



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNYA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTUDIOS AVANZADOS DE ARQUITECTURA
BARCELONA (MBARCH)

LÍNEA DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN ARQUITECTURA - ITA

**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ENTRAMADO LIGERO
DE MADERA PARA LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN
LIMA, PERÚ”**

AUTOR:

Arq. Victoria Palestina Camacho Leyva

DIRECTOR:

Dra. Arq. María del Pilar Giraldo Forero

CO-DIRECTOR:

Arq. Jorge Blasco Miguel

Octubre 2021

ÍNDICE

Resumen	4
Motivación personal	5
Introducción	6
CAPÍTULO 1	8
1.1 Objetivo general	9
1.2 Objetivos específicos	9
1.3 Metodología	9
CAPÍTULO 2: CONTEXTO DE LA VIVIENDA SOCIAL EN EL PERÚ	12
2.1 Antecedentes de la vivienda de interés social	13
2.2 Estado actual de la vivienda de interés social	15
2.3 Política habitacional y acceso a la vivienda	19
CAPÍTULO 3: ESTADO DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ	25
3.1 Materiales de construcción	26
3.2. Impacto de la construcción	27
CAPÍTULO 4: LA MADERA Y LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ	32
4.1 Industria maderera	33
4.2 Sistemas estructurales	48
4.3 Construcciones en entramado de madera - Casos de estudio	59
CAPÍTULO 5: DESARROLLO Y PROPUESTA	64
5.1 Justificación	65

5.2 Criterios de diseño	66
5.3 Solución constructiva	73
5.4. Prototipo de vivienda según las bases del concurso construye para vivir.....	74
5.5 Diseño estructural	91
5.6 Transporte y puesta en obra.....	106
5.7 Análisis comparativo del sistema tradicional con el sistema propuesto.....	107
CAPÍTULO 6.....	112
6.1 Conclusiones.	113
6.2 Bibliografía	115

Resumen

Esta investigación pretende plantear una alternativa para la vivienda de interés social en Lima, la capital del Perú, que contribuya de manera sostenible a reducir el déficit existente de vivienda y tenga en cuenta la calidad espacial y funcional de los usuarios. Para ello, se propone una vivienda progresiva, a desarrollar en dos etapas (según la situación económica y familiar del propietario), y también se consideran aspectos de habitabilidad esenciales como la accesibilidad de personas con discapacidad a las estancias. Lo cual continúa siendo una asignatura pendiente en la normativa de habitabilidad de la vivienda social en Perú.

En la actualidad, el material que predomina en la construcción de vivienda social es el hormigón. Así lo reflejan las campañas de vivienda llevadas a cabo por el gobierno durante los últimos 30 años, sin atender a su impacto medioambiental. Que bien es sabido, es uno de los más altos en comparación con otros materiales de construcción (Berge, 2009). Por otro lado, la falta de directrices y planificación lleva a los propietarios a autoconstruir de forma precaria la ampliación de sus viviendas cuando sus necesidades cambian.

En este trabajo se propone el uso de la madera como material de construcción renovable, capaz de reducir el impacto medioambiental y las emisiones de CO₂. El sistema propuesto es el entramado ligero de madera con paneles prefabricados, con el objetivo de reducir los tiempos de ejecución y aumentar el control técnico de los procesos. Los sistemas constructivos de madera pueden alcanzar prestaciones equiparables a cualquier material de construcción convencional y cumplir con los requerimientos de las normativas de construcción, tal como se aprecia en países vecinos con más trayectoria en este tipo de sistemas como es el caso de Chile.

Motivación personal

Mi interés por la calidad de la vivienda viene desde mis primeros años de ejercicio laboral. Tuve la oportunidad de trabajar en la construcción de varios proyectos de vivienda y adquirir conocimientos sobre el tema a través de cursos de especialización. De acuerdo a mi experiencia, considero que hay un significativo margen de mejora en las condiciones de habitabilidad de la vivienda social. Por ello, decidí enfocar mi trabajo final del máster en este ámbito.

Durante el máster MArch tuve gran interés en las asignaturas: “Arquitectura, Teoría y Crítica” y “Materiales estructurales avanzados e innovadores”. En dichas asignaturas, tuve la oportunidad de analizar proyectos con tecnologías poco exploradas en mi país, lo que motivo mi interés en los sistemas de construcción con materiales como la madera.

Por lo antes mencionado, este tema es parte de una búsqueda personal que fue madurando durante el máster y que pretende ser una contribución al ámbito de la construcción sostenible de mi país en materia de vivienda social.

Introducción

El déficit de vivienda social y la falta de garantías para que la población pueda acceder a ésta son problemas que no han sido resueltos durante décadas y siguen siendo materia de debate en la política peruana.

En Lima, la capital del Perú, esta situación ha llevado a la población de escasos recursos a habitar zonas no urbanizadas y con precariedad por falta de redes de suministro de servicios básicos y saneamiento. Además, la falta de diseño y planificación se ven reflejados en una baja calidad de las viviendas realizadas mediante autoconstrucción.

El gobierno en la búsqueda de resolver el déficit de vivienda de interés social ha ido implementando programas que otorgan facilidades económicas para adquirir o construir una vivienda social, sin embargo, han sido claramente insuficientes porque, hasta la fecha, el problema de falta de vivienda persiste. La construcción de viviendas según el INEI¹ tienen como material predominante el ladrillo y el bloque de hormigón ambos en un 55.8%, que va en aumento respecto a los años anteriores.

La construcción de edificaciones con hormigón requiere mayor tiempo de ejecución en una vivienda y no cuentan con estudios de impacto medioambiental. Cuando los hay, éstos son solicitados de manera aislada de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones² para proyectos de gran envergadura como es el caso de los comercios e industrias entre otros. Sin embargo, se está iniciando un proceso para incorporar la sostenibilidad en la construcción de edificios con el fin de que generen un menor impacto en su ejecución, mediante la gestión de residuos. Ello permitirá a largo plazo mejorar las condiciones de las futuras generaciones.

Las altas emisiones de CO₂ provocadas por el sector de la construcción³ nos exhorta a buscar alternativas que impliquen el uso de materias primas renovables como la madera y productos reciclados como los tableros de virutas de madera tipo OSB (*Oriented Strand Board*). Otros países de la región como Chile, Argentina y Uruguay han comenzado a dar pasos en este sentido y tienen ejemplos de viviendas sociales realizadas con sistemas de entramado de madera que constituyen un referente a seguir.

Partiendo de un estudio de los casos de vivienda social en el Perú basado en los antecedentes propuestos por el gobierno y del Ministerio de Vivienda, se plantea una propuesta de vivienda social progresiva (realizable en dos etapas independientes), mediante el uso de la madera con el sistema estructural de entramado ligero tipo plataforma, con paneles prefabricados para que estos reduzcan el tiempo de montaje de las viviendas, con miras a mejorar el concepto que se tiene popularmente de la madera como material no durable y no resistente, ya que estos son conceptos equivocados. En el último apartado de este documento se demuestra, mediante un

¹ INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática- Censo de Población y Vivienda 2017.

² RNE, Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma G040.

³ Programa de las Naciones Unidas, 2019.

análisis estructural la capacidad resistente del sistema propuesto y también el coste económico con el fin de impulsar su uso como alternativa a la vivienda social.

CAPÍTULO 1

1.1 Objetivo general

Proponer un diseño de vivienda social con sistema estructural de entramado ligero de madera, con un alto nivel de prefabricación y optimización de procesos y costes como alternativa para satisfacer la demanda de viviendas de interés social en el marco de una construcción sostenible.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar una revisión y análisis de la situación actual de las viviendas de interés social en el Perú, con respecto a las actuaciones realizadas por el gobierno durante los últimos años en el contexto del programa del Fondo Mivivienda.
- Conocer y entender los alcances de la industria maderera a nivel nacional, así como sus procesos, normativas, producción, principales usos en el mercado.
- Formular la propuesta estructural, constructiva y proyectual de la vivienda progresiva con posibilidad de expansión a partir de las bases del programa del Fondo Mivivienda con criterios sostenibles en los paneles prefabricados de madera del sistema de entramado ligero.
- Realizar un diseño estructural de la propuesta y análisis con el uso del programa RFEM-Dlubal.
- Establecer un cálculo comparativo de tiempo y costo del sistema propuesto y sistema tradicional de hormigón que tiene mayor porcentaje de aplicación en las viviendas construidas en el Perú.
- Formular unas conclusiones que sirvan de diagnóstico de la situación y guía para implementar y mejorar la calidad de vida de los usuarios de la vivienda social.

1.3 Metodología

Se ha planteado una metodología que involucra un proceso basado en 3 etapas, para este proyecto, que involucra: Investigación, Desarrollo y Análisis.

1. Investigación: Esta etapa se desarrollan 2 temas principales en cuanto a vivienda social progresiva y los sistemas constructivos en madera.

En cuanto al primer tema se realiza la exploración de documentos tratados sobre vivienda social en el Perú, desde el marco de estudio y planificación del gobierno y su programa del Fondo Mivivienda y los casos que se han realizado en el país.

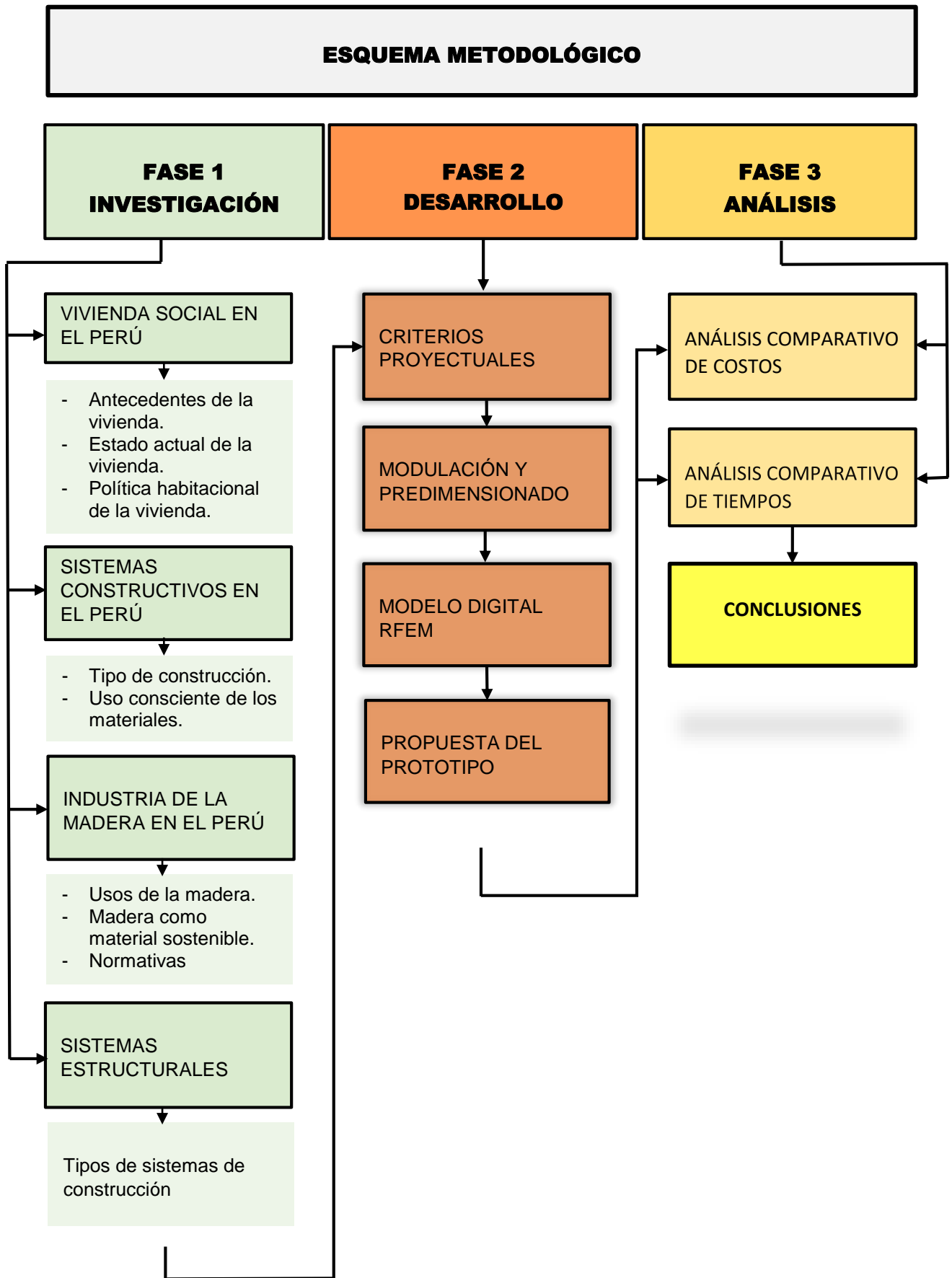
En cuanto al segundo tema se realiza una revisión estadística de los materiales predominantes de construcción en Perú, las industrias

madereras con su gestión y su aplicación en sector de la construcción, procesos y sus principales usos.

2. Desarrollo y aplicación en propuesta del sistema estructural y constructivo, mediante este análisis se realizará una propuesta y planteamiento estructural con la aplicación del software RFEM-DLUBAL.
3. De los datos obtenidos de la propuesta se realizará un análisis comparativo con las ventajas del sistema propuesto en tiempo y costo frente al sistema constructivo aplicado en el Perú.

Partiendo del estudio del estado del arte de la vivienda social, los tipos de construcción y recursos materiales en el país, se elaborará una propuesta de para la ejecución de proyectos de vivienda, mediante la inclusión de la madera con un sistema prefabricado para mejorar los tiempos, productividad del sector de la construcción.

El déficit habitacional y la crisis del cambio climático, impulsa el renacer del uso de madera como material de respuesta por el uso de recursos para la ejecución de viviendas y la reducción del impacto ambiental con el uso de la madera.



CAPÍTULO 2: CONTEXTO DE LA VIVIENDA SOCIAL EN EL PERÚ

2.1 Antecedentes de la vivienda de interés social

La poca planificación del gobierno en la habilitación de áreas urbanizadas y el problema de las migraciones hacia Lima, generó que se tomarán rápidamente zonas de la periferia. En respuesta a estos hechos el estado implementó soluciones para dar respuesta al déficit de viviendas frente al crecimiento de la población.

La intervención del estado se inició con la construcción de los Barrios Obreros, que no tuvo éxito debido a la falta de un sistema integral, por ello se continuó con las Unidades Vecinales, que trata de un conjunto residencial con espacios públicos, entre los principales tenemos la Unidad Vecinal 3 en 1949 y Matute en 1953. (Quispe, 2005).

Este proyecto de las Unidades Vecinales no continuó debido a que las viviendas tenían un alto costo debido al alto precio del suelo, costos de construcción, siendo adquiridas por las clases medias y no por los sectores de menores recursos para quienes se ejecutó este proyecto. (Calderón, 2015)

El gobierno de Prado (1956-1962), adoptó la construcción en viviendas de bajo costo y la implementación de programas para las clases medias mediante el financiamiento. La construcción de viviendas se realizó en lugares alejados de las actividades económicas donde trabajaban los pobladores, debido a ello no tuvo éxito. (Quispe, 2005).

Con el gobierno de Belaunde (1963), se consolidaron los proyectos de baja altura, lanzando el proyecto PREVI (Proyecto Experimental de Vivienda), en colaboración con arquitectos nacionales e internacionales, buscando dar solución al problema de vivienda para los sectores económicos de menores recursos, sin embargo, no fue culminado. (Kahatt, 2015).

Con PREVI, se impulsó por primera vez la vivienda progresiva, que pueda ser construida en dos etapas. “La vivienda progresiva, aquella cuyo proyecto se plantea desde un principio la posibilidad de realizar cambios, ampliaciones o transformaciones a lo largo del tiempo” (Lucas, 2015).

Previ – Lima

La unidad se formula como propuestas de casa-patio capaces de ampliarse bajo las premisas de autoconstrucción organizadas en “clusters” dentro de un barrio donde prevalezca la peatonalización. Sin embargo, el proyecto no fue ejecutado de acuerdo a la idea original. Se realizan, por tanto, la construcción de 476 casas basadas en 26 distintas tipologías de vivienda con expansión futura. (Kahatt, 2015).

En la figura 1, podemos ver el proyecto con las ampliaciones que tendrá en una segunda etapa de construcción en tres tipologías, dependiendo de la cantidad de habitantes que tenga cada vivienda.

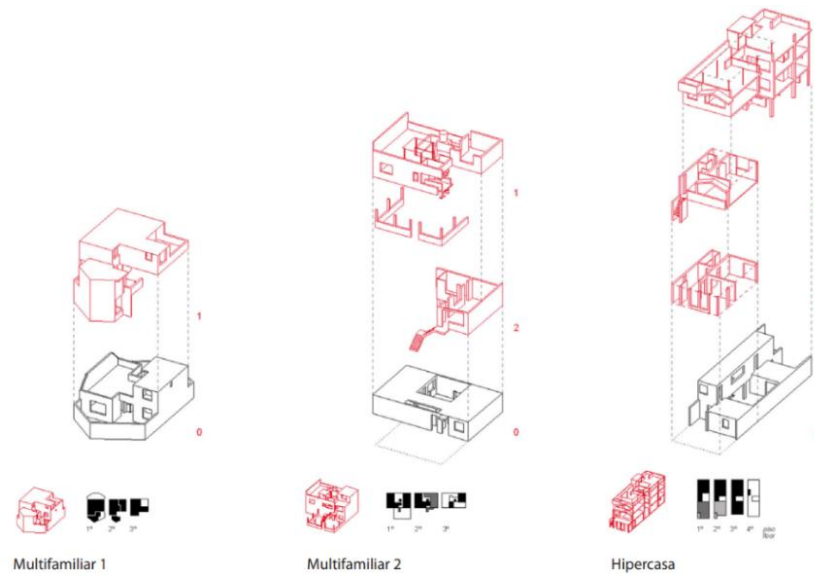


Figura 1: Diagrama de expansión de las viviendas. Fuente: García Huidobro, Torres Torriti, & Tugas



Figura 2: Vista de PREVI 1975, Fuente: Sharif, Utopías Construidas, 2015.

Luego de PREVI, hubo intentos por dar solución al déficit de vivienda que con los cambios de gobierno las políticas de vivienda no pudieron subsanar este problema. Las políticas se plantearon de manera superficial. A partir de la década de los 90's aparece el Fondo Mivivienda, como parte del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el cual regula los programas de vivienda social, que consiste en el financiamiento para las familias de bajos recursos para q puedan tener su propia

vivienda. (Meza, 2016). El fondo Mivivienda se ha mantenido hasta la actualidad, con programas para disminuir el déficit de vivienda, actualizándolos en cada gobierno.

De lo señalado podemos concluir que existió un mayor interés del estado por atender a la vivienda social desde los 50s hasta los 70s, realizando proyectos experimentales como PREVI, con mayor énfasis en la arquitectura y el diseño, sin embargo, no trascendió debido a los cambios de gobierno y se ha venido enfocando desde un punto de vista económico.

2.2 Estado actual de la vivienda de interés social

Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), aproximadamente dos de los tres millones de familias que se forman cada año en Latinoamérica, se instalan en viviendas informales debido a la oferta insuficiente de viviendas adecuadas y asequibles.

En la figura 3, se puede observar que el Perú es el tercer país a nivel de América Latina con mayor déficit de vivienda con un 72%, luego de Nicaragua y Bolivia, con un 78% y 75% respectivamente, que no tienen una vivienda o habitan en viviendas de mala calidad, por su parte Costa Rica con un 18% y Chile con un 23% tienen menos escasez.

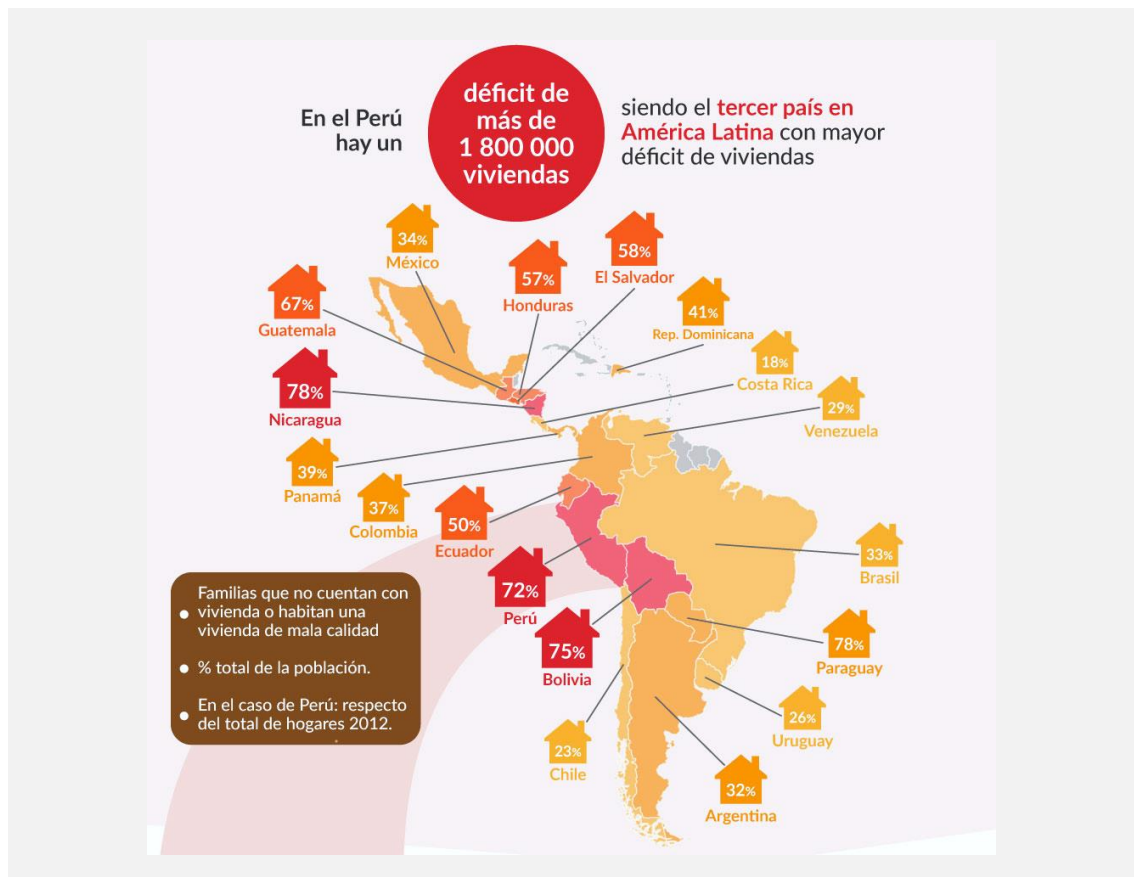


Figura 3: Déficit de vivienda a nivel latinoamericano, Fuente: RPP Noticias, Ministerio de Vivienda.

No se ha logrado subsanar este déficit ya que las políticas planteadas por el estado no han sido suficientes frente al alto porcentaje de familias que requieren una vivienda. Las políticas del estado principalmente se basan en el financiamiento, para las familias que

no cuentan con los recursos económicos para adquirir una vivienda. Con ello se ha buscado reducir el déficit de vivienda, y cumplir con los requisitos técnicos. Estos proyectos realizados son aprobados por los gobiernos locales quienes brindan los permisos para su construcción y deben cumplir con el reglamento nacional de edificaciones. Si bien se ha logrado mejorar el déficit de vivienda, aún queda aspectos por mejorar y desarrollar. (Meza, 2016).

Déficit habitacional

El déficit habitacional está formado por el déficit cuantitativo y déficit cualitativo, siendo el déficit cualitativo el de mayor porcentaje (fig. 5), esto ha reducido desde el 2000, proporcionando acceso a servicios de agua, saneamiento y electricidad. El principal problema del déficit cualitativo es vivir en una vivienda construida con materiales poco duraderos o desechables, siendo aún este déficit alto. (BID⁴, 2020)

En la figura 5, se puede observar datos de 2021, donde se muestra el déficit a nivel nacional, con un valor de 1,900,000 hogares. Se evidencia que 1,300,000 hogares tienen un déficit cualitativo que corresponde al 69%, de este déficit el 17% tiene vivienda con material irrecuperable, el 22% no cuenta con servicios y el 29% tiene hacinamiento. En cuanto al déficit cuantitativo tiene un valor de 594,000 hogares que corresponde al 31%. Esto demuestra que los proyectos de vivienda existentes no son suficientes para reducir estos valores importantes, además de la calidad de materiales adecuados para la construcción.

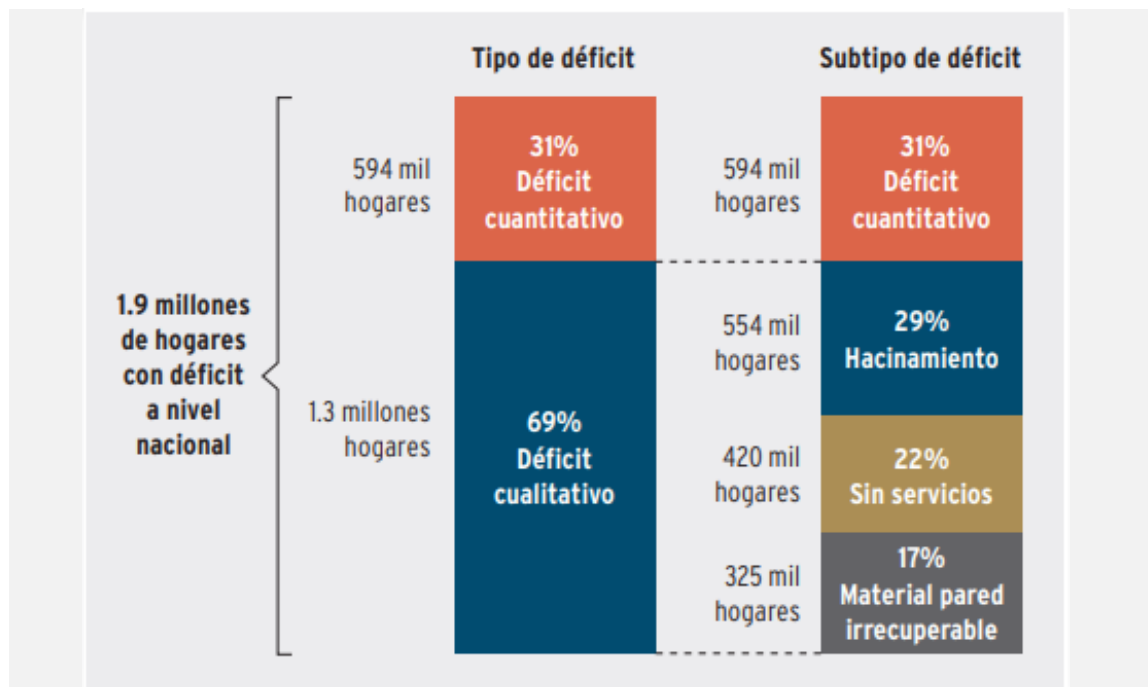
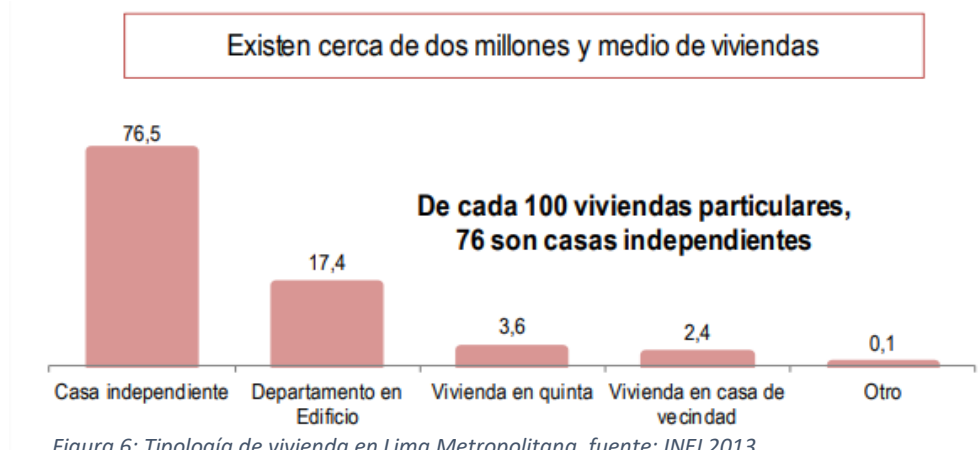


Figura 5, Distribución de Hogares con déficit a nivel Nacional según tipo de déficit
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2021

⁴ Banco Interamericano de Desarrollo.

En Lima se tienen aproximadamente dos millones y medio de viviendas. Las casas independientes o viviendas que tienen salida directa a la calle, tienen un mayor porcentaje del total de viviendas construidas que corresponde al 76.5%, seguido de las viviendas en edificios que tiene un 17.4%, un 3.6% pertenece a viviendas en quintas, el 2.4% son viviendas en casa de vecindad y 0.1% otro tipo de viviendas. (fig. 6).



Del total de viviendas que se realizan de casa independiente, una parte de ellas se ha realizado de manera informal mediante la autoconstrucción, lo que evidencia un aparente crecimiento, y bienestar en los hogares, no garantizan un adecuado confort y seguridad ante un sismo.

Las viviendas que se muestran en la figura 6 y 7 corresponden a viviendas que han sido construidas de manera progresiva, es una característica entre las viviendas de las zonas alejadas del centro de Lima, en distritos de la periferia.



Figura 7: Viviendas autoconstruidas en Villa el Salvador,



Figura8: Vista desde vía principal, en el distrito de Villa el Salvador, Lima.

En países en desarrollo, la vivienda es el techo que te protege y brinda servicios además una herramienta económica para superar la pobreza, bien diseñada, bien localizada, especie de atajo hacia la inequidad. Entendida como el acceso a oportunidades, educación, salud, trabajo...La escases del recurso obliga a que las personas queden

instaladas en zonas de la ciudad carentes de servicio y la calidad de vida termina siendo peor que aquella que se trata de resolver. (Aravena, 2017).

A nivel nacional se producen 128mil viviendas de los cuales el 7% corresponde a Mivivienda y el 4% Techo propio ambos son parte del programa del gobierno para vivienda social, siendo la vivienda informal inadecuada y adecuada de 39% y 27% respectivamente. En Lima se produce la mayor cantidad de viviendas con una producción de 58,300 viviendas de un total de 127,827. (fig.9)

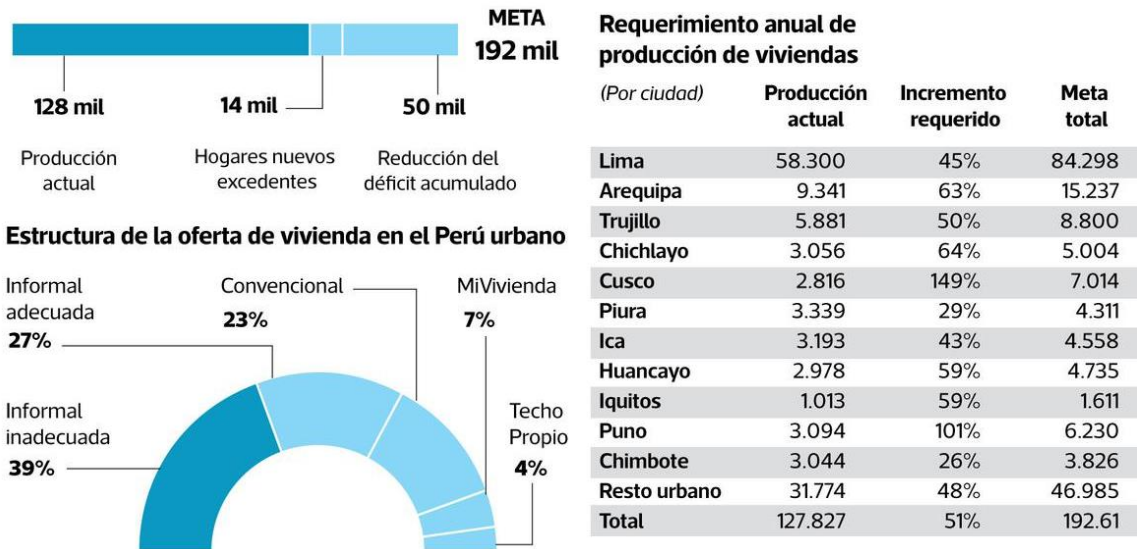
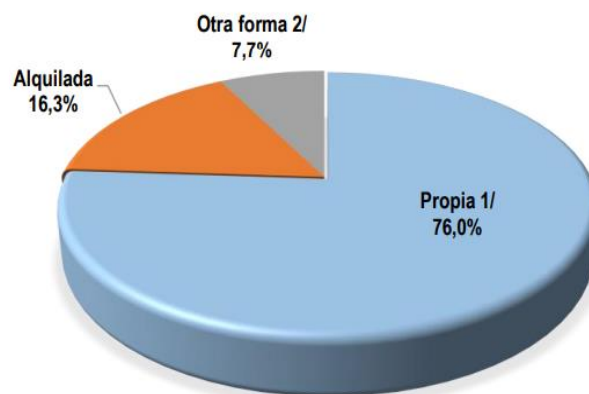


Figura 9: oferta de la vivienda en el Perú urbano, Fuente: Diario el Comercio / Grupo de Análisis para el desarrollo

Según el Censo realizado el 2017, las viviendas están habitadas en diferentes condiciones como: propia (con o sin título de propiedad), alquilada, cedidas y otra forma. El mayor porcentaje de las viviendas son consideradas como propia con el 76% (5,853,091 viviendas) con ligero crecimiento anual de 1.8%, seguido de alquilada con el 16.3% (1,256,520 viviendas), (fig.10).



1/ Incluye totalmente pagada, pagándola a plazos y por inversión.

2/ Incluye vivienda cedida por el centro de trabajo, por otro hogar o institución y anticresis

Figura 10: Tenencia de viviendas 2017,

Fuente: INEI- Censo Nacionales 2017: XII de población y VII Vivienda

De los datos presentados se puede concluir que el alto porcentaje de déficit habitacional no podrá ser reducido significativamente sino se mejoran o cambian las medidas del estado en producción de viviendas, ya que existe una gran diferencia entre viviendas requeridas (1,9 millones) y producción de viviendas (128 mil) tomando en cuenta que hay un alto índice de viviendas que se construyen de manera informal de baja calidad.

2.3 Política habitacional y acceso a la vivienda

El estado aplica una política de vivienda tomado del modelo chileno con el supuesto de que las soluciones deben venir del sector privado, donde el sector privado debe diseñar y ejecutar y el estado debe facilitar con leyes y dinero (Calderón, 2019).

El gobierno establece políticas sobre desarrollo en infraestructura y vivienda, siendo el facilitador y regulador de las actividades para el desarrollo de viviendas mediante el Fondo Mivivienda. Esta entidad se encarga de los programas de vivienda de interés social. Invierte más de S/. 700 millones en el Fondo MiVivienda para subsidiar el mejoramiento de vivienda mediante la modalidad Construcción en Sitio Propio, típicamente en zonas de expansión informal.

Como objetivo principal del Ministerio de vivienda se plantea: *“Incrementar el acceso a una vivienda adecuada en las ciudades y centros poblados del país priorizando a la población en situación de pobreza o vulnerabilidad social”*

En el 2021, el Ministerio de Vivienda planteó como meta: *“Al 2030 se mejorará las condiciones de habitabilidad de la población, lo cual se reflejará en el acceso a viviendas dignas, seguras, asequibles, de buena calidad y adecuadas a características culturales, necesidades productivas y condiciones climáticas; y a espacios públicos, equipamiento y servicios básicos de buena calidad distribuidos equitativamente; centros poblados económicamente competitivos, ambientalmente responsables, socialmente equitativos e inclusivos y resilientes con un enfoque territorial implementados por gobiernos locales capaces y con autoridad para asegurar la elaboración e implementación de instrumentos de planificación y gestión urbana y territorial de buena calidad, eficaces y socialmente legítimos.” Con ello el Ministerio de Vivienda plantea los siguientes indicadores al 2030, en referencia a la vivienda de interés social:*

- Reducción de 50% del déficit habitacional cualitativo.
- Reducción de 70% déficit habitacional cuantitativo.

Los programas del Fondo Mivivienda atienden principalmente al nivel socioeconómico C (clase media) mediante el programa Crédito Mivivienda y Techo propio con los sectores de bajos recursos económicos (D, E). Facilita el financiamiento para la vivienda de las familias con menores recursos, permite el acceso a una vivienda que cuente con servicios de electricidad, agua, desagüe, y condiciones adecuadas de habitabilidad.

La Vivienda de interés social, que se financie debe ser desarrollada en un terreno que cuente con los servicios para garantizar la calidad de vida, entre agua y desagüe, electricidad de acuerdo a la normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El Fondo Mivivienda tiene los siguientes programas para reducir el déficit de vivienda divididos en dos: el programa Crédito Mivivienda dirigido a hogares de clase media y el programa Techo propio dirigido la clase social de bajos recursos económicos (fig. 11).

