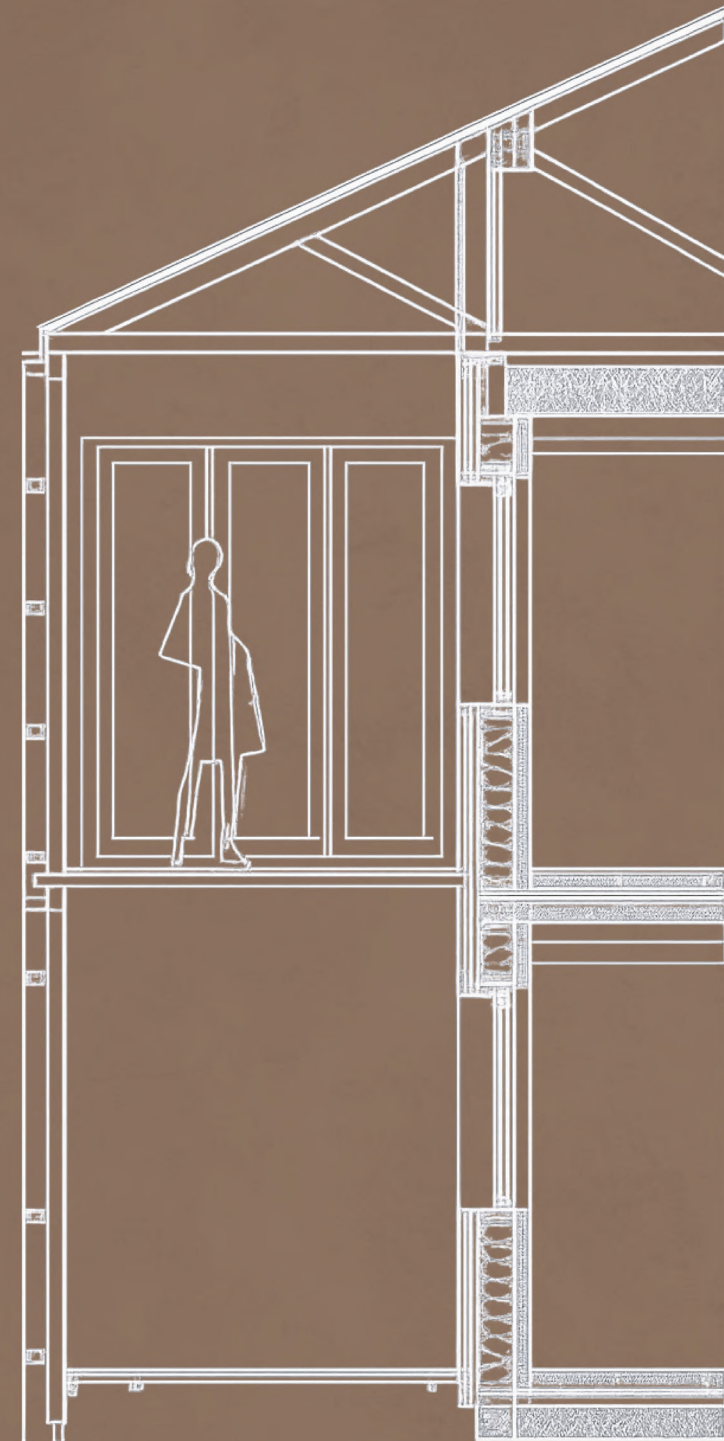
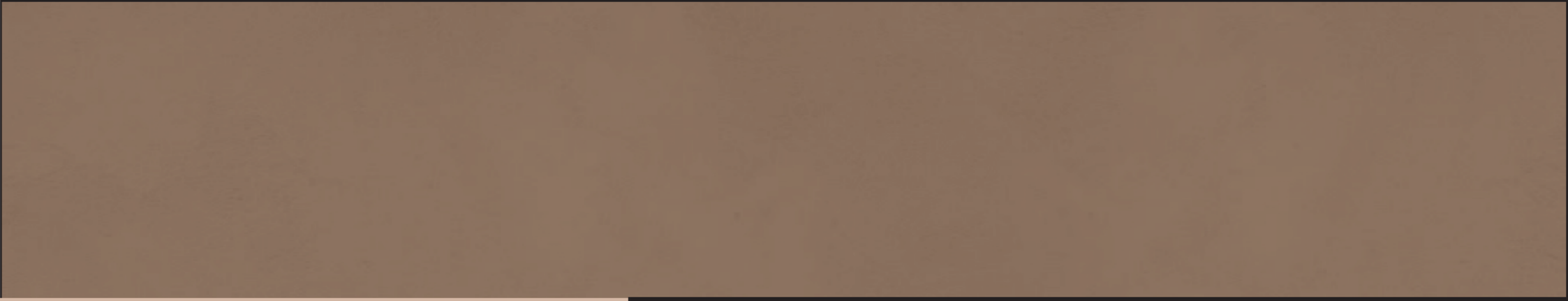
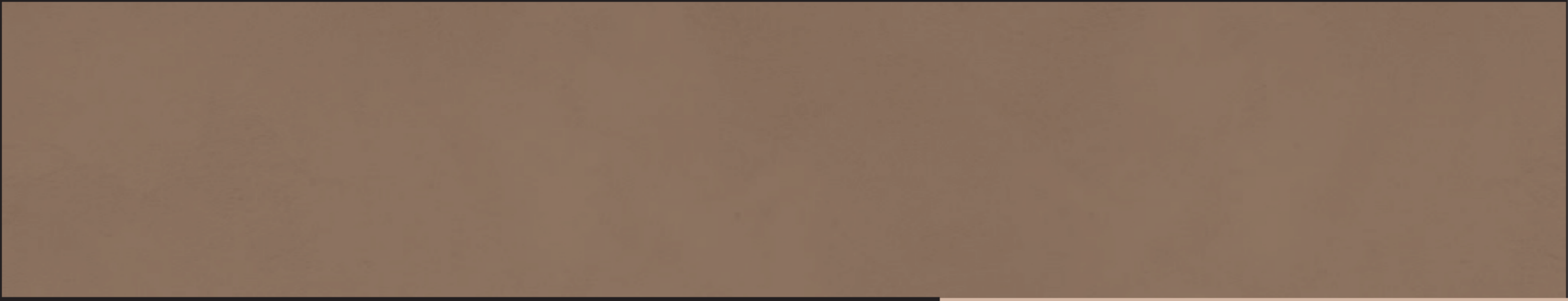


**ANÁLISIS COMPARATIVO DE ENTREPISOS
SECOS Y HÚMEDOS PARA UNA VIVIENDA
UNIFAMILIAR CONTINUA EN LA REGIÓN SIERRA**







Universidad del Azuay
Facultad de Arquitectura

Escuela de Arquitectura

**Análisis comparativo de entrepisos secos y húmedos para una vivienda
unifamiliar continua en la región Sierra**

Trabajo de graduación previo a la obtención del
título en Arquitectura

Autores: Flavia Gaviláñez Bustos
David Torres Chiriboga

Director: Mgt. Ana Gabriela Lerena Encalada

Cuenca - Ecuador 2026

David Torres

Este logro va dedicado a mis padres, por ser mi pilar fundamental, las personas que siempre han creído en mí y me han acompañado en cada paso de este camino. A mis hermanos, Andrés, Luisa, por su apoyo constante, y en especial, a Darío Torres, cuya promesa fue la razón que me impulsó a alcanzar este sueño. Finalmente, a personas especiales como Sarai Pérez y Fredy Martínez, quienes con su apoyo, ayuda y confianza también hicieron posible alcanzar esta meta.

