

MODULOS INTEGRATIVOS EN MADERA: GESTIÓN E INTEGRACIÓN TEMPRANA DE INSTALACIONES Y SISTEMAS

DESAFÍO

La COP26, indica que es necesario reducir las emisiones de CO2 en un 45% para poder alcanzar las emisiones netas al año 2050, lo cual para el sector de la construcción indica la imperiosa necesidad de repensar sus hábitos, ya que representa el 39% del CO2 emitido a la atmósfera, siendo un 11% relativo a los materiales de construcción y un 28% a las emisiones operacionales de la misma industria. Acerca de los materiales utilizados, el más contaminante corresponde al hormigón, responsable del 7% de las emisiones totales de CO2 del mundo, y sin embargo, continúa siendo uno de los más utilizados.

Por otra parte, la construcción ha estancado su productividad en el tiempo, siendo en la actualidad una de las industrias más ineficientes. Esto se debe al retraso en el proceso de diseño y construcción, por descoordinaciones y choques entre planos de especialidades, que también son causantes principales del aumento en los costos de la obra. Las interferencias entre las cuadrillas de trabajo en la misma, entre otras cosas, tienen relación con una tardía integración de las instalaciones en el diseño. La falta de planificación en este sentido, además conlleva a un posterior encarecimiento de la manutención, por no prever la necesidad de inspeccionar las instalaciones cada cierto tiempo, para prevenir fallas y necesidad de reparación, aparte del daño que pueden producir a otros elementos constructivos aledaños.

El gráfico conocido como “la bañera” nos muestra que con el diseño tradicional, que pone su mayor esfuerzo durante la construcción, implica un aumento de costos en el tiempo, por cambios de diseño debidos a la interferencia entre arquitectura, ingeniería y especialidades de instalaciones, y lo contrasta con el esfuerzo puesto en la etapa de conceptos y diseño, que implica la capacidad de disminuir el costo de la obra y el edificio en el tiempo.

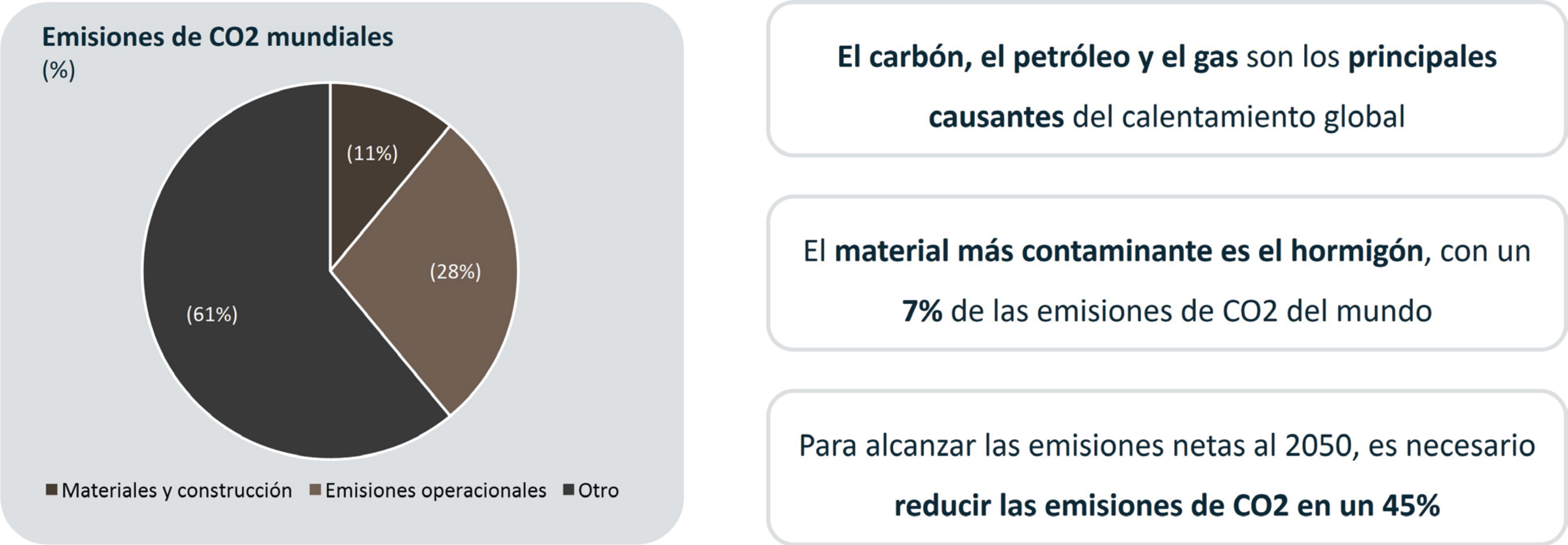


FIGURA 1: Fuente: Construcción y emisiones CO2 a la atmósfera, Growingbuildings 2019