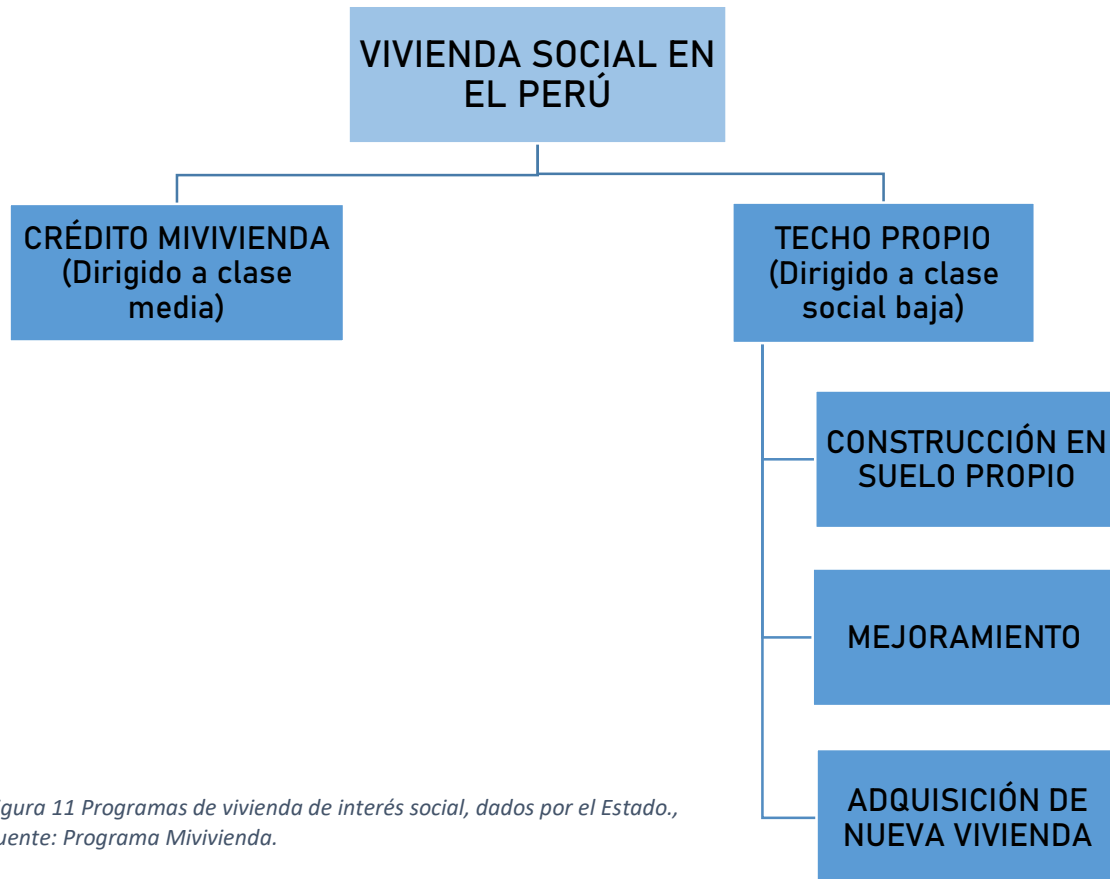


Figura 11 Programas de vivienda de interés social, dados por el Estado.,
Fuente: Programa Mivivienda.

Dentro del programa Techo Propio tiene 3 modalidades de aplicación:

- *Construcción en Sitio Propio*
Dirigido para las familias que tengan un terreno que cuente con los servicios básicos, con contrato de obra de las entidades técnicas que estén el registro del Fondo Mivivienda, expuestos en la web.
- *Mejoramiento de la Vivienda*
Dirigido a familias que deseen hacer obras de remodelación, rehabilitación, culminación o ampliación de la vivienda existente, con el objetivo de que la vivienda tenga las condiciones mínimas de vivienda de interés social según el Reglamento Operativo del Bono Familiar Habitacional.
- *Adquisición de Vivienda Nueva*
Dirigido a familias que no cuentan con una vivienda ni terreno donde construir.⁵

⁵ Fondo Mivivienda

Acceso a la Vivienda

El Fondo Mi Vivienda y el programa Techo Propio otorgará un subsidio a través de bonos habitacionales para que familias de bajos ingresos económicos, accedan a una primera vivienda con una cuota inicial de menor costo, por lo cual no deben contar con propiedades anteriores, siendo esta su primera vivienda. Como requisitos para que una familia pueda acceder a un bono del gobierno en cualquiera de sus modalidades mencionadas, debe contar previamente con ahorros en una entidad bancaria y acreditar recursos o ingresos económicos para poder acceder al crédito, con un límite de ingresos considerando estar dentro de la población social baja a media. (Mivivienda)

Los costos para una vivienda nueva se toman como referencia de techo propio, por un valor de s/. 55,000 hasta s/. 109,200 (fig. 12).

Tipo VIS	Valor de Vivienda	Bono Familiar Habitacional
VIS Priorizada en Lote Unifamiliar	Hasta S/ 55,000	9.4 UIT S/ 41,360
VIS Priorizada en Edificio Multifamiliar/ Conjunto Residencial/Quinta	Hasta S/ 68,000	9.7 UIT S/ 42,680
VIS en Lote Unifamiliar	Hasta S/ 87,400	8.75 UIT S/ 38.500 (*)
VIS en Edificio Multifamiliar/Conjunto Residencial/Quinta	Hasta S/ 109,200	

Figura 12: Cuadro de bonos entregados por el estado, Fuente: Fondo Mivivienda.

Concurso construye para crecer

Los programas anteriores son modalidades donde la empresa privada aporta la solución a la vivienda, ya que el Fondo Mivivienda no desarrolla los proyectos. Debido a ello el Ministerio de Vivienda implementó el Concurso construye para crecer desde el 2013, para impulsar a que los estudiantes y profesionales de las ramas de arquitectura e ingeniería se involucren y aporten nuevas soluciones en el diseño de la vivienda de interés social con las siguientes modalidades de participación a través de propuestas.

Tiene como finalidad la obtención de modelos de vivienda social en respuesta a los siguientes temas: accesibilidad económica, crecimiento modular, sostenibilidad y tecnología constructiva coherente con el entorno, a efectos de facilitarlos a las municipalidades distritales y provinciales del país, para que evalúen su incorporación a los bancos de proyectos, lo que reduce los tiempos de gestión, de trámites de licencias, ya que son proyectos que cumplen las normativas vigentes y han sido revisados previamente, se le hace un seguimiento para el correcto funcionamiento de los proyectos.

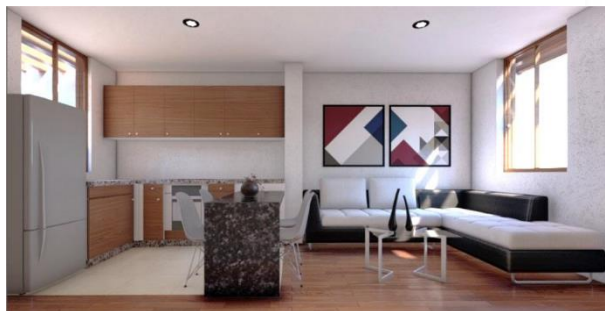
Se presentan diseños urbanos y rurales, donde se desarrollan prototipos de vivienda unifamiliar con crecimiento progresivo y vivienda multifamiliar, considerando que deban ser replicadas en lotes de dimensiones y características similares.

Mediante concurso público los participantes (arquitectos peruanos), proyectan un prototipo de vivienda social: unifamiliar (con un área inicial construida mínima de 35 m² con tolerancia del 10% de área construida) con crecimiento progresivo. El área mínima del lote unifamiliar será de 90 m², teniendo como base normativa el RNE⁶ y el Código de construcción sostenible.

Por sus características, los prototipos de vivienda social deberán mostrar los siguientes principios ordenadores: funcionalidad, bajos costos de mantenimiento, durabilidad, diseño integral, innovador, de bajo costo y diseño que considere estrategias sostenibles, tecnológicas y bioclimáticas.

El costo de ejecución del núcleo básico inicial de la vivienda unifamiliar y del crecimiento progresivo será en el marco del programa Techo Propio.

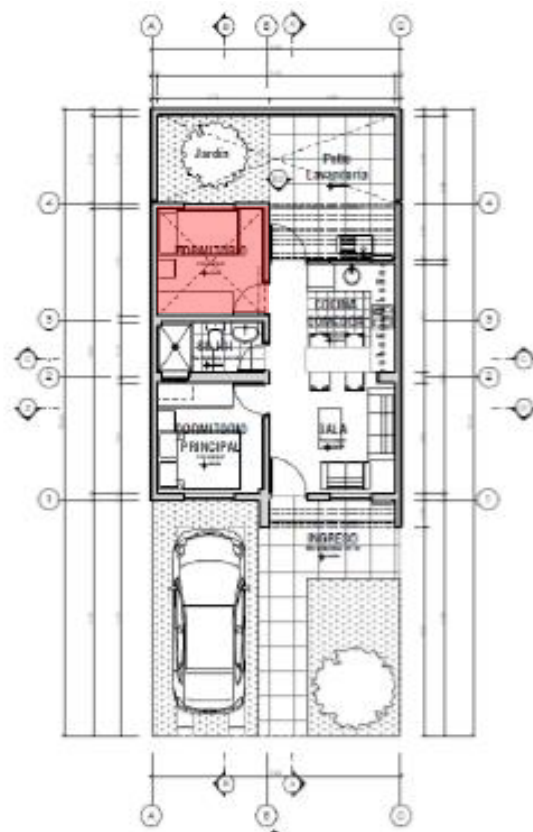
La figura 13 muestra la vivienda básica de 37.5 m² en un lote de 90 m², posteriormente será ampliada para generar la primera planta, modificación el dormitorio para generar una escalera de acceso.



Vista interior de vivienda



Vista exterior de la fachada, vivienda de 1 nivel.



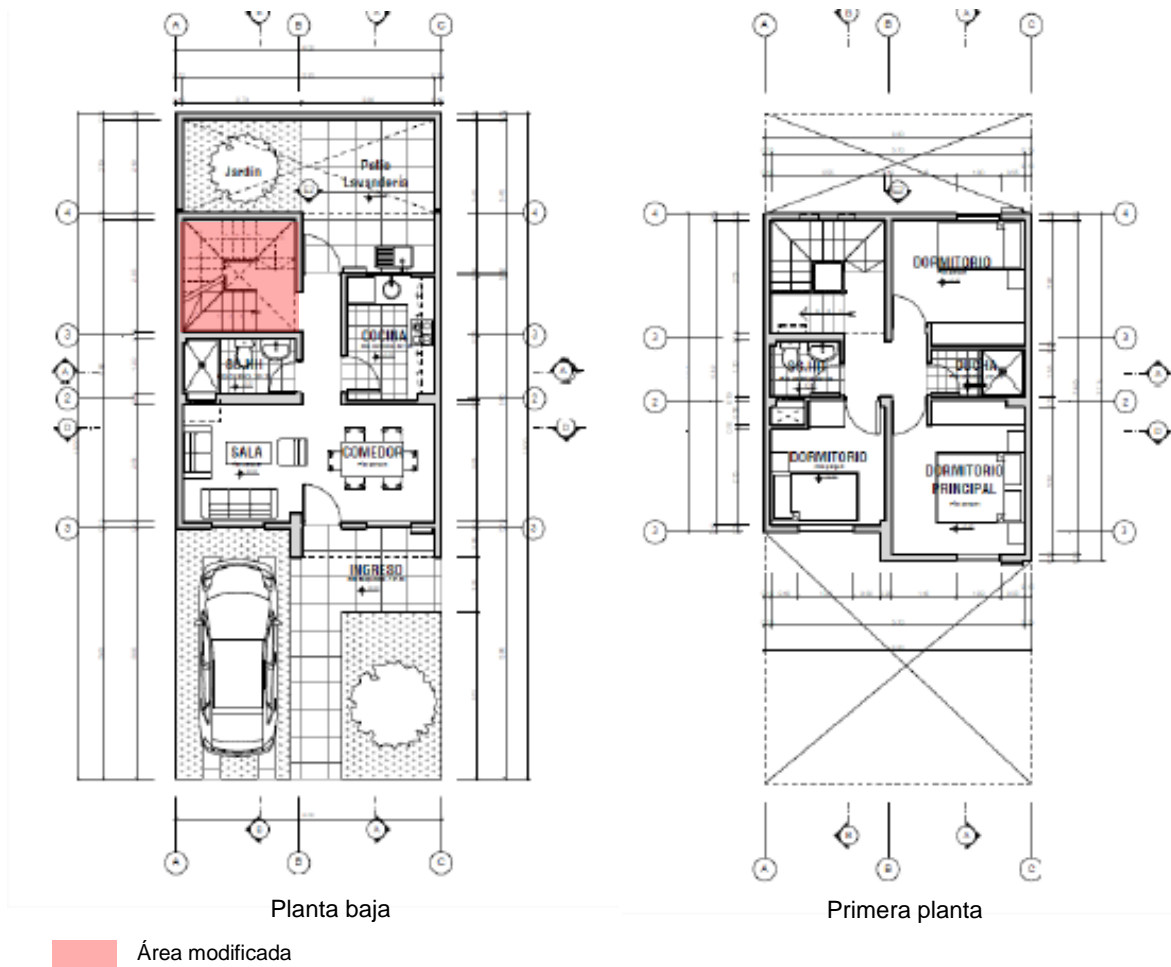
Plano de la planta baja

Área modificada

Figura 13: Módulo vivienda, Banco de proyectos 2018, Ministerio de Vivienda.

⁶ Reglamento Nacional de Edificaciones.

La figura 14 muestra la vivienda en la segunda etapa con crecimiento progresivo de 75 m²



Vista exterior de la fachada vivienda de 2 niveles

Figura 14: Módulo de vivienda, Banco de proyectos 2018, Ministerio de Vivienda.

Si bien el programa techo propio propone parámetros para el diseño de las viviendas de interés social, en el caso del área construida es de 35 m², en la vivienda básica, esto implica que el usuario de la vivienda tenga áreas reducidas, con viviendas que no son accesibles en el caso de personas con discapacidad, que requieran tener mayores espacios para movilizarse, como se puede ver en la figura 15, los pasillos son de dimensiones pequeñas.

Es importante mejorar estos aspectos de la vivienda social, para que sea accesible para todos.

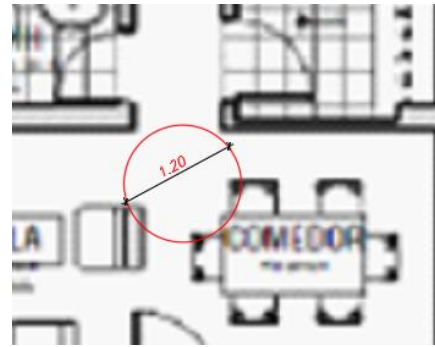


Figura 15: Sala comedor y pasillo

Podemos concluir que, en cuanto a los programas de vivienda, solo el concurso Construye para Vivir, considera desde un punto de vista de aporte al diseño, condiciones bioclimáticas del lugar, innovación tecnológica y mejoras al planteamiento de la vivienda social en el país. Por tanto, se tomará como referencia y base de partida para el desarrollo de viviendas de interés social planteado en la presente investigación. Que podremos ver en el capítulo 5.

CAPÍTULO 3: ESTADO DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ

3.1 Materiales de construcción

En el sector de la construcción, actualmente predomina el uso del hormigón y ladrillo sobre los demás materiales, siendo utilizado en los diferentes tipos de edificaciones. El uso de este material está asociado por el común de las personas como superior, ante el adobe, la quincha y la madera. Estos últimos mencionados están ligados a conceptos de falta de seguridad y edificaciones temporales.

Material predominante en paredes

De acuerdo con la información del Censo 2017- INEI⁷ (fig. 16), del total de viviendas con ocupantes presentes que suman 7 millones 698 mil 900 viviendas, se destaca que 4 millones 298 mil 274 tienen como material predominante en las paredes exteriores ladrillos o bloques de cemento, lo que representa el 55,8%; asimismo, 2 millones 148 mil 494 viviendas tienen como material predominante adobe o tapia, lo que representa el 27,9%. En menores proporciones las viviendas tienen como material en las paredes exteriores, madera (9,5%), quincha (2,1%), piedra con barro (1,0%), piedra, sillar con cal o cemento (0,6%) y otro material que incluye; triplay, calamina, estera y otros (3,1%), (fig. 15).

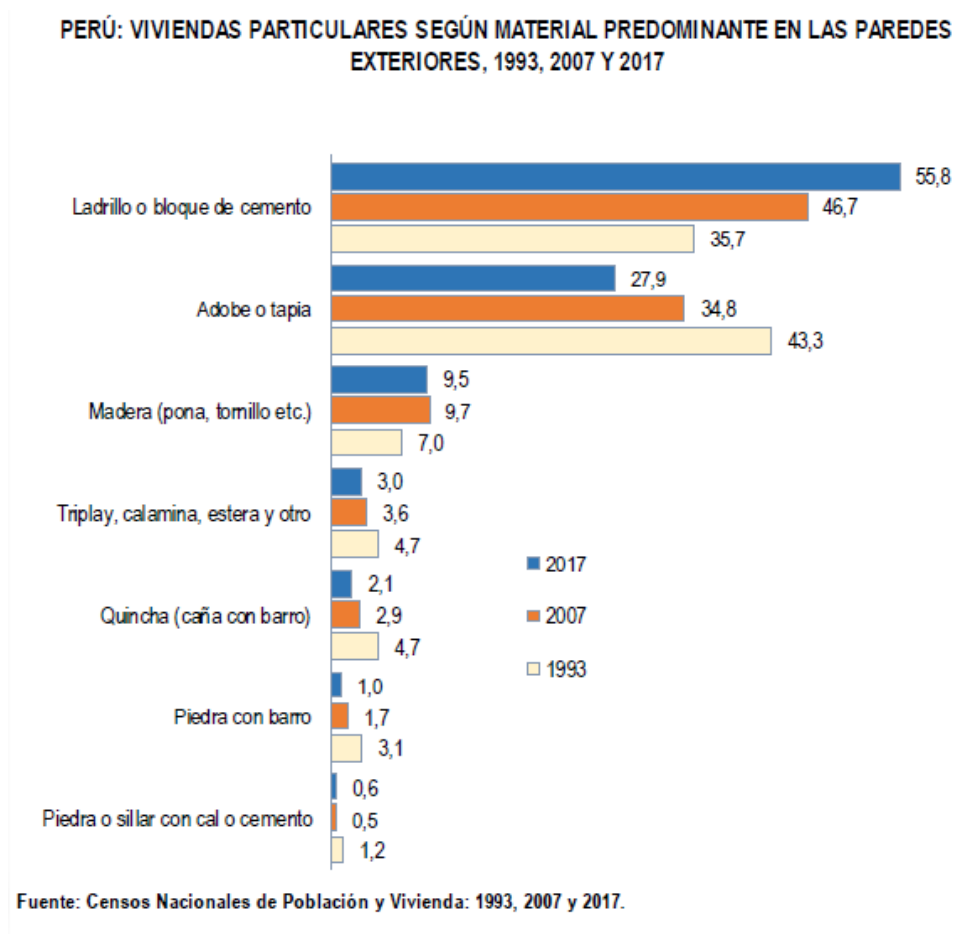


Figura 16: Material predominante en paredes. Fuente: INEI 2017

⁷ Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Material predominante en los techos

Según el Censo(INEI 2017), del total de viviendas particulares con ocupantes presentes, en el 42,8% el material predominante en los techos es de concreto armado, lo que representa a 3 millones 298 mil 280 viviendas; el 39,2% de las viviendas tiene como material predominante planchas de calamina, fibras de cemento o similares que equivale a 3 millones 16 mil 332 viviendas; el 7,8% de las viviendas tiene como material predominante tejas (600 mil 274 viviendas) y en porcentajes menores triplay/estera/carrizo (1,9%), madera (2,0%) y paja, hojas de palmera y similares (2,9%) (fig. 17).

PERÚ: VIVIENDAS PARTICULARES SEGÚN MATERIAL PREDOMINANTE EN LOS TECHOS, 1993, 2007 Y 2017

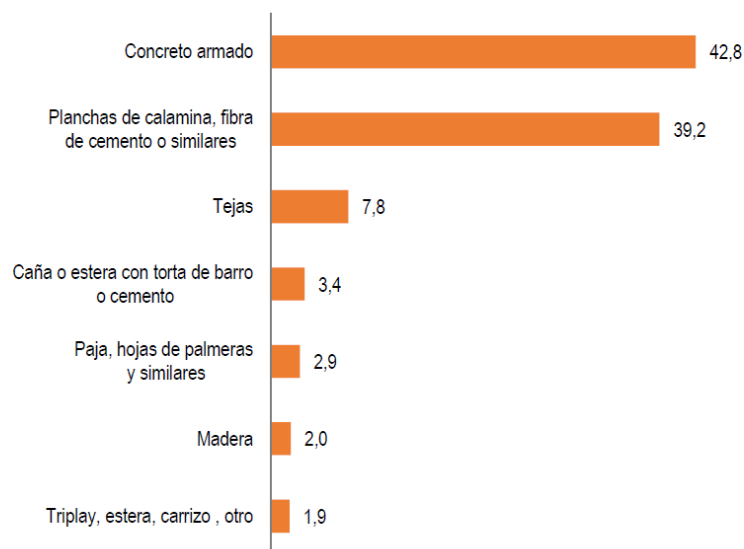


Figura 17: Material predominante en techos,

3.2. Impacto de la construcción

Como hemos visto predominan los sistemas que emplean el hormigón y albañilería de ladrillo. El uso del adobe, la quincha y madera se están usando cada vez menos principalmente en las zonas rurales de donde se acostumbraban a usar ya que eran materiales de la zona. De acuerdo a los estudios realizados por el INEI, se puede verificar que estos materiales cada vez están disminuyendo su uso y por el contrario va en aumento el uso del hormigón y acero.

La construcción con estos sistemas vernáculos, como la quincha, el adobe y la madera, se utilizaron como alternativas para las viviendas en cada localidad.

La quincha prefabricada, es un sistema constructivo conformado por un entramado de caña con refuerzo de madera, con columnas y vigas de madera. El techo se realiza a un agua con una estructura de caña y madera cubierto con barro y paja. El adobe es un sistema constructivo, formado por ladrillos con masa de barro y paja, secados al ambiente.



Figura 18, 19: Vivienda de quincha en Ica

A pesar de la predominancia del uso del hormigón, hay familias que siguen usando estos sistemas vernáculos y sus viviendas siguen en pie porque construyeron de manera idónea con conocimiento adquirido de generación tras generación. La revalorización y replanteamiento de estas técnicas y materiales también puede ser una manera de construir de forma más sostenible, que podría impulsarse en la construcción de viviendas sociales.

El sector de la construcción es una de las actividades económicas más importantes, que viene siendo impulsado por el gobierno mediante los programas de vivienda. Contribuye con la alta demanda de cemento para la construcción. En las figuras 20 y 21, se puede visualizar las viviendas del programa Techo Propio, siendo en su mayoría realizadas de hormigón y ladrillo.



Figura 20, 21: Vivienda social impulsadas por el estado, Techo Propio.

De los datos obtenidos por el INEI (2018), se vendió un total de 10,684,653 toneladas, en Lima se produjo la mayor venta con 3,581,573 toneladas (35.2%), seguido de Arequipa con 760,943 toneladas (7.1%), los departamentos que compraron menos cemento fueron Tumbes y Madre de Dios con 0.5% y 0.4% respectivamente (fig. 22).

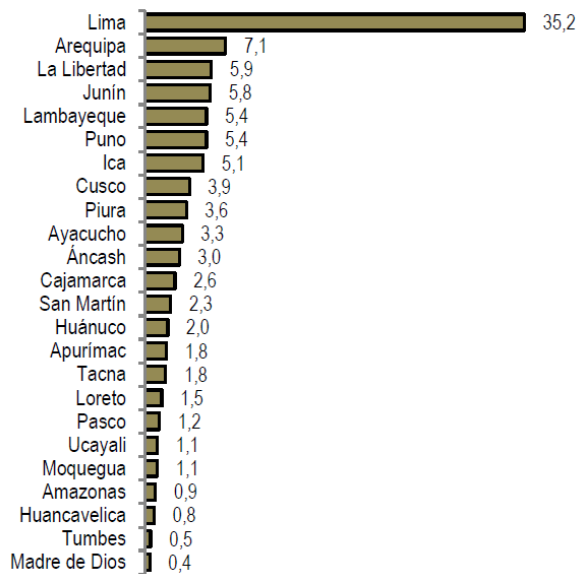


Figura 22: Venta de Cemento por departamento 2017 en porcentaje, Fuente: INEI

En el caso de las barras de acero (INEI, 2018), que conforman el hormigón armado, se obtuvieron datos de la venta, en la figura 23, se visualiza que existió un alza desde el 2005 hasta el 2011, con una tendencia constante hasta el 2017. En el 2005 se vendieron 424,000 toneladas aumentando al 2017 a 1,309,000 toneladas de acero de construcción.

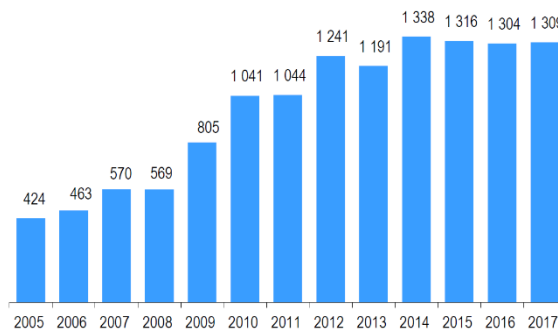


Figura 23: Venta de barras de construcción 2005-2017 (miles de toneladas), Fuente: INEI 2018

Estos datos nos permiten reflexionar sobre el alto consumo de materiales que no contribuyen con el medio ambiente, siendo Lima uno de departamentos que consume más cemento, sin ninguna restricción en busca de producir mayor cantidad de edificios y como se ha señalado la construcción de viviendas es una de las actividades económicas importantes. Se evidencia que el hormigón ha desplazado a los materiales vernáculos, como es el caso de la madera en la zona de la selva, que a pesar de ser un material renovable no se han propuesto viviendas con este material por parte del estado.

Implementación de la sostenibilidad

El hormigón y acero generan altas emisiones de CO₂, además, por ser tan abundante en el edificio, contribuye con una proporción importante de las emisiones.

A nivel mundial el sector cementero es responsable de alrededor del 5% de las emisiones de CO₂. El hormigón es el material de construcción más empleado en el mundo, cada año, la industria del hormigón emplea 1.6 billones de toneladas de cemento. Cada tonelada de cemento en su fabricación emite 1 tonelada de CO₂ a la atmósfera. Por tanto el sector de la construcción tiene que desempeñar un papel importante en la reducción de la amenaza del cambio climático.⁸

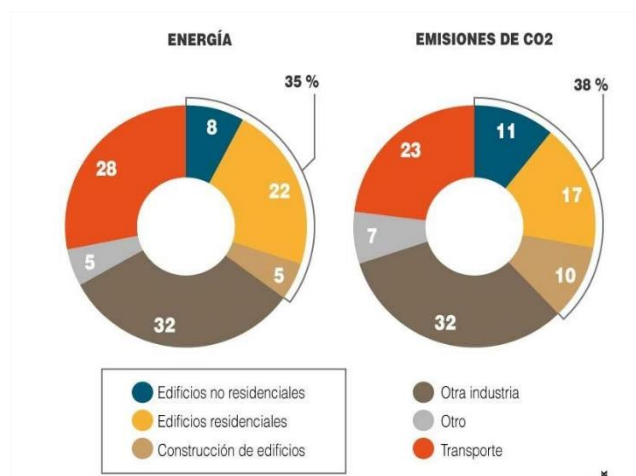


Figura 24, Emisiones de CO₂, Fuente: PNUMA 2019

De la energía consumida el 5% corresponde a la construcción de edificios y el 30% corresponde al consumo de los edificios. En cuanto a las emisiones de CO₂ el 38% corresponde a los edificios, como se puede ver en la figura 24.

El Perú se encuentra en proceso de poder implementar las medidas para reducir las emisiones de CO₂.



Figura 25, Logo huella de carbono

En el 2019 creo el programa Huella de Carbono Perú, a cargo del Ministerio del Ambiente. La Huella de Carbono Perú es una herramienta oficial del Estado peruano que reconoce cómo las organizaciones públicas y privadas han logrado gestionar sus emisiones de gases de efecto invernadero en beneficio del ambiente, y que acciones toman para reducirlas.

El Ministerio de Vivienda, implemento el Código Técnico de Construcción Sostenible, como parte de un plan para promover la construcción sostenible y reducir el impacto ambiental. Propone estrategias y acciones para implementar en el modelo de construcción. (CIES, 2020)

⁸ Growingbuildings, 2015.

El código se promueve una construcción sostenible, enfocada en el edificio como producto final, como por ejemplo el uso de termas solares para el calentamiento del agua, griferías y aparatos sanitarios ahorradores, así como el aprovechamiento de aguas residuales tratadas y condiciones bioclimáticas. El código aun no es exigible su uso a nivel general, sin embargo, las viviendas que son parte de los programas del gobierno (techo propio o mivivienda), deberán ser considerados.

El Ministerio de Vivienda, aún se encuentra en proceso de implementar y mejorar en términos medioambientales, ya que no cuenta con normas específicas que promuevan la construcción sostenible. No se realizan estudios de impacto ambiental, estos estudios solo son solicitados cuando son proyectos de gran envergadura como el caso de proyectos industriales o forestales de acuerdo a la normativa del RNE, pero no realiza ni solicita un estudio a los proyectos de vivienda. (CIES, 2020).

Se puede señalar que en el país los programas de gestión del cambio climático aún no han sido consolidados, pero tienen una proyección a mejorar e implementar las medidas para reducir los gases de efecto invernadero, en todas las áreas, principalmente en la construcción que es uno de las principales fuentes de aporte al dióxido de carbono.

CAPÍTULO 4: LA MADERA Y LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ

4.1 Industria maderera

El territorio peruano está conformado aproximadamente por 60% (73 millones de hectáreas) conformado por bosques, con diferentes especies de árboles, concentrándose en la zona selva. El recurso forestal del Perú se divide en 6 tipos: Bosques de Producción Permanente (BPP), Bosque local, Área Natural protegida, Reservas territoriales, Comunidades Nativas, Comunidades Campesinas. De los cuales puede ser aprovechado los BPP. El ordenamiento forestal se encarga de otorgar los derechos de aprovechamiento y asignar un área de BPP en concesionamiento para su extracción sostenible. (SERFOR, 2016).

Los BPP conforman casi el 20 % del territorio peruano que corresponde a 24 millones de hectáreas y solo el 40 % se encuentra concesionado por extractoras, de las cuales solo el 10% tiene una certificación sostenible. (SERFOR2016). Se muestra en la figura 26, la ubicación de los BPP.

En cuanto a la producción maderable, según la FAO⁹ el 2015 registro 1,7 millones m³ de madera rolliza, concentrándose el 86% de la producción en los departamentos de Loreto, Madre de Dios y Ucayali, siendo las principales especies aprovechadas: eucalipto, cumula, capirona, capirona, lupuna y tornillo.

En la figura 27, podemos ver la producción de productos maderables (FAO) fue de 686,397 m³, siendo la madera aserrada 579,079m³ que corresponde a un 80%, seguido de la madera contrachapada con 7.4%, y el parquet 1.5%.

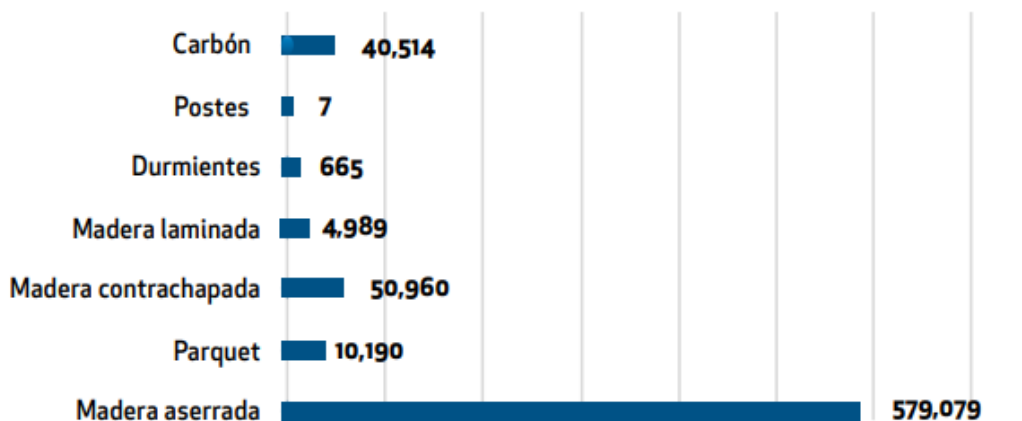


Figura 27: Volumen de productos maderables 2015, Fuente: FAO

El uso de la madera como material estructural es poco usado, pero tiene su uso mayormente en las viviendas de la selva alrededor de 8% en la zona urbana y 14% en zona rural. (INEI, 2017).

⁹ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.



Figura 26: Bosques de producción permanente,
Fuente: Servicio Forestal y de Fauna Silvestre- SERFOR.

La cadena productiva de la madera

Parte del manejo forestal en los bosques naturales o de plantaciones forestales cuya gestión del bosque se realiza en concesiones forestales con fines maderables. Como producto del manejo forestal maderable se obtiene madera rolliza. (FAO, 2018)

Dentro de la transformación primaria se encuentra el aserrío, escuadrado, desmenuzado; chipeado; laminado; producción de pre-parquet, postes, vigas, cuartones, durmientes, maderas dimensionadas, embalajes no estandarizados; pirolisis y envasado de productos. Estos procesos se realizan generalmente en centros de transformación fuera del bosque y no sólo incluye a las regiones productoras de madera como Ucayali, Madre de Dios, Loreto, San Martín, en donde se concentran las actividades de transformación. *Lima es la región donde se registran la mayor cantidad de empresas dedicadas al re-aserrío y acepilladura de madera; debido a que la comercialización de madera aserrada no está estandarizada en cuanto a medidas finales, calidad y condición seca; y que los canales de comercialización incluyen a depósitos quienes habilitan a medidas finales la madera para las empresas de segunda transformación. En la segunda transformación se encuentran las actividades de exportación e importación. En Lima se encuentra el puerto del Callao donde se realiza el ingreso y salida de productos de primera y segunda transformación.* (FAO, 2018)

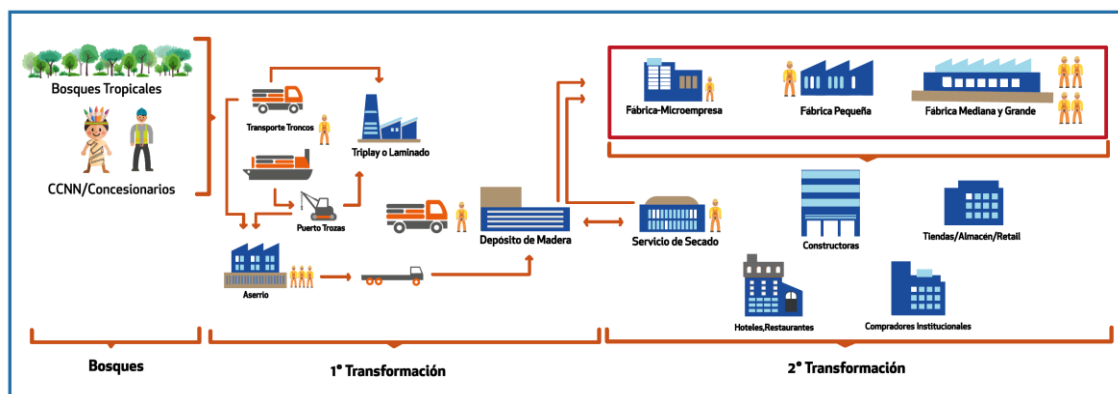


Figura 28: Esquema de la cadena productiva de la madera, Fuente: FAO 2018

El mercado local consume el 90% de la producción nacional, siendo el sector construcción es el principal demandante de madera y productos de madera para viviendas, oficinas, restaurantes, hoteles y centros comerciales (FAO-ITP-CITE Madera, 2018).

En la figura 29, podemos ver las zonas de Loreto, Ucayali y Madre de Dios. Siendo el más cercano Ucayali con 497km, de donde se adquiere en mayoría la madera debido a su corta distancia, es trasladada por vía terrestre, al igual que Madre de Dios, sin embargo, en Loreto la carga de madera se envía por transporte fluvial hasta Pucallpa y luego es enviada por vía terrestre a Lima (genera mayores costos y tiempo), si se mejorara la infraestructura portuaria en la zona de Loreto, permitiría optimizar los tiempos en 65%.