Flavia Gaviláñez

Dedico esta meta alcanzada a mis padres, Apolo Gaviláñez y Valeria Bustos, cuya inteligencia y perseverancia han sido mi inspiración para seguir ese gran ejemplo. Ellos son quienes han estado siempre presentes y acompañándome tanto en momentos de dificultad como de logros. A mi hermano Gabriel por ser un apoyo en cada momento, a mi mejor amiga Sara por los años de compartir una buena amistad y a Julián Moscoso por su compañía y ayuda en momentos difíciles.

Agradecemos profundamente a los docentes Ana Llerena Encalada y Carlos Contreras Lojano, quienes estuvieron a cargo de este proyecto y nos brindaron su orientación tanto técnica como humana, así como su apoyo incondicional. La dedicación en cada etapa del proceso fue fundamental para que pudiéramos culminarlo con éxito. Gracias a su acompañamiento, este trabajo logró consolidarse y convertirse en un aporte significativo para nuestro futuro profesional.

Asimismo, extendemos nuestro reconocimiento a las personas que contribuyeron a esta investigación: el Ing. Luis Barrera, Ing. Vladimir Carrasco, Ing. Juan Pablo Mendieta y al Ing. Fabián Pérez, quienes con sus conocimientos y aportes enriquecieron y complementaron este estudio.

01

1. INTRODUCCIÓN

Resumen / Abstract.....	XIII
Introducción.....	XV
Problemática y justificación.....	XVI
Objetivos.....	XVIII
Pregunta de investigación e hipótesis.....	XIX
Metodología.....	XX

02

1. CAPÍTULO 1: REVISIÓN DE LITERATURA EN SISTEMAS DE ENTREPISOS

1.1 Concepto de sistemas de entrepisos.....	03
1.2 Clasificación de entrepisos secos y húmedos.....	05
1.2.1 Subclasificación de entrepisos ligeros, medios y pesados.....	06
1.3 Sistemas de construcción convencionales y prefabricados.....	07
1.4 Sistemas estructurales y no estructurales.....	08

2. CAPÍTULO 2: NORMATIVA DE SISMORRESISTENCIA PARA EL CONTEXTO DE LA REGIÓN SIERRA

2.1 Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y normativas internacionales.....	13
2.2 Comportamiento sismorresistente en Latinoamérica y Ecuador.....	14
2.3 Condiciones sísmicas y control de masa en la Región Sierra.....	15
2.4 Análisis cualitativo.....	17
2.5 Materiales en el medio local para entrepisos.....	20

03

3. CAPÍTULO 3: COMPARATIVA Y ANÁLISIS TÉCNICO DE SISTEMAS DE ENTREPISO

3.1 Metodología de análisis, variables y obtención de datos.....	31
3.2 Procedimientos de predimensionamiento y verificación:.....	33
3.2.1 Peso estructural.....	33
3.2.2 Momento flector máximo de solicitación	33
3.2.3 Deflexión máxima.....	34
3.2.4 Peralte mínimo.....	35
3.2.5 Rendimiento Constructivo.....	36
3.2.6 Aislamiento acústico.....	36
3.2.7 Cortante basal sísmico.....	37
3.3 Selección de entrepisos.....	38
3.4 Procesamiento de datos.....	54
3.5 Síntesis y elaboración de criterios.....	63

04

4. CAPÍTULO 4: PROPUESTA Y APLICACIÓN DE DISEÑO DE ENTREPISO SECO

4.1 Definición y configuración técnica del sistema constructivo.....	67
4.2 Selección de materiales estructurales y acústicos para la región Sierra.....	69
4.3 Diseño y desarrollo constructivo.....	71
4.4 Verificación de desempeño estructural, acústico y sísmico.....	88
4.5 Aplicación del sistema en vivienda unifamiliar continua.....	93

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones generales.....	115
Limitaciones de la investigación.....	115
Recomendaciones.....	115
Anexos y referencias bibliográficas.....	115

INTRODUCCIÓN

En Ecuador predomina el hormigón armado, generando una alta huella de carbono y desperdicios; se limita la transición a sistemas sostenibles por la existencia de barreras culturales. Esta investigación evalúa, mediante parámetros técnicos, estructurales y sismorresistentes, el desempeño de entrepisos secos y húmedos en la Sierra.

La problemática se centra en el dominio de losas nervadas y placas colaborantes en viviendas unifamiliares menores a 300 m², que requieren procesos en obra y con desperdicios. La metodología clasifica teóricamente los entrepisos, analiza la normativa local, evalúa cuantitativamente sus rendimientos y aplica la propuesta técnica a una vivienda unifamiliar para validar su viabilidad estructural, económica y ambiental.

Palabras Clave: Entrepiso, prefabricado, huella de carbono, desperdicio, comportamiento sísmico, comportamiento acústico.



Figura No. 1. Impacto contaminante en la fabricación de hormigón. Nota. Adaptado de Impacto ambiental de las plantas de cemento [Fotografía], por Kunak Technologies, 2022, Kunak Technologies (<https://kunakair.com/es/impacto-ambiental-industria-cementera/>).

In Ecuador, reinforced concrete predominates, generating a high carbon footprint and material waste; the transition toward sustainable systems is limited by the existence of cultural barriers. This research evaluates, through technical, structural, and seismic-resistance parameters, the performance of dry and wet floor systems in the Ecuadorian Highlands.

The problem focuses on the dominance of ribbed slabs and composite deck slabs in single-family housing under 300 m², which require on-site construction processes and generate material waste. The methodology theoretically classifies floor systems, analyzes local regulations, quantitatively evaluates their performance, and applies the technical proposal to a single-family dwelling in order to validate its structural, economic, and environmental feasibility.

Keywords: Floorsystem, prefabricated, carbon footprint, waste, seismic behavior, acoustic performance.



Figura No. 2. Proceso de encofrado y apuntalamiento de losa tradicional. Nota. Adaptado de Guía de construcción: Losa de concreto [Fotografía], por Cemex, 2021, Cemex

En la industria de la construcción está generalizado el uso de materiales como el hormigón, los cuales en su fabricación generan una alta huella de carbono, y además, requieren el uso de agua y tiempo de fraguado; por ende, este método de construcción refleja un alto índice de desperdicio y contaminación. No obstante, esta dependencia ha generado otra problemática estructural y económica: la elevada masa inercial de estos sistemas impone el diseño de estructuras de soporte y cimentaciones más sólidas y costosas, incrementando innecesariamente la carga muerta de las edificaciones (Domínguez, 2019).

A pesar de esto, existe una barrera cultural que se inclina por el uso de sistemas convencionales; esto se debe a la percepción, tanto de profesionales como de los propios habitantes, de que estos ofrecen mayor seguridad y confort acústico. Esta creencia surge puesto que los sistemas prefabricados secos, especialmente los de madera, suelen presentar desafíos ante vibraciones y ruidos de baja frecuencia si no cuentan con un diseño especializado (Días et al., 2015).