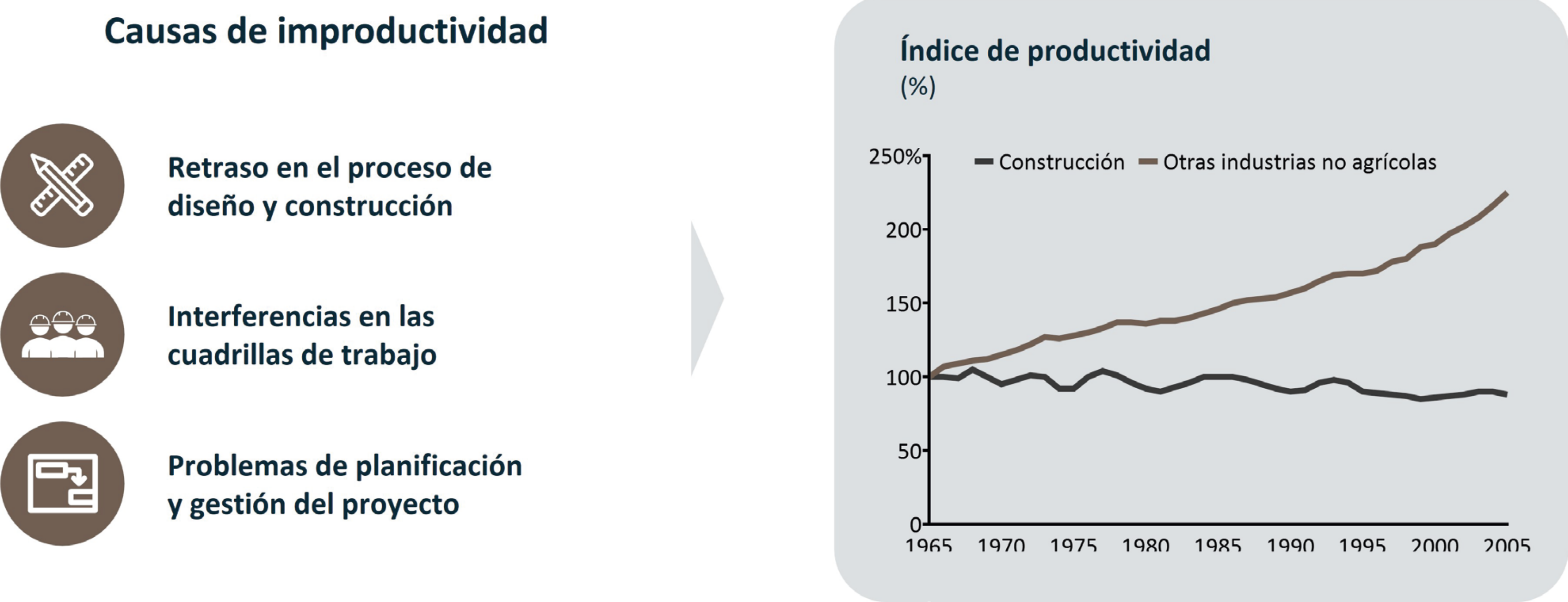


FIGURA 2: Fuente: Inefectividad en la construcción, Taller BIM 2018

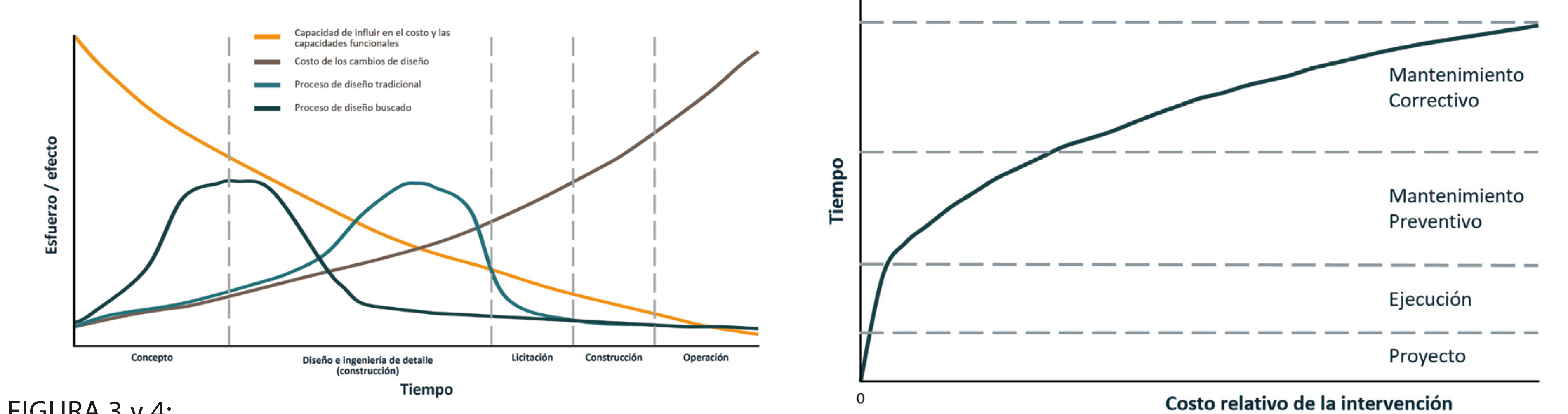


FIGURA 3 y 4: Fuente: Beneficios del BIM en el diseño de proyectos, Suma partners 2019 y Ley de Sitter

Por otro lado, Chile tiene un creciente déficit habitacional que corresponde a más de 640 mil familias que no tienen acceso a una vivienda adecuada, lo cual se traduce en un 10% de la población del país que vive de allegado, hacinado, en viviendas irrecuperables, en campamentos, etc. Esta demanda incluso podría llegar a crecer más llegando a un déficit de 1.326.919 viviendas sociales al año 2030. Es entonces que entre los desafíos de la industria podemos repasar la necesidad de impulsar mejoras ambientales a través del uso de materiales sustentables como la madera, combatir el déficit habitacional del país, disminuir los costos de producción con un diseño y planificación integral anticipada que incluya las instalaciones como un eje fundamental que está al mismo nivel de importancia que la arquitectura y la ingeniería. Y por último, aumentar la productividad de la industria a través de la innovación respecto de una simplificación del diseño de las instalaciones.

Es por todo esto que aparece la arquitectura modular en madera como una alternativa sustentable a los materiales de construcción tradicionales. Siendo esta capaz de estandarizar e industrializar un modelo de recinto que puede adaptarse a las distintas necesidades programáticas. Y por otra parte, un alineamiento de las instalaciones y sus artefactos relacionados, que resuelve choques de planos entre distintas especialidades disminuyendo los trabajos adicionales, hace las instalaciones accesibles para su mantenimiento oportuno, y hace localizables las fallas facilitando su reparación.