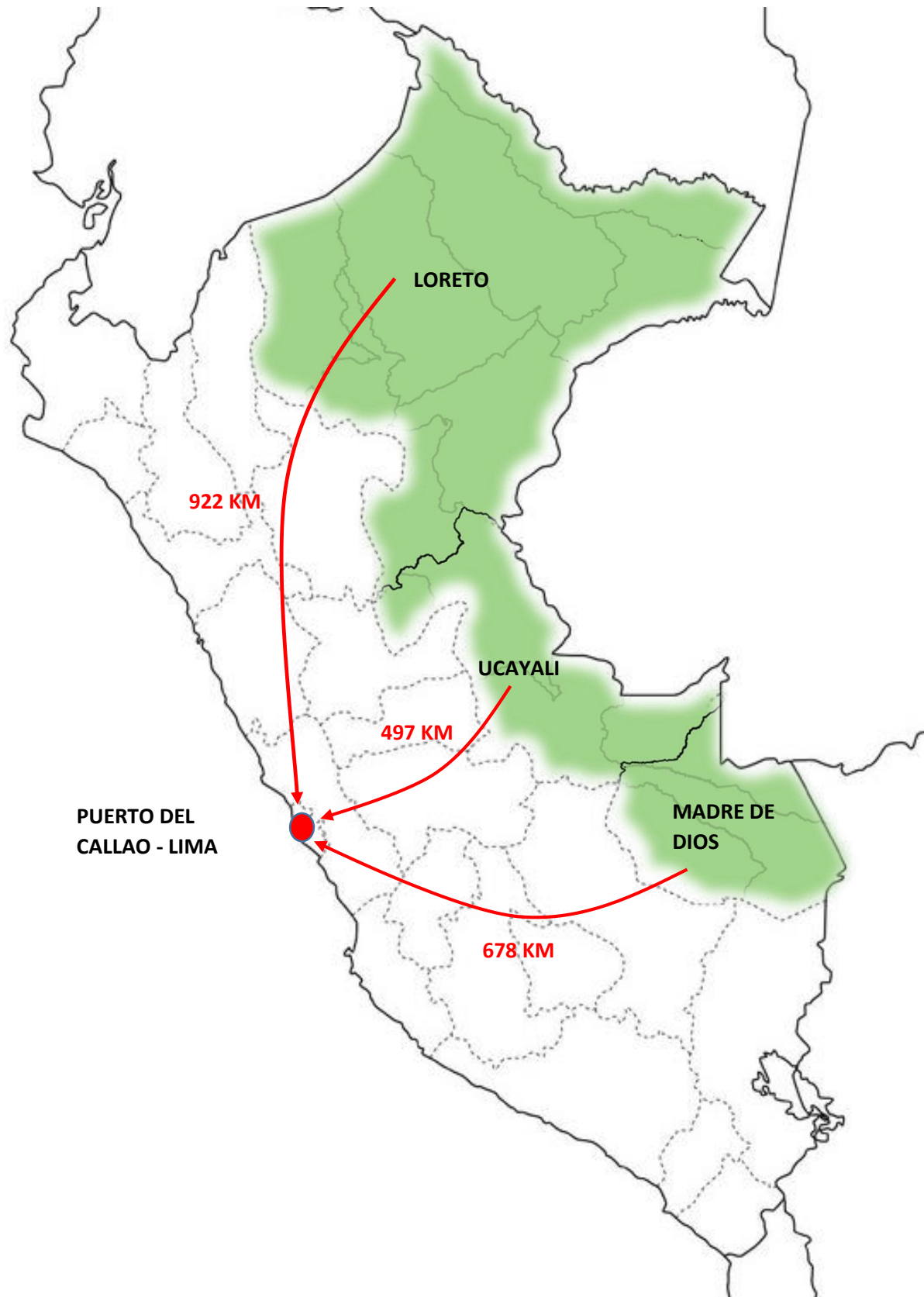


Figura 29; Distancia desde los principales bosques de producción de madera hacia el Callao – Lima.

Importación y exportación

Existe una diferencia entre la exportación e importación. Los valores anuales de exportación oscilaron entre US\$ 120 y US\$ 130 millones (2016-2018) y la importación de productos maderables fluctuó entre US\$ 300 y US\$ 330 millones. Esto debido a que es más costoso transportar un contenedor desde Loreto, Ucayali y Madre de Dios desde el Callao hacia el extranjero, incluyendo países de Asia y Europa.¹⁰

Los principales países de origen de importación de madera son Chile y Brasil, siendo los principales exportadores de la región. A pesar de tener más importación, si se mejoraran las vías de transporte en Loreto, Ucayali y Madre de Dios, con impulso por parte del estado, facilitaría el uso de la madera nacional, reduciendo las importaciones.

INSTITUCIÓN	RELACIONADO CON		INFORMACIÓN A BRINDAR
	EXPORTACIÓN	IMPORTACIÓN	
Brokmar Chartering	x		Validación de procedimientos y tiempos de exportación
Comercial Maderera Andina		x	Validación de procedimientos, costos y tiempos de importación
Maderera Bozovich	x	x	Validación de procedimientos y tiempos de exportación e importación
Forestal Otorongo	x		Costos y tiempos de transporte terrestre previos a exportación
Maderyja	x		
Green Gold Forestry	x		Validación de procedimientos, costos y tiempos de exportación
Eurodek SAC	x		
Inversiones La Oroza	x		
Corporación Industrial Forestal	x		
Comasac	x		
Maderacre	x		
Inforhuay	x		
Cawsac	x		
Inversiones Valentina y Nathaly SAC	x		
Trimasa	x		

Figura 30: Empresas que comercializan la madera, Fuente: SERFOR 2019

¹⁰ Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2020.

Tableros Contrachapados y de OSB (*Oriented Strand Board*)

La industria de los paneles de madera, tableros contrachapados y OSB, ha disminuido sus exportaciones, respecto a años anteriores siendo el caso extremo, que implicó el cierre de operaciones de la única empresa nacional dedicada al rubro, TAPESA (Tableros Peruanos S.A.), por una fuerte competencia extranjera.

Por tanto, se ha incrementado la importación de los tableros, entre ellos el tablero de fibras orientadas OSB, obtenida de los países de Brasil y Chile.

Los tableros de fibras orientadas OSB, son realizados con los residuos o virutas de la madera que se alinean formando capas, aprovechando los desechos de manera óptima.

Como se ha señalado la empresa TAPESA tuvo que cerrar y parar su producción. Sin embargo, en la región tenemos empresas que si lo comercializan como es el caso de la empresa Lousiana Pacific (LP) – Building Solutions - Chile, que produce varios tipos de tableros entre ellos el OSB, con certificaciones y ensayos que cumplen con la calidad para usar estos tableros. En la figura 31 se muestra un tipo de tablero de OSB 3 - LP, con aplicación muro, pisos y techos.

NOMBRE	USO	Certificación	PISOS *	MUROS *	TECHO *
LP OSB APA	Viviendas Departamentos Edificios/Comercial / Social	APA	X	X	X
LP OSB APA PLUS		APA	X	X	X
LP OSB APA GUARD		APA	X	X	X
LP OSB APA PROTEC		APA	X	X	X
LP OSB HWRAP		APA		X	
LP TECHSHIELD		APA		X	X
LP TOP NOTCH		APA	X		
NOMBRE	USO	Certificación	MUEBLES	DECORACION	AMPLIACIONES
LP multiplac	aplicaciones temporales	-	X		X
LP home 2		-	X		X
LP induplac		-	X	X	X
LP OSB colonial		-		X	
LP Natural Deco		-		X	

Figura 31: Características de los tableros de OSB, provenientes de Chile.

Certificación FSC

El Forest Stewardship Council – FSC, es una organización internacional no gubernamental que promueve la gestión responsable de los bosques del mundo. La certificación es voluntaria y se realiza mediante organismos de certificación acreditados por el FSC que proporcionarán la información sobre los requisitos. Luego se procede a una auditoría que evalúa el cumplimiento de las condiciones necesarias, para la obtención del certificado. Este garantiza que el producto cumple con adecuado y responsable manejo medioambiental. (FSC).

El FSC, emite tres tipos de certificados de acuerdo a las etapas de producción:

- *La certificación de la Gestión Forestal; se concede a gestores o propietarios de bosques cuyas prácticas de gestión cumplen los requisitos de los Principios y Criterios del FSC.*
- *La certificación de Cadena de Custodia; se aplica a fabricantes, rematantes y distribuidores de productos forestales certificados FSC. Este tipo de certificación verifica que los productos que se venden con etiqueta FSC realmente contienen materiales certificados FSC y fuentes controladas a lo largo de su cadena de producción.*
- *La Madera Controlada; se ha definido para evitar que las empresas u organizaciones incluyan en sus materiales fuentes de madera que no se pueden aceptar. La Madera Controlada FSC solo puede mezclarse con madera certificada FSC en productos etiquetados como FSC Fuentes Mixtas.*

Asimismo, emite tres tipos de ecoetiquetas:

- *FSC 100%; Todos los materiales utilizados en los productos que llevan esta etiqueta proceden de bosques que han sido auditados por una tercera parte independiente para confirmar que se manejan de conformidad al FSC.*
- *FSC RECICLADO; Se ha verificado que los productos que llevan esta etiqueta están hechos con un 100% de material reciclado (ya sea materiales recuperados posconsumo o preconsumo).*
- *FSC MIXTO; Los productos que llevan esta etiqueta están hechos con una mezcla de materiales procedentes de bosques certificados por FSC, materiales reciclados y/o madera controlada FSC.*¹¹



Figura 32: Ecoetiquetas de certificación FSC

¹¹ Forest Stewardship Council

FSC Perú

De los datos obtenidos por el FSC a setiembre al 2021, se tienen 71 organizaciones certificadas. A continuación, se presenta el tipo de certificación:

- Certificación de Manejo forestal (FM/COC), se tienen 11 organizaciones.
- Certificación de Madera controlada (CW/FM), se tienen 4 organizaciones.
- Certificación de Cadena de custodia (COC), se tienen 56 organizaciones.

Las áreas certificadas en manejo forestal FM/COC y madera controlada CW/FM, corresponden a Loreto, Ucayali, Madre de Dios y San Martín que suman un total de 1,209,362.20 hectáreas. En la figura 33, se observa que Madre de Dios tiene mayor superficie certificada con 600,793.01 hectáreas, seguido de Ucayali con 491,427.82 hectáreas entre FM/COC y CW/FM.

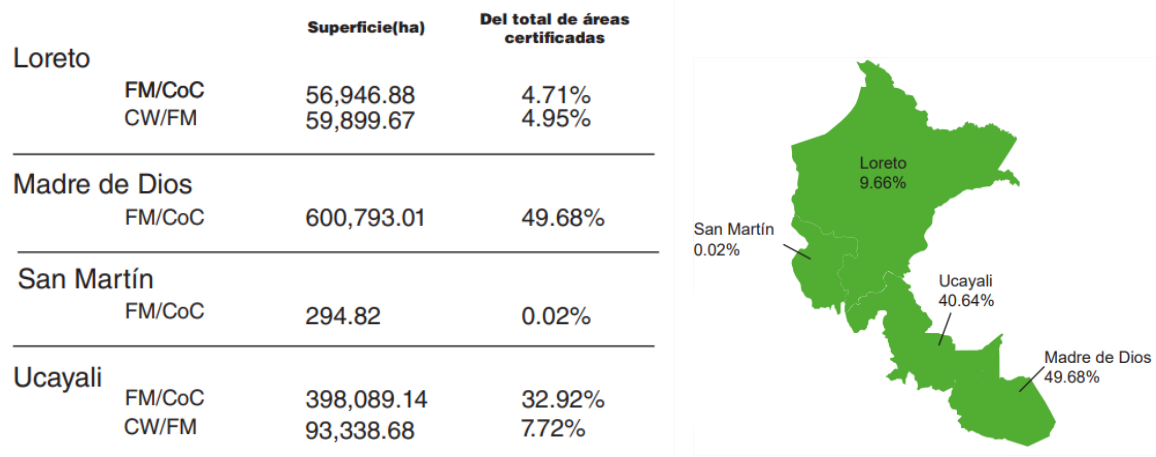


Figura 33: Manejo de bosques y madera controlada, Fuente: FSC Perú

De las organizaciones con certificación de cadena de custodia COC, 15 pertenecen a papeleras e imprentas, y de las organizaciones con productos de madera 8 se encuentran en Lima (fig. 34).

C. CADENA DE CUSTODIA COC			
N°	N° de Licencia	Nombre de la Organización	Ubicación
1	FSC-C002646	Maderera Bozovich S.A.C	Lima
2	FSC-C003290	Maderera Río Acre S.A.C (CoC)	Lima
3	FSC-C003499	E&J Matthei Maderas del Perú S.A	Lima
4	FSC-C163937	Corporación Forestal Claudita S.A.C	Lima
5	FSC-C139667	Union Flooring S.A.C	Lima
6	FSC-C148139	Maderacre Timber S.A.C	Lima
7	FSC-C156243	Maderera Tumi S.A.C	Lima
8	FSC-C156866	Comercial Maderera Andina S.R.Ltda	Lima

Figura 34: Empresas que comercializan la madera con certificación COC, Fuente: FSC Perú

Organismos y legislación en materia de madera y gestión forestal

Los organismos que controlan la gestión forestal por parte del estado son los siguientes:

Presidencia del Consejo de Ministros (PCM)

- Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre (OSINFOR): Organismo adscrito a la Presidencia del Consejo de Ministros, encargada de gestionar eficientemente la supervisión y fiscalización de los recursos forestales, fauna silvestre y servicios ambientales provenientes del bosque.

Ministerio del Ambiente (MINAM)

- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP): organismo adscrito al MINAM, establece los criterios técnicos y administrativos para la conservación de las Áreas Naturales Protegidas.
- El MINAM, cuenta con el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático, contribuye con la conservación de bosques junto a las comunidades nativas, campesinas, organizaciones indígenas, gobiernos locales y regionales.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI)

- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA): Organismo descentralizado del MIDAGRI.
- Servicio Nacional Forestal de Fauna Silvestre (SERFOR): Organismo adscrito del MIDAGRI.

En el caso de la legislación forestal está dada por reglamentos, decretos y resoluciones, con la finalidad de regular el manejo forestal.

Ley Forestal y de Fauna Silvestre (ley N°29763): tiene como objetivo promover la conservación, protección, incremento y su uso sostenible del patrimonio forestal y de fauna silvestre.¹²

Deforestación

La deforestación en la amazonia es un problema que afecta en el Perú, debido a actividades como la minería ilegal, la agricultura, la tala indiscriminada de árboles, actividades extractivas e incendios forestales. Según el MINAN entre el 2001 y 2016, se perdieron 1,801,000 hectáreas de bosques.

Según el FSC, la degradación y deforestación de los bosques causa el 35% de las emisiones GEI en el Perú. Por lo que la conservación de los bosques es primordial para

¹² Organización mundial de conservación (WWF).

reducir estos impactos, para contribuir en la mejora del cambio climático. Además, concientiza la compra responsable de la madera como potente mecanismo para promover el desarrollo sostenible del país.

El FSC junto con los organismos del estado mencionados promueven un consumo de la madera responsable salvaguardando las especies de madera tropical y promueve la certificación de bosques cultivados con especies más adecuadas para la industria de la madera.

Se puede concluir, que en el Perú existen zonas de extracción de la madera, certificadas por el FSC, y por parte de los organismos expuestos, son supervisadas, protegidas, promueven la conservación y uso sostenible de los recursos forestales, que viene en los últimos años tomando mayor importancia. Esto permite que se puedan proyectar a futuro mayor producción de la madera e incrementar su uso a nivel nacional. Promoviéndose la madera como un material en potencia para innovar en proyectos de construcción de vivienda.

Sustentabilidad

La madera a diferencia de otros sistemas constructivos como el hormigón y acero presenta beneficios debido a que almacena dióxido de carbono. Al aumentar el uso responsable de la madera podemos contribuir a la mitigación a largo plazo del cambio climático. Un árbol en crecimiento utiliza la luz del sol que recibe para absorber CO₂ y convertir el carbono que contiene en celulosa, el componente principal de la fibra de madera. El carbono en los productos elaborados a partir de árboles cosechados permanece encapsulado, mientras que los nuevos árboles plantados en su lugar comienzan a unir carbono nuevo, asegurando que el ciclo continúe.

La cantidad de carbono almacenada en la madera varía según la especie, pero para la mayoría de las maderas blandas utilizadas en la construcción, almacenan aproximadamente 1 tonelada de CO₂ por metro cúbico. El procesamiento de árboles cosechados en madera aserrada también toma considerablemente menos energía de entrada que la requerida para procesar otros materiales de construcción comunes como el acero y el hormigón como se puede ver en la figura 35.

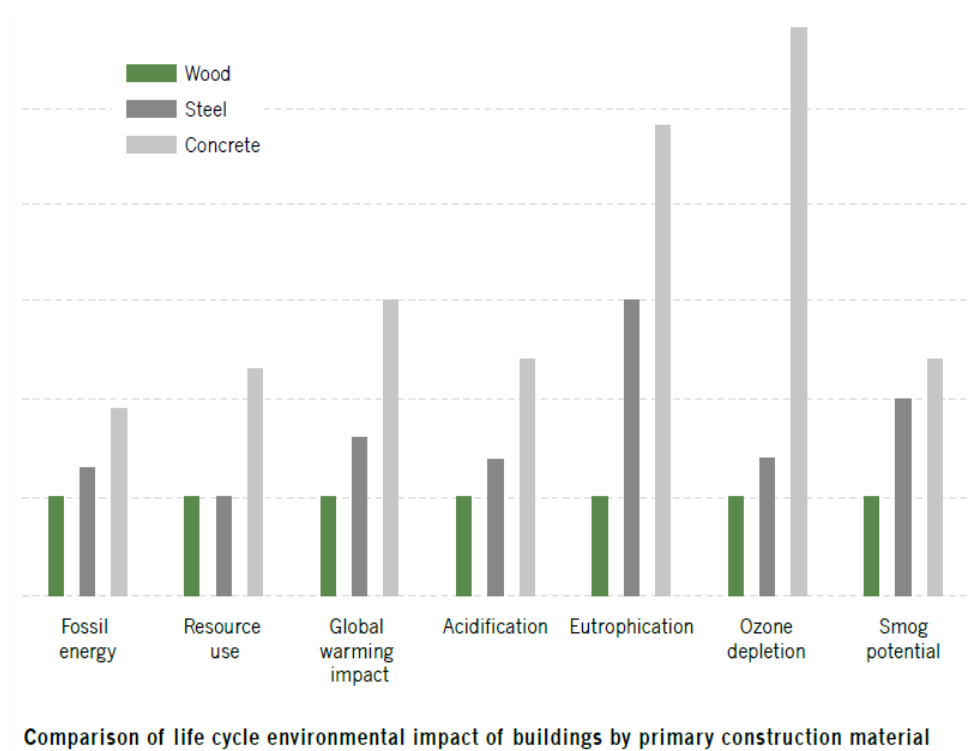


Figura 35: Comparación de la contaminación de los procesos constructivos. Fuente: Green and Target

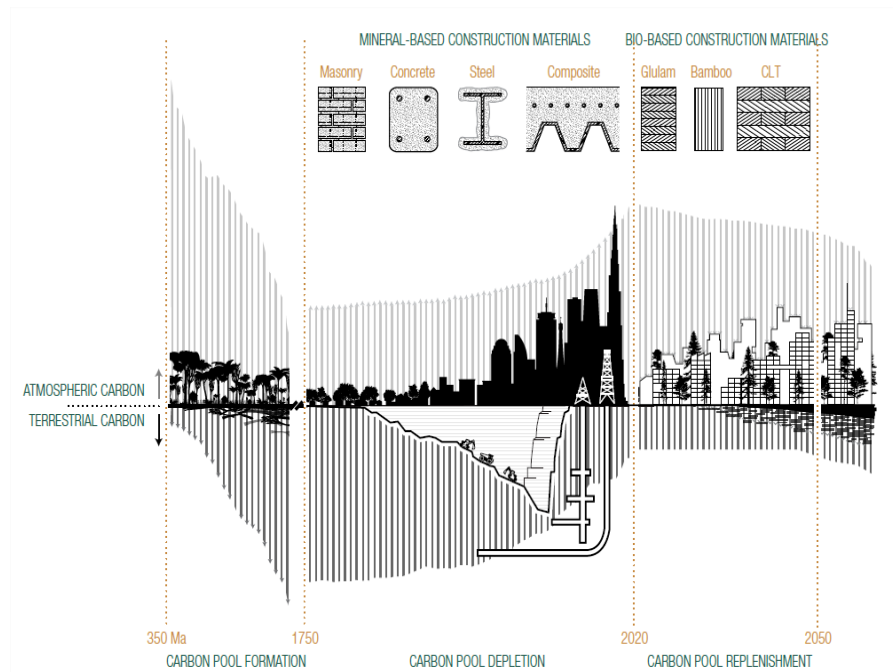


Figura 36: Tres escenarios en relación con el carbono en la atmósfera captados en la tierra. A la izquierda, el proceso natural de millones de años de captura de carbono en la tierra; al centro, la masiva liberación de carbono a la atmósfera por la industria humana en un escenario de construcción en materiales altamente contaminados como el acero y hormigón; a la derecha, un escenario en el cual la humanidad se vuelca a bio-productos que permiten almacenar el carbono en la atmósfera y reducir su contenido a largo plazo. Fuente: Churkina et al, 2020.

En un contexto mundial sobre el cambio climático el World Resource Institute indica que la construcción global consume más del 40% de la energía de manera directa y el 50% de materiales producidos genera más de 50% de residuos. (CIES¹³, 2020). Los edificios y la construcción suman casi el 40% de las emisiones de CO₂. (PNUMA¹⁴, 2019).

Por sus beneficios la madera es impulsada en la construcción como material sostenible.

Los métodos tradicionales de construcción (hormigón) generan gran cantidad de residuos en forma de escombros, que son eliminados en el proceso de construcción pero podrían ser integrados a la cadena productiva, en ese sentido la madera es un material con alto potencial para ser revalorizado.¹⁵

Los edificios consumen la mayor cantidad de energía producida, y son los principales contribuyentes a los gases de efecto invernadero y los desechos sólidos, por ello es necesario que se diseñen y ejecuten edificaciones sostenibles.

Repercusión ambiental del uso de madera

Se presenta el impacto que tiene el hormigón frente a la madera en la figura 37, se considera las estimaciones y evaluaciones por m², de una vivienda en 50 años. En el cálculo se ha considerado la carbonatación 50 años y almacenamiento de dióxido de carbono 50 años, emisiones de la incineración final de productos basados en combustibles fósiles. Las evaluaciones ambientales se clasifican:

- Mejor=1, promedio= 2, y la peor alternativa=3.¹⁶

De la figura 37, podemos ver la diferencia de las emisiones de gases de efecto invernadero (GWP), entre el hormigón y la madera. Los valores obtenidos señalan que el hormigón llega hasta 75 kgCO₂/m², mientras que en el caso de la madera varía desde -53 kgCO₂/m² a -2 kgCO₂/m².

De lo señalado vemos que la madera tiene beneficios en cuanto a los materiales de construcción ya que las emisiones de gases de efecto invernadero son negativas.

Debido a ello se ha puesto en relevancia su uso sobre otros materiales de construcción, debido a su condición de material orgánico y sus bajas emisiones de CO₂, además que puede ser reutilizada, reciclada, y sus características para la construcción: liviana, aislamiento, y uso en seco que genera menores residuos.

Una estructura de madera es tan versátil como una solución de acero u hormigón y se puede revestir tomando en cuenta las consideraciones para la entrada de agua.

¹³ Consorcio de Investigación y Economía Social.

¹⁴ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

¹⁵ BANCO MUNDIAL. La construcción de Viviendas en Madera en Chile. 2020.

¹⁶ Contaminación de sistemas constructivos con proyección de uso de 50 años. Fuente: BERGE, The Ecology Building Materials

Table 13.8 Environmental profiles of structural materials

Material	Compressive strength (kp/cm ²)	Tensile strength (kp/cm ²)	Loss factor (%)	Quantity needed (kg/m ² 50 years)	Global warming potential GWP (kg CO ₂ -equ./m ² 50 years)	Environmental evaluations						
						Effects on resources		Effects of pollution		Environmental potential		Environmental profile
						Materials	Energy	Production and use	As waste	Recycling	Local production	
Horizontal structures												
Steel beams, recycled	5400	5400	5	40	42	3	2	2	3	✓	2	
Aluminium beams, 85% recycled	4300	4300	5	15	49	3	3	3	3		3	
In situ concrete, reinforced	150–700	7.5–35	15	460	73	2	3	2	2		✓	2
Precast concrete elements	150–700	7.5–35	7	405	66	2	2	2	2	✓	✓	2
Aerated concrete elements	30	4–5	7	135	34	2	3	2	2	✓		2
Light aggregate concrete elements	30	4–5	7	200	62	2	3	3	2	✓		3
Wood beams, untreated	450–550	900–1040	15	47	-21	1	1	1	1	✓	✓	1
Wood beams, laminated	470	1040	7	37	-2	1	1	2	2			2
Massive wood elements, untreated	450	900	7	110	-53	1	2	1	1	✓	✓	1
Vertical structures												
Steel studwork, recycled	5400	5400	5	30	31	3	2	2	3	✓		2
Aluminium studwork, 85% recycled	4300	4300	5	10	32	3	2	3	3			3
Material	Compressive strength (kp/cm ²)	Tensile strength (kp/cm ²)	Loss factor (%)	Quantity needed (kg/m ² 50 years)	Global warming potential GWP (kg CO ₂ -equ./m ² 50 years)	Environmental evaluations						
						Effects on resources		Effects of pollution		Environmental potential		Environmental profile
						Materials	Energy	Production and use	As waste	Recycling	Local production	
In situ concrete	150–700	7.5–35	15	400	65	2	2	2	2		✓	2
Precast concrete elements	150–700	7.5–35	7	275	45	2	2	2	2	✓	✓	2
Aerated concrete blockwork	30	4–5	10	180	42	2	2	2	2			2
Light aggregate concrete blockwork	30	4–5	10	240	75	2	3	3	2			3
Lime sandstone	150–350	7.5–17,5	11	240	36	2	2	2	2			2
Granite, sandstone, gneiss	200–2000	100–320	6	525	5	2	2	2	1	✓	✓	1
Gabbro, syenite, limestone	200–5000	160–315	6	525	5	2	2	1	1	✓	✓	1
Earth, compressed	40	6	2	820	16	1	2	1	1	✓	✓	1
Well-fired bricks, massive	325	33	10	460	87	2	3	3	2	✓	✓	2
Well-fired bricks, perforated	325	33	10	410	78	2	3	3	2	✓	✓	2
Wood studwork, untreated	450–550	900–1040	15	10	-5	1	1	1	1	✓	✓	1
Massive wood	450	900	7	90	-44	1	2	1	1	✓	✓	1

Figura 37: Perfil ambiental de los sistemas estructurales, Fuente: BERGE, The Ecology Building Materials.

Normativas de madera consideradas en esta investigación

Normativas peruanas:

Se toman como referencia las Normativas peruanas para el diseño en madera:

- RNE 010 MADERA (RNE, Reglamento Nacional De Edificaciones).
- RNE 020 CARGAS
- INACAL, ITINTEC 251.104 (Instituto De Investigación Tecnológica Industrial Y De Normas Técnicas).

Normativas internacionales:

Se toman como referencia la Norma Europea, para diseño en madera:

- Código Técnico de la edificación- documento básico- seguridad estructural CTE-DB-SE-AE.
- Código técnico de la edificación- documento básico – seguridad estructural- madera CTE-DB-SE-M.
- Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera.
- Eurocódigo 1: Acciones en estructuras.

Se toma como base la Norma del CTE. Se indican los valores de las propiedades de resistencia, rigidez y densidad asociadas a cada clase resistente para las especies de coníferas y chopo.

Tableros de fibras orientadas OSB (Oriented Strand Board)

Es un tablero que se obtiene aplicando presión y calor a virutas de madera encoladas. Estas virutas tienen una forma y espesor variable, y se alinean formando capas; las exteriores están dispuestas en un sentido relativamente. Las virutas se suelen disponer en tres capas.

Los tableros de OSB, según la norma UNE-EN 300, tienen la siguiente clasificación:

- OSB 1: Tableros para uso general y aplicaciones de interior, usados en ambiente seco.
- OSB 2: Tableros estructurales para su utilización en ambiente seco.
- OSB 3: Tableros estructurales para ambiente húmedo.
- OSB 4: Tableros estructurales de alta prestación para ambiente húmedo.

Los de uso estructural son los de tipo OSB2, OSB3 y OSB4.

Las dimensiones comerciales de los tableros son de 1220mm x 2440mm, de espesor de 6mm, 8mm, 9mm, 11mm, 15mm, 18mm, 22mm, 25 mm, 38mm. (Egoín- CTE)

Como se ha podido ver en el apartado 4.1, sobre tableros de OSB, se tomará como referencia los paneles de lousiana pacific- Chile.

Patologías de la madera

Por ser una materia orgánica, es susceptible al ataque de seres vivos que pueden provocar su degradación, a la acción de agentes bióticos que pueden destruirla o degradarla, debido a ello se debe dar un tratamiento de acuerdo a los requerimientos de durabilidad a que estará expuesta. Se debe tener en cuenta en qué condiciones la madera se degrada, ya que existen diferentes tratamientos.

Agentes bióticos

Es importante saber el principal agente causante de la degradación, para poder proteger la madera. Se pueden dar por diferentes causas:

- Causas biológicas: depende de la temperatura y humedad en la que se encuentren, siendo de 3° a 50° y 20% a 140%, respectivamente, con estas condiciones es probable que ocurra el ataque, que pueden afectar la resistencia de la madera. (CORMA, CHILE)

Agentes abióticos

- Degradación por la luz, debido a que el espectro ultravioleta de la luz descompone la celulosa de la madera. La madera cambia de color (oscureciendo y aclarando).
- Humedad atmosférica; la madera es influenciada por los cambios de humedad atmosférica, produciendo cambios de dimensiones que se producen en las capas superficiales de las piezas que se encuentran a la intemperie (en clima húmedo se hincha y en clima seco se contrae).
- Efecto hielo-deshielo, puede afectar la resistencia, ya que la humedad contenida se transforma a estado sólido.
- Fuego: la reacción al fuego dependerá, del espesor, contenido de agua de la pieza, densidad del tipo de especie. (CORMA, CHILE)

Resistencia al fuego

En los sistemas de construcción en madera, se tienen dos formas de lograr su resistencia:

En el caso de las estructuras con maderas macizas, se produce la carbonización con una capa protectora en la madera.

En el caso de estructuras ligeras, como el entramado, las escuadrías de la madera son pequeñas, por lo que es necesario protegerlas con medios externos. Para un sistema de entramado ligero están protegidas por medio de los paneles de OSB y paneles de cartón yeso para un correcto funcionamiento frente al fuego del sistema (fig. 33).

Según el RNE¹⁷, A130, Cap. III, tabla 44-1, se establece que la resistencia al fuego para una vivienda menor de 5 pisos tendrá una resistencia al fuego de 30min, y no requiere rociadores (fig. 34)



Figura 33: Comportamiento al fuego entramado ligero, Fuente: Madera 21, CORMA.

TIEMPO DE RESISTENCIA AL FUEGO MÍNIMA PERMITIDA PARA LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES: PORTICOS, MUROS, ARCOS, LOSAS							
Uso de la edificación	Sistema de rociadores	Tiempo de resistencia al fuego mínimo en minutos para:					
		Sótanos		Pisos superiores			
		Profundidad del sótano más bajo (NPT)		Altura del piso superior sobre el nivel de descarga de ocupantes			
		> 10m	≤ 10m	≤ 5m	≤ 21m	≤ 60m	> 60m
VIVIENDA	NO	120	90	30	60	90	NP
	SI	120	90	30	30	60	120

Figura 34: Tiempo de resistencia al fuego mínima permitida, fuente: RNE

4.2 Sistemas estructurales

Entre los sistemas empleados para viviendas de luces menores se tienen los sistemas de estructuras macizas tipo troncos, las estructuras de paneles tipo *CLT* (*Cross Laminated Timber*) y las estructuras de entramado, entre las que se encuentran los entramados pesados y los entramados ligeros. En el caso de las estructuras macizas tienen buena aislación térmica y un funcionamiento estructural robusto.

¹⁷ Reglamento Nacional de Edificación, A130.

Estructuras de entramados:

A efectos de este trabajo, nos centraremos primordialmente en las estructuras de entramado ligero. Estas se basan en una serie de elementos verticales (listones), separados a poca distancia (30 - 60 cm) atadas arriba y abajo por listones, correas horizontales o testeros. Se colocan viguetas de madera poco espaciadas para conformar los suelos y techos (fig. 38).

Las piezas de madera y metálicas de fijación son estandarizadas, aspecto que hace que el sistema se simplifique tanto en el proceso de diseño como durante la obra.

Según su forma de transmitir su carga, se tienen 2 tipos:

Sistema poste- viga: cargas transmitidas a las vigas, luego a los postes y estos a la cimentación. Se utiliza para luces mayores, con grandes áreas.

Sistema de paneles: las cargas de las estructuras horizontales son transmitidas a la cimentación mediante los paneles verticales. Destacan 2 sistemas de paneles; sistema continuo y sistema plataforma. (AITIM, 1995).

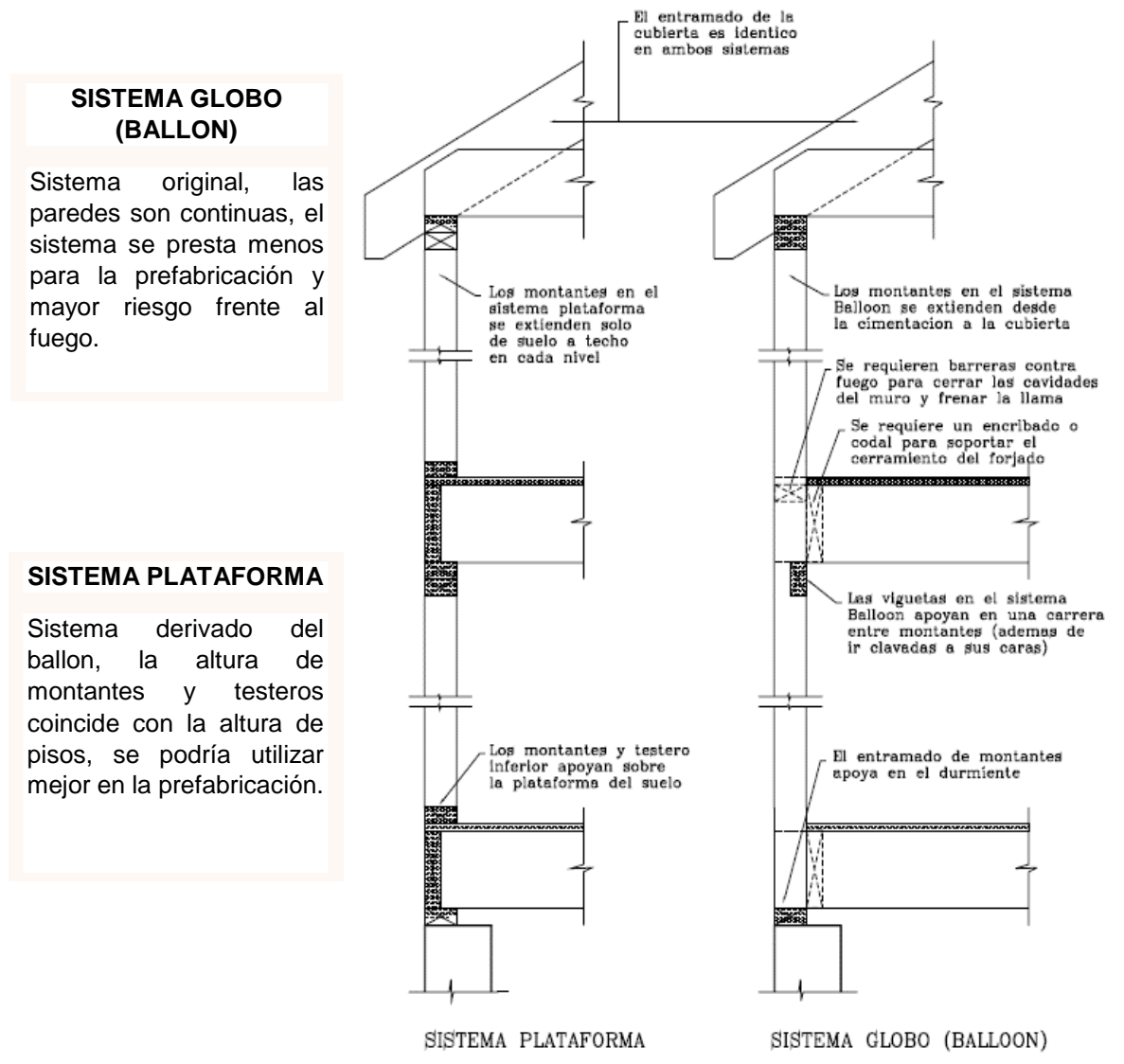


Figura 38, comparativo sistema plataforma y sistema ballon, Fuente: Casas de Madera AITIM. 90

El sistema Plataforma, (fig. 39) corresponde a una estructura que es levantada planta por planta, de manera que los niveles horizontales de los diferentes pisos actúan como plataformas para montar los muros del piso siguiente.

Encima de la cimentación se instala el suelo, usado como plataforma para el montaje de los entramados verticales (muros) de la planta baja. Luego, se colocan las vigas sobre la estructura de los muros de planta baja para el entramado del entrepiso con los tableros colocados al tresbolillo, que darán lugar a la plataforma de planta primera.

Para la primera planta el proceso se realiza de la misma forma, con los muros, hasta llegar al último nivel, donde se colocarán las cerchas, con los tableros para dar rigidez.

Una vez terminado el montaje e instalación de la estructura de entramado se continua con los elementos que van a cubrir la estructura, tanto exterior como interior.

En paralelo se realizará la ejecución de instalaciones, para posterior a ello poder revestir para el acabado con las placas de yeso. (PALMA, 2008)

El entramado tipo plataforma tiene los siguientes elementos:

- Fundación
- Entramado Vertical
- Entramado Horizontal
- Cubierta.