La presente investigación busca analizar la problemática del uso indiscriminado del hormigón para proponer el empleo de materiales alternativos. A través de un análisis comparativo, se evalúan las propiedades estructurales, sísmicas, el desempeño acústico y el impacto ambiental de diversos sistemas

de entresijos. El objetivo final es determinar si, en las condiciones actuales de tecnología y mercado, existen opciones que puedan competir con la construcción convencional. Si es así, se hace una selección de materiales y métodos para el diseño de un entresijo que cumpla y alcance las condiciones propuestas de la mejor manera; de no ser así, se demuestra la razón fundamental por la cual hasta el día de hoy se sigue usando la construcción convencional.



Figura No. 3. Procesos húmedos y fraguado del hormigón. Nota. Adaptado de Fraguado del hormigón: qué es y por qué es tan importante en la construcción, por Grupo Núñez, 2023, Grupo Núñez (<https://gruponunez.com/blog-fraguado-hormigon-construccion>).

PROBLEMÁTICA

En nuestro medio se ejecutan masivamente entrepisos utilizando métodos convencionales como: losas de hormigón nervada y losas de hormigón con placa colaborante; cuyos sistemas son húmedos. Los datos oficiales del Censo 2022 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2022), señalan que existe una diferencia en el uso de materiales para la construcción de viviendas, por un lado las que son hechas con hormigón y por otro las que son con un materiales distintos. En zonas urbanas aproximadamente un 68,7% de las viviendas se componen de entrepisos hechos con hormigón, y no solo eso, sino que existe un aumento del 5.3% y 6.7% en zonas rurales, en el uso del mismo para la estructura de las viviendas en los 10 años previos al 2022.

En las regiones Costa, Amazonía e Insular los porcentajes de estructuras de entrepisos de hormigón representan más del 80% de viviendas, en la Sierra es el 57.7%, lo cual demuestra que los entrepisos húmedos dominan el mercado en el contexto de la vivienda unifamiliar. (INEC, 2022). Las estadísticas del INEC (2024), indican que la mayoría de edificaciones a construir son para el uso residencial, representando el 83.9% de los proyectos totales. Siendo las edificaciones de una o dos viviendas una de las formas más comunes de construcción y que no necesitan ocupar mucho terreno, porque suelen ser de menos de 300 m².

En temas ambientales, la producción de acero y cemento provoca más del 10 % de las emisiones globales de CO₂ (ConcreteNetwork, 2024). Por ello, es necesario desarrollar y avanzar nuevos métodos que eviten el uso de estos materiales en su mayoría para entrepisos que ocupan una gran cantidad de m³ de hormigón; también se pueden hacer cada vez más ligeros y sustentables de tal manera que resuelvan el exceso de mano de obra, desperdicio de materiales y la necesidad de utilizar maquinaria pesada en obra.



Figura No. 4. Sobreexplotación con alta huella de carbono. Nota. Adaptado de Planta de producción de cemento y emisiones industriales [Fotografía], por Punto Sustentable, 2024, Punto Sustentable. <https://www.puntosustentable.com/2024/02/27/el-cemento-y-la-contaminacion-del-medio-ambiente/>

JUSTIFICACIÓN

En el contexto ecuatoriano, y según los datos oficiales del Censo de Población y Vivienda 2022 (INEC, 2022), aproximadamente el 68,7 % de las viviendas urbanas en el país utilizan entrepisos húmedos, lo que evidencia una clara dependencia del hormigón como material estructural. El incremento sostenido en el uso de estos sistemas, confirma que la construcción con el uso de agua y materiales convencionales sigue siendo el estándar constructivo más adoptado en el mercado nacional.

El uso de materiales con alta huella de carbono implica que exista elevados consumos energéticos y altos niveles de desperdicio en obra. Este contexto plantea la necesidad de adoptar soluciones más sostenibles y eficientes, capaces de reducir la contaminación, optimizar los recursos y mejorar los tiempos de ejecución de las edificaciones. En este sentido, los entrepisos secos pueden constituir una alternativa viable y moderna, mediante sistemas constructivos innovadores que den respuesta a las exigencias actuales de sostenibilidad y eficiencia, los cuales se investigan y analizan de manera detallada para determinar su grado de adaptación a la vivienda local.

Estudios como el de (Bader Eddin et al., 2025); han demostrado que los sistemas de construcción en seco, tales como el Light Steel Framing (LSF), los paneles prefabricados o los sistemas en madera laminada tipo Cross Laminated Timber (CLT), presentan

ventajas técnicas y ambientales significativas frente a los sistemas convencionales. Estos pueden reducir entre un 20 % y 50 % los tiempos de obra y disminuir considerablemente las emisiones asociadas a su ciclo de vida (Hassan, o. 2025). Asimismo, eliminan procesos húmedos como el fraguado, reducen el consumo de agua, minimizan los desperdicios y posibilitan edificaciones más ligeras y económicas (Pichardo Lewenstein & Ramírez de Alba, 2020).

Sin embargo, su implementación en el Ecuador ha sido limitada debido a factores técnicos y culturales, así como a la falta de conocimiento sobre su desempeño estructural y económico. Frente a esta situación, la presente investigación busca contribuir al desarrollo de un enfoque constructivo más sostenible mediante la evaluación y adaptación de sistemas de entrepisos secos que respondan a las necesidades locales. La finalidad es que con la síntesis de información, se proponga un diseño de entrepiso para viviendas unifamiliares continuas. El diseño y la implementación de estrategias constructivas busca materiales con baja huella de carbono. Lo que se busca lograr es reducir los tiempos de ejecución sin necesidad de que la mano de obra sea especializada en su mayoría y se generen menos desperdicios. Además cumplir de manera eficiente con los criterios estructurales de: luces óptimas, peso estructural, rendimiento, espesores, momento flector, desempeño acústico, y comportamiento sísmico.



Figura No. 5. Contaminación en obra. Nota. Adaptado de Emisiones de polvo y partículas en obras de construcción [Fotografía], por Kunak Technologies, 2021, Kunak Technologies. <https://kunakair.com/es/contaminacion-del-aire-por-obras/>

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar, mediante un análisis comparativo de parámetros técnicos, estructurales y sismorresistentes entre entrepisos secos y húmedos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Identificar y clasificar los tipos de entrepisos aplicados a la vivienda continua.
2. Analizar la normativa local e internacional para establecer los criterios que deben cumplir los entrepisos en la región Sierra.
3. Comparación y análisis técnico de los entrepisos.
4. Propuesta y aplicación del diseño de un entrepiso.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

¿En qué medida el desarrollo de un sistema de entrepiso seco, basado en una comparativa técnica de sismo resistencia y eficiencia constructiva, constituye una alternativa viable y posiblemente superior frente a los sistemas convencionales de hormigón para la vivienda unifamiliar continua en la región Sierra?

HIPÓTESIS:

La comparación técnica entre sistemas de entrepisos secos y húmedos convencionales permitirá evidenciar que las soluciones en seco, sismorresistentes optimizan el desempeño estructural y la eficiencia constructiva para la vivienda unifamiliar continua, frente a los métodos convencionales de hormigón.



Figura No. 6. Sistema estructural de entramado ligero de madera (Light Wood Frame). Nota. Adaptado de Construcción con estructura de madera [Fotografía], por NAHB, s.f., NAHB.