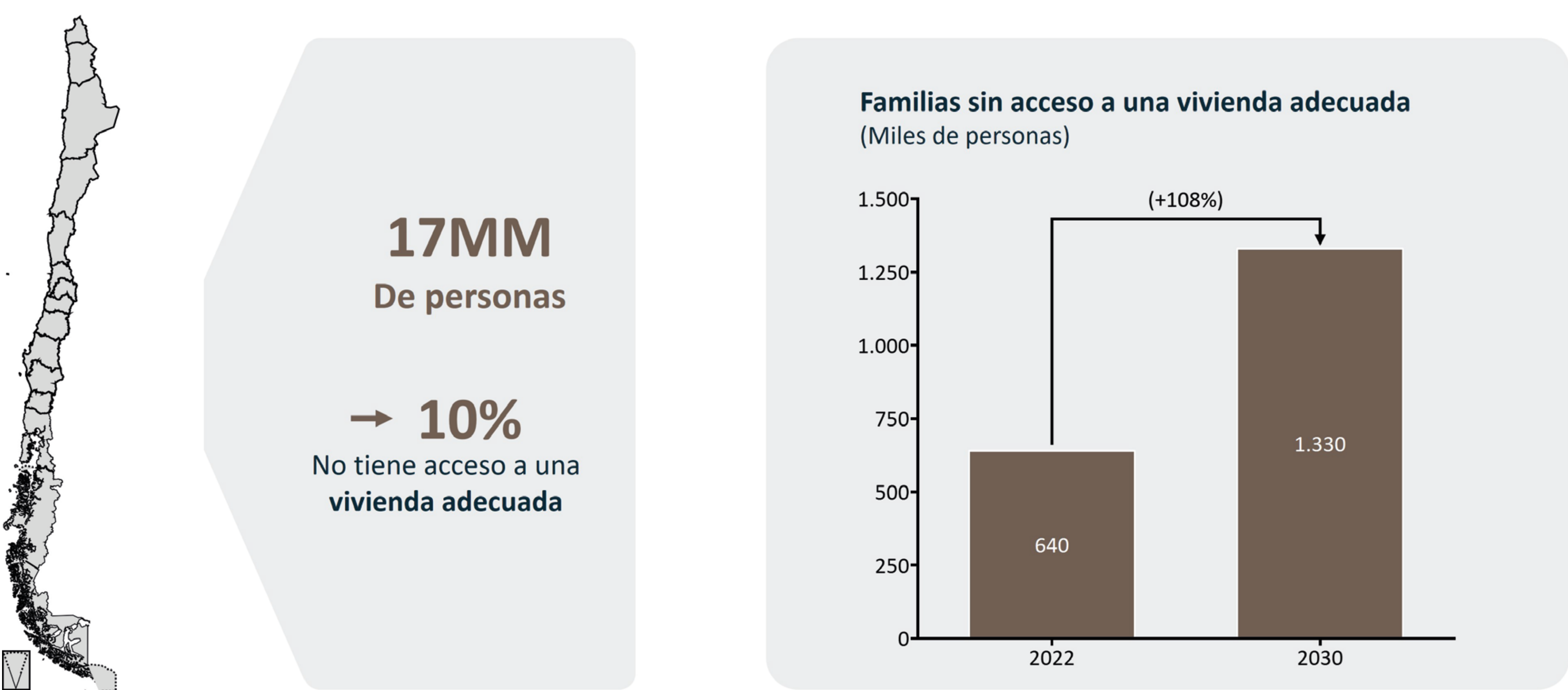


FIGURA 5: Fuente: Demanda de viviendas sociales podría superar el millón en Chile el año 2030, Salazar 2022