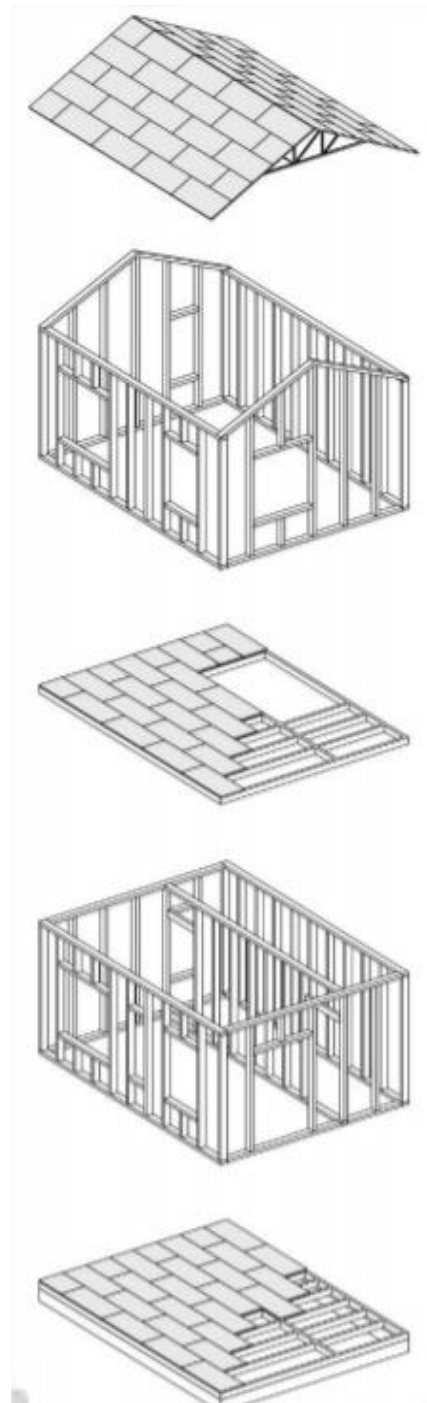


Figura 39: Sistema Construcción plataforma, fuente: PALMA, 2008

Fundación:

La fundación es necesaria para la base que recibe los esfuerzos transmitidos al suelo, asimismo también aísla al edificio de la humedad y agentes que podrían atacar. Se debe tomar en cuenta las condiciones de carga, características del suelo, restricciones constructivas de la obra. En caso de zonas lluviosas, es necesario la ubicación de drenes y sellos para evitar el ingreso de agua. (CORMA, Chile).

La fundación es realizada de hormigón siguiendo las técnicas tradicionales. Se debe considerar la impregnación de toda la pieza en contacto con el hormigón.

Entramados horizontales:

Se les denomina a las piezas estructurales que forman una trama, estas reciben las cargas formadas por el peso propio de los materiales, sobrecargas de uso, acción del viento y sismo, transmitidas al terreno a través de las fundaciones, los tabiques soportantes que transmiten a la plataforma. El entramado horizontal está formado por el piso, entrepiso y el cielo.

Entramado de piso: Entramado en primer forjado (va apoyado al durmiente base tratado) absorbe las cargas propias y de uso, transmitiéndolas a la cimentación. Esta conformado por vigas secundarias, friso y cadenetras o cruces de san andres (cruquetas).

Entramado de entrepiso: Va apoyado al entramado (muro) soportantes, debajo del nivel a través del durmiente, absorbe sus propias cargas y de uso, transmitiéndolas a los muros portantes. (fig. 41)

Entramado de techo: Va apoyado en el entramado (muro) inferior a través del durmiente, absorbe sus propias cargas y acabado o revestimiento exterior. (CORMA, Chile).

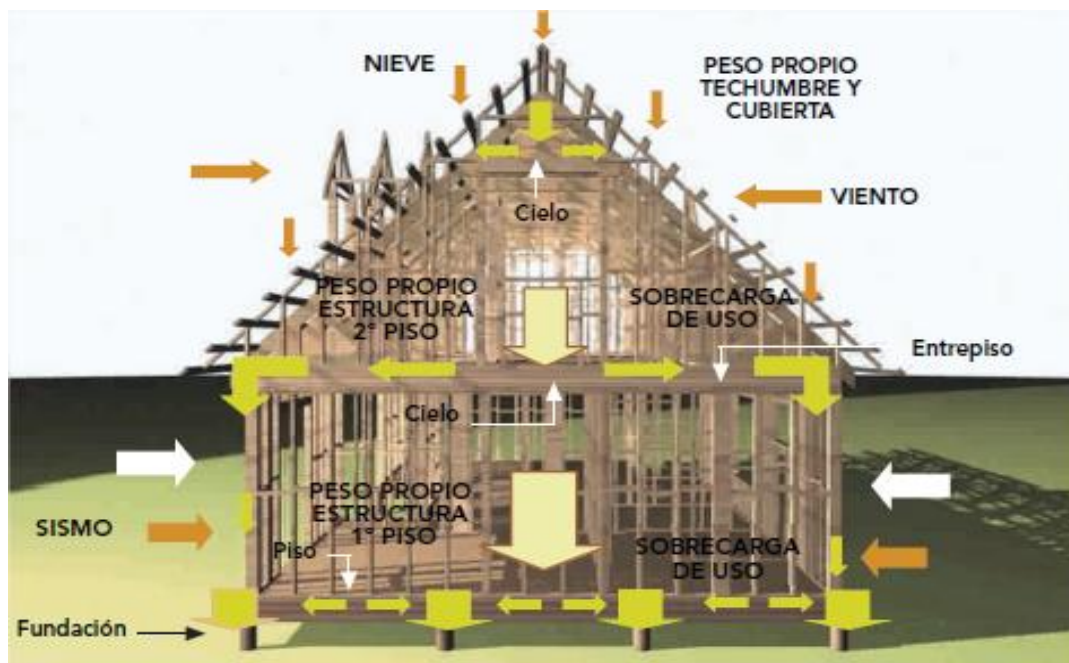


Figura 40: los entramados horizontales absorben las cargas, transmitiéndolas a las estructuras soportantes finalmente al terreno.

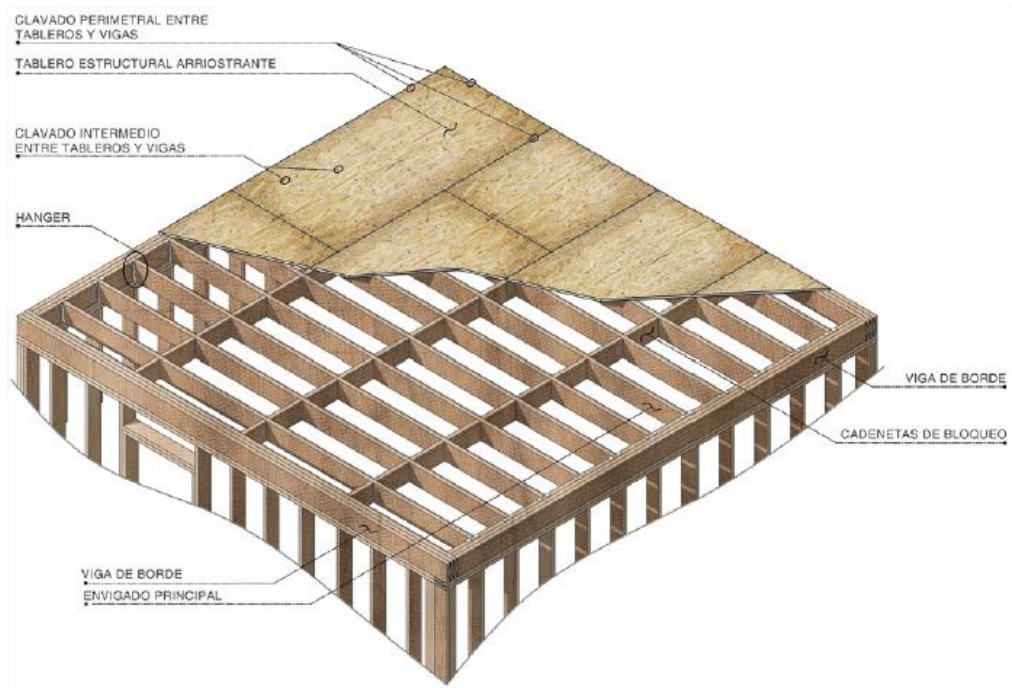


Figura 41: Entramado de entrepiso, fuente: Centro UC de Innovación en Madera- Chile, 2021.

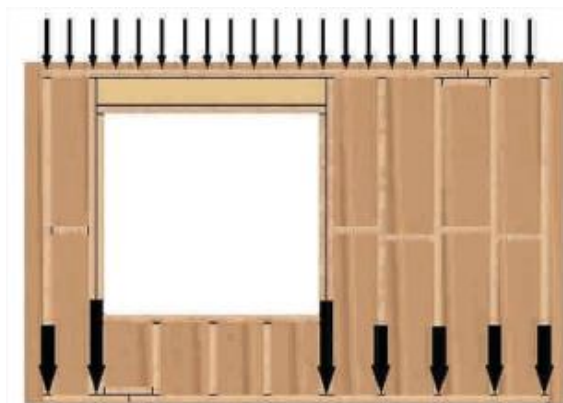


Figura 42: Distribución de las cargas verticales de niveles superiores a montantes

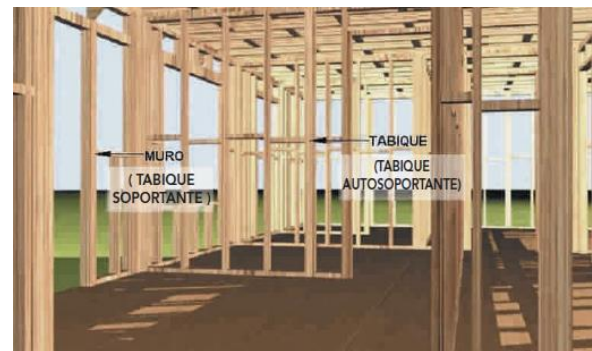


Figura 43: vista de los tabiques soportantes y autosoportantes que separan los ambientes.

Entramados verticales:

Tienen una función estructural y en algunos casos no cumplen función estructural. Los muros en la parte exterior son portantes (recibir y transmitir las cargas a la cimentación) y los muros interiores podrían cumplir una función de tabique de división del interior. Pueden ser soportantes o auto soportantes: (fig. 42 y 43)

El tabique soportante, es aquel que forma parte de la estructura del edificio, que soporta las cargas estáticas y dinámicas: estructura de cubierta, entramados verticales, entramado de entrepiso, sobrecarga de uso, peso propio, nieve, viento, entre otros.

El tabique auto soportante, cumple la función de separar los ambientes interiores de un edificio, recibe cargas de magnitud reducida, no requiere piezas arriostrantes, pero es recomendable incorporarlos.

La solera inferior debe ir aislada de la humedad, podría colocarse una barrera de humedad dependiendo de las características del lugar, para garantizar su durabilidad y resistencia. (CORMA, Chile).

Cubierta:

Las cubiertas de madera suelen ser inclinadas y en el caso de las cubiertas planas funcionarían igual que el sistema de entramado horizontal teniendo en cuenta los elementos diferenciadores que se tienen que colocar en su interior. Forjado conformado por el sistema de viguetas sobre las cuales se colocan los tableros estructurales (fig. 45).

Cadenetas Cortafuego

Pieza componente que separa el espacio entre montantes en compartimentos estancos independientes. Su función consiste en bloquear la ascensión de los gases de combustión y retardar la propagación de las llamas por el interior del tabique en un eventual incendio. Permite, además, el clavado o atornillado de revestimientos verticales y ayuda a evitar el pandeo lateral de los montantes en el plano del tabique (fig.44).



Figura 44: muro arriostrado con tableros contrachapados.



Figura 45: vista de una estructura de techumbre

Revestimiento de la estructura:

El revestimiento cumple la función de proteger la estructura de la vivienda, siendo la condición primordial, tanto para el diseño como para el material, impedir el ingreso de humedad a la estructura y al interior de la vivienda y permitir el fácil escurrimiento (fig. 46, 47, 48), (CORMA, CHILE)

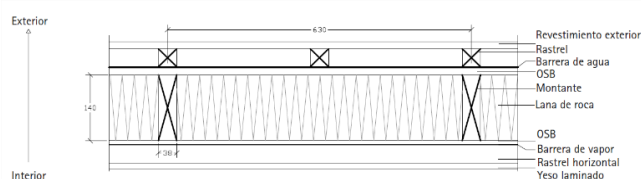


Figura 46: detalle en planta del revestimiento, Fuente: EGOIN

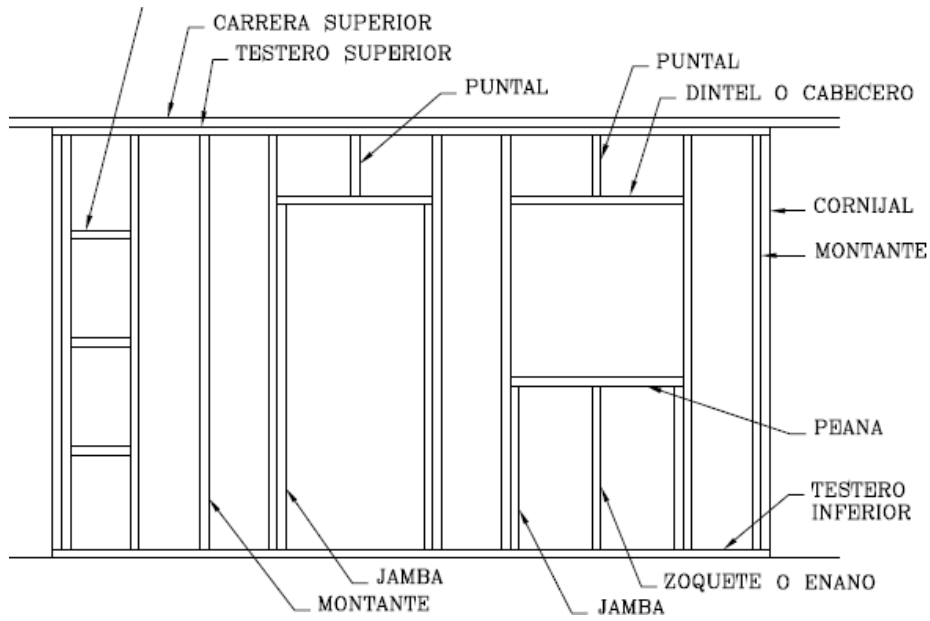


Figura 39: Entramado vertical con sus partes, Fuente: AITIM

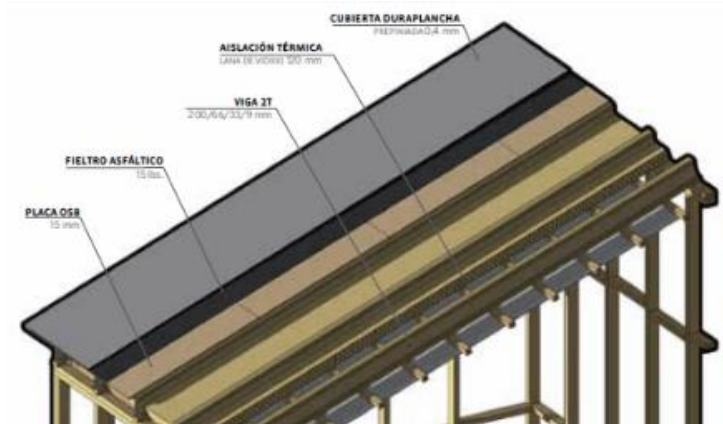


Figura 47 Revestimiento de la estructura de techumbre, Fuente: EGOIN.

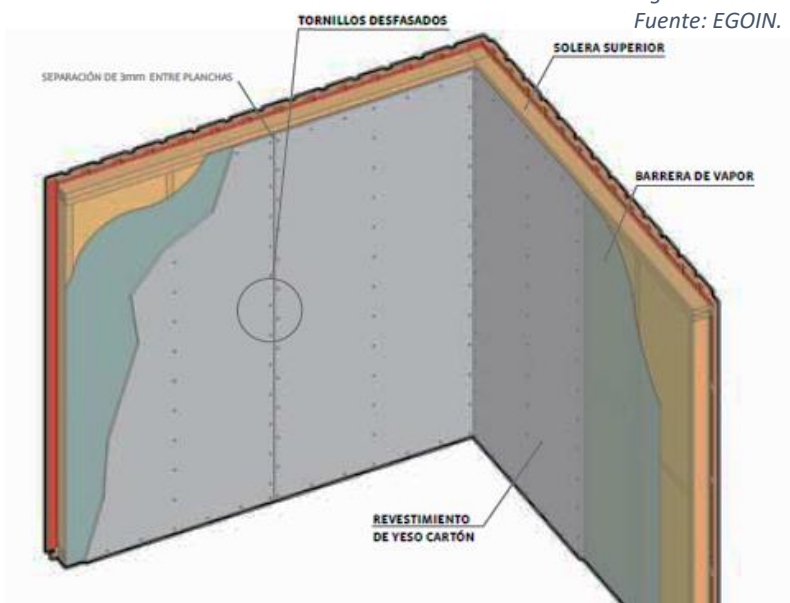


Figura 48: Vista del revestimiento interior. Fuente: manual de diseño, FONDEF

Tablero arriostrante

Los tableros arriostrantes dan mayor eficacia estructural, presenta mayor ventaja, en el caso de arriostrados con osb. Los tableros derivados de madera en general se colocan verticalmente y se clavan generalmente a los elementos portantes del entramado sobre el suelo. Esta secuencia ayuda a mantener el escuadrado del muro, evita la utilización de andamios y agiliza la construcción.

Los tableros también se pueden colocar horizontalmente en cuyo caso las juntas verticales deben desplazarse entre sí en hiladas sucesivas.

En todos los casos debe dejarse una holgura en las juntas para permitir el eventual aumento en el ancho de los tableros. Por ello es recomendable dejar siempre una holgura de al menos 2 a 3 mm. (CORMA, Chile).

Fijaciones en tableros

Los tableros ubicados al tresbolillo, tienen un orden de clavado o atornillado que se debe efectuar desde el centro del tablero hacia los bordes, en los bordes será de la distancia entre los tornillos entre 100 a 150mm y en el centro entre 100 a 150 mm, tal como se ilustra en la figura 50. (AITIM, 1995)

Traslapes en piezas

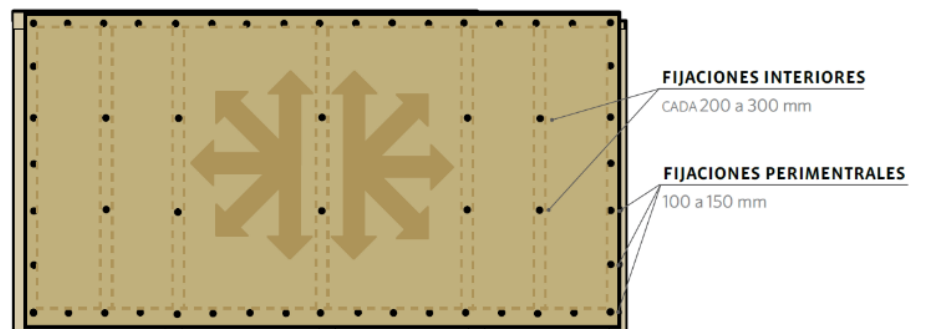


Figura 50: Esquema de ubicación de fijaciones en tablero estructural, fuente: Manual de diseño - FONDEF

El largo de una pieza se expresa en metros con dos decimales y se fabrican en largos de 2,40; 3,20; 4,00 y 4,80 m.

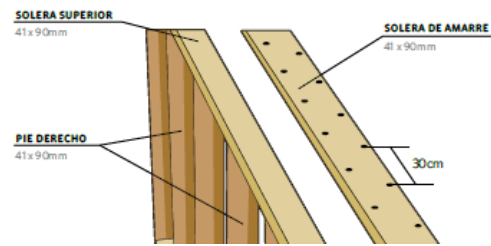
Se debe tomar en cuenta los detalles de traslape para asegurar su comportamiento estructural.

Dependiendo de la escuadría y la función del elemento de la estructura especificada para el muro, el entrepiso o techumbre, será el largo necesario que se ha de adquirir. La solera de amarre de estos muros logra entre ellos una continuidad, con un eje central común, sin embargo, se debe tener especial atención en los casos que se pueden presentar: (fig. 51).

- Los paneles unidos lateralmente deben ser reforzados por la solera de amarre.

- La solera de amarre debe contar con un traslape mínimo de 60 cm sobre el muro adyacente cuando se produzca discontinuidad de ésta.

- Se puede presentar en la prefabricación del muro, se produzcan discontinuidades por la limitante del largo comercial, se debe disponer de una pieza debajo de la solera superior, igual a la distancia entre montantes, siendo aproximado de 60cm, sobre el empalme se dispondrá de una solera de amarre.¹⁸



Principios estructurales de los muros de corte

Los entramados verticales, están diseñados para resistir esfuerzos verticales y horizontales.

Los esfuerzos verticales son cargas gravitatorias del edificio, desde los forjados hasta la cimentación a través de los montantes de los muros. Sometidos a esfuerzos de compresión, deben dimensionarse para soportar el pandeo en dirección perpendicular al panel.

Los esfuerzos horizontales son debidos a la acción del viento y sismo. La acción perpendicular al panel es sometida a momento flector que debe ser resistido por los montantes. Las acciones horizontales paralelas a la dirección del muro son resistidas por los elementos de fijación entre el tablero y la estructura interior del panel, que son sometidos a un esfuerzo cortante.

La fuerza horizontal, pueden ser debidas a la acción del viento o del sismo. Cuando la acción es perpendicular al panel de entramado es sometido a un esfuerzo flector que debe ser resistido por los montantes.

Esfuerzo horizontal: los paneles se fijan a la base, impidiendo el deslizamiento, mediante pernos o angulares que resisten el esfuerzo cortante, movimiento entre entramado y base.

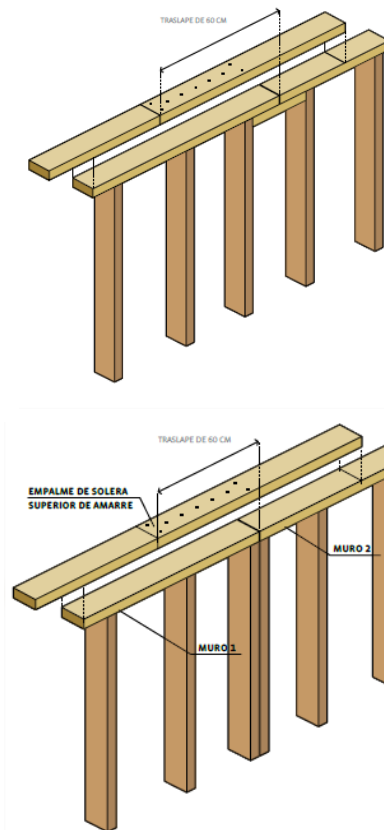


Figura 51: Traslapes en entramados verticales, Fuente: Manual de diseño, FONDEF.

¹⁸ Manual de diseño, FONDEF, Chile.

Fuerzas de tracción y compresión: impide el giro del sistema, resistidos por elementos de fijación como hold-downs o angulares que evite desplazamiento del panel vertical.

Esfuerzo cortante entre tablero y entramado; el tablero y el entramado tienen diferentes desplazamientos, que debe ser resistido por las fijaciones entre estos dos elementos. Los tableros al no estar anclados en su base se consideran indeformables, bajo las fuerzas horizontales giran dando lugar a un desplazamiento horizontal y vertical. (CTE)

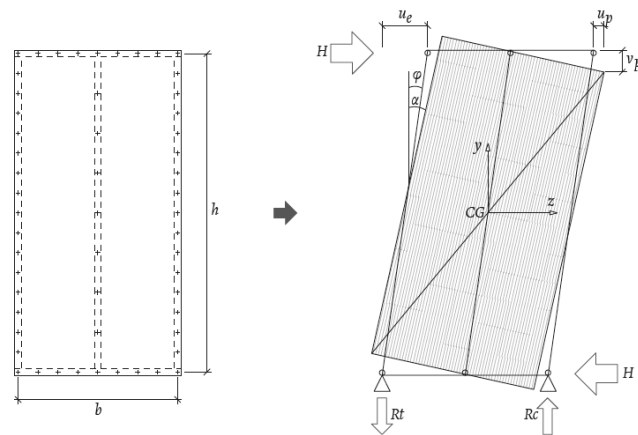


Figura 52. Deformación del panel de entramado ligero y fuerzas provocadas.

En el entramado ligero en madera, los muros aportan la estabilidad lateral al conjunto cuando se producen fuerzas horizontales sea el viento o sismo, los tableros arriostan para impedir el descuadre. Las acciones horizontales intentan desplazar, mediante los esfuerzos entre la solera inferior y la cimentación, volcarlo mediante esfuerzos de tracción y compresión en los extremos. Se señala mediante las imágenes las acciones de las fuerzas horizontales: (ELIGE MADERA)

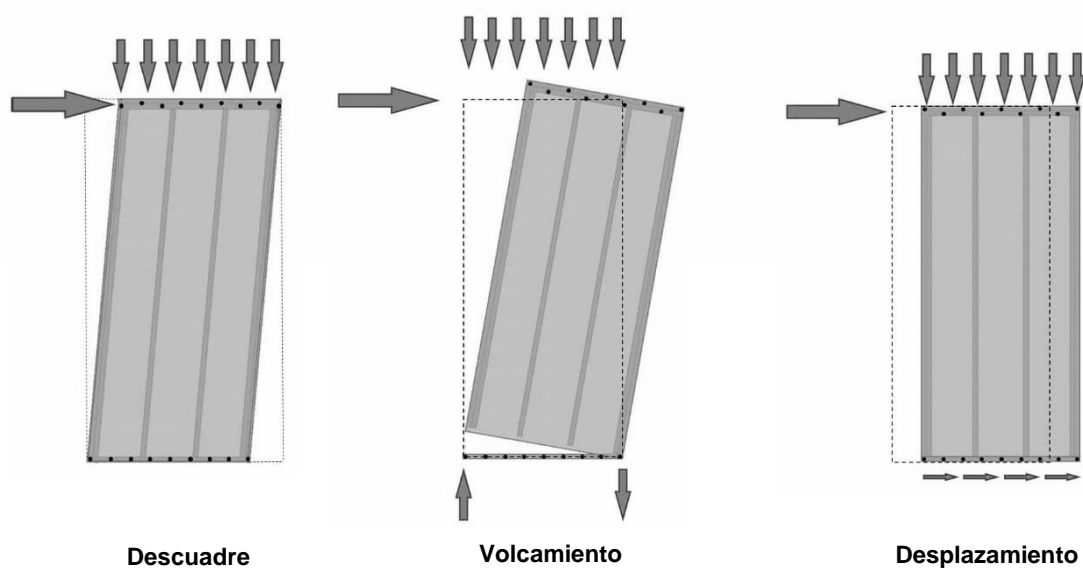


Figura 53 Acciones horizontales sobre los entramados verticales,

Fuente: <https://eligemadera.com/muros-de-corte-en-entramado-ligero-en-madera/?v=3acf83834396>

Para fijar los tableros se utilizan generalmente tornillos, debiendo asegurar que el panel no se deforme. Sometidos a esfuerzos cortantes debido al desplazamiento relativo entre el tablero y la estructura de entramado. (CTE).

La fijación del tablero se efectúa con una separación máxima de clavos o tirafondos en los bordes será de 150mm y 200mm para tirafondos. En los interiores tiene separación máxima de 300 mm. (CTE-DBSE-M).

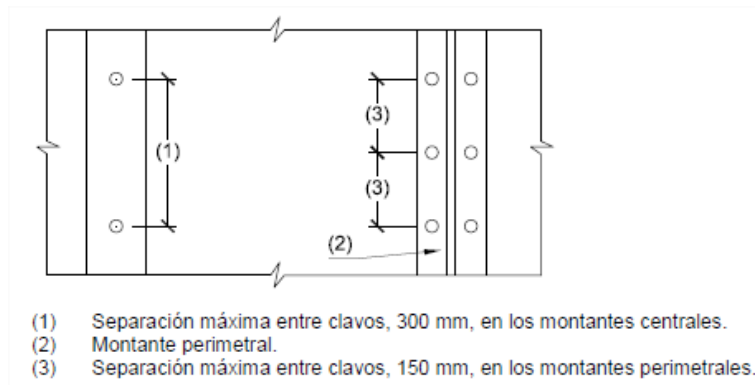


Figura 54, Fijación de los tableros en panel de muro-diafragma.

Fuente: CTE-DBSE-M

Comportamiento antisísmico

La resistencia sísmica de la estructura de entramado ligero es alta, debido a su ligereza y flexibilidad, frente a las construcciones con hormigón y ladrillo. Favorece su comportamiento los tableros de OSB que arriostran la estructura y los paneles de yeso.

La madera tiene un peso medio aproximado de 400kg/m³, frente a los 2400kg/m³ del hormigón o los 7850kg/m³ del acero. Esto hace que un edificio construido con estructura de madera sea considerablemente ligero, con relación al resto de sistemas constructivos. Por lo tanto, bajo la acción de un terremoto, las fuerzas sísmicas horizontales (directamente relacionadas con la masa del edificio) actuantes en la estructura llegan a ser tres veces menores que en un sistema tradicional de hormigón armado.

Al ser un material flexible con un comportamiento elástico en comparación con el hormigón, que en caso de sismo se agrieta y puede llegar a romperse, en cambio la estructura de madera se contorsiona y tiene capacidad de absorción de choque mecánica más alta que los materiales no flexibles.

Además, tiene un comportamiento dúctil capaz de ceder y desplazarse debido a las conexiones clavadas en el entramado y los diafragmas.

Se realizó una investigación en Chile 2016, donde se concluyó que, ante un sismo, una estructura de madera se desplaza más, pero presenta muchos menos daños que una de hormigón.¹⁹

¹⁹ Madera 21- Chile. 2016

4.3 Construcciones en entramado de madera - Casos de estudio

La madera es un material el cual se está adoptando en el mundo en la construcción de edificios, por sus bondades es considerado el material del siglo XXI, en Latinoamérica tenemos varios países que impulsan su uso en las viviendas como es el caso de Uruguay, Chile y Argentina. Con ejemplos presentados:

Uruguay

En el año 2011, se llevó a cabo el Plan Nacional de Relocalizaciones para un proyecto de construcción de 45 viviendas en madera, con el objetivo de promover las viviendas en madera con estándares adecuados. Este proyecto lo realizaron en coordinación entre canadienses y uruguayos.

Se trata de una vivienda de 58 m², en sistema plataforma.



Figura 55, 56, 57: Vivienda social
Fuente: www.mvotma.gub.uy, 2011

Chile: A nivel latinoamericano es el pionero en realizar edificios con madera y con proyección a realizar viviendas sociales e impulsar el uso de la madera como material predominante. Actualmente cuenta con un proyecto de 60 viviendas en madera industrializada.

Villa Verde - Elemental, 2013, es un proyecto de vivienda social, que plantea el uso de estructuras de madera con unidades pareadas, con crecimiento progresivo. Brinda viviendas económicas, en un área de 5688 m², que alberga 484 familias, con área inicial de 56.44 m² a 64.9 m² – 85.1 m². Cubre hasta una luz de 4.88 con vigas y tijerales. La estructura fue desarrollada por Arauco.

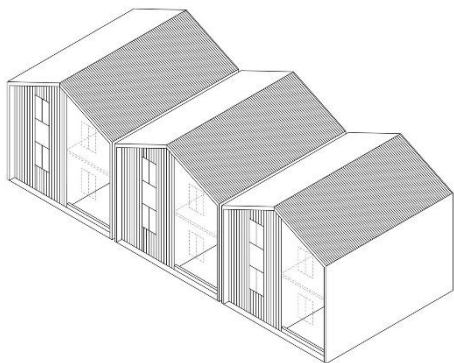


Figura 58, 59, 60, 61: Villa Verde

Fuente: <https://www.archdaily.pe/pe/02-309072/villa-verde-elemental>

El conjunto habitacional y barrio sustentable Oasis, está ubicado en Chile, desarrollado por CIM UC. Con el objetivo fue brindar una solución a las familias que resultaron damnificadas por los aluviones del 2015.

Son edificios de tres pisos, que albergan 200 viviendas de madera de 50 m². Cuenta con paneles fotovoltaicos que brindan eficiencia energética y ahorro en consumo de energía para las familias que las habitan.



Figura 62, 63, 64, 65, 66: Conjunto Habitacional Oasis, Chile.

Fuente: <https://www.premioaporturbano.cl/index.php/proyectos/oasis-de-chanaral>

Argentina: Destaca en el uso de la madera en viviendas particulares, con miras a realizar proyectos de viviendas en madera.

Se presentan dos proyectos:

En el año 2015, se realizó la construcción de 11 viviendas sociales de 70m², diseñado por el Instituto de Vivienda de Corrientes (INVICO), con sistema de entramado de madera con cubierta dos aguas.



Figura 67, 68: Vivienda social en Argentina 2015
Fuente: INVICO

En el año 2017 la Cámara de la madera que promueve y lidera la construcción sustentable realizó un prototipo de vivienda social con sistema de entramado ligero de madera.



Figura 69, 70: Prototipo vivienda social en Argentina
Fuente: <https://maderayconstruccion.com.ar/el-proyecto/>

El sistema constructivo en madera se está usando en Latinoamérica en países colindantes como Chile, Brasil, Uruguay, Argentina entre otros, pero con predominancia en Chile que actualmente cuenta con proyectos de vivienda social en madera ya ejecutados y por ejecutar. Por otro lado, en el Perú el gobierno no ha propuesto viviendas sociales de estructura de madera, sino que la madera es utilizada como estructura de viviendas en la zona selva y en Lima se usa como revestimiento o acabado mas no como estructura de la edificación.

CAPÍTULO 5: DESARROLLO Y PROPUESTA

5.1 Justificación

De acuerdo a la investigación realizada en los capítulos anteriores se plantean las siguientes características para la investigación:

- Se propone un proyecto de vivienda social, debido al alto déficit de vivienda que hay en el país tomando en cuenta que es el tercer país con mayor déficit habitacional. Requieren tomarse medidas que den solución al problema de vivienda expuesto en el capítulo 2. Esta vivienda será proyectada tomando como base el programa Techo propio, sin embargo, se considerarán dimensiones para que las personas con discapacidad pueden movilizarse, siendo una vivienda inclusiva.
- Debido al alto costo de las viviendas, para las clases de recursos económicos bajos esta será planteada como progresiva en 2 etapas de construcción, de acuerdo al crecimiento familiar, basado en un diseño existente, con parámetros estructurales considerados desde la vivienda básica.
- Se ha demostrado que los materiales utilizados como el hormigón tienen un alto impacto en las emisiones de CO₂, por tanto, se opta por un edificio de madera que contribuye con el medio ambiente, tomando en cuenta que en Perú se tiene la madera aserrada para realizar la estructura principal.

En el caso de los sistemas de madera, se ha visto que los más usados en Latinoamérica son los entramados ligeros, por sus características constructivas, asimismo este se planteara prefabricado, debido su ejecución en menor tiempo, con fabricación en los talleres. Además de una mejor calidad.

- Al realizarse en los talleres se ofrece un mejor cuidado de los materiales que no estén expuestos. Asimismo, esto favorece a los trabajadores encargados de la fabricación teniendo espacios de mayor confort y seguridad en su taller.
- Al ser un entramado ligero de madera, se utilizarán tableros de fibras orientadas OSB, que son virutas de madera optimizando el uso de los recursos de manera sostenible.
- Se plantea una modulación del sistema de entramado, a partir de las medidas comerciales del OSB 1.22 X2.44m, con el fin de reducir los costos de la vivienda optimizando el uso de los paneles.

5.2 Criterios de diseño

Para el criterio de diseño de los prototipos se ha tomado en cuenta la normativa peruana RNE, además tomando como referencia el proyecto Villa Verde – Elemental, de Alejandro Aravena, donde se realiza una vivienda progresiva, donde plantea condiciones de diseño para la vivienda.

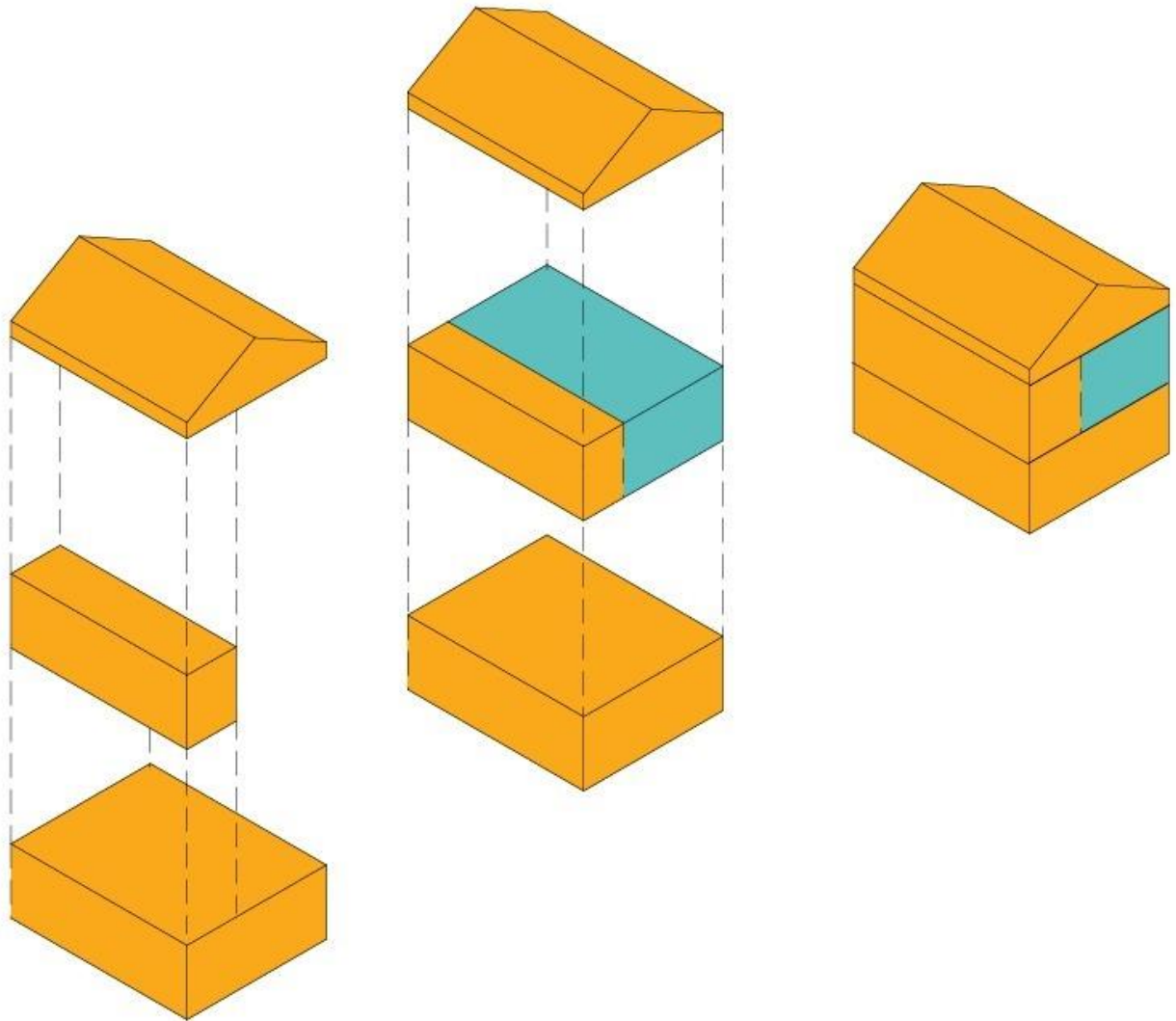
- Localización: es preferible invertir en una mejor localización de la vivienda, incluiría que aumente el valor del predio en el tiempo, ello dependerá de que no esté segregada de las zonas de trabajo, educación, salud, recreación, cerca o conectados hacia estas zonas.
- Diseño del conjunto urbano: introducir entre lo público y lo privado, el espacio colectivo. El espacio público en ciertas partes de la ciudad es de todos o sea en el fondo no es de nadie, nadie lo cuida y acuerdos como este son difíciles de mantener. Esta estructura urbana una vez definida, no la puede cambiar una familia por sí misma, y la calidad del entorno es fundamental en la valorización de la vivienda.
- Estructura para el estándar final de clase media (80m²): considerar la estructura para el total de 80 m² y no solo para 40 m², ya que la estructura es lo más caro de la construcción.
- ADN de clase media. El estándar de los recintos y sus relaciones debiera ser acorde al de una vivienda de 80 m no a una de 40m.
- Que las partes más difíciles de la casa queden bien hechas: baño, cocina, escalera, muro medianero cortafuego, techo. Si esto queda bien, sumar más recinto es comparativamente más fácil.