La presente metodología establece un proceso para analizar y comparar sistemas de entrepisos, partiendo de un problema con el predominio del hormigón en la construcción. Se busca evaluar la viabilidad de una transición desde el hormigón convencional hacia sistemas sostenibles para la vivienda unifamiliar de la Sierra ecuatoriana. Este proceso se desarrolla a través de cuatro capítulos fundamentales que estructuran la investigación.

En primer lugar, se identifican y clasifican los tipos de entrepisos aplicados a la vivienda continua, mediante un marco teórico que delimita los conceptos de entrepisos secos y húmedos. Este análisis inicial permite establecer las bases teóricas de la investigación y clasificar de acuerdo a las características: peso, estructural, no estructural y a que sector de la construcción está dirigido.

En segundo lugar, se analiza la normativa local e internacional para establecer los criterios que deben cumplir los entrepisos en la región Sierra, utilizando la NEC como eje para garantizar las exigencias mínimas de seguridad y habitabilidad. En este punto, se procede a la fase de un diagnóstico cualitativo mediante entrevistas a ingenieros civiles con amplia experiencia académica y profesional. El objetivo es identificar las barreras técnicas, económicas y culturales que se han impuesto al uso del hormigón, proporcionando fundamentos

en base a la experiencia de campo, para comprender por qué la demanda local mantiene una preferencia por los sistemas convencionales.

Como tercer punto, se realiza la comparación y el análisis técnico de los entrepisos mediante una evaluación cuantitativa y una matriz de rendimiento aplicada a los sistemas que se pueden ejecutar en nuestro contexto. En esta matriz se comparan variables críticas como: peso estructural por m², momento flector máximo, deflexión máxima, rendimiento constructivo y peralte. Asimismo, se evalúa el desempeño acústico y el comportamiento sísmico para identificar cuál de los materiales tiene un mejor rendimiento y ver si el sistema convencional continúa siendo la alternativa más viable según el contexto actual.

Finalmente, el proceso culmina con la propuesta y aplicación del diseño de un entrepiso que sintetiza las mejores especificaciones técnicas resultantes de la investigación. Esta propuesta se desarrolla validando su viabilidad técnica, económica y ambiental, presentándose como una solución innovadora para la vivienda unifamiliar continua. Posteriormente, este entrepiso es aplicado a una vivienda para demostrar su factibilidad, funcionamiento real y demostrar cual es el factor o los factores que hacen que los sistemas en seco no se apliquen a gran escala en el país.



Figura No. 7. Construcción en seco. Nota. Adaptado de La construcción con madera permite bajar costos, los plazos de la obra se acortan y se cumplen de forma estricta. Y la aislación térmica es entre 7 y 14 veces más efectiva que la que aportan materiales convencionales [Fotografía], por J. L. Cieri, 2021, Infobae.

REVISIÓN DE LITERATURA EN SISTEMAS DE
ENTREPISOS

01

1.1 CONCEPTO DE SISTEMAS DE ENTREPISOS

El estudio para llevarse a cabo necesita entender los sistemas de entrepisos, ya que, estos son fundamentales, no solo por su función como plataforma de servicio en una edificación, sino por el rol crítico que representa como un diafragma estructural. Según Cueva y Pesántez (2015), la elección entre sistemas de hormigón o elementos prefabricados determina tanto la velocidad de montaje como la respuesta inercial de la edificación frente a las cargas gravitacionales que se ejercen sobre el mismo.

Esta investigación contrasta la construcción convencional con alternativas factibles a la zona que se está investigando; mientras que el hormigón ha sido el estándar por su solidez percibida, estudios internacionales como los de Aloisio et al. (2025), demuestran que la optimización de las masas a través de sistemas secos de acero y madera llegan a mejorar significativamente el desempeño sísmico global de la construcción.

Esta transición conlleva varios desafíos en términos de inercia, confort acústico y vibraciones, aspectos que han sido ampliamente documentados por autores como Dias et al. (2015) y Rojas (2018), quienes establecen bases para el control de frecuencias y aislamiento en estructuras de baja masa. En el ámbito local de la zona, el marco teórico sigue estrictamente con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y los estudios sismotectónicos de González y Morales

(2023), que recalcan la peligrosidad sísmica de la cordillera andina, lo que se debe tener en cuenta por el motivo que el Ecuador se encuentra en el Cinturón del Fuego del Pacífico. La viabilidad de los sistemas alternativos es respaldada por datos de la FAO, a través de esta recopilación de información, se busca que cada sistema cuente con la seguridad estructural de acuerdo a la normativa vigente.

Entrepiso: Un entrepiso se define técnicamente como un componente que es sólido y horizontal, que crea una superficie para diferenciar un nivel de otro dentro de una edificación. Según Ching (2014), estos elementos pueden ser diseñados de forma monolítica como una placa continua o mediante un sistema de vigas sucesivas que descansan sobre apoyos estructurales. Su objetivo es tener la capacidad de soportar tanto su carga propia como las cargas vivas y muertas que existen.

Desde una visión integral, Herzog et al. (2004), complementa esta definición al proponer que el entrepiso no es solo una superficie que separa, sino es una estructura multicapa, que debe cumplir con requisitos de estanqueidad, resistencia al fuego y aislamiento acústico; actuando como un diafragma de forma estable y que se vincula mecánicamente a los elementos verticales como muros portantes o columnas.

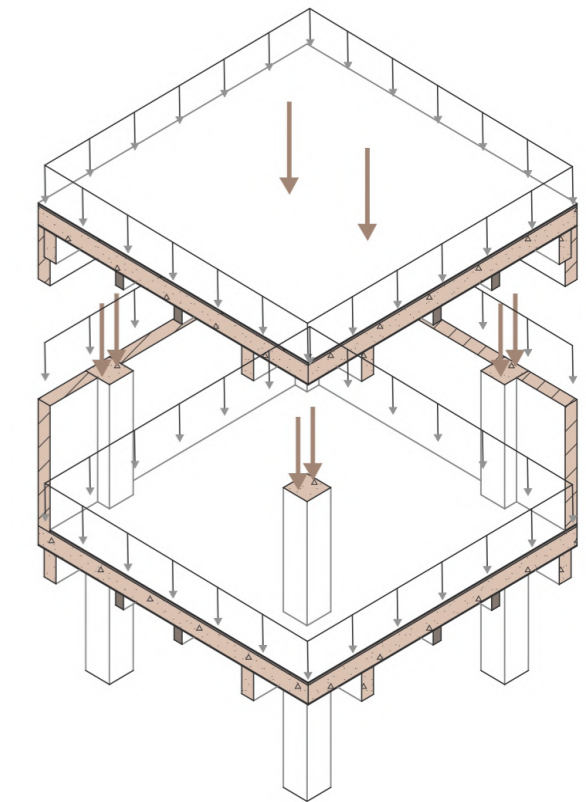


Figura No. 8. Distribución de cargas vivas y muertas en un entrepiso

1.2 CLASIFICACIÓN DE ENTREPISOS SECOS Y HÚMEDOS

En esencia el entrepiso es un nexo estructural sólido o multicapa que no solo separa los niveles, lo que hace es actuar como una plataforma capaz de resistir su propio peso y todas las cargas, como un diafragma rígido que se vincula a los apoyos verticales.