FIGURA 6: Fuente: Elaboración propia

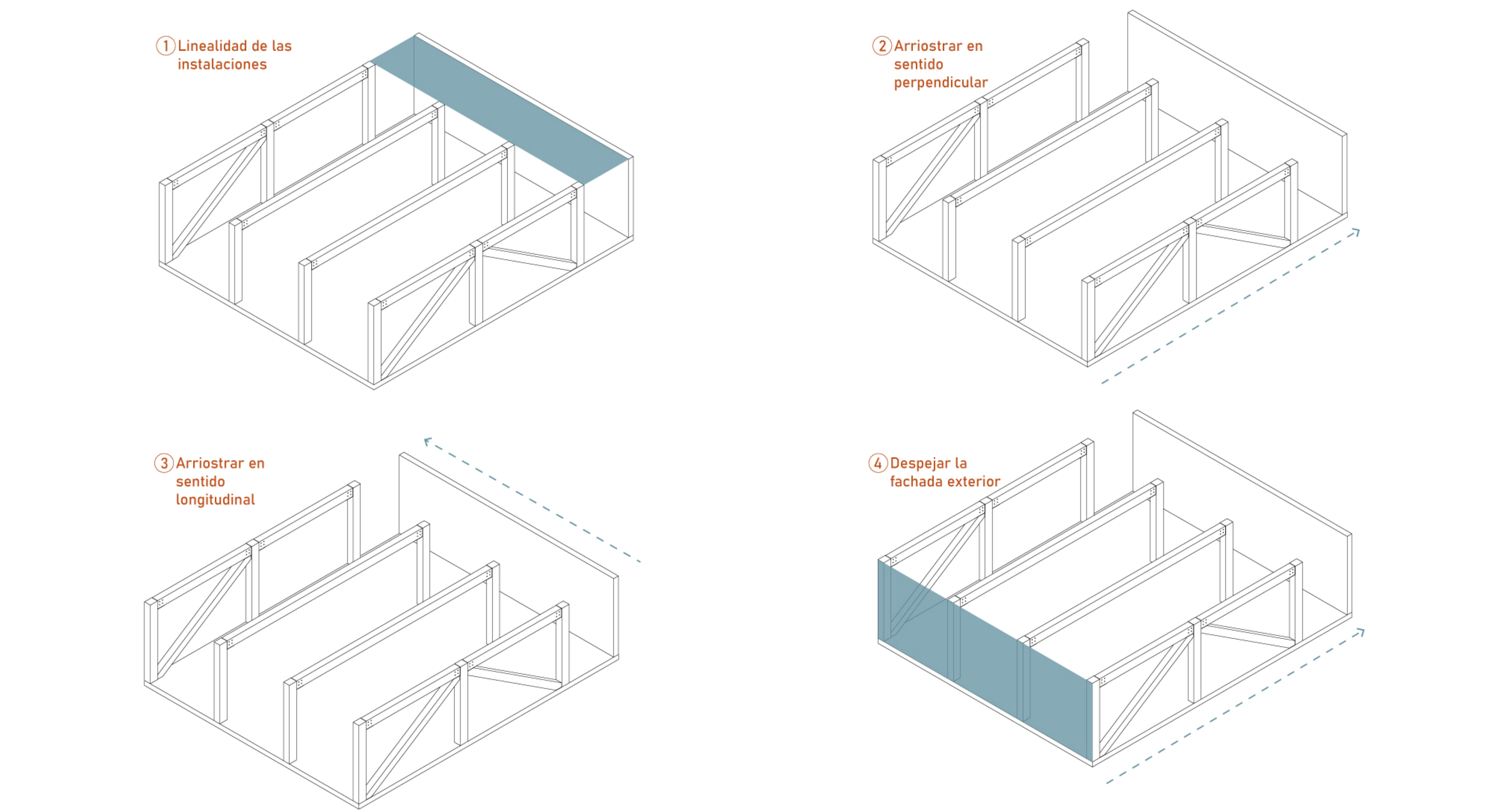
OBJETIVO

El proyecto trata sobre el diseño y la gestión de módulos en madera de ingeniería, para simplificar y facilitar su implementación en el marco de la construcción de mediana altura en distintas localidades de Chile, dentro del contexto actual de déficit de vivienda social en el país. Dentro del tópico de gestión de la construcción, se propone el diseño colaborativo entre las áreas participantes, para generar condiciones previas que faciliten la posterior inserción de instalaciones y sistemas eléctricos, sanitarios, de agua potable, entre otros, en una solución modular replicable capaz de albergar programas de distintas escalas.

METODOLOGÍA Y OPERACIONES DE PROYECTO

Para diseñar el módulo madre, se definen 2 parámetros: En primer lugar integrar la linealidad ininterrumpida de las instalaciones para la inserción, posterior revisión y fácil mantención de las mismas, y en segundo lugar, generar suficiente densidad de muros hacia ambos sentidos del edificio, para cumplir con las necesidades estructurales antisísmicas, procurando a su vez despejar las fachadas exteriores para lograr una visual despejada por donde entrará la iluminación natural a los recintos habitacionales.

Operaciones de proyecto modular*



*Referente La Ciudad Autosuficiente - Vicente Gualart

 INSTITUTO UNIVERSITARIO CATÓLICO DE CHILE ESCUELA DE ARQUITECTURA	DISEÑO INTEGRATIVO EN MADERA PROFESORES JUAN JOSÉ UGARTE Y ANDRÉS MERRA	"MÓDULOS INTEGRATIVOS EN MADERA" GABRIELA TAPIA PULADO	PROYECTO DE TÍTULO MAESTRÍA EN ARQUITECTURA SOSTENIBLE Y ENERGÍA	L05
--	--	---	---	-----

Se define un sistema estructural mixto que mezcla uno tradicional de poste-viga arriostrada y simple, con un muro de CLT arriostrante de 16cm de espesor en el otro sentido. Entre ambos es posible crear una sección que propicie el espacio para que las instalaciones pasen directamente y sin interrupciones, utilizando su soporte a la vez como unión de acero elástica entre los dos sistemas frágiles de madera, para salvaguardar los movimientos durante un sismo.