Densidad en baja altura

Se considera una densidad en baja altura, para las familias que no disponen de recursos para realizar los pagos por mantenimiento de áreas comunes y servicios de las áreas o ascensores.

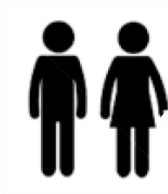
Expansión de las viviendas

Al plantear la vivienda progresiva, es otorgarle al habitante la posibilidad de ampliar su vivienda cuando tenga una mayor carga familiar. Se le otorga en una primera etapa, una unidad de vivienda básica, donde se han construido las áreas de mayor dificultad de edificar, entre ellos baño, cocina, escaleras, áreas comunes.



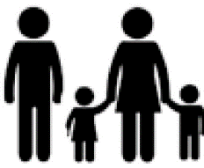
Definición de la propuesta

Se elige la vivienda unifamiliar progresiva de tipo de interés social, de acuerdo a con las siguientes características:



VIVIENDA PROGRESIVA- 1º ETAPA

En la primera etapa, se tiene una vivienda básica, que consta de: Sala, Comedor, Cocina, Dormitorio 1, Patio lavandería, escalera de acceso al piso 1, cámara higiénica.

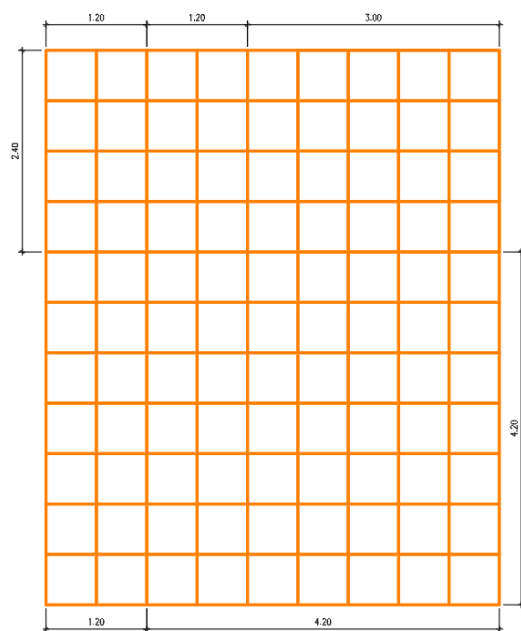


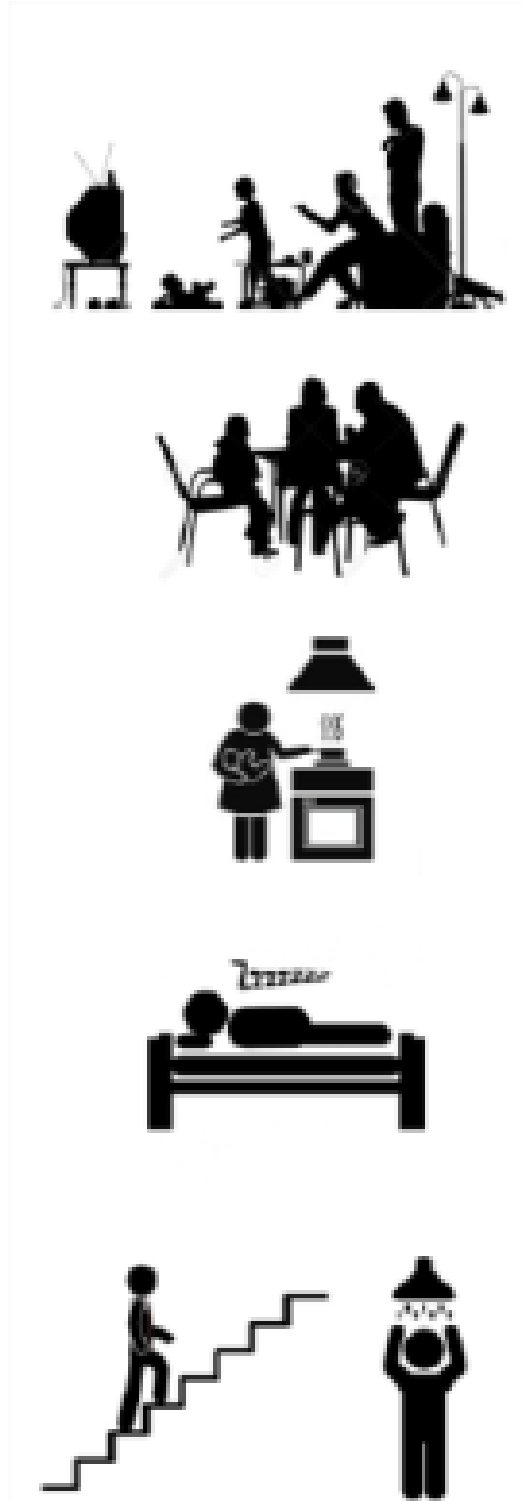
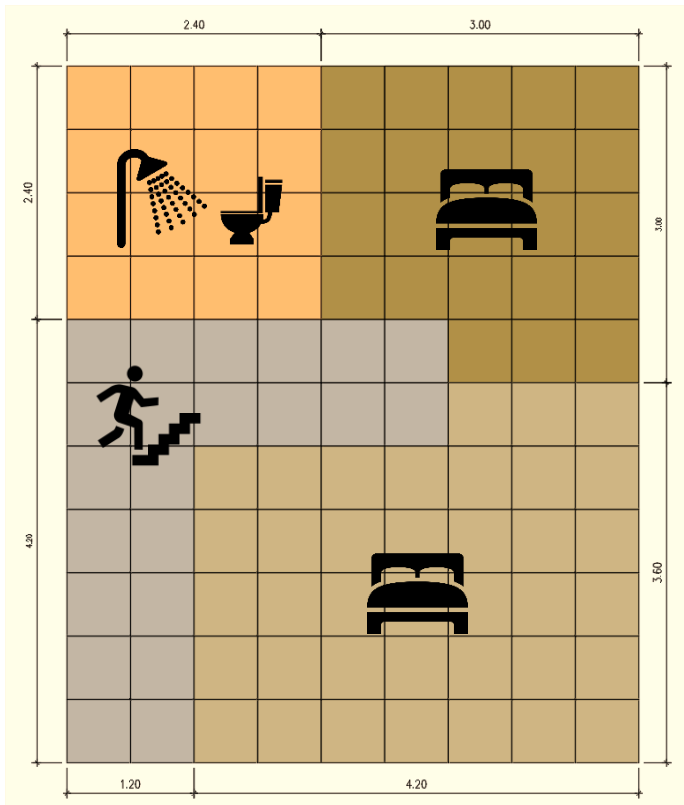
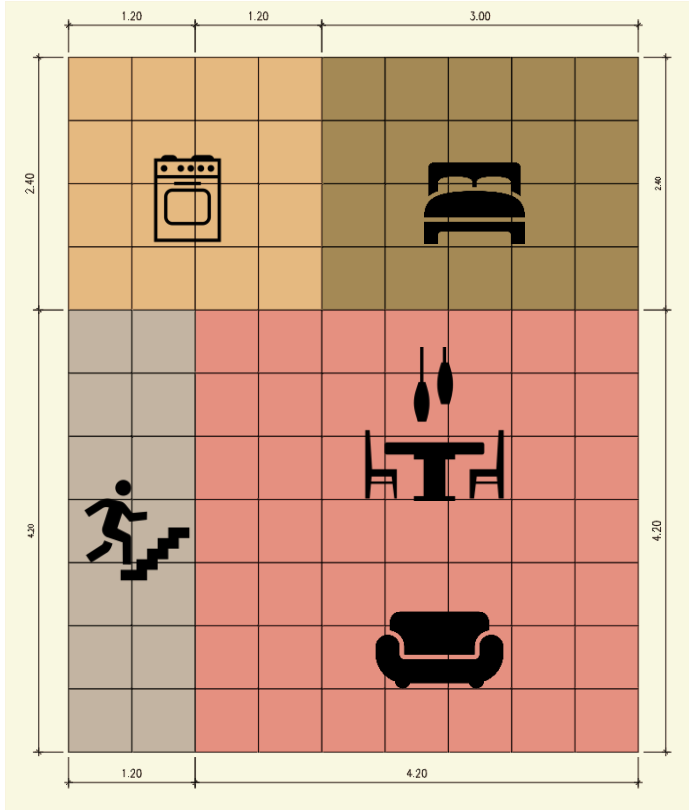
VIVIENDA PROGRESIVA- 2º ETAPA

En la segunda etapa, se completaría la vivienda por adición de espacios, que incluye además de lo mencionado en la vivienda básica, 1 dormitorio simple y 1 dormitorio principal, con closet en la circulación.

Modulación espacial

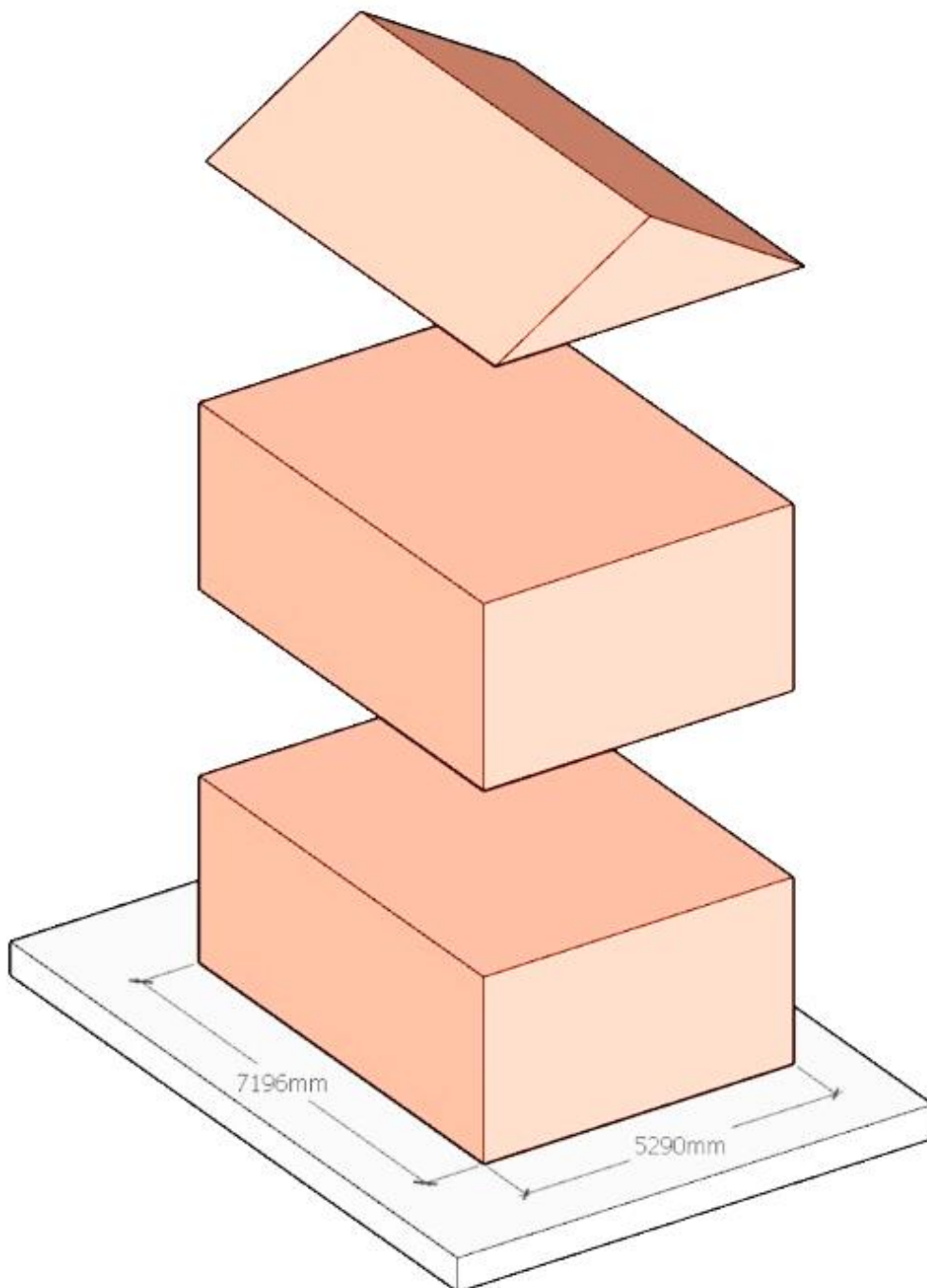
Se propone una modulación tomando en cuenta el sistema de entramado ligero de madera prefabricado, para cada espacio, cumpliendo con las dimensiones de habitabilidad. El sistema de entramado ligero de madera se basa en los módulos de 1.22x2.44 m. Se plantea 3 tipos de áreas: el área social, compuesto de la sala comedor, el área de descanso, compuesta de 3 dormitorios, y el área de servicio, compuesto de la cocina y la cámara higiénica. Con un patio posterior que contiene la lavandería en la planta baja.



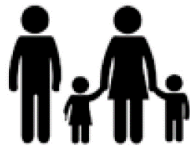
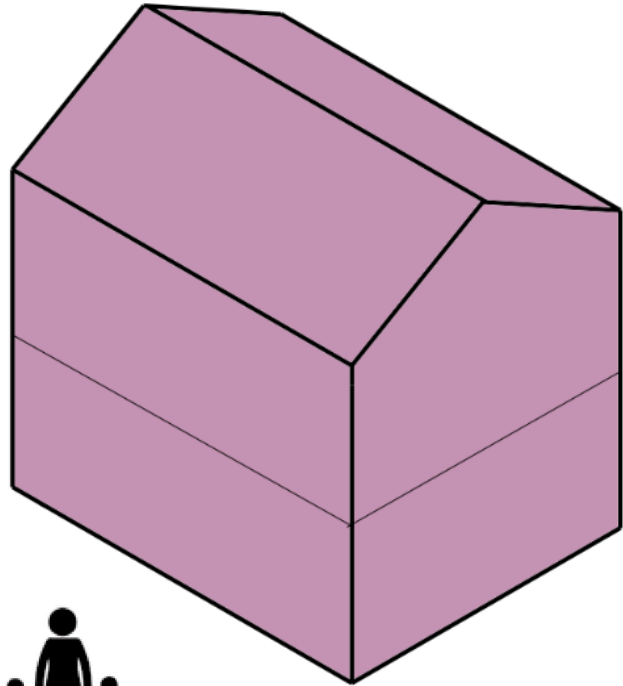
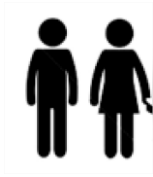
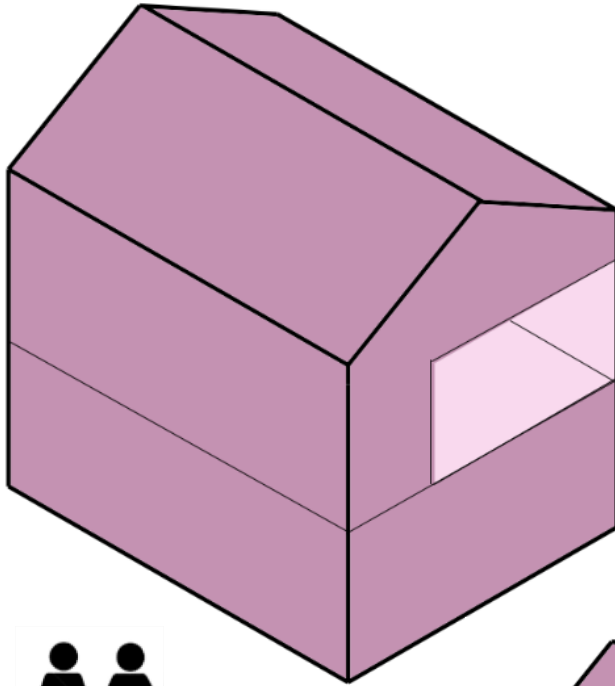


Volumetría

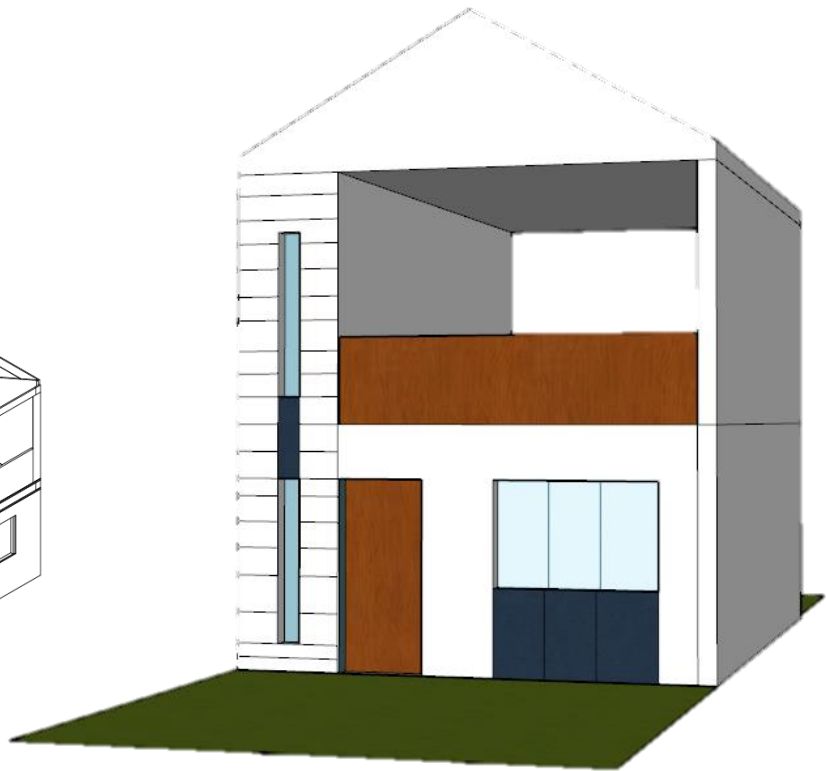
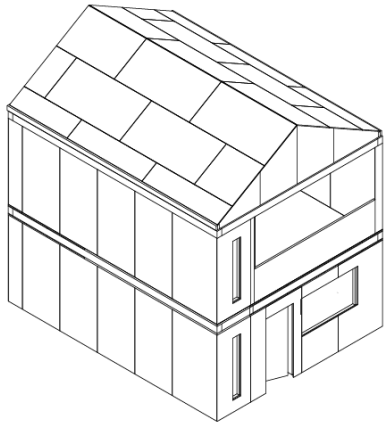
El volumen del prototipo de vivienda es formado por 2 prismas rectangulares, con una cobertura formada por un prisma triangular. La volumetría tendrá a los lados inmediatos más prototipos de vivienda.



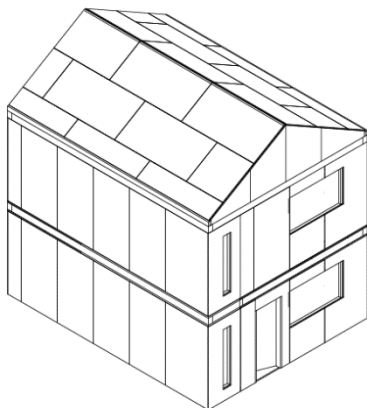
Crecimiento de la Vivienda



Volumetría
Primera Etapa
Vivienda Básica



Volumetría
Segunda Etapa
Vivienda Expandida



5.3 Solución constructiva

El criterio que se tomó en cuenta fueron los antecedentes del sistema de entramado ligero, tomando en cuenta las viviendas diseñadas con este tipo de sistema y las condiciones actuales que existen en la zona para poder construir con madera.

Consta básicamente de 3 elementos principales:

1. Madera estructural
2. Tableros estructurales de rigidización –OSB.
3. Elementos metálicos de fijación.

Se plantea los paneles de cerramiento, con listones de madera pino de sección de 5x14cm y de 244 m de altura, modulados con una distancia a eje de 60 cm. La rigidización de los módulos de paneles con un tablero de aglomerado de madera OSB de 18mm, clavado al entramado.

Se coloca una lámina de papel para evitar la humedad y el paso del agua.

En los vanos de ventanas, se utilizará una modulación desde la base de 56 o 112 cm.

Se delimitará el vano de la ventana con listones de las mismas dimensiones que el resto del entramado, haciendo un premarco para la carpintería de la ventana o puerta.

Todas las juntas entre el premarco y carpintería deben ser selladas para evitar la entrada de aguas pluviales.

La fabricación de estos paneles será prefabricado en taller para mejorar su calidad y tener un mayor control.

Se tomará en cuenta la normativa CTE-madera.

Sistema seco - Paneles prefabricados - Montaje y armado en obra



Figura 54: Prefabrico de paneles en taller

5.4. Prototipo de vivienda según las bases del concurso construye para vivir.

Características y ubicación del prototipo de vivienda

El prototipo de vivienda a desarrollar se encuentra, en el distrito de Villa el Salvador ubicado al sur de Lima, con latitud $12^{\circ}12'34''$, con altitud comprendida entre 0 a 180msnm. Según el INEI²⁰ (2007), es el distrito con mayor déficit habitacional de 23,803 unidades.

Clima del lugar

El clima está caracterizado por ser subtropical, es árido, semi cálido y nuboso en distintas épocas del año, con una temperatura media anual que fluctúa entre los 15 °C y 23°C, los valores extremos corresponden a los meses de julio y febrero respectivamente, con una nubosidad media de 8 octavos, la humedad relativa media varía entre 80 y 100%, los vientos soplan durante el día, de norte a suroeste y durante la noche de suroeste a norte. La precipitación media es de 25 mm anuales. Los vientos tienen una velocidad media de 2 a 4 m/s.²¹



²⁰ Instituto Nacional de Estadística e Informática.

²¹ Municipalidad de Villa el Salvador

Programa de áreas

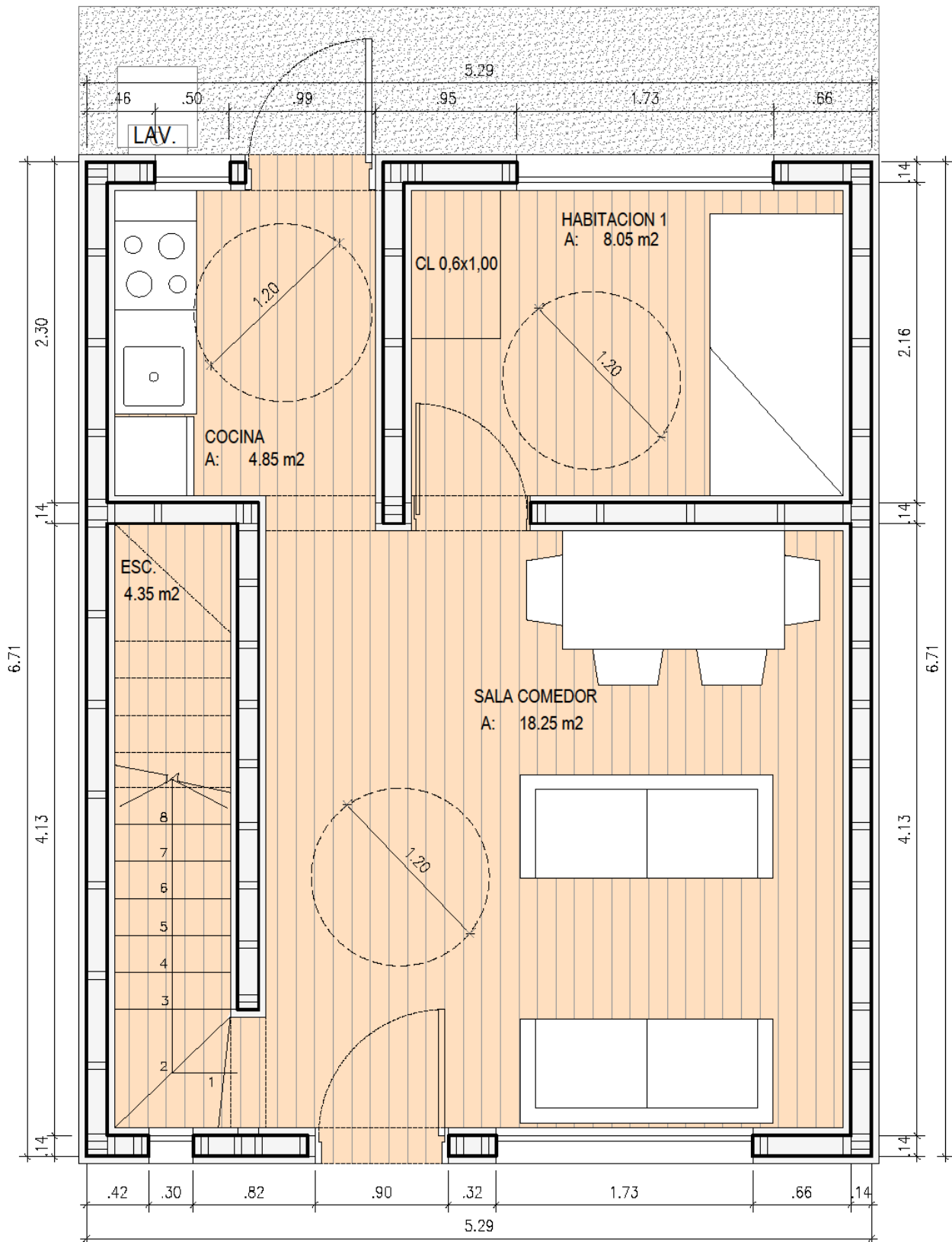
Programa arquitectónico vivienda básica etapa 1

VIVIENDA BASICA			
PLANTA BAJA		35.50	m2
1.00	SALA COMEDOR	18.25	m2
2.00	COCINA	4.85	m2
3.00	HABITACION 1	8.05	m2
4.00	ESCALERA Y CIRCULACION	4.35	m2
PRIMER PISO		11.40	m2
5.00	CAMARA HIGIENICA	4.85	m2
6.00	ESCALERA Y CIRCULACION	6.55	m2
TOTAL AREA		46.90	m2

Programa arquitectónico vivienda expandida etapa 2

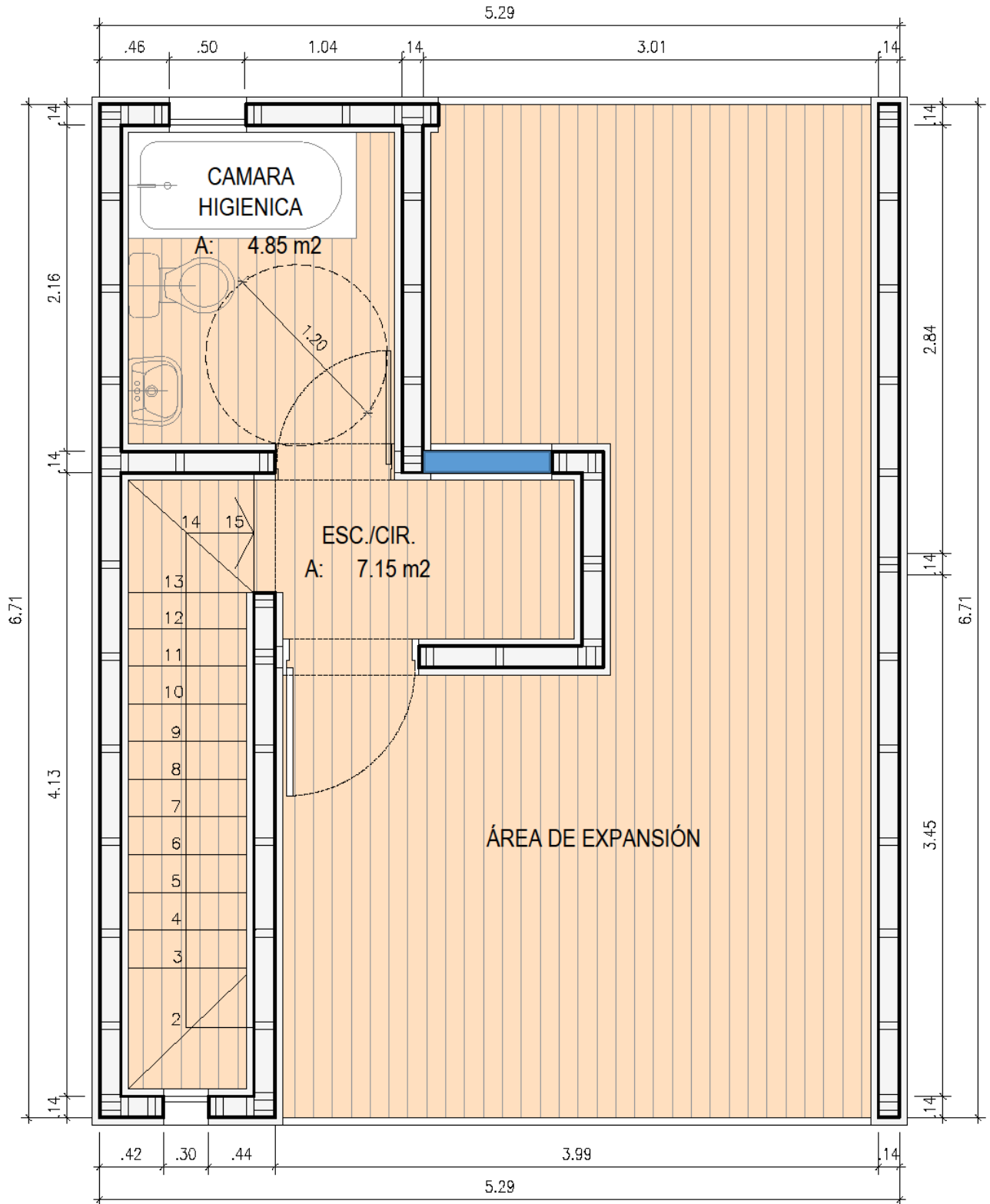
VIVIENDA PROGRESIVA			
PLANTA BAJA		35.50	m2
1.00	SALA COMEDOR	18.25	m2
2.00	COCINA	4.85	m2
3.00	HABITACION 1	8.05	m2
4.00	ESCALERA Y CIRCULACION	4.35	m2
PRIMER PISO		35.50	m2
5.00	CAMARA HIGIENICA	4.85	m2
6.00	ESCALERA Y CIRCULACION	7.15	m2
7.00	HABITACION 2	9.25	m2
8.00	HABITACION 3	14.25	m2
TOTAL AREA		71.00	m2

Planos del prototipo



PLANTA BAJA

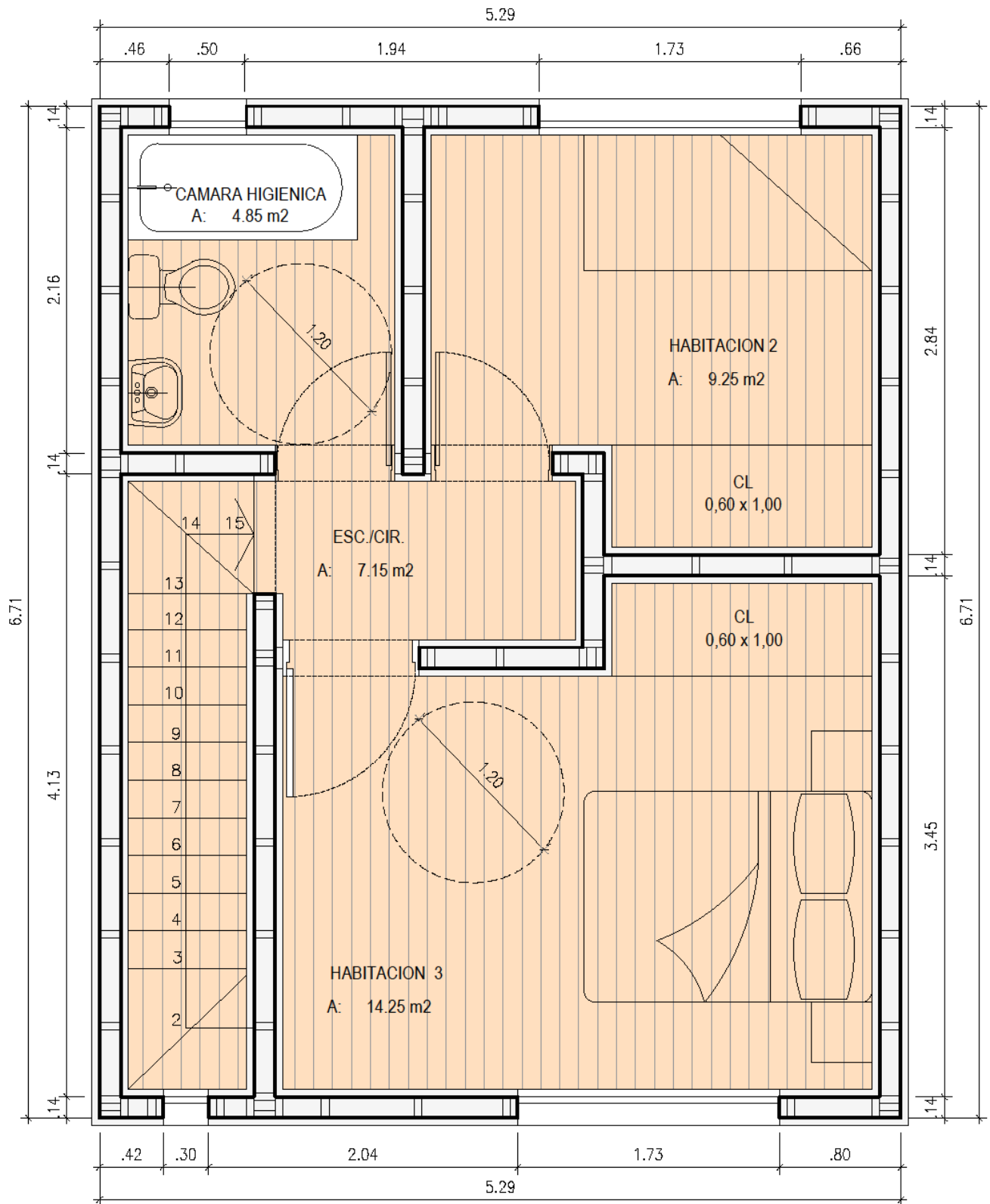
Primera etapa: En la primera etapa se ejecutará la vivienda básica comprendida por un área de 46.90 m².