Función estructural y constructiva: La función del entrepiso se divide en dos dimensiones, por un lado el análisis estructural que se fundamenta en dos principios mecánicos: la transferencia de cargas y el efecto de diafragma. Según Nilson (1999), la función primaria que cumple es recibir las cargas vivas y muertas para distribuirlas de manera uniforme hacia las vigas y columnas a través de esfuerzos de flexión y corte. Por otro lado, Bazán y Meli (2015), dice que su rol sismorresistente ocurre gracias al diafragma rígido que se crea como una placa infinita en su plano que vincula los elementos verticales, obligándolos a desplazarse de forma coordinada ante aceleraciones sísmicas horizontales.

Por otro lado la función constructiva que cumple el rol vital de ser una plataforma de trabajo, el mismo debe proporcionar seguridad y movilidad para los trabajadores. Ching (2014), menciona que, en la construcción actual cualquier sistema debe ser lo suficientemente versátil, como para integrar las redes de instalaciones eléctricas e hidrosanitarias sin ningún problema y sobre todo sin llegar a comprometer su sección crítica. La síntesis de

estas funciones es que el entrepiso es la base de la seguridad habitacional desde la primera planta alta, su correcto diseño garantiza que la edificación no solo soporte su propio peso, sino que sea la estructura que funcione de manera eficaz ante cualquier evento, siempre y cuando se calcule y ejecute bien sus funciones estructurales y constructivas.

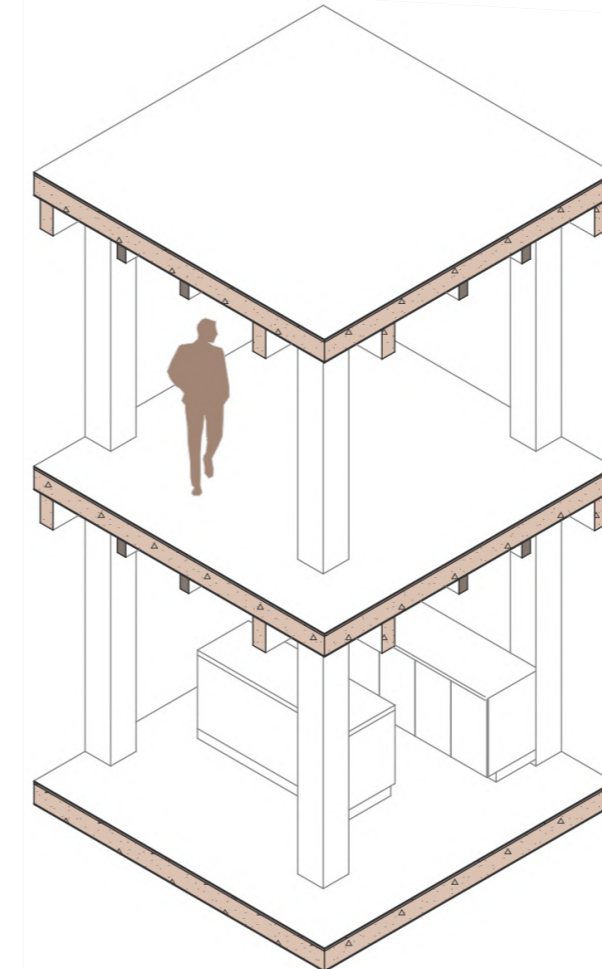


Figura No. 9. Estructura horizontal que divide los niveles de la edificación

Categorizar a los sistemas de entrepisos ayuda a responder criterios de composición, peso, materialidad, rendimiento, comportamiento sismorresistente y comportamiento acústico; distinguirlos es fundamental para determinar la inercia de la edificación ante eventos sísmicos, el peso total y a su vez la carga para las cimentaciones. A continuación, se definen dos sistemas constructivos secos y húmedos, ambos sistemas bajo principios de montaje y materialidad:

Entrepiso Seco: Los sistemas de construcción en seco, según lo expuesto por Matute, F. (2007), se caracterizan por el ensamblaje de componentes prefabricados mediante fijaciones mecánicas o soldaduras, eliminando el uso de conglomerantes hidráulicos. También este sistema lo que hace es proporcionar ligereza y una versatilidad que optimiza la eficiencia energética y la sostenibilidad del proceso constructivo.

Se define como entrepiso seco a una estructura horizontal conformada por elementos prefabricados cuya unión es mecánica, facilitando procesos de montaje limpios.

Entrepiso Húmedo: De acuerdo con lo establecido por McCormac y Brown (2015), los entrepisos húmedos son aquellos que utilizan concreto u otros materiales similares vertidos en obra, los mismos requieren un encofrado temporal y un tiempo de fraguado para alcanzar su resistencia

máxima. Wight (2021), indica que estos sistemas adaptan una mezcla de hormigón u otro material a encofrados específicos para cumplir funciones estructurales de alta rigidez y diafragma rígido. Se define como entrepiso húmedo a una estructura horizontal sólida que se ejecuta mediante el vertido de mezclas sobre un molde o encofrado, para poder lograr una unidad estructural continua y sólida.

1.2.1 SUBCLASIFICACIÓN DE ENTREPISOS LIGEROS, MEDIOS Y PESADOS

Los sistemas de entrepisos debido a la naturaleza de sus procesos de ejecución y materialidad, generan una correspondencia técnica donde el método constructivo está ligado al peso del elemento. Los procesos de montaje en seco y prefabricados, se mantienen con un peso total inferior a los sistemas convencionales. Por otro lado, la integración de soluciones con procesos húmedos ya sea en su totalidad o en sistemas mixtos, se vinculan a que el peso propio de la estructura va a ser mayor. Por esta razón se clasifican tres tipos de entrepisos de acuerdo a su peso.

Entrepiso Ligero: Los entrepisos ligeros tal y como se definen en la norma ISO 10140-5:2021, se consideran aquellos cuya densidad es inferior a 150 kg/m² (Aloisio et al., 2025). Complementariamente, Ching (2014), define a estos sistemas como estructuras que se tienen que ensamblar y por ende son en seco, generalmente compuestos por viguetas de madera o perfiles de acero, y lo que hacen es reducir las cargas muertas totales de la edificación.

Se define como entrepiso ligero a una estructura horizontal compuesta que debido a que su peso es inferior a 150 kg/m² suma inercias bajas; y su ejecución se realiza mediante procesos de montaje en seco.

Entrepiso Medio: Los entrepisos de peso medio según Aloisio et al. (2025), estos sistemas corresponden generalmente a soluciones híbridas o compuestas, como las losas de madera-hormigón (TCC), que su objetivo es llegar a equilibrar la reducción de carga muerta con una masa suficiente, para poder mejorar el control de vibraciones y el aislamiento acústico de baja frecuencia. Se define como entrepiso medio a una estructura horizontal cuya masa se encuentra entre los 150 kg/m² y 250 kg/m², caracterizada por combinar procesos de montaje en seco y húmedos.

Entrepiso Pesado: En el anexo C de la norma ISO 10140-5:2021, se especifica que un entrepiso pesado debe tener hormigón armado con un espesor macizo mínimo de 140 mm a 100 mm. Esto implica que su densidad de masa límite no puede ser inferior a 250 kg/m² y una densidad idónea de 350 kg/m² (Aloisio et al., 2025). Por su parte, Nilson (1999), señala que estos sistemas, al ser mayoritariamente monolíticos, aprovechan su masa para proporcionar una base estable que absorbe vibraciones y que tenga una resistencia intrínseca elevada a la flexión.