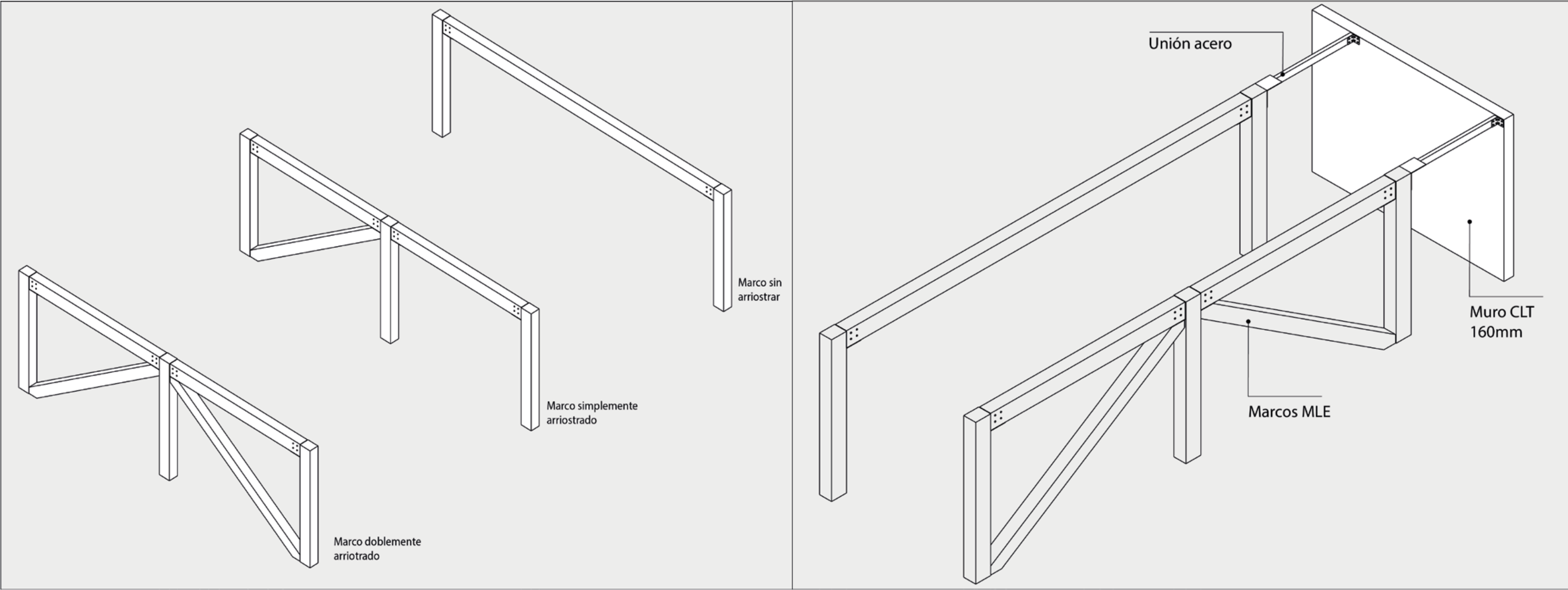


FIGURA 7 y 8: Tipologías de poste-viga utilizados y sistema estructural mixto

La grilla del módulo es definida por las medidas comerciales de los elementos de los paquetes constructivos, luces máximas estructurales y requerimiento del DS19: En el sentido longitudinal es cada 2.4m considerando que las planchas que conforman el paquete constructivo del piso tienen esa medida comercial. En el sentido perpendicular se traza cada 7 metros de distancia puesto que es la luz máxima a alcanzar con el sistema constructivo de poste viga en MLE + losa de CLT. Esto es comparable con el sistema de poste viga de MLE solo, que aguanta hasta 5 metros de luz (figura 9). El largo de la pieza que unirá este sistema constrctivo con el CLT del otro sentido, se define según el DS19 (programa para poder optar a subsidios de vivienda social), que indica que los artefactos, relacionados a las instalaciones que pasarán por debajo de la pieza conectora, deben estar separados por 40cm, lo cual, según el programa arquitectónico definido, resulta en 1.6m de ancho. Así, el largo a eje transversal es de 8.6m. Con esta medida definida, los marcos son repetidos 4 veces a 2.4m para conseguir un largo de 7.2m, que multiplicado por la medida anterior, da un área de 62m2 de vivienda social.

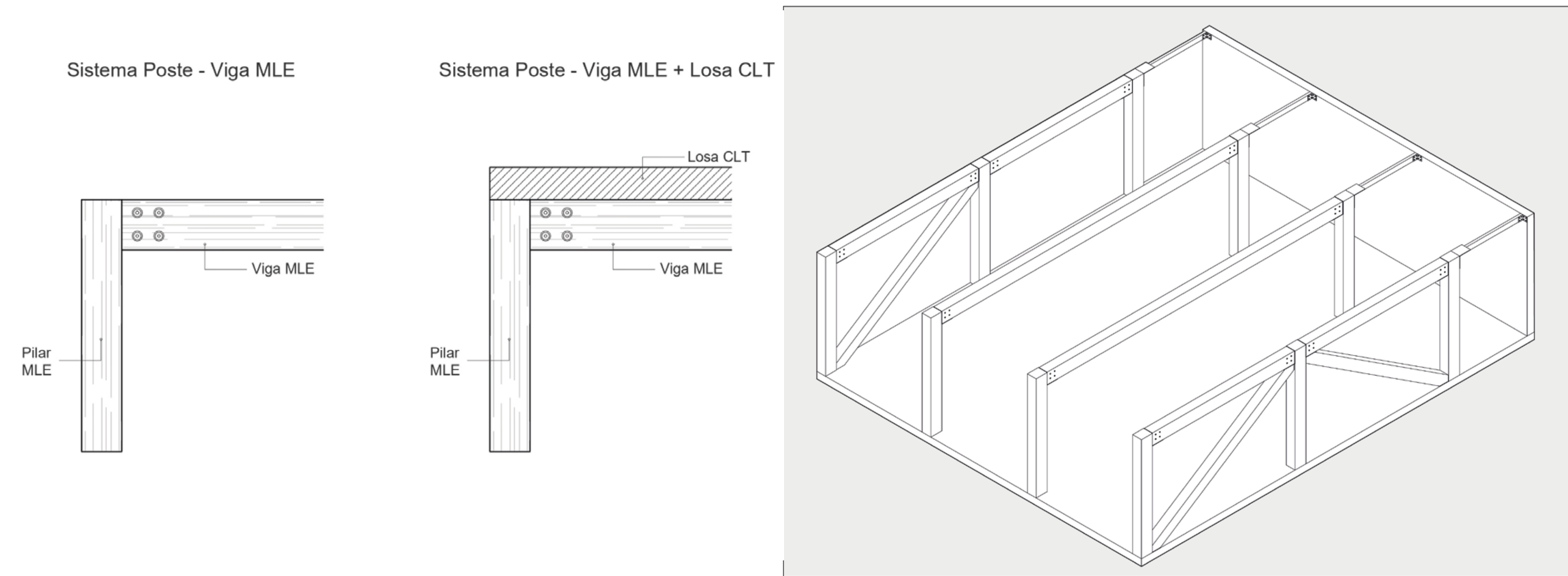
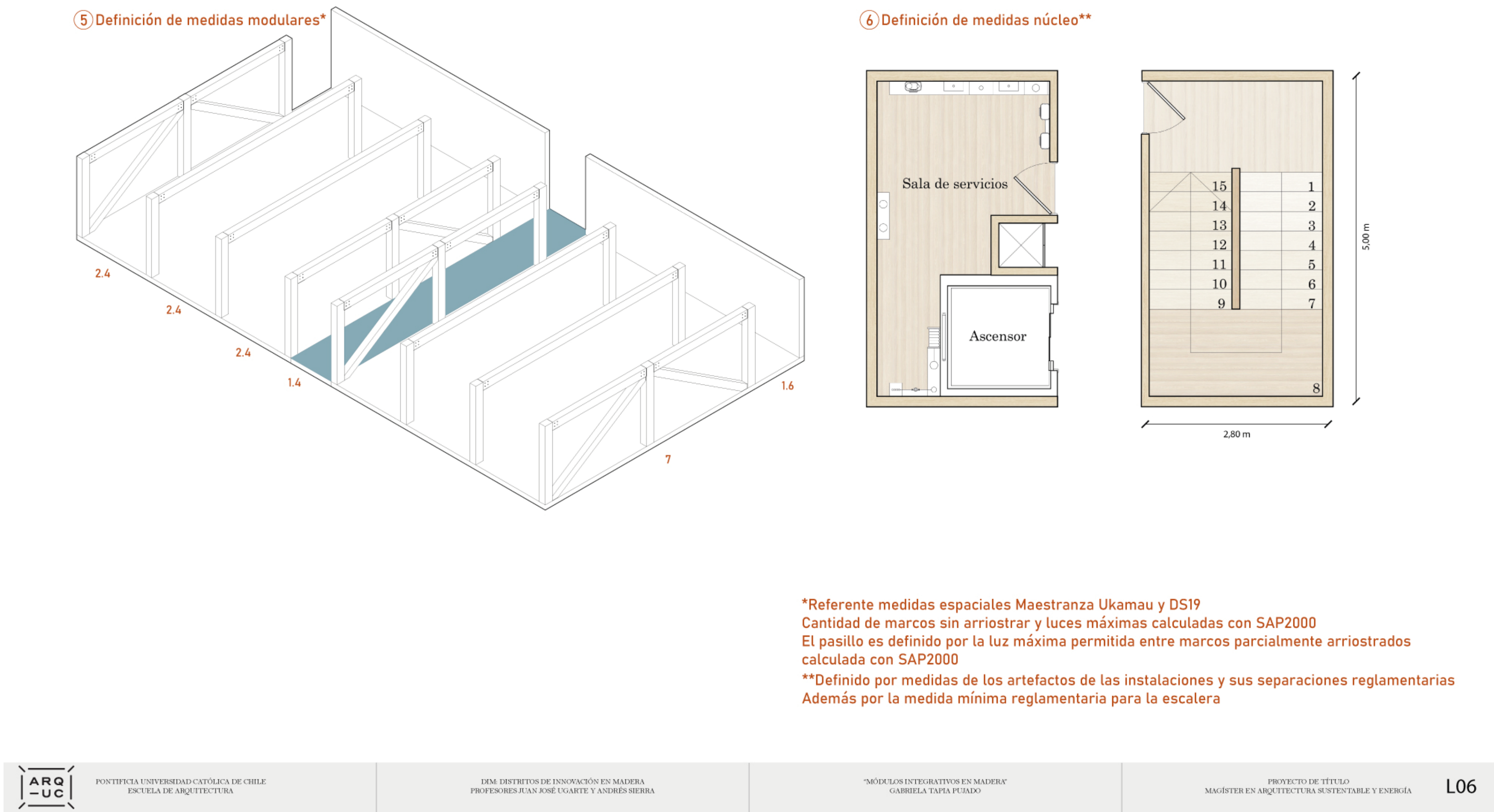