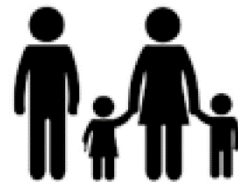
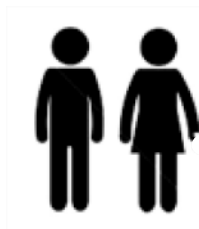
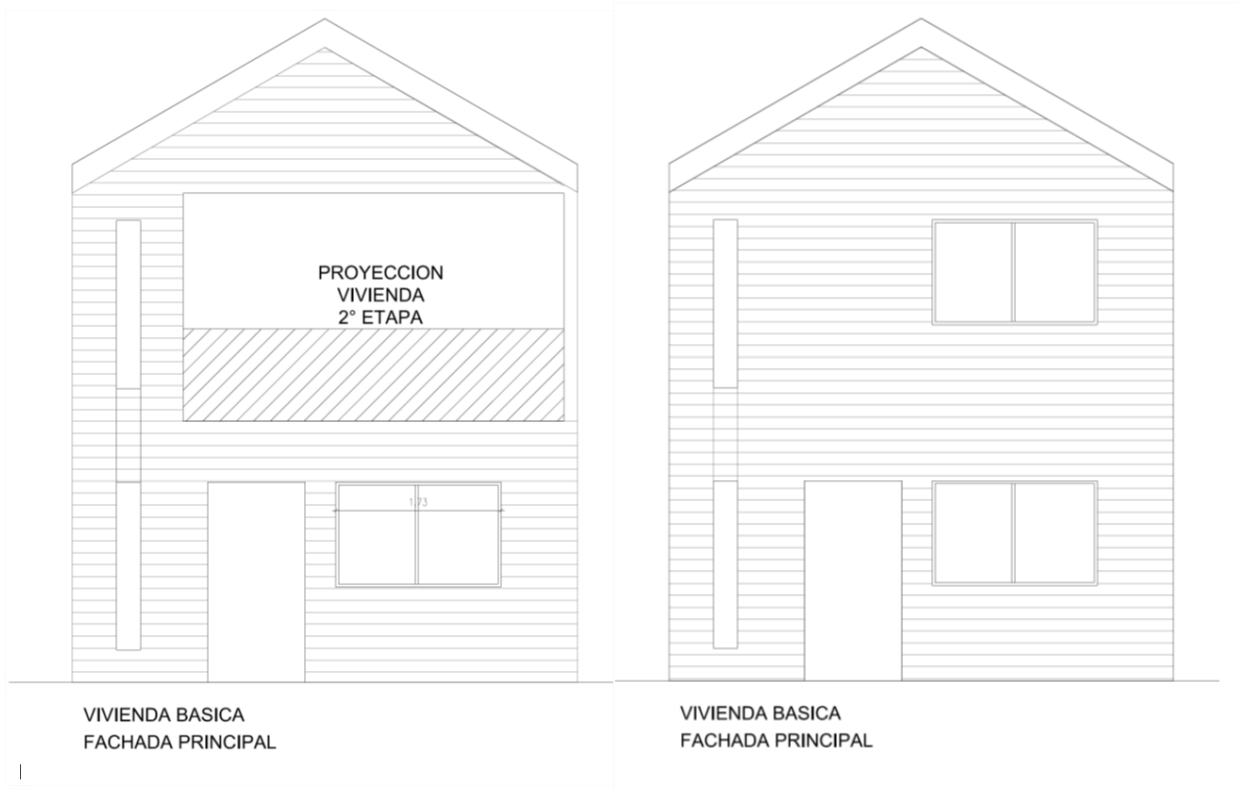
PRIMER PISO – 1RA ETAPA

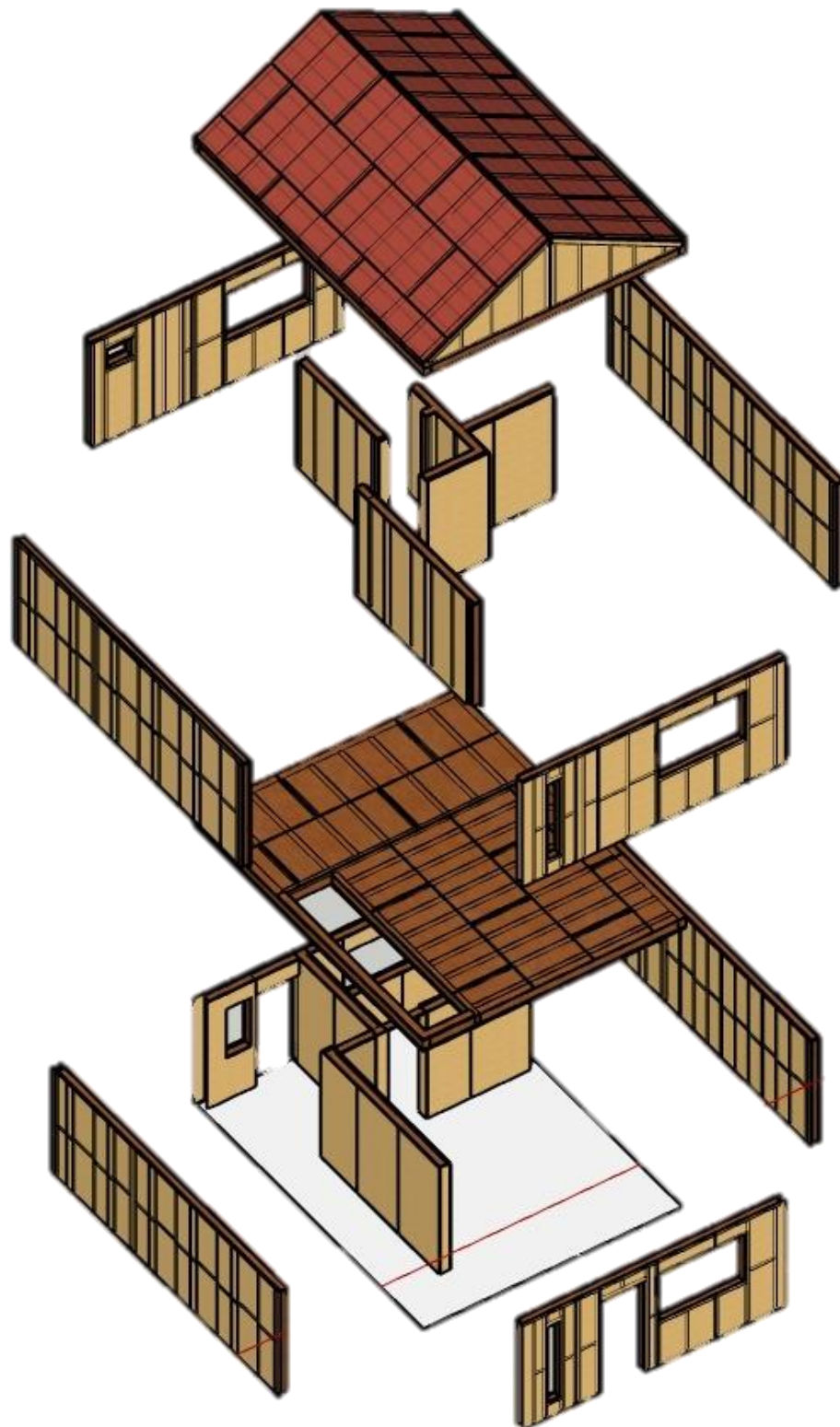
DESMONTABLE

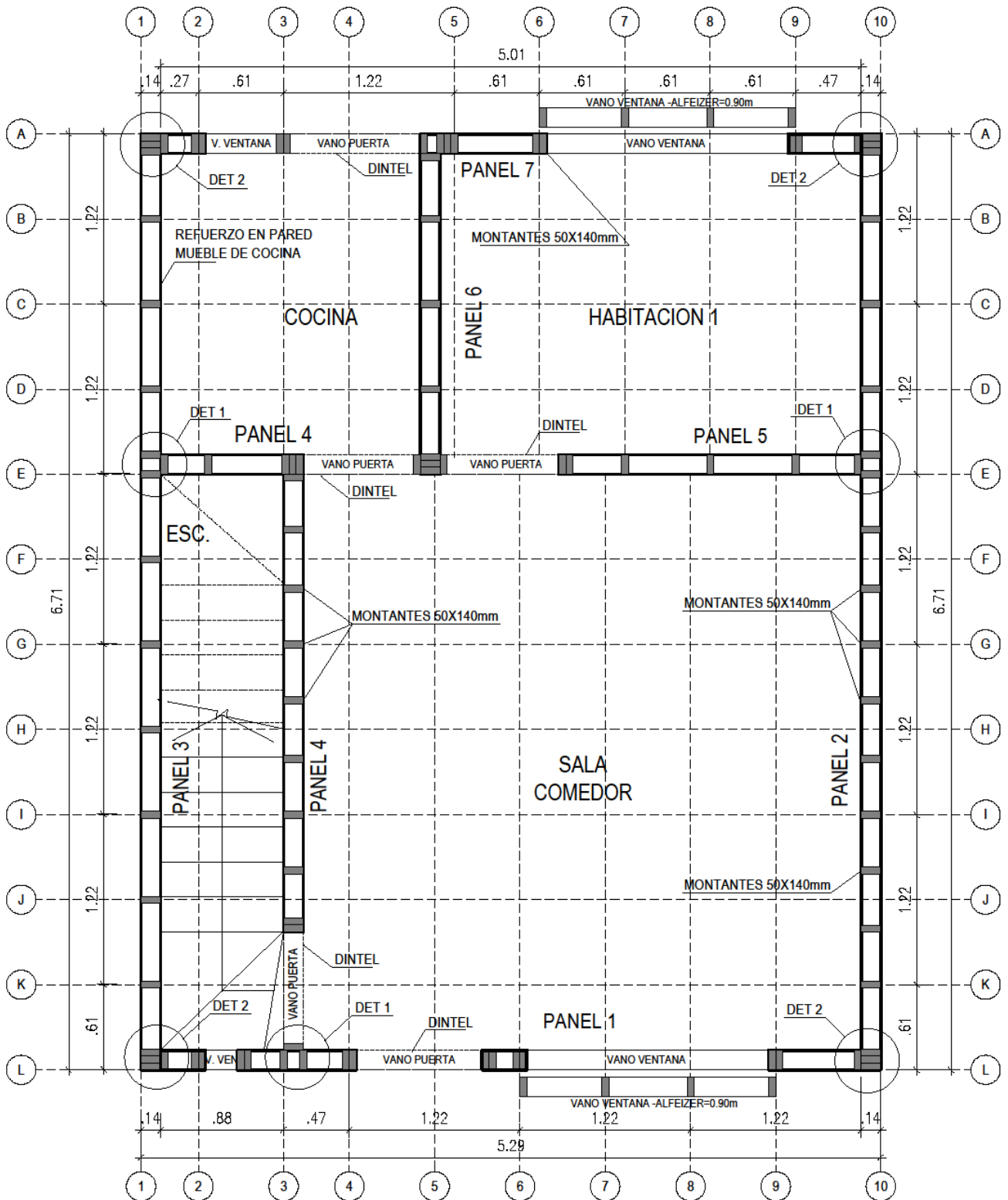
Segunda etapa: En la segunda etapa se realizará la expansión de 2 dormitorios comprendida por un área de 71.00 m².



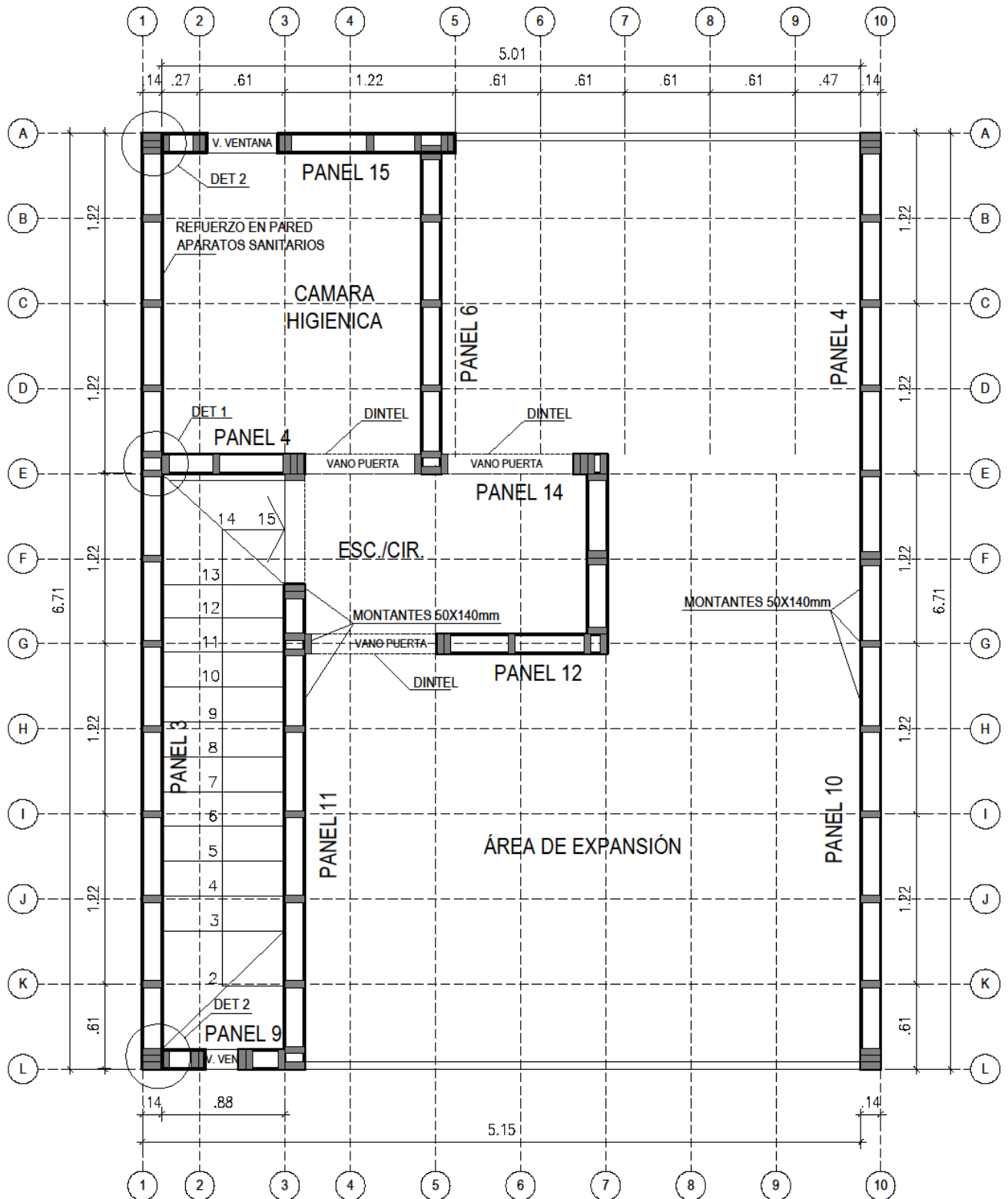
PRIMER PISO – 2DA ETAPA



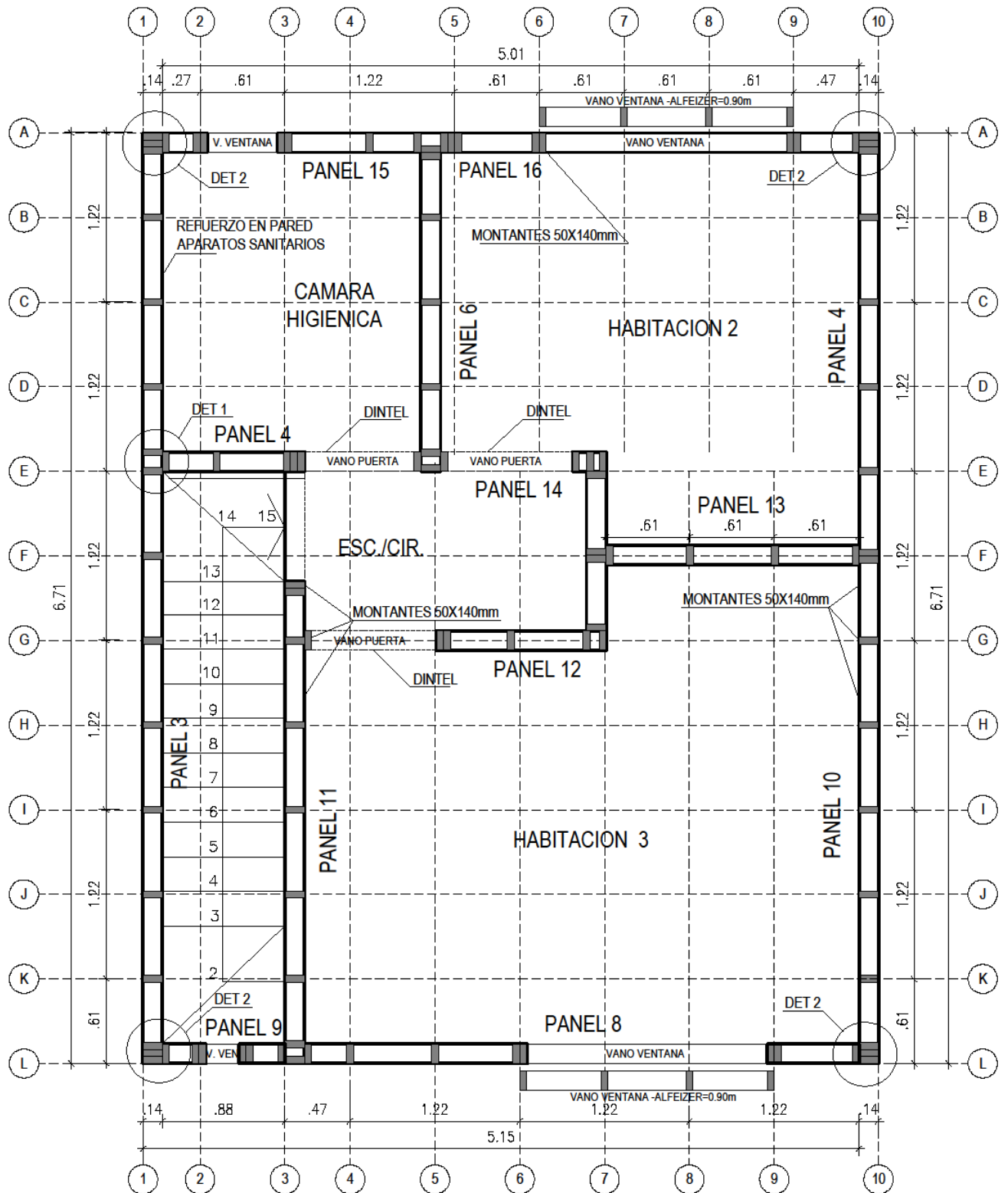




Montantes planta baja

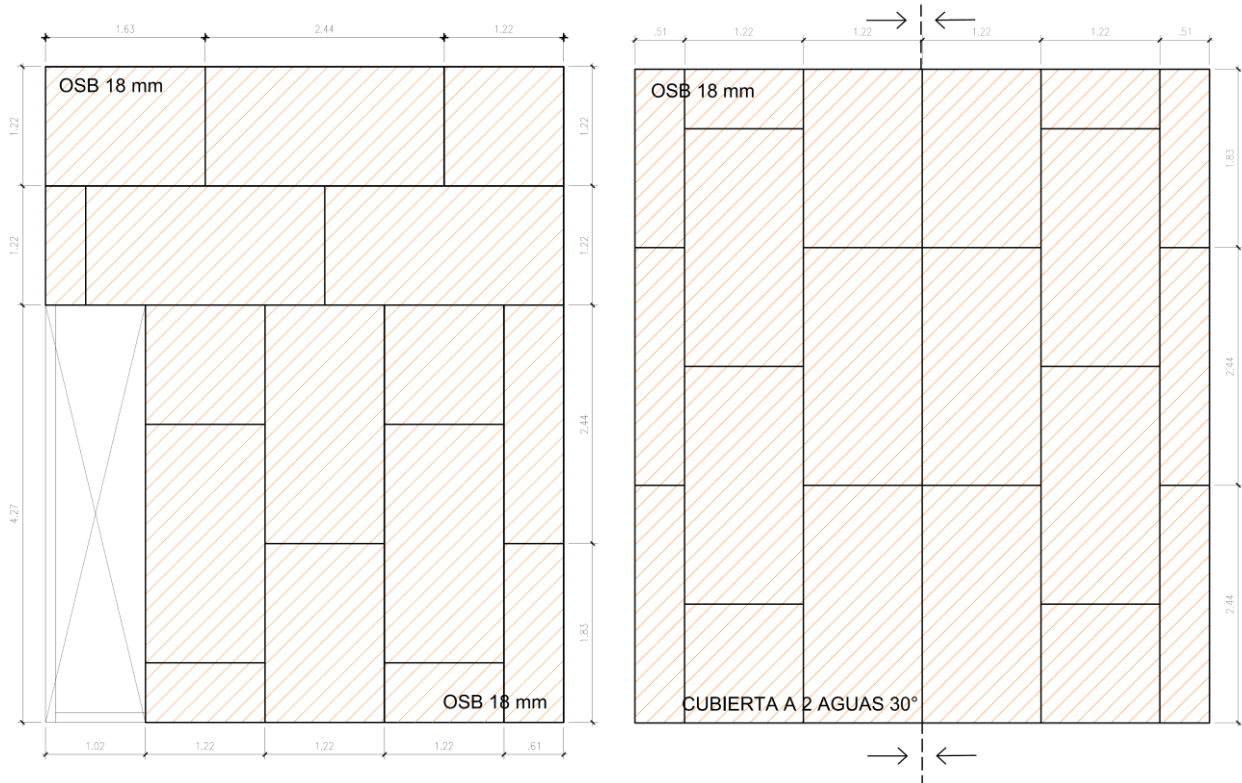


Montantes primera planta – 1ra etapa

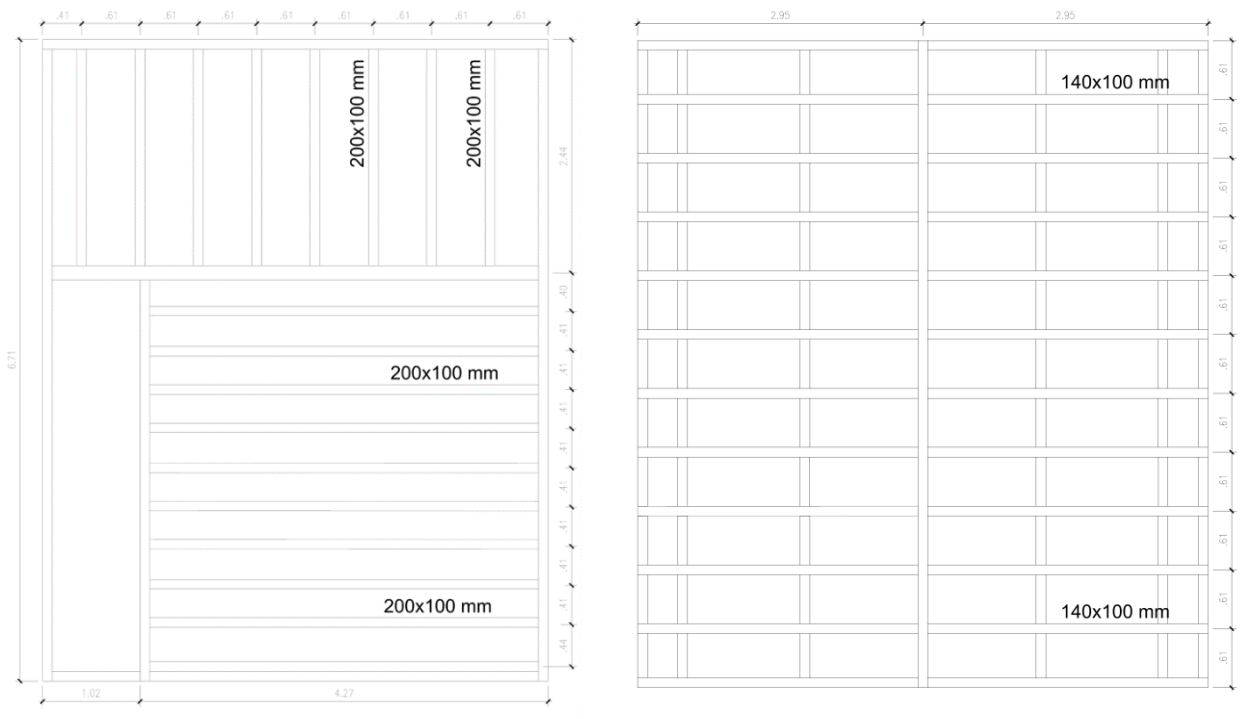


Montantes primera planta – 2da etapa

Panelado de los entramados

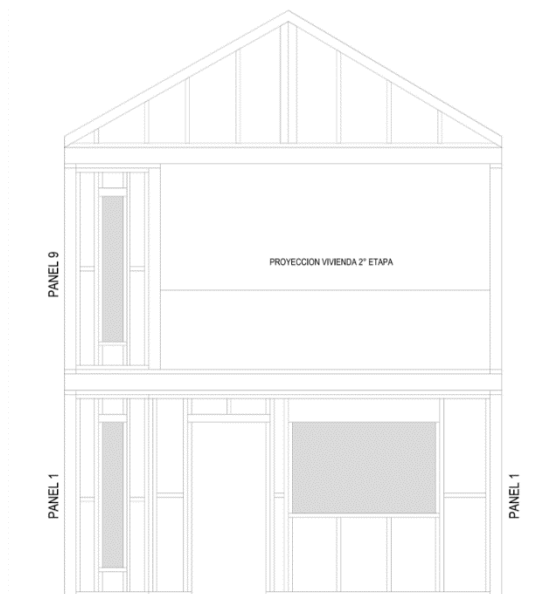
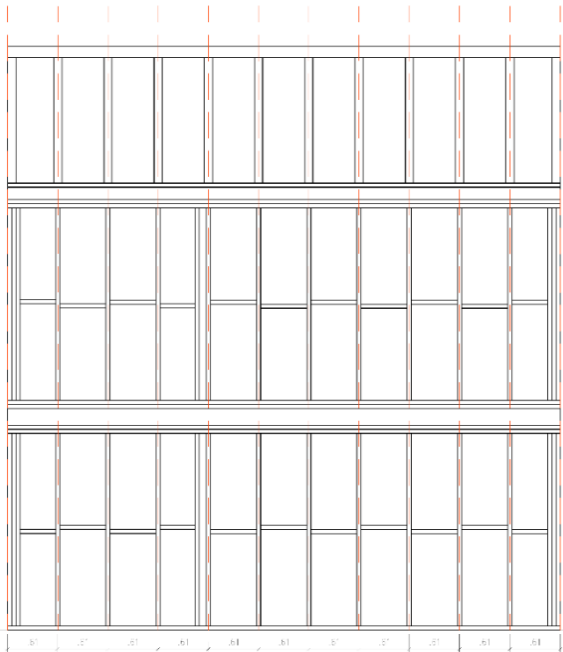
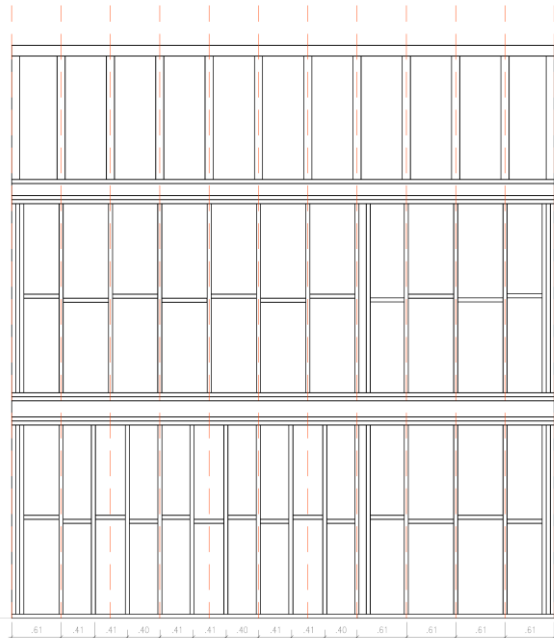


Viguetas de los entramados



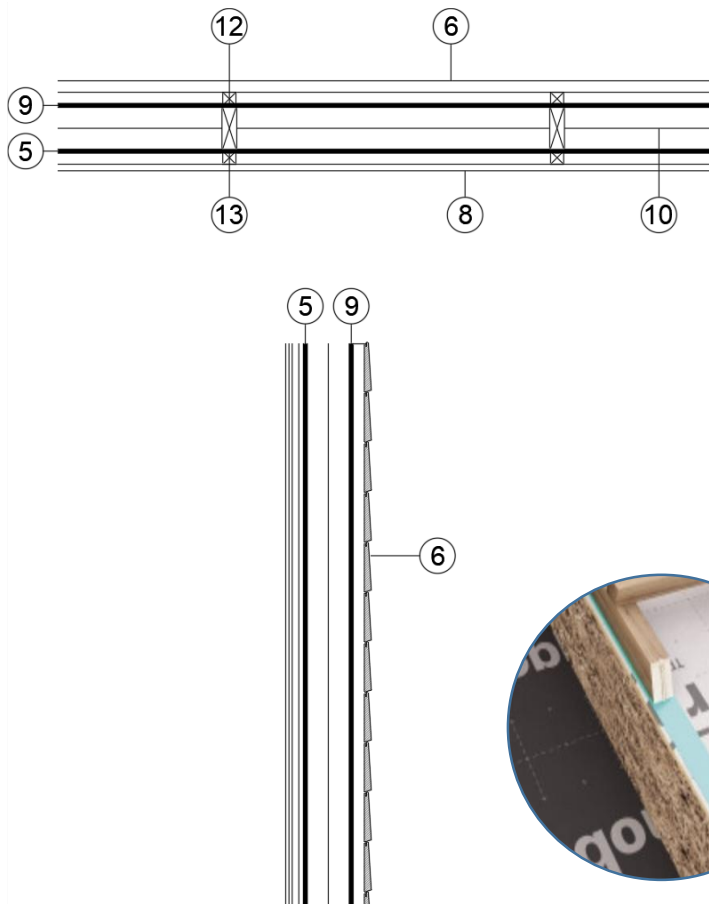
El panelado, es colocado al tresbolillo con paneles de OSB 18mm, sobre las viguetas que forman el entramado, teniendo en cuenta usar la menor cantidad de paneles y generar menores cortes.

Paneles de entramados verticales exteriores

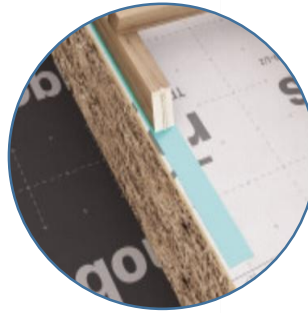


En planta baja los montantes verticales están separados 40cm, y en primera planta están separados a 60 cm, estos montantes coinciden cada 120 cm, para que coincidan los montantes verticales junto con las viguetas.

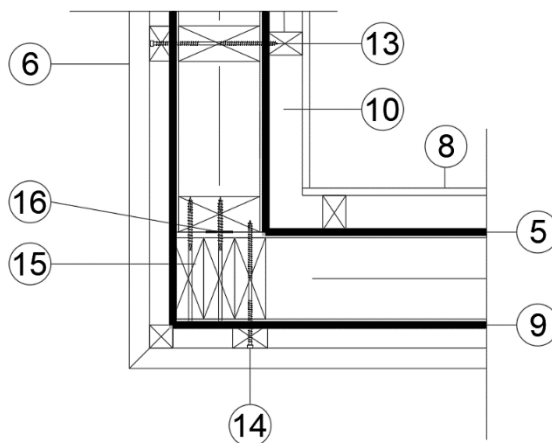
Detalle de muro entramado



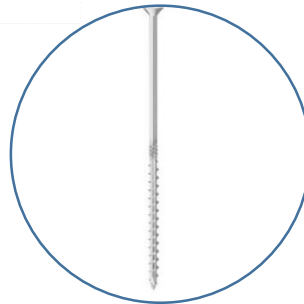
- 5) Láminas freno de vapor WALL VAPOR, INDOOR BARRIER Rothoblaas
- 6) Acabado exterior, con listón de madera de apoyo
- 8) Panel yeso espesor 12,5 mm
- 9) Láminas transpirables resistente a rayos uv FACADE TRASPIR Rothoblaas
- 10) Aislamiento interno
- 12) Junta selladora de pe punto clavo NAIL PLASTER / GEMINI Rothoblaas
- 13) Junta selladora elástica para perfiles GIPS BAND Rothoblaas



Detalle típico encuentro de muro esquina

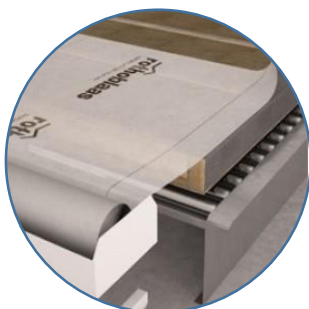
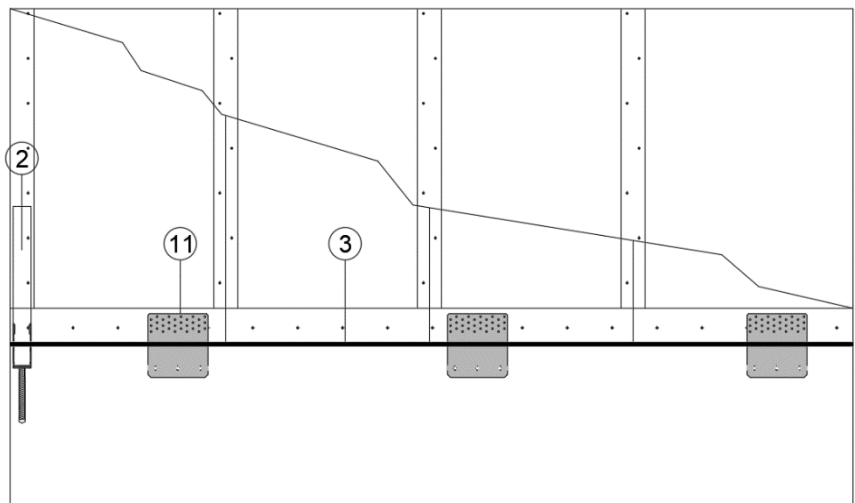
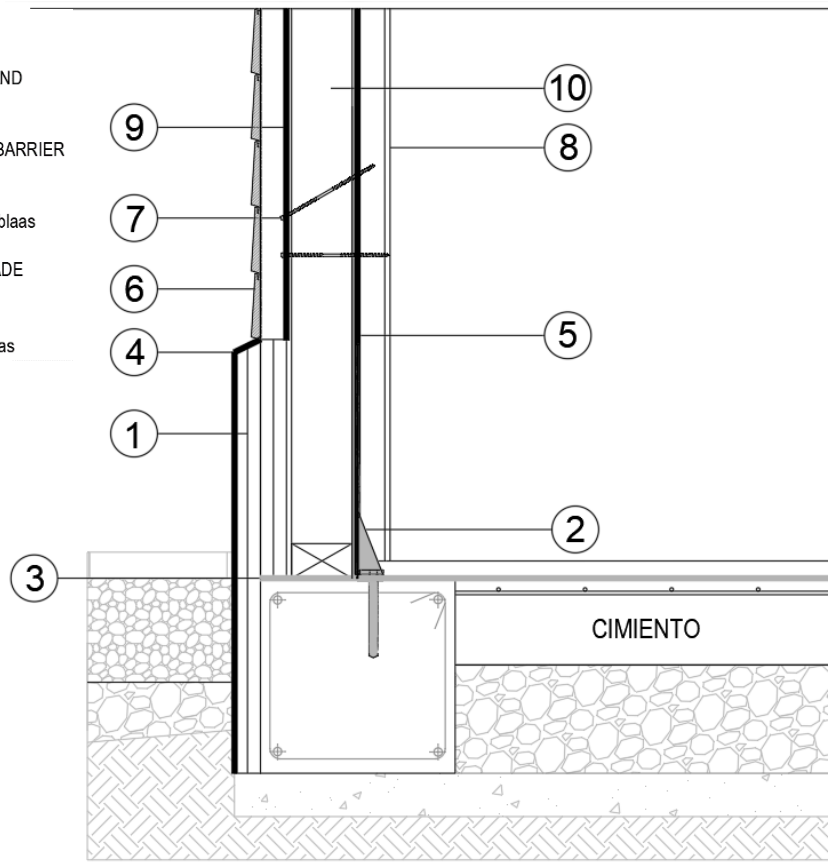


- 5) Láminas freno de vapor WALL VAPOR, INDOOR BARRIER Rothoblaas
- 6) Acabado exterior, con listón de madera de apoyo
- 8) Panel yeso espesor 12,5 mm
- 9) Láminas transpirables resistente a rayos uv FACADE TRASPIR Rothoblaas
- 10) Aislamiento interno
- 13) Junta selladora elástica para perfiles GIPS BAND Rothoblaas
- 14) Conector de doble rosca para aislante DGZ Rothoblaas
- 15) Tornillo de cabeza avellanada HBS Rothoblaas
- 16) Junta selladora de epdm para juntas CONSTRUCTION SEALING Rothoblaas