Se define como entrepiso pesado a una estructura horizontal sólida hecha con hormigón, que por su alta densidad y comportamiento monolítico su peso es a partir de los 250 kg/m² proporcionando una gran resistencia a flexión.

1.3 SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN CONVENCIONALES Y PREFABRICADOS

La ejecución, la logística y el ritmo de la obra, definen y dividen a los tipos de sistemas constructivos, los mismos pueden ser: la ejecución convencional "in situ", que básicamente necesita procesos húmedos, y la prefabricada, que es la industrialización y su montaje es en seco. Esta distinción no solo afecta al cronograma, sino también a la precisión, mano de obra calificada y huella de carbono total de la construcción.

Sistemas Convencionales: Los sistemas tradicionales o convencionales es la construcción de edificaciones utilizando materiales como ladrillos, hormigón, piedra y acero; se caracterizan porque no necesitan en su mayoría mano de obra calificada y equipo especializado. Este método conlleva a crear los cimientos, elevar las paredes y pisos, e instalar los sistemas de servicios en el sitio.

Complementariamente, Cueva y Pesántez (2015), señalan que en estos sistemas convencionales son imprescindibles el uso de encofrados temporales y procesos de fraguado para el hormigón, lo que genera tiempos de espera críticos antes de poder continuar con la carga de la estructura para los siguientes pisos.

Un punto muy importante es que existe una flexibilidad ante cambios de último momento en obra, se pueden adaptar o cambiar encofrados y se tiene mucho en cuenta cuando un proyecto puede evolucionar. Aunque es el método más usado en el mercado,

su eficiencia se limita por los tiempos de curado y que genera una mayor cantidad de residuos en comparación con métodos industrializados.

Sistemas Prefabricados: La industrialización es el proceso de hacer componentes prefabricados fáciles de ensamblar en una ubicación externa a la fábrica "off-site", únicamente se debe transportar e instalar en su posición final aumentando la eficiencia y el control de calidad. De acuerdo con Hofman et al. (2009), la prefabricación permite una reducción del error humano y se optimiza el uso de materiales evitando así el desperdicio, también es importante tener en cuenta que estos prefabricados se hacen bajo condiciones ambientales controladas y estándares de tolerancia mínimos, garantizando el producto.

Esta construcción representa la evolución tecnológica en materiales, permitiendo que no solo los entrepisos se conviertan en un ensamblaje, si no toda la construcción en componentes listos para el montaje. El objetivo es reducir drásticamente los tiempos y mejorar el desempeño mecánico de los elementos, siendo una respuesta sostenible a la demanda habitacional actual.

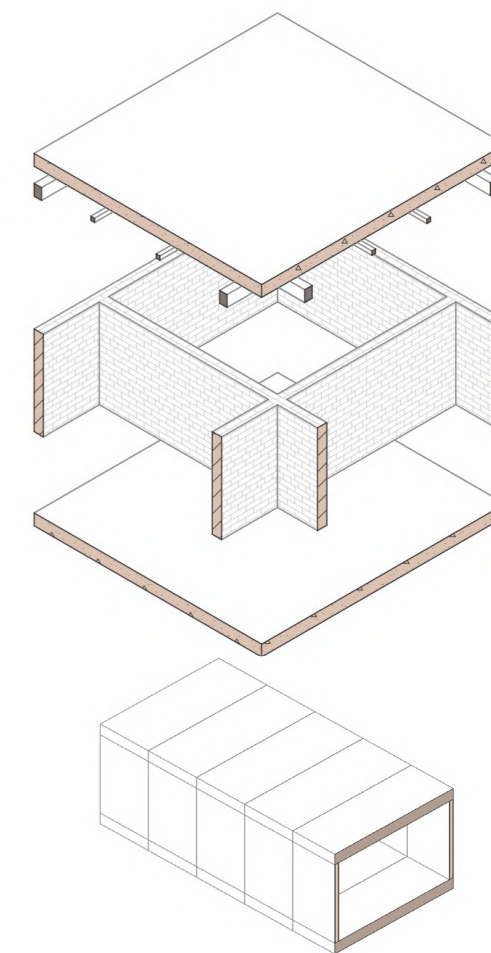


Figura No. 10. Axonometría de la estructura para un entrepiso

1.4 SISTEMAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES

La clasificación de los entrepisos entre sistemas estructurales y no estructurales, responde a su comportamiento mecánico y a la estabilidad que proporciona a la edificación. Mientras que los estructurales son componentes esenciales para transmitir las cargas hacia la cimentación, los no estructurales cumplen únicamente la función de habitabilidad, sin comprometer la integridad de la estructura resistente en caso de ser removidos.

Sistemas Estructurales: Los sistemas estructurales son aquellos elementos diseñados para soportar y transmitir cargas vivas y muertas, también actúan como diafragmas rígidos que distribuyen las fuerzas sísmicas laterales. (McCormac & Brown, 2015). Nilson et al. (2011), señalan que estos sistemas deben contar con una rigidez y resistencia calculada, y así, poder garantizar que las deflexiones y el comportamiento ante esfuerzos de corte se mantengan dentro de los límites de seguridad mínimos.

Entonces, se define como entrepiso estructural a aquel componente horizontal que forma parte esencial de la estructura, cuya función principal es la recepción y transferencia de cargas hacia los elementos verticales de soporte.

Sistemas No Estructurales: Los sistemas no estructurales son los componentes horizontales que aunque están unidos a la estructura principal, no resisten ni soportan cargas sísmicas o gravitacionales en la edificación. Según Ching. (2014), estos elementos se enfocan primordialmente en satisfacer requerimientos de confort como: aislamiento acústico, térmico y delimitación de espacios. Siendo su principal característica que pueden ser removidos o modificados sin afectar a la estabilidad estructural. Se define como entrepiso no estructural a los componentes horizontales, diseñados con la finalidad de proveer habitabilidad y confort, siendo un acabado que no interviene en la estructura y se puede reemplazar.

Se define como entrepiso no estructural a los componentes horizontales, diseñados con la finalidad de proveer habitabilidad y confort, siendo un acabado que no interviene en la estructura y se puede reemplazar.



Figura No. 11. Sistema constructivo en madera con enfoque sostenible. Nota. Adaptado de Edificio con estructura de madera y diseño bioclimático [Fotografía], por Soler & Palau, 2019, Soler & Palau. <https://www.solerpalau.com/blog/es-es/construccion-sostenible/>

**NORMATIVA DE SISMORRESISTENCIA PARA
EL CONTEXTO DE LA REGIÓN SIERRA**

02

2.1 NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC) Y NORMATIVAS INTERNACIONALES

La NEC constituye el marco regulatorio de carácter obligatorio, por esta razón rige el diseño, la construcción y el control de las edificaciones en todo el país. El propósito es establecer los requisitos mínimos de seguridad y habitabilidad para todas las edificaciones y proteger la integridad física de las personas, teniendo en cuenta normas ante catástrofes naturales.

Criterios de diseño sismorresistente: Los criterios de diseño estructural se fundamentan en la evaluación de la "seguridad de vida". Según el MIDUVI (2015), el cálculo estructural se realiza en función del sismo de referencia del factor de zona "Z" entre 0.15g - 0.5g, definido como un evento sísmico que tiene un 10% de probabilidad de ser superado en un lapso de 50 años, lo que equivale a un periodo de repetición de 475 años para un nuevo evento telúrico aproximadamente.