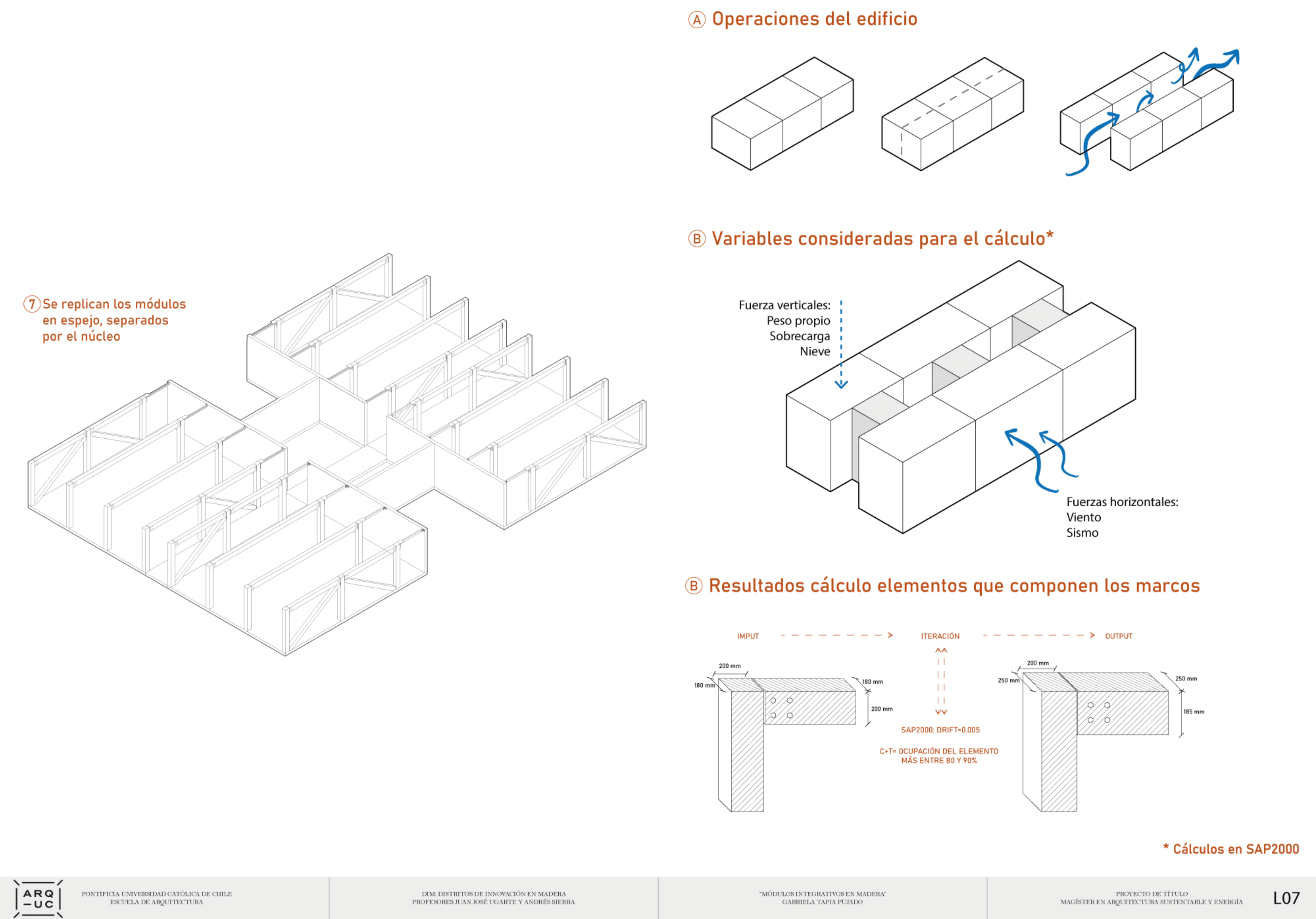
FIGURA 9 y 10: Diferencia sistemas cosntructivos poste-viga y Módulo madre resultante

Para la conformación de un piso, se multiplica 4 veces el módulo, siendo la separación longitudinal entre ellos un pasillo de 1.4m de ancho, que es el mínimo exigido por la normativa chilena. Esta cercanía entre marcos es favorecedora ya que permite retirar una de las diagonales de cada marco, en espejo, abriendo espacio para la instalación de las puertas de entrada al módulo, haciéndolo funcional. Al estar separadas por tan poca distancia, funcionan como un mismo marco arriostrado en ambos lados, que contribuye a la densidad de muros en ese sentido. La operación se repite en espejo para aumentar la cantidad de módulos y luego son integrados los núcleos verticales que llevarán las escaleras, ascensor y shaft. Su medida es definida por el elemento mas grande normado: La escalera, que tiene un ancho de 2.8m y un largo de 5m para una cómoda huella de 28cm. Aprovechando el largo del núcleo vertical se separan las alas del edificio para lograr una ventilación natural en todos los recintos de la vivienda.



