible para la comunidad.

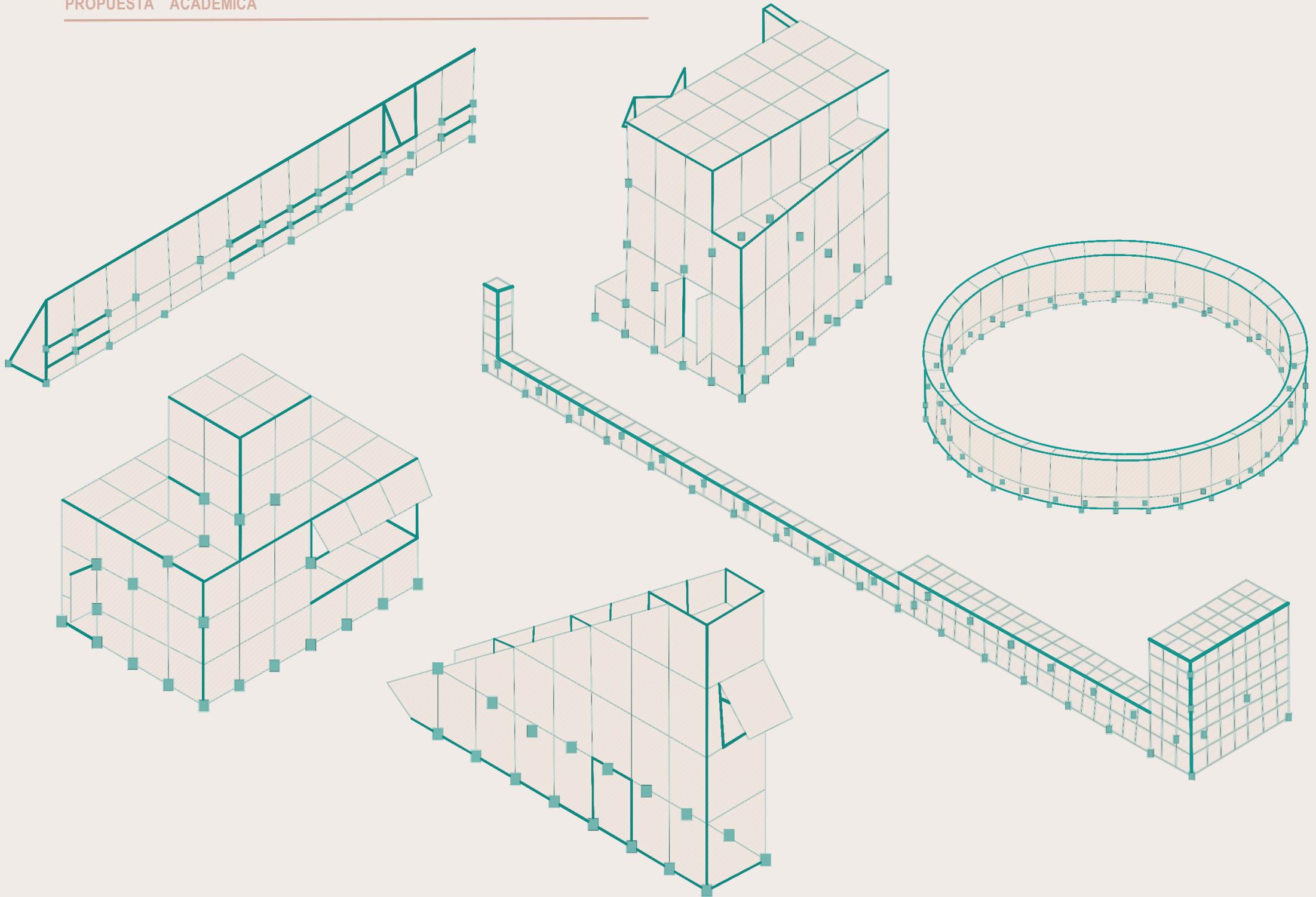


BIBLIOGRAFÍA

- Arnal Simón L., Betancourt Suárez M. (1920). **Reglamento de construcciones para el Distrito Federal**. (Ed. 10ª 2019). Lugar de publicación México. Editorial Trillas.
- Betancourt Ribotta R. (2001). **Manual técnico de losas prefabricadas PREMEX**. (Ed. 6ª 2013). Lugar de publicación México. Coordinación editorial Cabrera H. A.
- Castillo Juárez H. (2016). **Estructura tridilosa para grandes claros**. Lugar de publicación México. Editorial Trillas.
- Ching K. F., Francis D. K., Douglas Zuberbuhler. (2009). **Manual de estructuras ilustrado**. Lugar de publicación España. Editorial Gustavo Gili.
- Ferri Cortés J., Barba Casanova E., Pérez Sánchez V. R., Pérez Sánchez J. C., Corpus Orts Mas R., Pedrós Costa Eva. (2001). **Apuntes de iniciación a la construcción**. (Ed.1ª 2001). Lugar de publicación España. Editorial Gamma.
- García Ferrer C.A., De la Cera J.A., Park R., Gamble W.L. (1987). **Losas de concreto reforzado**. (Ed. 2ª 1987). Lugar de publicación México. Editorial Limusa.
- García Rivero J.L., García Anaya G., Ledezma Valderrama R., Javier Martínez J. (2002). **Manual técnico de construcción: Holcim Apasco**. (Ed. 3ª febrero de 2006). Lugar de publicación México, Editorial Fogra.
- Meli Piralla, R. (2015). **Diseño estructural**. Lugar de publicación México. Editorial Limusa.
- Pérez Alamá V. (2008). **Diseño y cálculo de estructuras de concreto reforzado: por resistencia máxima y servicio**. (Ed. 2ª 2011). Lugar de publicación México. Editorial Trillas.

REFERENCIAS

- Constructor Civil. (2023). **Claros**. Recuperado de: <https://www.elconstructorcivil.com/2013/09/claros-estructurales-construccion-de.html>
- Diccionario de arquitectura y construcción. (2023). **Canto**. Recuperado de: <https://www.parro.com.ar/definicion-de-canto>
- Fundación laboral de la construcción. (2023). **Entramado**. Recuperado de: <https://libreria.fundaciónlaboral.org>
- Glosario arquitectónico. (2023). **Jácena**. Recuperado de: <https://www.glosarioarquitectonico.com>
- Juve 3D studio. (2023). **Muro sobre muro**. Recuperado de: https://www.youtube.com/channel/UCGqCvTEdTNco_sKhbm5kHXg
- Keobra. (2023). **Trabe**. Recuperado de: <https://keobra.com>
- Meprosa Construcciones. (2023). **Viento**. Recuperado de: <https://meprosaconstrucciones.mx/cual-es-el-efecto-del-viento-en-las-estructuras/>
- Real Academia Española. (2023). **Bidireccional**. Recuperado de: <https://dle.rae.es/bidireccional>
- Santiago, E. (s.f.). **Losas y cubiertas**. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/648361873/5-5-Losas-y-Cubiertas#>





Coordinación de

TITULACIÓN

Facultad de Arquitectura

UNAM