Caracterización: El sismo de referencia se establece a través de un estudio sobre la peligrosidad sísmica del lugar donde se va a levantar la estructura o a través de un mapa de riesgo sísmico. Los efectos dinámicos del sismo de referencia se representa mediante un espectro de respuesta para diseño, se pueden usar una serie de acelerogramas con características dinámicas que reflejan los entornos tectónicos, geológicos y geotécnicos del lugar. Como respuesta a esto se establecen requisitos mínimos de diseño para estructuras de ocupación normal:

- Evitar daños en elementos tanto estructurales como no estructurales frente a pequeños y frecuentes temblores que podrían suceder a lo largo de la vida de la estructura.

- Proteger contra fisuras o agrietamientos estructurales serios y controlar el deterioro no estructural en caso de temblores, que son moderados moderados y pueden presentarse en cualquier momento durante el ciclo de vida de la edificación.

- Impedir que la estructura colapse en caso de terremotos severos que sean poco comunes durante la existencia de la estructura, garantizando así la seguridad de los usuarios.

Para poder cumplir con estos requisitos, se debe asegurar la estructura principalmente ante fuerzas laterales que son las que se presentan en un sismo, mantener las derivas de piso por debajo de los niveles admisibles, y que la estructura tenga la capacidad de disipar la energía de deformaciones no elásticas, esto se logra aplicando técnicas de diseño por capacidad o usando dispositivos para el control sísmico. (MIDUVI, 2015).

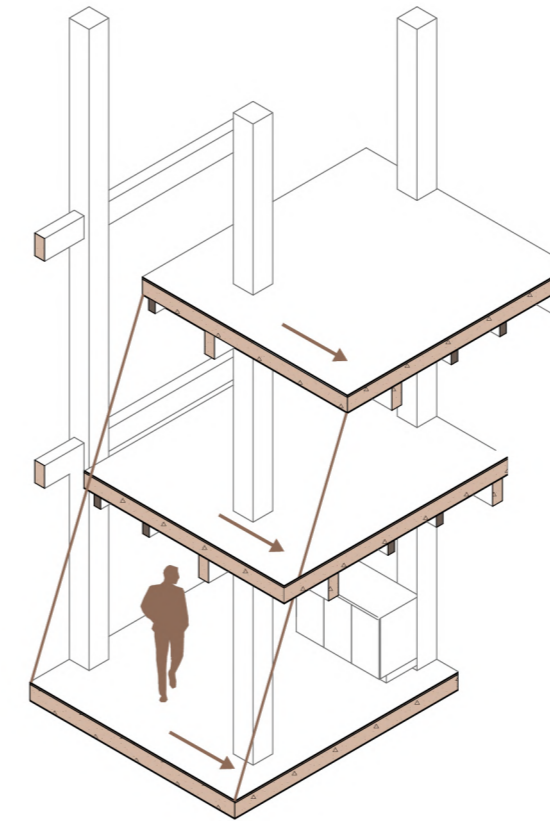


Figura No. 12. Movimiento lateral de un entrepiso

En Latinoamérica los países que se encuentran ubicados al oeste del continente, están dentro del cinturón de fuego del Pacífico. En esta zona existen lugares con una actividad sísmica extrema, unos más que otros, como es el caso de Chile que históricamente se ha visto en la necesidad de desarrollar diferentes alternativas constructivas, que lo han puesto como un país de vanguardia para países vecinos en el contexto de construcciones sismorresistentes. En general, toda esta franja costera es vulnerable a sismos, en el caso de Ecuador su área continental se considera una zona de alto impacto sísmico presentando valores de aceleración en rocas mayores que los PGA de 0.5g y sismos en un rango de 7.2 a 8.8 Mw que se refiere a la magnitud del momento. En la historia se han reportado sismos como en Esmeraldas 1906= 8.8 Mw, con una longitud de 450 km de ruptura, los siguientes fueron de 1942= 7.9 Mw, 1958= 7.9 Mw, 1979= 8.0 Mw y 2016= 7.8 Mw, demostrando que este lado tectónico posee un patrón de alta sismicidad a lo largo de los años (Chunga, 2025).

Las curvas de peligro sísmico graficadas en la NEC-SE-DS (2015), sobre diseño sismorresistente en las partes 3 y 4 de la tabla No.1, contemplan un estudio de probabilidad sobre amenaza sísmica en diferentes zonas del Ecuador. Las imágenes relacionan la aceleración sísmica, la cual se identifica como fracción de la gravedad "g", y la tasa de excedencia anual, es decir, la probabilidad por año de que la

aceleración se sobrepase en un sector determinado (MIDUVI, 2015). En síntesis, los gráficos del eje horizontal representan la aceleración "g" y en el eje vertical la tasa de excedencia anual donde las curvas corresponden a los distintos períodos estructurales (PGA, 0.1s, 0.2s, 0.5s y 1.0s). Cabe recalcar que las curvas de peligro sísmico no corresponden a daños estructurales ni de intensidad de sismos a nivel macro sino a probabilidades por año de sobrepasar los niveles de aceleración estipulados en cada ciudad.

ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z						
Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Tabla No. 1. Coeficiente Z. Nota. MIDUVI (2015), Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, Tabla 1, p. 21. Quito, Ecuador.

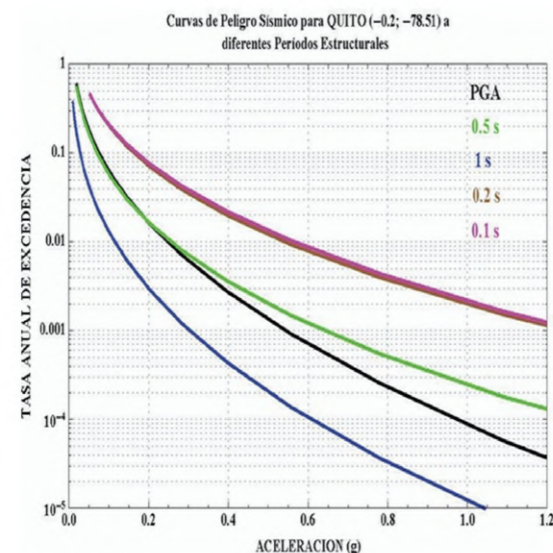


Figura 12 : Curvas de peligro sísmico, Quito.

Figura No. 13. Curvas de Peligro sísmico, Quito. Nota. Adaptado de Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC): Peligro sísmico - diseño sísmo resistente (p. 111), por Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, MIDUVI.

La NEC-SE-DS (2015), en la tabla complementaria de (zonas sísmicas) indica el factor Z correspondiente al coeficiente de zonificación sísmica estipulado para cada sitio del país; este factor Z se representa por población, parroquia, cantón y provincia, siendo una referencia fundamental para definir la escala de diseño. El factor Z ubicado en la tabla de la NEC maneja rangos desde 0.15 hasta 0.50 según la localidad del país (MIDUVI, 2015).