*Referente medidas espaciales Maestranza Ukamau y DS19
Cantidad de marcos sin arriostrar y luces máximas calculadas con SAP2000
El pasillo es definido por la luz máxima permitida entre marcos parcialmente arriostrados calculada con SAP2000
**Definido por medidas de los artefactos de las instalaciones y sus separaciones reglamentarias
Además por la medida mínima reglamentaria para la escalera

 INSTITUTO UNIVERSITARIO CATÓLICO DE CHILE ESCUELA DE ARQUITECTURA	DISEÑO INTEGRATIVO EN MADERA PROFESORES JUAN JOSÉ UGARTE Y ANDRÉS MERRA	"MÓDULOS INTEGRATIVOS EN MADERA" GABRIELA TAPIA PULADO	PROYECTO DE TÍTULO MAESTRÍA EN ARQUITECTURA SOSTENIBLE Y ENERGÍA	L06
---	--	---	---	-----



DETALLE DELATOR

El detalle de unión entre sistemas estructurales, que hará a su vez de soporte de las instalaciones lineales y unión entre los sistemas constructivos, es de acero por dos motivos que resultan al comparar las piezas de acero con las piezas en otros materiales. Las piezas de hormigón son estáticas, por lo que se debe demoler y hacer un esfuerzo de mayor envergadura para lograr intercambiarlas. Por su lado, respecto a las piezas hechas de madera, el acero requiere para las mismas luces y esfuerzos una sección mucho menor, por lo que en este caso deja un espacio más amplio para la postura de instalaciones debajo de esta. Además, exponer la madera a zonas húmedas implica mayor peligro para ella que el mismo fuego.

De esta manera, la pieza creada es totalmente desarmable, se evitan las soldaduras para el mismo propósito, siendo todo ensamblado a través de pernos, lo cual hace fácil su mantención, recambio y reparación. Esta pieza es crucial ya que es el intermediario entre ambos sistemas estructurales y a su vez el soporte de las instalaciones que confluyen de manera longitudinal a la sala de servicio ubicada en el núcleo vertical de cada piso, donde bajan por los shaft.

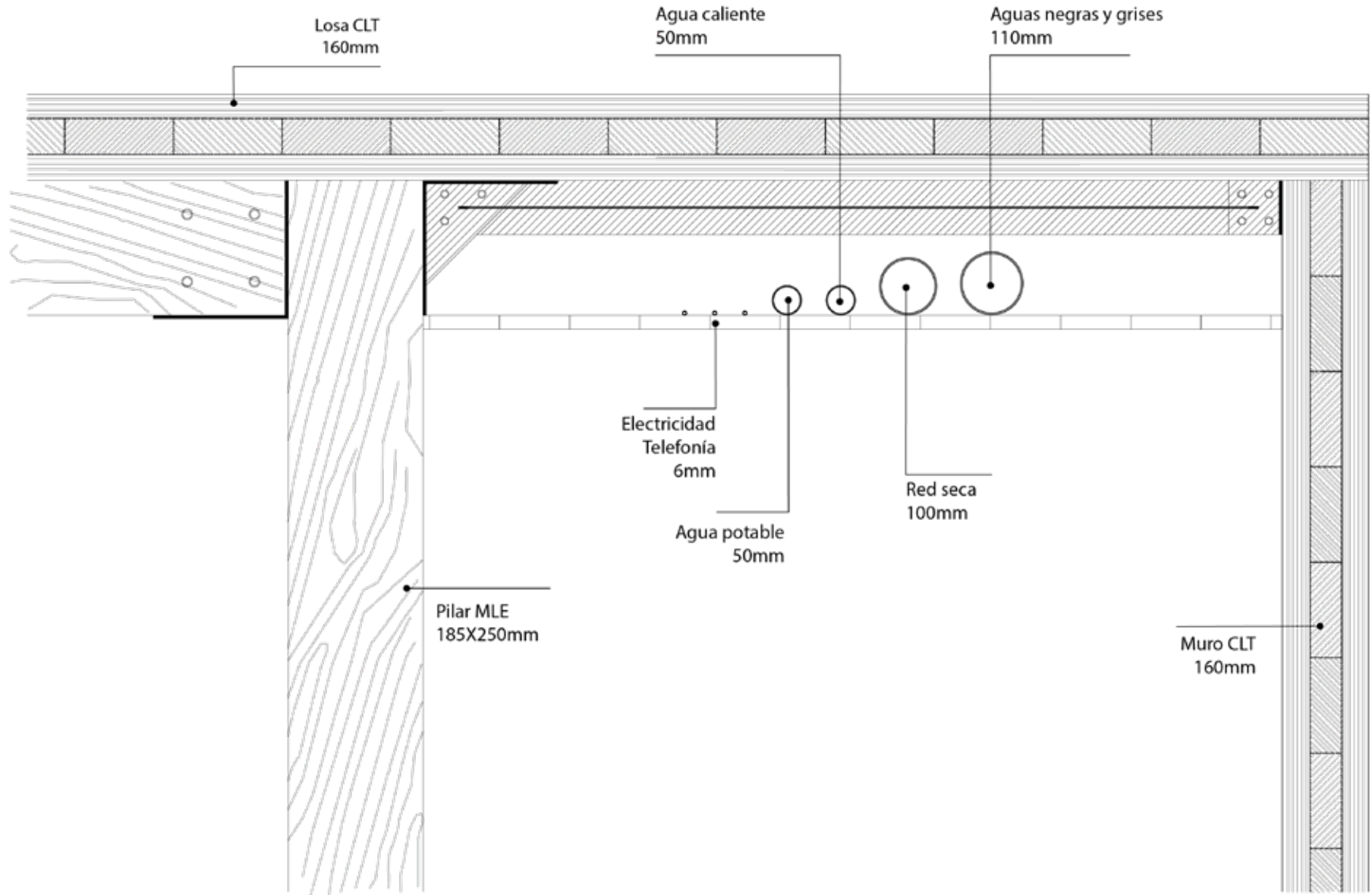


FIGURA 11: Sección pieza aeero y su relación con ambos sistemas estructurales en madera