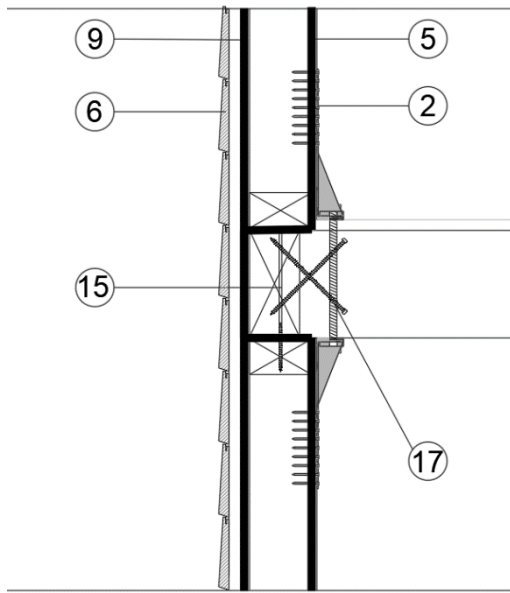


Detalle de muro con cimentación

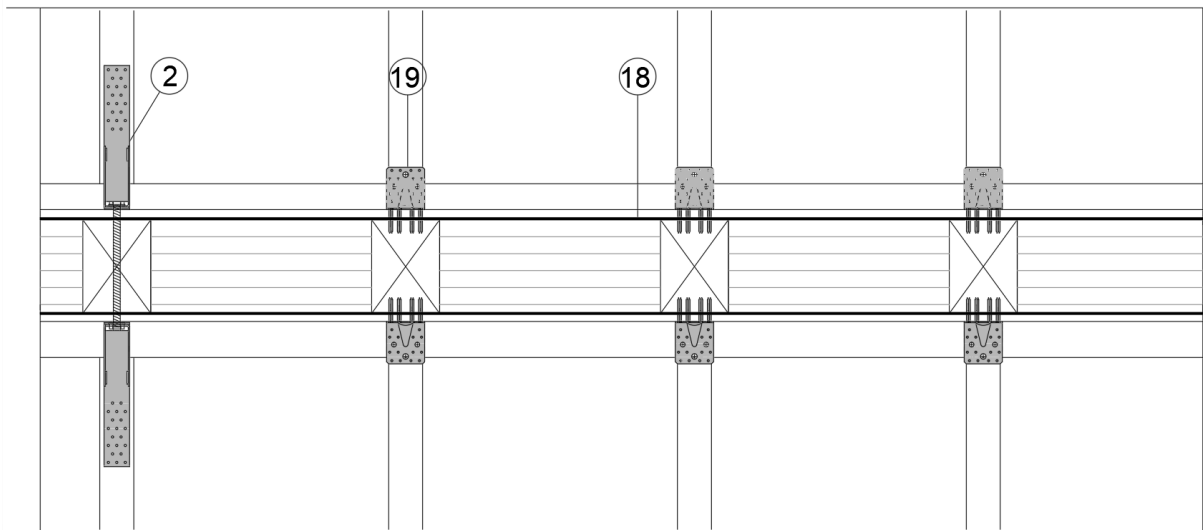
- 1) Aislamiento de poliestireno extruido XPS
- 2) Angular para fuerzas de tracción WHT Rothoblaas
- 3) Cortamuro de epdm para sustratos CONNECT BAND Rothoblaas
- 4) Láminas bituminosas FLOOR BYTUM Rothoblaas
- 5) Láminas freno de vapor WALL VAPOR, INDOOR BARRIER Rothoblaas
- 6) Acabado exterior, con listón de madera de apoyo
- 7) Conector de doble rosca para aislante DGZ Rothoblaas
- 8) Panel yeso espesor 12,5 mm
- 9) Láminas transpirables resistente a rayos uv FACADE TRASPIR Rothoblaas
- 10) Aislamiento interno
- 11) Placa para fuerzas de corte TITAN TCP Rothoblaas



Detalle de muro con entrepiso

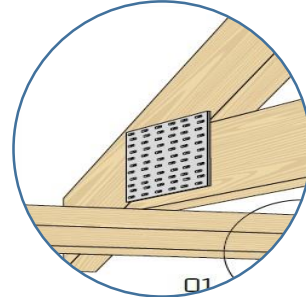
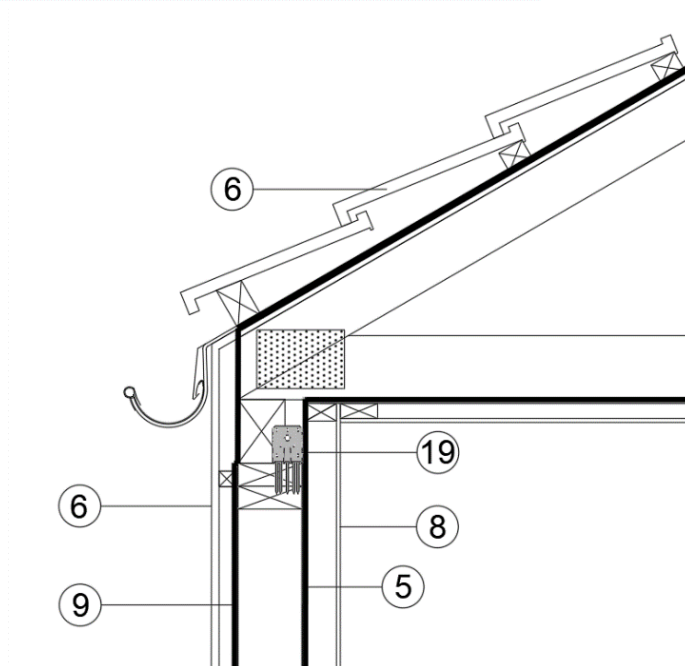


- 2) Angular para fuerzas de tracción WHT Rothoblaas
- 5) Láminas freno de vapor WALL VAPOR, INDOOR BARRIER Rothoblaas
- 6) Acabado exterior, con listón de madera de apoyo
- 9) Láminas transpirables resistente a rayos uv FACADE TRASPIR Rothoblaas
- 15) Tornillo de cabeza avellanada HBS Rothoblaas
- 17) Conector rosca total de cabeza cilíndrica VGZ Rothoblaas
- 18) Banda insonorizante de altas prestaciones XYLOFON Rothoblaas
- 19) Angular WB 90 / WB 100



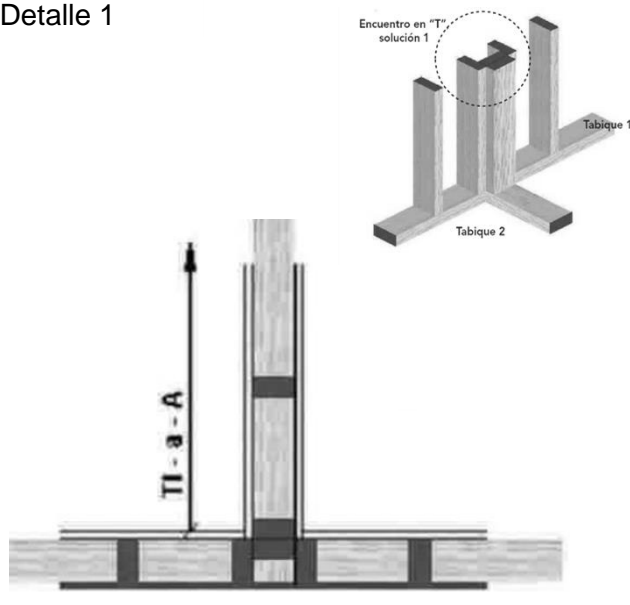
Detalle cubierta y muro entramado

- 5) Láminas freno de vapor WALL VAPOR, INDOOR BARRIER Rothoblaas
- 6) Acabado exterior, con listón de madera de apoyo
- 8) Panel yeso espesor 12,5 mm
- 9) Láminas transpirables resistente a rayos uv FACADE TRASPIR Rothoblaas
- 19) Angular WB 90 / WB 100

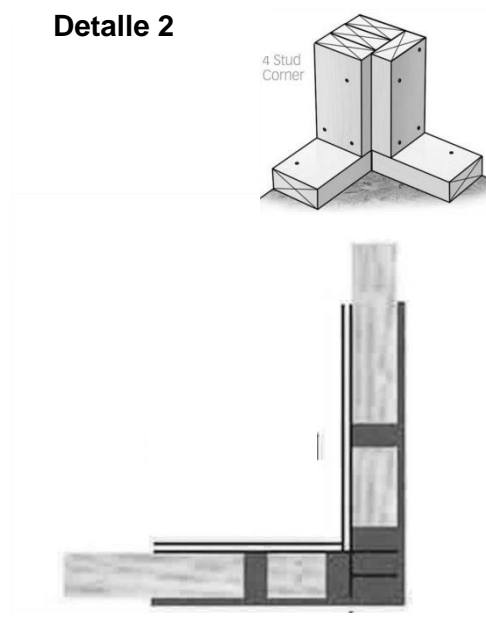


Detalle encuentro de muros

Detalle 1



Detalle 2





Vista de las viviendas pareadas de madera



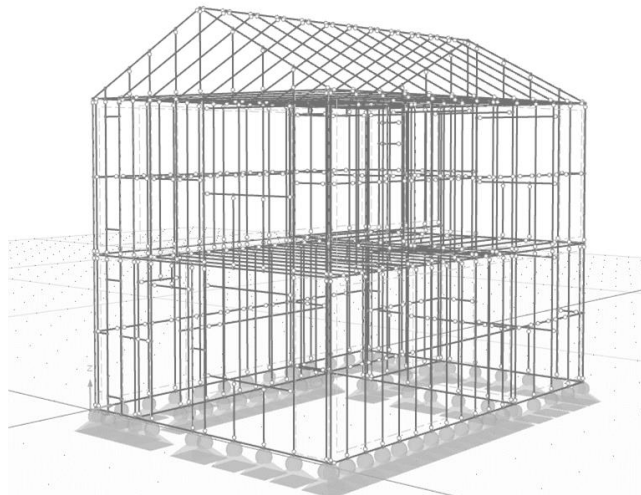


5.5 Diseño estructural

El diseño estructural se realizó mediante el pre dimensionado de la estructura y con el apoyo del software de análisis RFEM-Dlubal, donde para efectos de este trabajo se realizará un análisis de primer orden- lineal o de primer orden.

Para la aplicación en el trabajo se ha considerado el Código Técnico de la Edificación como base normativa en la aplicación del software, y la normativa peruana establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

- Código Técnico de la edificación- documento básico- seguridad estructural CTE-DB-SE-AE.
- Código técnico de la edificación- documento básico – seguridad estructural- madera CTE-DB-SE-M.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, RNE- E020- Cargas. (Norma peruana).



Sobrecarga de uso

Según el Código técnico de la edificación CTE-DB-AE. Para zonas residenciales.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

CLASE DE USO

1	El elemento estructural está cubierto, protegido de la intemperie y no expuesto a la humedad.
---	---

Según el Código técnico de la edificación CTE-DB-AE. Para nieve.

3.5.2 Carga de nieve sobre un terreno horizontal

- 1 El valor de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal, s_k , en las capitales de provincia y ciudades autónomas se puede tomar de la tabla 3.8

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,2	San Sebastián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,7	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	0,4	Segovia	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	1,2	Sevilla	10	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,5	Sevilla	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,6	Soria	0	0,4
Cáceres	440	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cádiz	0	0,4	Madrid	660	0,7	Tenerife	950	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,6	Teruel	550	0,9
Castellón	0	0,2	Málaga	40	0,2	Toledo	0	0,5
Castellón	640	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	0	0,2
Ciudad Real	640	0,6	Orense / Ourense	130	0,4	Valencia/València	690	0,4
Córdoba	100	0,6	Oviedo	230	0,5	Valladolid	520	0,7
Córdoba	0	0,2	Palencia	740	0,5	Vitoria / Gasteiz	650	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Zamora	210	0,5
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zaragoza	0	0,2
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Ceuta y Melilla		
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7			

Según el CTE-DB-SE-M. presenta la categoría de acción de las cargas.

2.2.2.1 Clases de duración de las acciones

- 1 Las acciones que solicitan al elemento considerado deben asignarse a una de las clases de duración de la carga establecidas en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Clases de duración de las acciones

Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
Permanente	más de 10 años	Permanente, peso propio
Larga	de 6 meses a 10 años	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
Media	de una semana a 6 meses	sobrecarga de uso; nieve en localidades de > 1000 m
Corta	menos de una semana	viento; nieve en localidades de < 1000 m
Instantánea	algunos segundos	sismo

Según el Código técnico de la edificación CTE-DB-AE

E.1 Madera aserrada

E.1.1 Valores de las propiedades asociadas a cada clase resistente de la madera aserrada

- 1 En la tabla E.1 se indican los valores de las propiedades de resistencia, rigidez y densidad asociadas a cada clase resistente para las especies de coníferas y chopo y en la tabla E.2 para las especies frondosas.

Tabla E.1 Madera aserrada. Especies de coníferas y chopo. Valores de las propiedades asociadas a cada Clase Resistente

Propiedades		Clase resistente											
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Resistencia (característica) en N/mm²													
- Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
- Tracción paralela	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
- Tracción perpendicular.	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
- Compresión paralela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	22	22	23	25	26	27	29
- Compresión perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
- Cortante	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Rigidez, en kN/mm²													
- Módulo de elasticidad paralelo medio	$E_{0,medio}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16
- Módulo de elasticidad paralelo 5 ^o -percentil	$E_{0,k}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7
- Módulo de elasticidad perpendicular medio	$E_{90,medio}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
- Módulo transversal medio	G_{medio}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Densidad, en kg/m³													
- Densidad característica	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
- Densidad media	ρ_{medio}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550

Fuerzas gravitatorias

Las fuerzas verticales que actúan en la estructura del edificio son de dos tipos: acciones permanentes y variables.

Las permanentes corresponden al peso de cada uno de los elementos constructivos del edificio, y las variables se debe a la sobrecarga de uso y nieve.

Acciones permanentes

Muros de planta baja y planta 1: 1,172 KN/m²

- Estructura madera C18, listones 50x140 mm cada 60cm.

$$\frac{380 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,00981 \text{ KN/kg} \cdot 0,05 \text{ m} \cdot 0,14 \text{ m}}{0,6 \text{ m}} = 0,043 \text{ KN/m}^2$$

- Tablero OSB, 18mm.

$$650 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,00981 \text{ KN/kg} \cdot 0,018 \text{ m} \cdot 2 = 0,229 \text{ KN/m}^2$$

- Cartón yeso 15mm = 0,4KN/m²
- Acabado exterior = 0,5 KN/m²

Forjado entrepiso: 1,20 KN/m²

- Estructura madera C18, listones 100x200 mm, cada 40cm.
 - $\frac{380 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,00981 \text{ KN/kg} \cdot 0,10 \text{ m} \cdot 0,20 \text{ m}}{0,40 \text{ m}} = 0,186 \text{ KN/m}^2$
- Tablero OSB 18mm = 0,115 KN/m²
- Cartón yeso 15mm en falso techo = 0,4 KN/m²
- Acabado = 0,5KN/m²

Forjado entrepiso 2: 1,14 KN/m²

- Estructura madera C18, listones 100x200 mm, cada 60cm.
 - $\frac{380 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,00981 \text{ KN/kg} \cdot 0,10 \text{ m} \cdot 0,20 \text{ m}}{0,60 \text{ m}} = 0,124 \text{ KN/m}^2$
- Tablero OSB 18mm = 0,115 KN/m²
- Cartón yeso 15mm en falso techo = 0,4 KN/m²
- Acabado = 0,5KN/m²

Forjado techo: 0,69 KN/m²

- Estructura madera C18, listones 100x140 mm, cada 60cm
 - $\frac{380 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,00981 \text{ KN/kg} \cdot 0,10 \text{ m} \cdot 0,14 \text{ m}}{0,60 \text{ m}} = 0,174 \text{ KN/m}^2$

- Tablero OSB 18mm = 0,115 KN/m²
- Cartón yeso 15mm en falso techo = 0,4 KN/m²

Cubierta = 2,0 KN/m² (tejas). CTE-DBSE-AE, Tabla C5.

Acciones variables

- Sobrecarga de uso residencial (planta baja) = 2KN/m² (según CTE DBSE-AE Tabla 3.1)
- Sobrecarga de uso cubierta no transitable= 1KN/m² (según CTE DBSE-AE Tabla 3.1)
- Sobrecarga de nieve= 1KN/m² (según CTE DBSE-AE Tabla 3.5.1)

Viento

El viento es uno de las principales acciones horizontales sobre el edificio, debido a ello se calculará en la dirección longitudinal y transversal al edificio con base en el CTE DBSE-AE 3.3.2.

El análisis de la fuerza del viento es diferente para la superficie de fachada de cada planta, planta baja y primera planta.

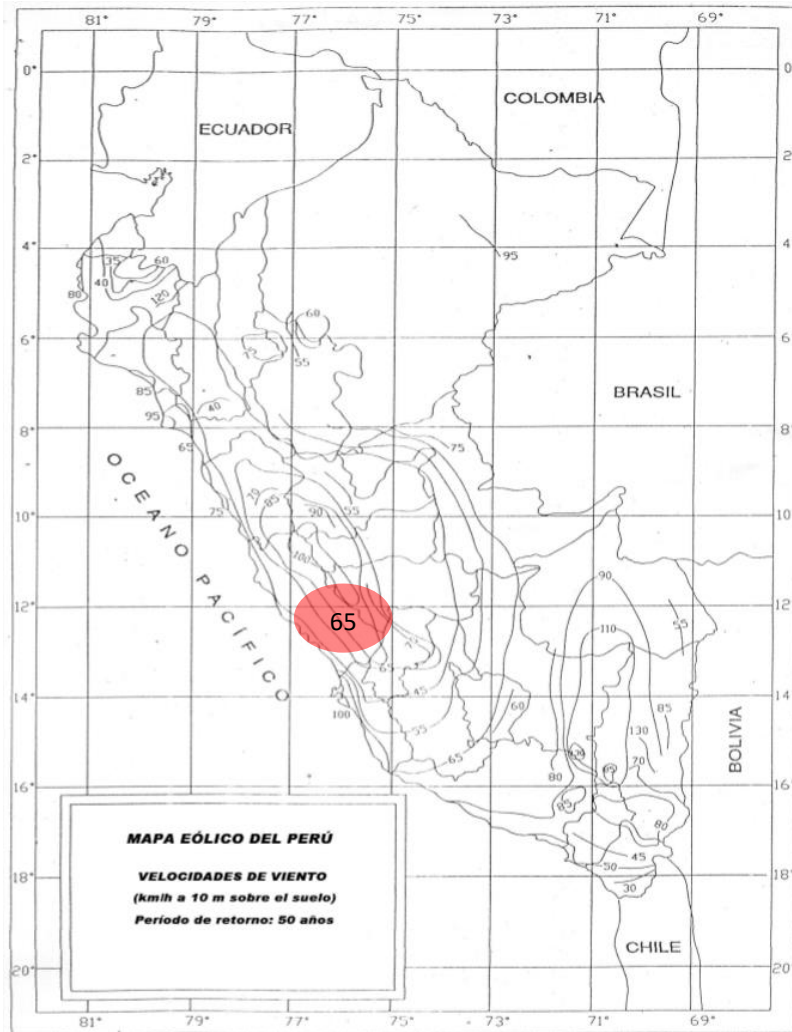
Tomando como referencia el CTE-DBSE-AE, sobre la presión dinámica, mediante la siguiente expresión.

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

Para el caso de Barcelona, nos muestra un valor:

$$q_b = 0,52 \text{ KN/m}^2 \text{ (Barcelona, CTE DBSE-AE, D1)}$$

Sin embargo, para el caso del territorio peruano se basará el cálculo en Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) E020 Cargas, Capítulo 7.



El mapa nos muestra para la zona ubicada el proyecto una velocidad básica de 45 m/s.

Por tanto, de acuerdo al CTE, tendremos, una presión dinámica de:

$$q_b = 0.20 \text{ KN/m}^2 \text{ (Lima)}$$

Fig. 72: Mapa Eólico del Perú. RNE 020

Continuamos con el coeficiente de exposición, tomando como base la Tabla D.2, del CTE-SE-AE.

D.2 Coeficiente de exposición

- 1 El coeficiente de exposición c_e para alturas sobre el terreno, z , no mayores de 200 m, puede determinarse con la expresión:

$$c_e = F \cdot (F + 7 k) \quad (D.2)$$

$$F = k \ln (\max (z, Z) / L) \quad (D.3)$$

siendo k , L , Z parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Siendo $K=0,22$, $L=0,3$, $Z=5,0$ $Z=2,70$ m (altura del piso, planta baja)
 $F=0,22 \cdot \ln((2,70 ; 5,0) / 0,3) = 0,618$ - $C_e=0,618$
 $(0,618+7 \cdot 0,22) = 1,333$

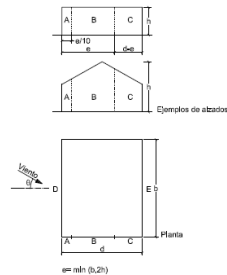
$Z=5,40$ m (altura del piso, primer piso)
 $F=0,22 \cdot \ln((6,86 ; 5,0) / 0,3) = 0,688$ - $C_e=0,688$
 $(0,688+7 \cdot 0,22) = 1,532$

Carga del viento vertical planta baja
 $Q_v=0,20 \cdot 1,333 \cdot 0,8 = 0,22 \text{ KN/m}^2$ (presión)
 $Q_v=0,20 \cdot 1,333 \cdot -0,5 = -0,133 \text{ KN/m}^2$ (succión)

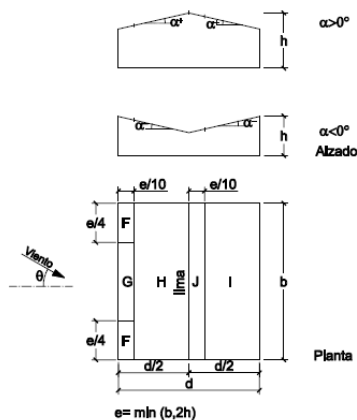
Carga del viento vertical primer piso
 $Q_v=0,20 \cdot 1,532 \cdot 0,8 = 0,25 \text{ KN/m}^2$ (presión)
 $Q_v=0,20 \cdot 1,532 \cdot -0,5 = -0,16 \text{ KN/m}^2$ (succión)

Carga de viento en cubierta.
 $Q_v=0,20 \cdot 1,532 \cdot -0,8 = -0,25 \text{ KN/m}^2$

Tabla D.3 Paramentos verticales



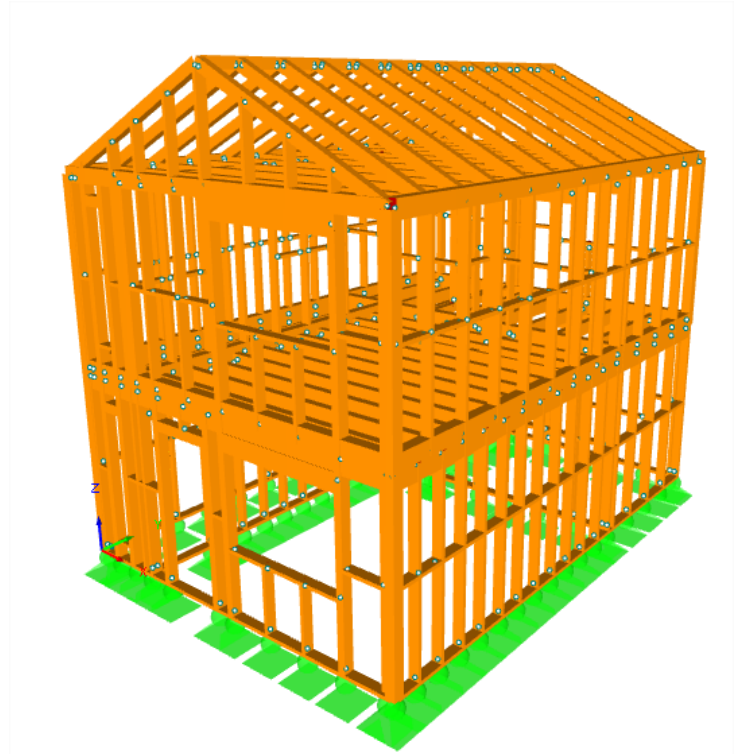
A (m ²)	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	1,0	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

 Tabla D.6 Cubiertas a dos aguas
 a) Dirección del viento -45° ≤ θ ≤ 45°


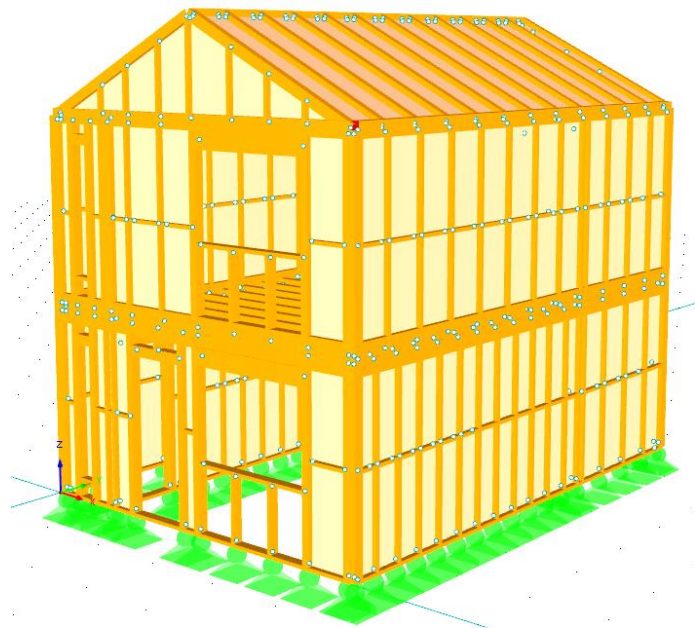
Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)			
		F	G	H	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	0,2
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6
15°	≥ 10	-2,5	-2	-1,2	-0,6
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6
30°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0
45°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0
60°	≥ 10	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0
75°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0
	≥ 10	0,7	0,7	0,7	-0,2
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2
	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2

Modelado del prototipo

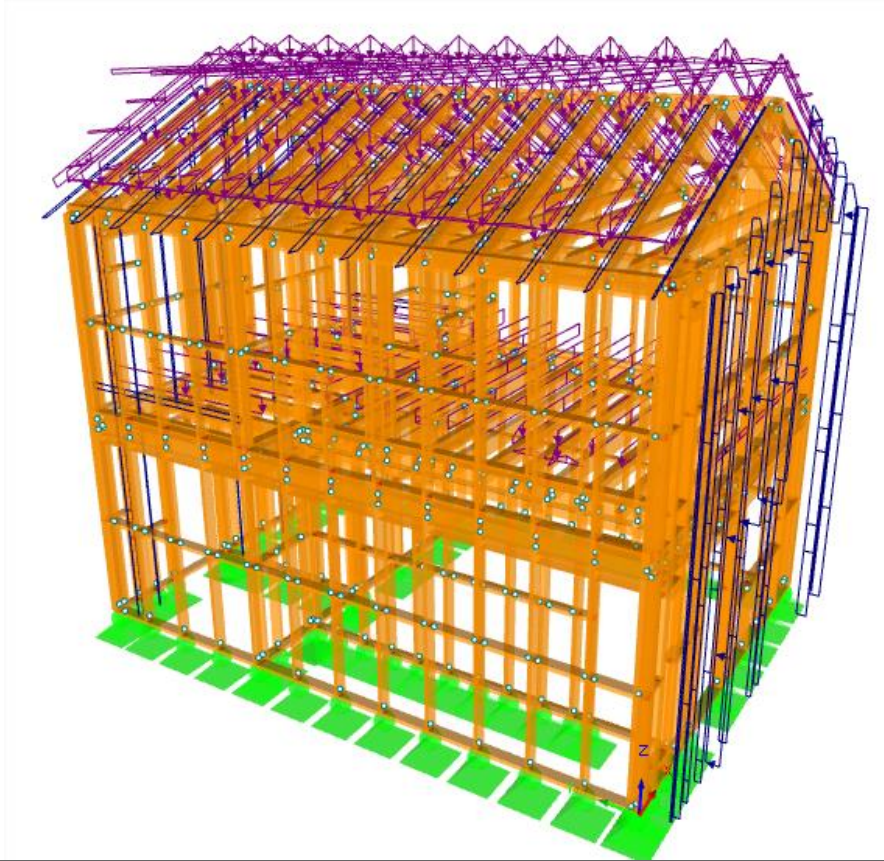
Se realizará un modelado en 3D de la estructura de entramado ligero de madera, con un predimensionado de los paneles y forjados para el sistema de entramado ligero de madera, considerando una superficie de material de OSB como capa de rigidización de 18 mm, con el fin de identificar los elementos que tienen mayores esfuerzos y deformaciones críticas.



Vista con los paneles de rigidización (OSB).



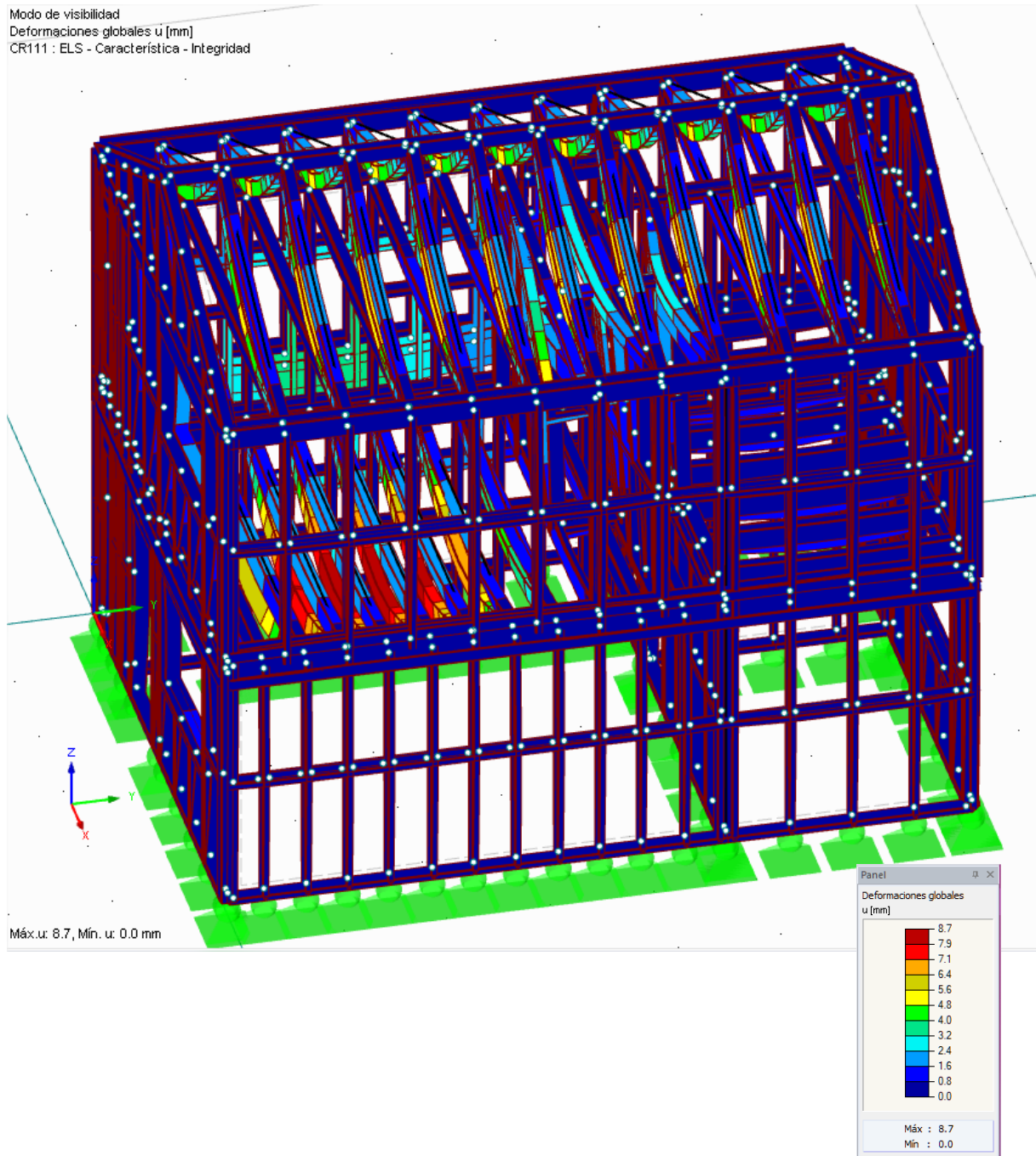
Hipótesis de cargas



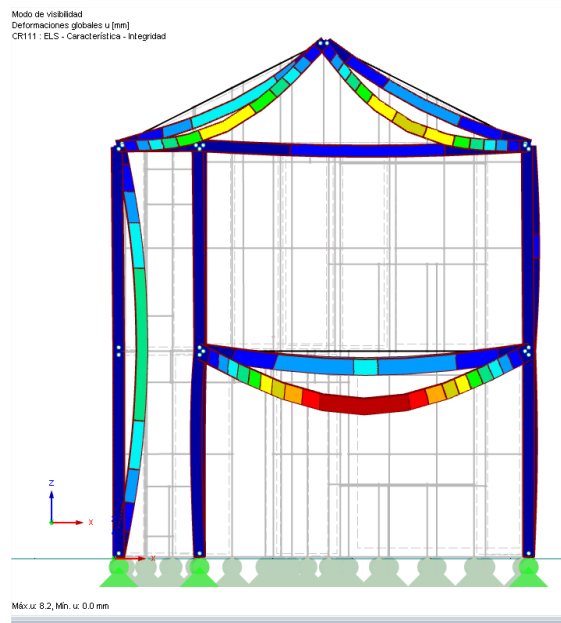
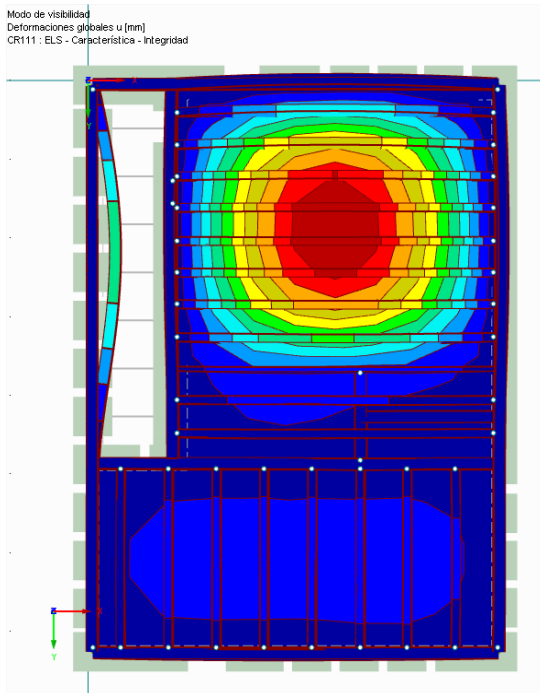
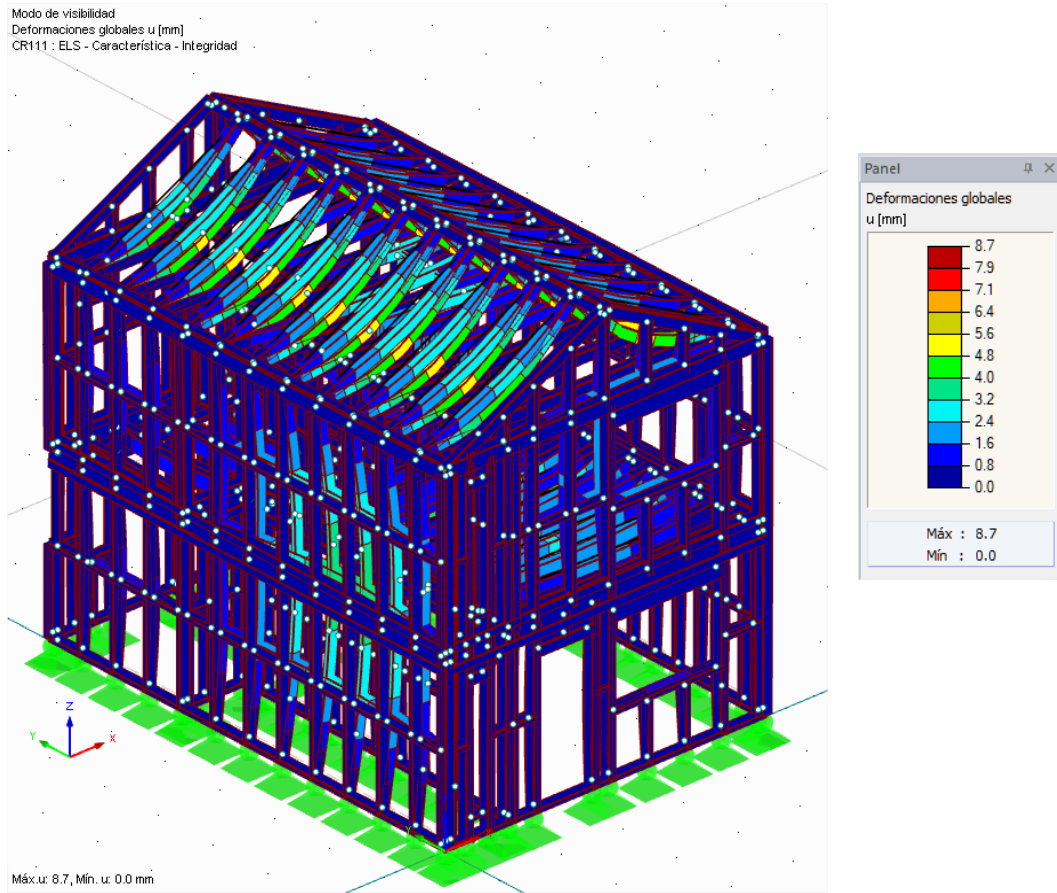
CASO	CARGA	CATEGORÍA DE ACCIÓN	DURACIÓN DE CARGA
CC1	Peso propio	Permanente	Permanente
CC2	C.M	Permanente	Permanente
CC3	Sobrecarga de uso	Sobrecarga de uso - Categoría A: zonas residenciales	Media
CC4	Sobrecarga de uso cubierta	Sobrecarga de uso - Categoría H: cubiertas	Corta
CC5	Nieve	Nieve $H \leq 1000$ msnm	Corta
CC6	Viento en +X	Viento	Corta
CC7	Viento en +Y	Viento	Corta
CC8	Viento en -X	Viento	Corta
CC9	Viento en -Y	Viento	Corta

Análisis de deformaciones

Se muestra las deformaciones máximas en Estado Límite de Servicio ELS. La deformación máxima que establece la norma es $L/500$, por tanto, la deformación máxima podrá ser $4270/300=9.44$. La deformación máxima presentada en el análisis es de 8.3, por tanto, cumple.