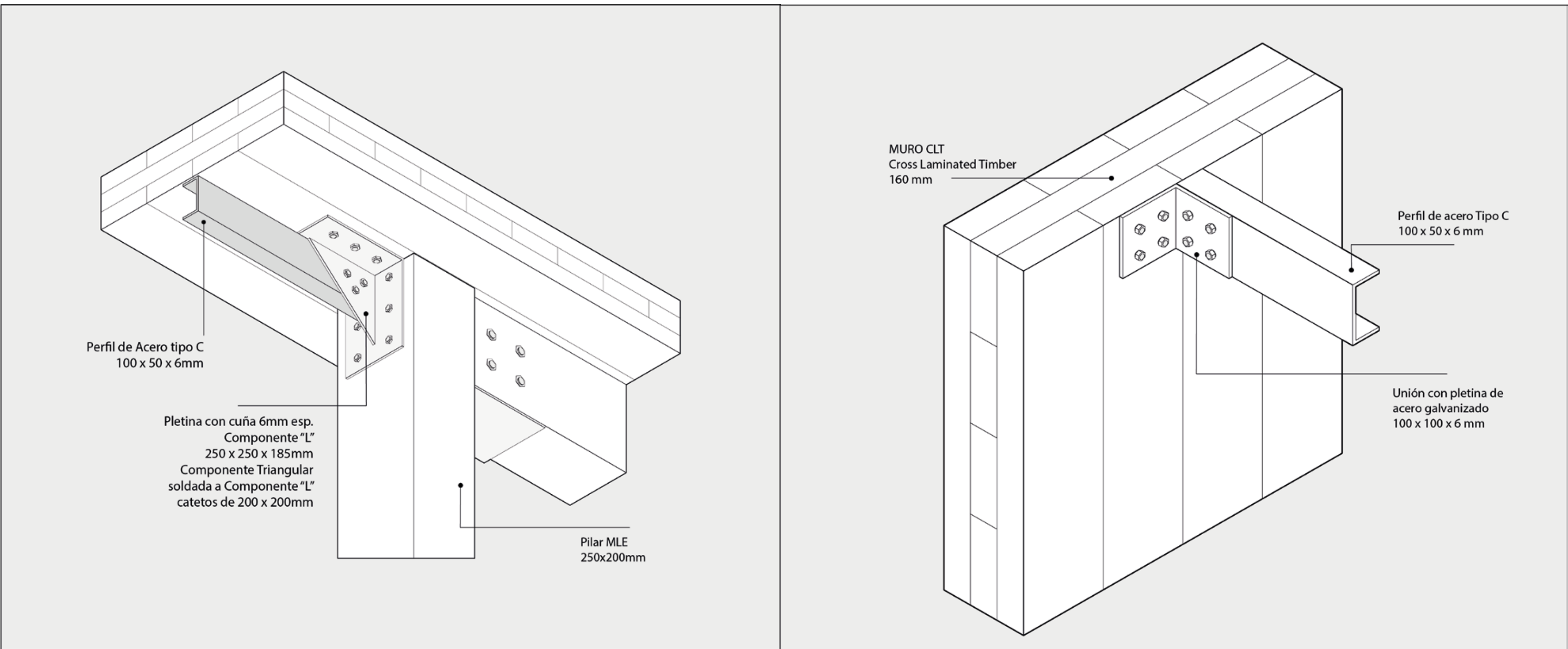


FIGURA 12 y 13: Detalles constructivos pieza de unión en acero

CONCLUSIONES: CÁLCULO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL

El piso anteriormente descrito es replicable varias veces, sobre un nivel de hormigón para aislar la madera de la humedad del suelo. Para los cálculos estructurales y optimización de los elementos fueron utilizados los programas SAP2000 y C+T, el primero para asegurar que el drift esté dentro de la norma con los 0.005 correspondientes a la altura de piso definida que es de 2.5m, y el segundo para corroborar, de manera conservadora, que el elemento vertical mas solicitado no supere el 90% de ocupación y no baje del 80% para no desperdiciar material. Se comienza iterando con una medida estándar de 185x200mm para todos los elementos lineales, probando en el edificio de oficina, que es el más pesado en términos de sobrecarga de uso, correspondiendo a 500kgf/m. Se prueba con una altura de 5 pisos de madera y uno de hormigón, resultando en una estructura que cumplía el drift pero estaba sobreexigido con un 93% de ocupación según lo estudiado en C+T, por lo que se aumentó la sección a 200x250 y de esta manera cumplió ambos requerimientos con un 84% de ocupación. Se toma la decisión de aumentar estas secciones en vez de las de los muros, ya que los muros reciben la carga de los sismos y del viento, los cuales eran bien abarcados, mientras que los elementos verticales como los pilares y diagonales son los que reciben el peso propio y la sobrecarga, que es lo que está siendo medido para este propósito.

Dado que la sobrecarga del programa residencial corresponde a menos de la mitad de la sobrecarga de oficina, con 200kgf/m, en teoría la torre de vivienda social podría medir el doble, y ya que el módulo tiene la capacidad de adaptarse a necesidades de programa, para una torre residencial de compraventa que agregara un marco más al módulo resultando en un área de casi 83m2 sería posible imaginar que tendría una altura intermedia entre ambas anteriormente mencionadas. Finalmente, por temas de sombra y armonía visual se define una estructura escalonada que va a ir desde los 6 hasta los 8 pisos de altura. Las partes superiores del edificio serán utilizadas para terrazas habitables en un lado, y por el otro con un grado de inclinación de 27°, según el estudio solar realizado, se pondrán paneles fotovoltaicos que ayuden a cubrir parte de la demanda energética de cada torre. La importancia de que cada torre funcione de manera independiente estructuralmente es que visualmente pueden funcionar como un solo edificio y a la vez abarcar mayores distancias de lo que se podría si efectivamente fuera solo un gran edificio, que teóricamente tiene un máximo aproximado de 40 metros de largo.