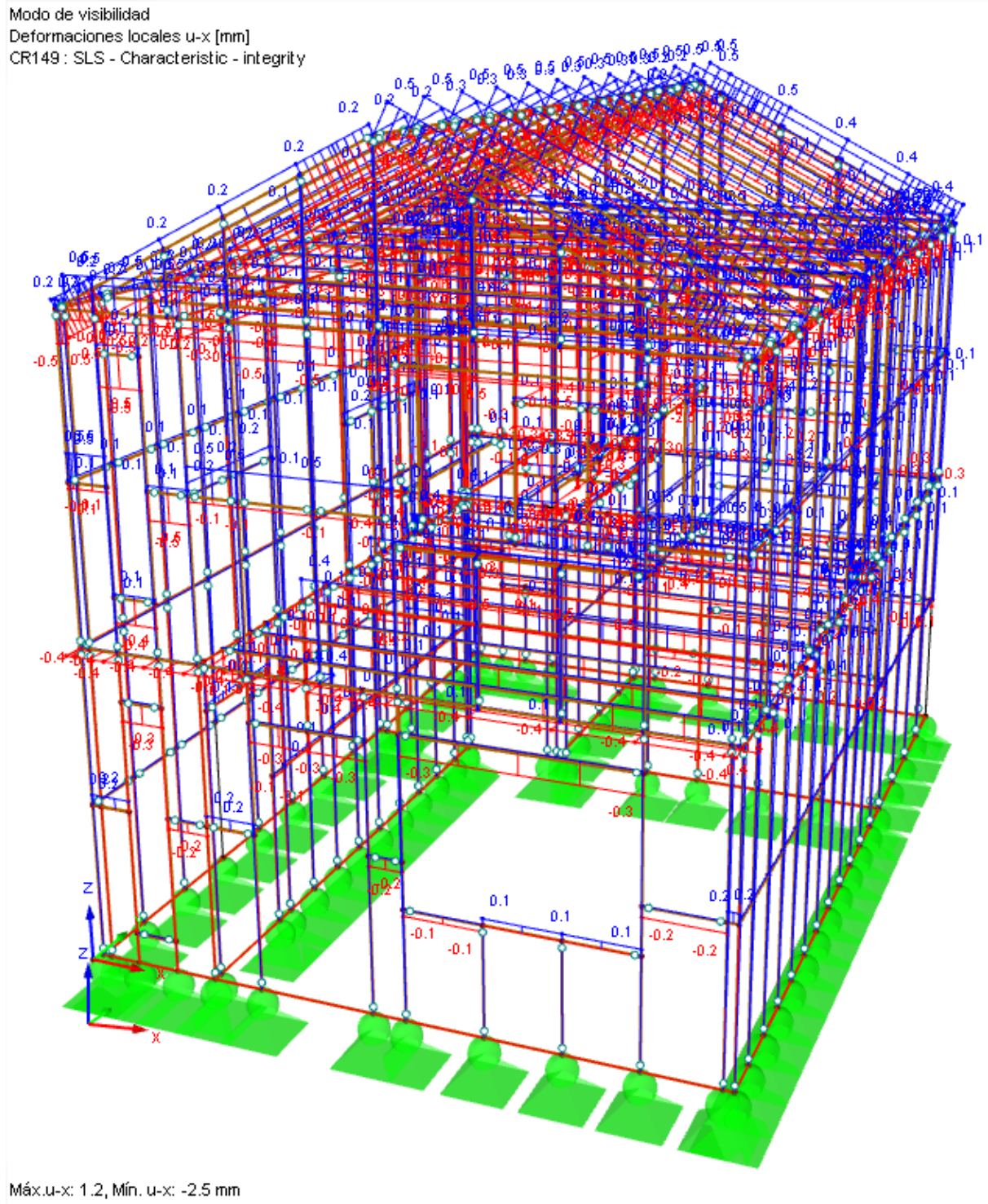


Deformaciones máximas entramado vertical 8.1mm y entramado horizontal de 8.3mm.



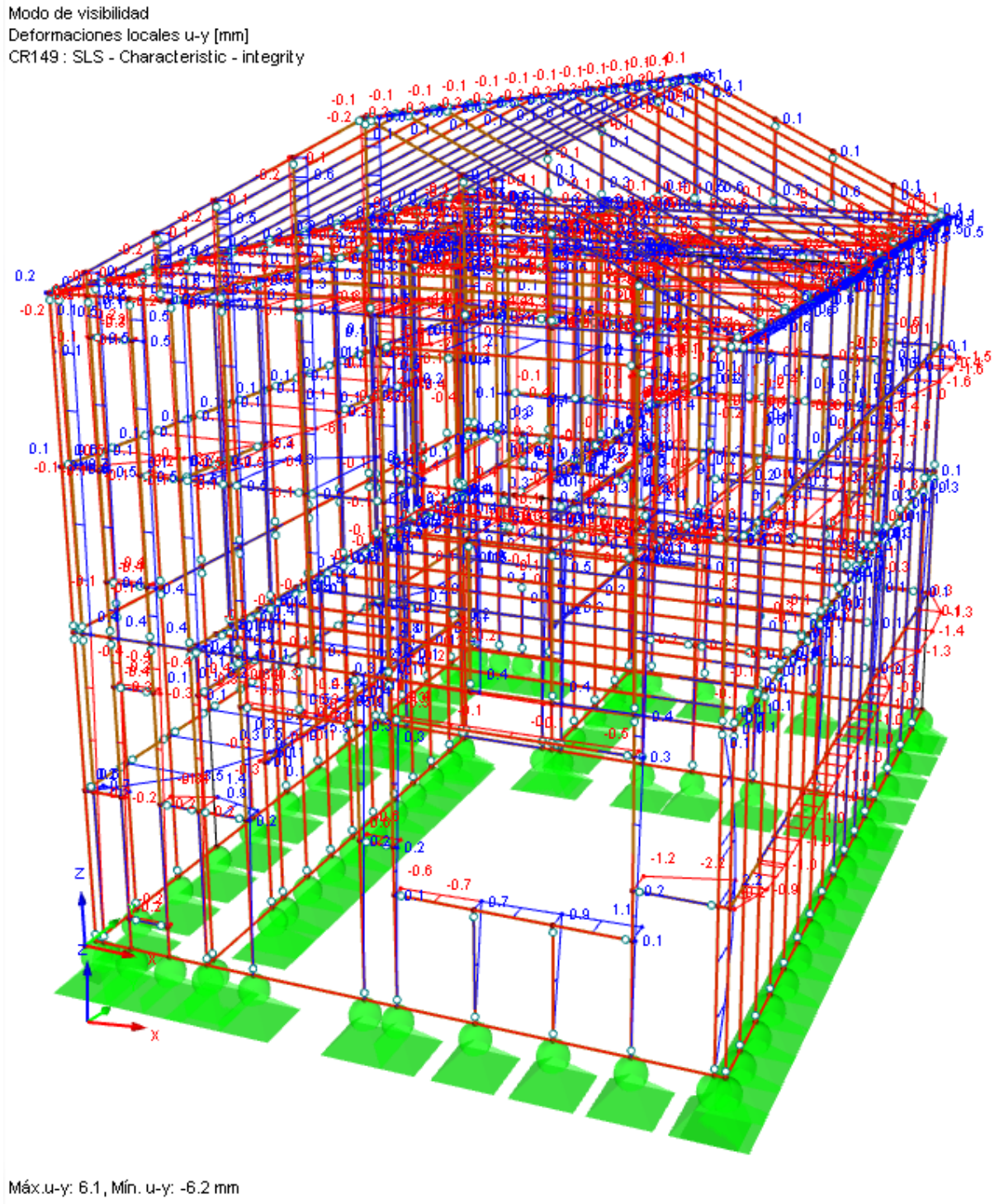
Deformación en ux local

Se muestra las deformaciones máximas en Estado Limite de Servicio ELS.



Deformación en uy

Se muestra las deformaciones máximas en Estado Limite de Servicio ELS.



Tensiones

Con el uso del RF-TIMBER PRO, se analizó la tensión de las barras y se consideró una resistencia al fuego R-30, lo que dio por resultado todas menor a 1, con una razón de 0.90, lo cual cumple.

RF-TIMBER Pro - [PROTOTIPO FINAL]

Archivo Edición Configuración Ayuda

CA1 2.1 Cálculo por caso de carga

Carga	A	B	C	D	E	F	G	H
	Descripción	Barra núm.	Posición x [m]	Razón		Cálculo según fórmula	Situa de pr	Clase de dura de carga
Cálculo del estado límite último								
CR1	1.35 ^c CC1/p	492	0.000	0.44 ≤ 1	121)	Resistencia de la sección - Cortante debido a torsión según 6.1.8	PT	Permanente
CR2	1.35 ^c CC1/p + 1.5 ^c CC2/p	492	0.000	0.95 ≤ 1	121)	Resistencia de la sección - Cortante debido a torsión según 6.1.8	PT	Media
CR3	1.35 ^c CC1/p + 1.5 ^c CC2/p +	492	0.000	0.85 ≤ 1	121)	Resistencia de la sección - Cortante debido a torsión según 6.1.8	PT	Corta
CR4	1.35 ^c CC1/p + 1.5 ^c CC2/p +	492	0.000	0.85 ≤ 1	121)	Resistencia de la sección - Cortante debido a torsión según 6.1.8	PT	Corta
CR5	1.35 ^c CC1/p + 1.5 ^c CC2/p +	492	0.000	0.85 ≤ 1	121)	Resistencia de la sección - Cortante debido a torsión según 6.1.8	PT	Corta
CR6	1.35 ^c CC1/p + 1.5 ^c CC2/p +	492	0.000	0.85 ≤ 1	121)	Resistencia de la sección - Cortante debido a torsión según 6.1.8	PT	Corta
CR7	1.35 ^c CC1/p + 1.5 ^c CC2/p +	492	0.000	0.85 ≤ 1	121)	Resistencia de la sección - Cortante debido a torsión según 6.1.8	PT	Corta
CR8	1.35 ^c CC1/p + 1.5 ^c CC3/p	1037	1.447	0.48 ≤ 1	323)	Barra con flexión y compresión según 6.3.2 - Pandeo respecto a ambos ejes	PT	Corta
CR9	1.35 ^c CC1/p + 1.05 ^c CC3/p +	492	0.000	0.68 ≤ 1	121)	Resistencia de la sección - Cortante debido a torsión según 6.1.8	PT	Corta

Max: 0.95 ≤ 1

Detalles - Barra 492 - x: 0.000 m - CR9

Datos de material - Madera de chopo y coníferas C18

Datos de la sección - M-Rectángulo 140/50

Esfuerzos internos de cálculo

Razón de tensiones

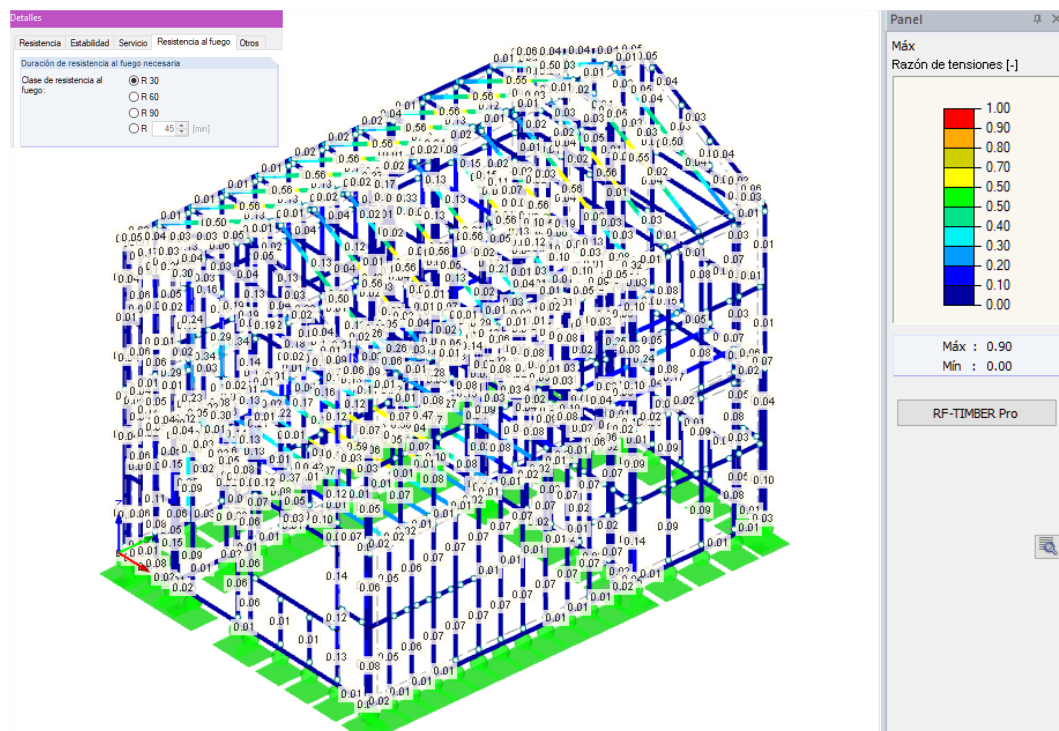
Momento torsor	T _d	0.10	kNm
Módulo resistente torsor	S _t	91.98	cm ³
Tensión tangencial	T _{tor,d}	0.11	kN/cm ²
Resistencia a cortante	f _{v,k}	0.20	kN/cm ²
Factor de modificación	k _{mod}	0.900	Tabla 3.1
Coefficiente parcial	γ _M	1.300	Tabla 2.3
Resistencia a cortante	f _{v,d}	0.14	kN/cm ² Ec. (2.14)
Coefficiente	k _{forma}	1.140	Ec. (6.15)
Razón de tensiones	η	0.68	≤ 1 Ec. (6.14)

1 - M-Rectángulo 140/50

140.0
50.0

[mm]

Cálculo Detalles... Anejo Nac. ... Gráfico Aceptar Cancelar



5.6 Transporte y puesta en obra

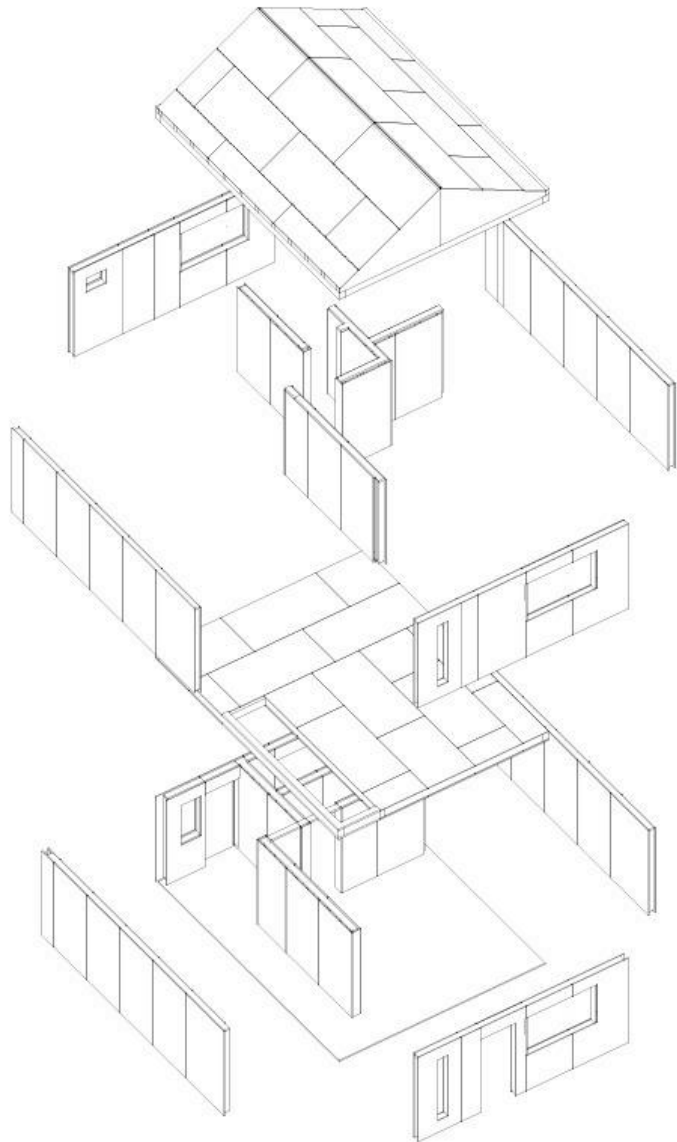
El proceso de fabricación de los paneles de entramado verticales se realizará previamente en el taller. Estos tendrán como longitud máxima 6.70 m y altura de 2.44m.

Los factores que deben ser considerados para establecer la forma más adecuada de transportar los elementos prefabricados son:

- Proteger debidamente los paneles, por medio de láminas o lonas impermeables resistentes a condiciones severas de velocidad, temperatura, humedad del ambiente, lluvia, exceso de exposición al sol, entre otros, para evitar deformaciones en los tabiques ya prefabricados que se traslada para ejecutar el montaje en obra.
- La factibilidad de acceder al lugar de la obra con el medio de transporte de carga, efectuar un reconocimiento del terreno previamente.

En sitio se realizará la cimentación de la estructura para recibir el entramado. Luego se realizará el montaje de la estructura en el lugar:

- Replanteo y marcado de ejes.
- Se comenzará por el montaje de los paneles de entramado verticales en planta baja, iniciando por los muros soportantes de fachadas y perímetro, apoyado en la cimentación y losa horizontal ya existente.
- Colocación y fijación provisional de los paneles de entramado ligero de madera. Nivelación y ejecución de las uniones. Fijación definitiva del entramado ligero de madera.
- Se continúa con el montaje de los paneles verticales de muros auto soportantes,



apoyado en la losa y paneles soportantes y la ejecución y fijación de las uniones.

- Luego de tener los paneles de planta baja instalados, se continua con la instalación del entramado horizontal, con la solera superior de amarre, luego las viguetas de borde y posterior a ello las viguetas que conforman el entramado horizontal y el panelado de OSB colocado al tresbolillo.
- Instalado el entramado de entresijos se continua con el montaje de los paneles de entramado del primer piso, apuntalados para su fijación mediante uniones a la estructura de entramado horizontal de la planta baja, primero se realizará el montaje de los muros soportantes del perímetro de la fachada y luego los muros autosoportantes (divisorios) interiores.
- Luego se realiza la instalación de la cubierta a 2 aguas con los paneles de OSB al tresbolillo.

Una vez culminado el montaje y fijación de la estructura de entramado, se procede a los revestimientos considerando las láminas de vapor y rayos uv, de acuerdo al detalle de muro del proyecto presentado en el capítulo 5, instalaciones sanitarias, eléctricas y revestimientos de acabados. En el capítulo 6 se mostrará mediante el diagrama de Gantt la planificación de los tiempos de montaje de la estructura y acabados.

5.7 Análisis comparativo del sistema tradicional con el sistema propuesto

Análisis comparativo del tiempo de ejecución

El análisis del tiempo de ejecución de la vivienda social se realizó en base a los proyectos del programa Mivivienda que se muestran en el catálogo del año 2018, donde se proyecta las viviendas de hormigón con ladrillos de arcilla, además de ser un sistema tradicionalmente usado en la mayoría de las viviendas de Lima, como se muestra en el capítulo 3.

Se presenta el cronograma de ejecución para un modelo de vivienda de material de concreto y bloques de arcilla, donde se tiene el tiempo para la estructura del proyecto, y acabados es de 4 meses.

En el caso de la cimentación toma un tiempo de 18 días hábiles, para la partida de columnas 15 días en la planta baja, luego de ello se procede a enlucir y los acabados, pero al ser un sistema de construcción en sitio y húmedo, se deben respetar los tiempos de cada procedimiento siendo este tipo de sistema el que prolonga el tiempo para continuar con la etapa de revestimiento o enlucido de paredes y cieloraso (húmedo), y finalizar con la etapa de acabados.

Cronograma de ejecución en base a la información del programa Mivivienda.

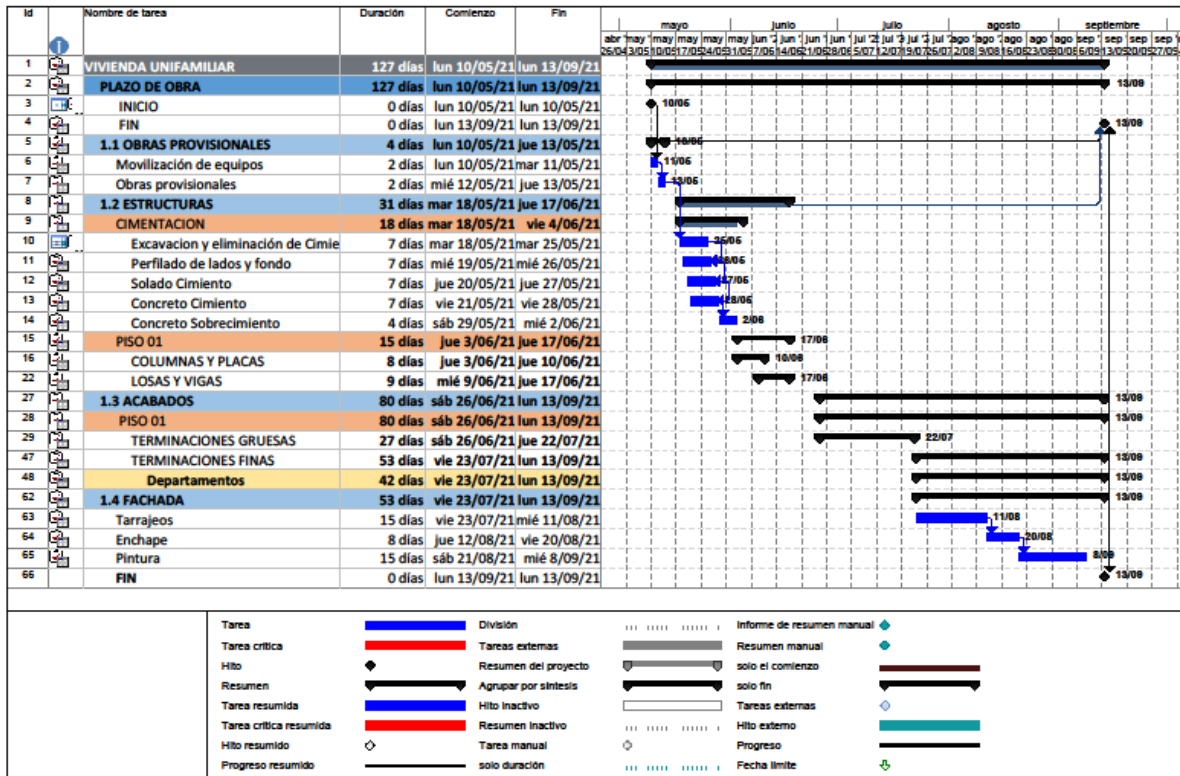
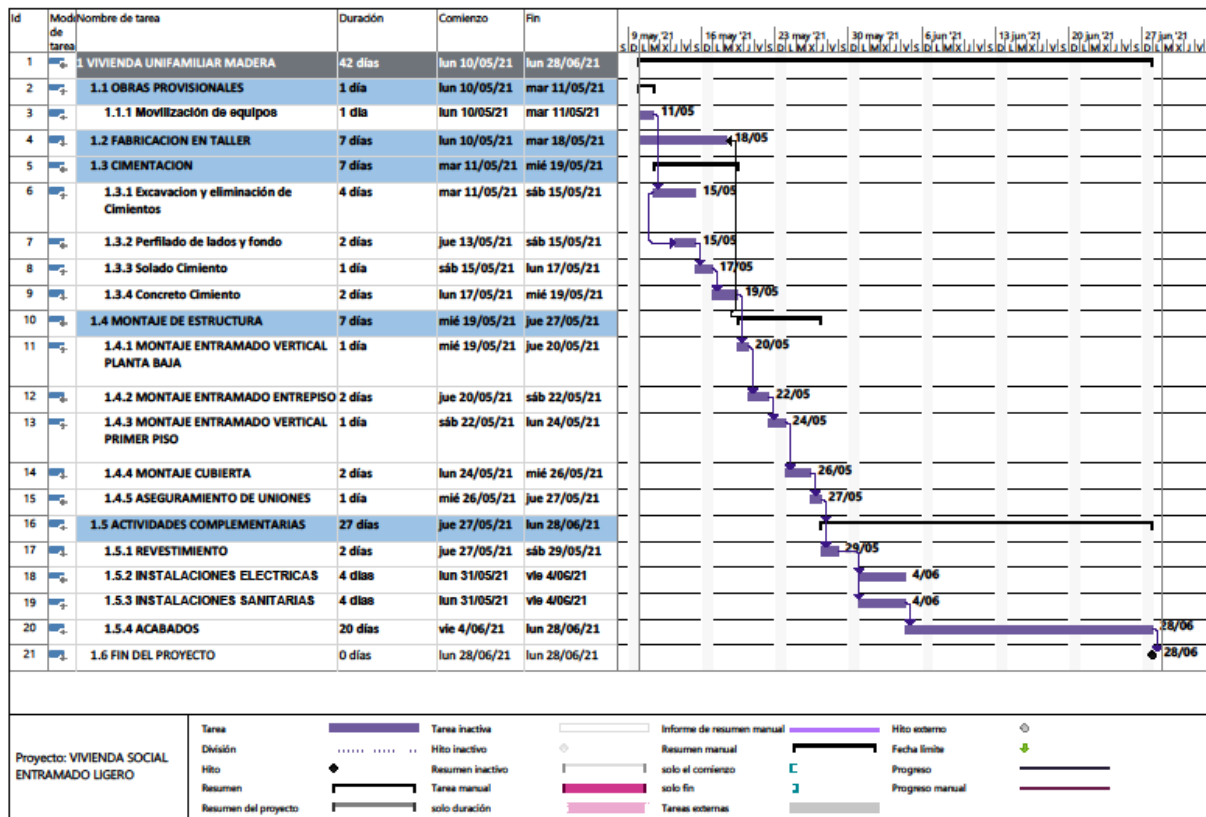


Figura 50: Diagrama de Gantt

La prefabricación de los paneles de entramado en taller para la vivienda permite que los tiempos de ejecución de la vivienda se reduzcan. No hay tiempo de espera para las siguientes actividades luego del montaje de la estructura ya que el proceso de construcción es en seco, a diferencia de la construcción en hormigón. Los revestimientos verticales y horizontales en seco que permite el montaje de la carpintería para puertas y ventanas ya prefabricados tengan una rápida instalación ya que la tolerancia de error en las dimensiones de vanos es despreciable. Además, se puede prever los problemas de montaje ya han sido previstos en el taller lo que agiliza más aun el montaje. Al ser obra seca no tiene consumo de agua y sin residuos.

PREFABRICADO – OBRA SECA – ESTRUCTURA Y MUROS DIVISORES A LA VEZ

Cronograma de ejecución de prototipo de madera



La ejecución de la vivienda se realizará con un grupo de 4 personas, en 47 días hábiles de trabajo, para cumplir todas sus fases, se plantea un cronograma master de prefabricación en el taller y montaje en obra, lo que genera una ventaja sobre el sistema tradicional de construcción (hormigón).

Análisis comparativo de los costos

Al ser un sistema prefabricado, tiene garantía de plazo de entrega y precio cerrado. La baja generación de residuos es otro aspecto que implica un cierto ahorro económico al no tener que gestionarlos como tales. Al mismo tiempo, el ahorro energético y de agua, ambos en obra, generan un ahorro económico.

En el análisis de costos, para el caso de la cimentación tenemos un menor valor debido a que el entramado ligero genera menores cargas sobre el terreno.

Sistema tradicional

PRESUPUESTO VIVIENDA CONSTRUYE PARA CRECER			
PARTIDA	ESPECIFICACIONES	COSTO S/.	COSTO EUROS
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES	S/ 1,000.00	210.00
02.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES	S/ 1,513.87	136.60
03.00.00	MOVIMIENTOS DE TIERRA	S/ 952.80	200.09
04.00.00	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	S/ 2,619.15	550.02
05.00.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	S/ 44,895.40	5713.96
05.00.00	CONTRAPISO PLANTA BAJA	S/ 6,892.48	5713.96
09.00.00	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERÍA	S/ 8,857.30	3418.29
10.00.00	REVOQUES, ENLUCIDOS Y MOLDURAS	S/ 5,518.14	1770.02
11.00.00	CIELORASOS	S/ 3,515.14	738.18
	TOTAL	S/ 75,764.27	12,737.16

Sistema de madera

PARTIDA	ESPECIFICACIONES	COSTO S/.	COSTO EUROS
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES	S/ 1,000.00	210.00
02.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES	S/ 1,211.09	254.33
03.00.00	MOVIMIENTOS DE TIERRA	S/ 762.24	160.07
04.00.00	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	S/ 1,571.49	330.01
	TOTAL	S/ 4,544.82	954.41

PARTIDA	ESPECIFICACIONES	COSTO TOTAL	COSTO EUROS
05.00.00	MONTANTES VERTICALES 140X50 X2.40M	S/ 36,804.48	8,178.77
06.00.00	VIGUETAS HORIZONTAL ENTREPISO 200X100 X2.40M	S/ 8,235.97	1,830.22
07.00.00	CUBIERTA 140X100 X2.40M	S/ 9,008.09	2,001.80
08.00.00	PANEL OSB 18mm	S/ 15,950.00	3,544.44
	TOTAL ESTRUCTURA DE MADERA	S/ 69,998.54	15,555.23

SUB TOTAL CIMENTACIÓN	S/	4,544.82
SUB TOTAL ESTRUCTURA DE MADERA	S/	69,998.54
TOTAL	S/	74,543.36

De análisis realizado se puede ver que el costo del hormigón y madera tienen prácticamente el mismo valor, cuando ambas viviendas son construidas hasta su etapa 2.

CAPÍTULO 6

6.1 Conclusiones.

- El alto déficit de vivienda y su baja calidad llevan a una reflexión sobre las necesarias mejoras de los programas planteados por el gobierno, con espacios de calidad, sostenibles, y asequibles para las personas de bajos recursos económicos.
- Es importante en los proyectos de vivienda social considerar la Norma A.120 (RNE) sobre accesibilidad a las edificaciones, dando oportunidad a las personas con discapacidad de obtener una vivienda acorde a sus necesidades para movilizarse.
- El material predominante es el hormigón y hemos visto el impacto que produce en el medioambiente a diferencia de la madera. Por lo que es importante plantear nuevas técnicas de construcción sostenible que empleen a la madera como material predominante ya que almacena carbono.
- Es fundamental el desarrollo de políticas públicas orientadas a reducir de forma sostenible el déficit habitacional; que podrían posicionar a las edificaciones en madera como una alternativa más atractiva. Situación que sería posible si hubiese un mercado de construcción regulado con normativas y responsable con el medio ambiente. Se debe mejorar e implementar los organismos que permiten un mejor uso de la madera.
- Una mejora sustancial en la infraestructura portuaria para la zona de Loreto, una de las principales zonas de extracción de material primas del bosque, se reducirían los tiempos de llegada de la madera a Lima, y por ende, los costos. Al reducirse en costo y tiempo se podría aumentar el consumo de madera local de procedencia peruana. Por otro lado, impulsaría a más empresas a seguir la vía de la certificación con FSC, como hemos vistos que han realizado para tener una mejor posición en el mercado.
- Se debe hacer un seguimiento de la cadena de valor de la madera desde su extracción en el bosque para entender la industria de aprovechamiento de la madera.
- El FSC, es de certificación voluntaria, pero debido a la situación de la deforestación en la amazonia, debería comenzar a ser obligatoria en algunos sectores. El gobierno y el Ministerio del Ambiente con sus organismos debería dar un mayor impulso al programa Huella de Carbono Perú y sus estrategias asociadas.
- El sistema constructivo en madera se está usando en Latinoamérica en países como Chile, Brasil, Uruguay y Argentina entre otros, pero con predominancia en Chile que actualmente cuenta con proyectos de vivienda social en madera. Sin embargo, en el Perú aún no hemos desarrollado viviendas de manera formal con este material, a excepción de la zona de la selva, donde se está dejando de usar

por el hormigón.

- El diseño estructural realizado ha dado como resultado una propuesta resistente que presenta las deformaciones dentro los límites establecidos por las normativas CTE; la cual, en conjunto con los parámetros de habitabilidad considerados, se proyecta como una alternativa viable que pueda implementarse en el Perú, como una alternativa para construcción de vivienda de tipo social.
- Al realizar el análisis del sistema constructivo de entramado ligero de madera se comprueba que fácilmente adquiere la resistencia necesaria para soportar las fuerzas producidas por el peso y el uso de la propia construcción. La estructura del edificio tiene un peso inferior a la que se produciría en un edificio de sistema constructivo tradicional de hormigón, lo que permitiría una ventaja en un edificio de madera, en ahorro de costos en la cimentación.
- Al analizar los costos finales de las estructuras la vivienda de hormigón tiene menor costo debido a que el área cubierta es de 38m² vs el área de la vivienda de entramado de madera es de 45.90 m², lo que permitiría al final de la vivienda terminada un ahorro en la vivienda de madera.
- Entre el tiempo de ejecución entre ambas tipologías hay bastante diferencia de 4.5 meses a 1 mes con 18 días lo que permite gran ahorro de tiempo en la ejecución de las viviendas.

6.2 Bibliografía

Referencias:

- Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho AITIM. Casas de Madera. Sistemas constructivos a base de madera aplicados a viviendas unifamiliares. Asociación Investigación Técnica de las industrias de la madera y corcho,1995. ISBN 84-87381-08-1
- Becerra, G. Diseño y construcción prefabricada con madera y tierra. Trabajo final de grado, PUPC, Pontificia Universidad Católica del Perú ,2019. Facultad de Ingeniería y Ciencias [Consulta: 6 de julio de 2021] Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15280>
- Banco Interamericano de Desarrollo, BID. El efecto del gasto público en el déficit de vivienda en el Perú a nivel municipal, 2020. [Consulta: 6 de julio de 2021] Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/El-efecto-del-gasto-publico-en-el-deficit-de-vivienda-en-el-Peru-a-nivel-municipal.pdf>
- Banco Mundial. (2015). RAS Programático - Planificación, suelo urbano y oferta de vivienda - RAS 2- Gestión de Suelo Urbano - Producto 1. Banco Mundial
- Banco Mundial. La construcción de viviendas en madera de Chile. Grupo banco Mundial, 2020. [Consulta: 1 de julio de 2021] Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/country/chile/research/all>
- Banco Central de Reserva del Perú, BCRP, La Vivienda digna una clave para una recuperación sostenible. 2021. [Consulta: 6 de julio de 2021] Disponible en: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-186/moneda-186.pdf>
- BERGE Bjorn. The Ecology Building Materials, 2009. ISBN: 978-1-85617-537-1
- Calderón Cockburn, J. La ciudad ilegal. Universidad Nacional Mayor San Marcos. 2013.
- Centro UC de innovación en madera. Manual de diseño de estructuras en madera, 2021. [Consulta: 1 de julio de 2021] Disponible en: <https://madera.uc.cl/es/transferencia/material-apoyo-transferencia/cim-uc>
- Código Técnico de la Edificación- documento básico- seguridad estructural CTE-DB-SE-AE. [Consulta: 10 de setiembre de 2021] Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/DocumentosCTE.html>
- Código Técnico de la Edificación- documento básico – seguridad estructural- madera CTE-DB-SE-M. [Consulta: 10 de setiembre de 2021] Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/DocumentosCTE.html>

- Corporación Chilena de la Madera, CORMA. La construcción de viviendas en madera.
- CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Encuesta Nacional de Hogares. [Consulta: 10 de setiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.cepal.org/fr/node/42933>
- EGOIN, Construir con madera. Documento de aplicación del CTE. 2010.
- FONDEF, Manual de diseño. Construcción, montaje y aplicación de envolventes para la vivienda de madera. PUCP CHILE. 2012.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas. [Consulta: 10 de setiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/peru/es/>
- Forest Stewardship Council FSC - PERÚ (2017). Compras responsables de madera en el Perú: guía para organizaciones públicas y privadas. Lima. [Consulta: 10 de setiembre de 2021] Disponible en: <https://pe.fsc.org/es-pe>
- Green, M; Ytaggart, J. TALL WOOD BUILDINGS, Design, Construction and Performance, 2017.
- INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática- Censo de Población y Vivienda 2017. 2017. [Consulta: 10 de setiembre de 2021] Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>
- INEI. Censo Nacional XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2017. [Consulta: 10 de setiembre de 2021] Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>
- INEI. Encuesta Nacional de Hogares. Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2020. [Consulta: 10 de setiembre de 2021] Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>
- JUNAC - Junta del acuerdo de Cartagena. Manual de diseño para maderas del grupo andino. PADT-REFORT. Colombia. 1984.
- Kahatt, S. Utopías construidas: Las Unidades Vecinales de Lima. Lima Fondo Editorial PUCP. 2015. ISBN 978-612-317-076-9
- Meza Parra, S La Vivienda Social en el Perú. Evaluación de las políticas y programas sobre vivienda social. Caso de estudio. Programa Techo propio. UPC. 2016.
- Mivivienda Proyectos de vivienda social progresiva. Ed. 2018. 2018
- ONU-HABITAT. "Planeamiento urbano para autoridades locales". 2014.

- ONU-HABITAT. La Nueva Agenda Urbana. 2017.
- Palma Carazo, I. Sistema de plataforma con entramado ligero de madera (Plataform Frame). Aplicado a Viviendas Unifamiliares (cumplimiento CTE), 2008
- Reglamento Nacional de Edificaciones 2021
- Servicio Forestal y de Fauna Silvestre. SERFOR. Primer informe parcial del inventario nacional forestal y de fauna silvestre. Lima. 2016.
- Quispe Romero, J. El Problema de la Vivienda en el Perú, Retos y Perspectivas. Revista INVI - Universidad de Chile. 2005.
- Wadel Raina, G. La sostenibilidad en la arquitectura industrializada, Tesis doctoral. UPC, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, 2009 [Consulta: 1 de julio de 2021]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93448>