Los valores de Z= 0.15 representan zonas de menor amenaza, por el contrario, 0.50 corresponde a un sitio donde existe mayor amenaza sísmica que en cualquier otro lugar. En otras palabras, las localidades con mayor coeficiente Z deben presentar incluso más exigencias de diseño debido a que la mayor aceleración se espera para un período de retorno aproximado de 475 años. Según la tabla en la parte 3, los valores Z de la Sierra oscilan entre 0.30 y 0.50, comparables a otras zonas como Esmeraldas, Manabí y el Guayas. Para el desarrollo de esta investigación, se considera un valor de Z= 0.40 como el promedio técnico para evaluar los sistemas de entrepiso en la región Sierra.

Las siguientes condiciones sismorresistentes según la normativa, se aplican únicamente a los entrepisos que cumplen una función estructural dentro del sistema constructivo y son:

Prevención de fallas por cortante: Existen dos definiciones clave para entender las fallas por cortante: en primer lugar, se encuentra la resistencia lateral del piso que se refiere al total de la habilidad del corte de los componentes estructurales verticales y el cortante de piso que se refiere al total de las fuerzas laterales de todos los niveles superiores al nivel evaluado (MIDUVI, 2015).

Por otro lado, se debe considerar que el cortante de piso (Vx) tiene que ser repartido entre los distintos componentes del sistema que soporta cargas laterales de acuerdo a la rigidez del sistema de entrepiso (MIDUVI, 2015). Esto sugiere que, en el caso de los entrepisos, estos deben actuar como vía de transmisión del cortante horizontal, deben distribuir el cortante de manera eficiente y no actuar como elementos pasivos o únicamente gravitacionales.

La NEC sugiere que antes de realizar un análisis estructural se debe determinar el cortante basal (V), ya que este representa la fuerza sísmica total que actúa sobre la estructura y que posteriormente se distribuye en cada nivel. Esto permite definir el cortante de piso en cada entrepiso y, por lo tanto, evaluar las fuerzas que pueden generar fallas por cortante (MIDUVI, 2015).

$$V = \frac{S_a(T_a) \cdot I \cdot \Phi P \cdot \Phi E}{R} \cdot W$$

Figura No. 14. Fórmula del Cortante Basal. Nota. Adaptado de la ecuación de cortante basal de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-SE-DS (2015). Sa (Ta): Espectro de diseño en aceleración.

ΦPΦE: Coeficientes de configuración en elevaciones y plantas.

I: Coeficiente de importancia.

R: Factor de reducción de resistencia ante sismos.

V: Cortante basal de diseño total.

W: Carga reactiva sísmica.

Ta: Período de vibración.

Control de masa sísmica: En la normativa, el peso sísmico se denomina "W". Este valor representa a la carga muerta total de la estructura más un porcentaje de la carga viva operativa. La relación entre el peso (W) y la masa (M) viene dada por la segunda ley de Newton (W= M · g). Dado que la gravedad es constante, la NEC evalúa las irregularidades directamente con el peso de cada nivel "W".

La NEC, establece que una estructura es considerada irregular si el peso "W" de cualquier nivel supera en 1.5 veces el peso de uno de los niveles adyacentes (NEC-SE-DS, 2015, p. 50).

$$W_i > 1.5 \cdot W_{i\pm 1}$$

Figura No. 15. Fórmula del Cortante Basal. Nota. Adaptado de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-SE-DS (2015).

Wi: Peso del nivel i (carga muerta + carga reactiva).

Wi+1: Peso del nivel inmediatamente superior o inferior.

Distribución de fuerzas sísmicas: La NEC, en su sección 6.3, estipula que la fuerza lateral total o cortante basal "V" debe distribuirse en la altura de la estructura de acuerdo con la masa y la altura de cada entrepiso (NEC-SE-DS, 2015, p. 62).

Según Aguiar Falconí (2014), el entrepiso actúa como el receptor de estas fuerzas inerciales y debe ser capaz de transmitir las a los elementos verticales eficientemente, como columnas o muros portantes, de manera proporcional a su rigidez, evitando concentraciones de esfuerzo que generan fallas en las conexiones.

Rigidez lateral: La rigidez lateral es la capacidad del sistema de entrepiso y sus apoyos para resistir deformaciones horizontales ante un evento telúrico. La NEC, impone límites en cuanto

al desplazamiento relativo entre dos niveles consecutivos para estructuras de: hormigón armado, acero y madera; la deriva máxima permitida es de 0.02, es decir, 2% (NEC-SE-DS, 2015, p. 90).

Como señala Ching (2014), el entrepiso debe poseer una rigidez de diafragma tal que garantice que la sección transversal de la vivienda no llegue a fallar, manteniendo la estabilidad geométrica durante el sismo.

Seguridad estructural: La NEC se basa en el diseño por estados límite; el objetivo no es solo evitar el colapso y salvaguardar la vida de los habitantes, sino también controlar el daño en elementos no estructurales. Según la NEC, la seguridad estructural se garantiza mediante la combinación de cargas y el uso obligatorio de factores de seguridad que prevén eventos sísmicos (NEC-SE-CG, 2015, p. 12).

Nilson (1999), señala que la seguridad de un entrepiso depende en gran parte de que se genere una "redundancia" estructural, es decir, la capacidad del sistema para redistribuir cargas si un elemento local llega a fallar.

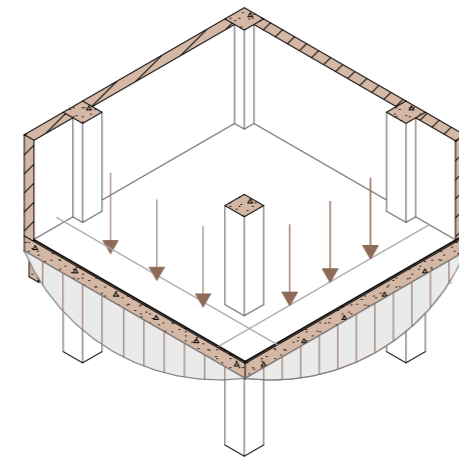


Figura No. 16. Distribución de fuerzas sobre vigas

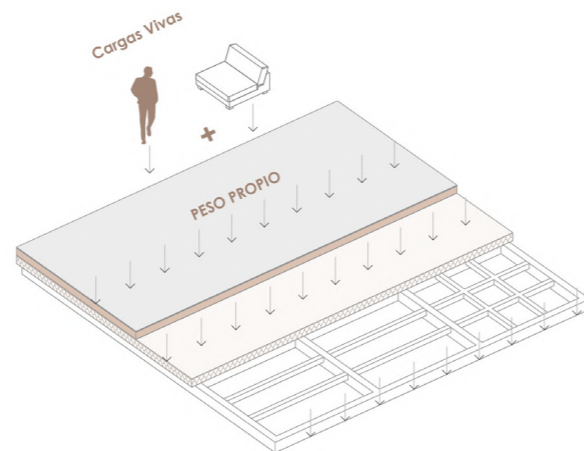


Figura No. 17. Tipos de cargas sobre un entrepiso

El análisis cualitativo se realiza en base a una entrevista de nueve preguntas enfocadas en el uso cotidiano de entresijos de hormigón frente al uso de sistemas prefabricados. Para obtener información sólida respaldada por una trayectoria destacada, se elige a tres ingenieros con amplia experiencia tanto en el ámbito académico como profesional, expertos en el tema que enseñan y aplican su conocimiento en el medio local.



(Ing. Vladimir Carrasco Castro) 02/12/2026. Entrevista en la Universidad Del Azuay

Es ingeniero civil con título de cuarto nivel en la Universidad de Cuenca en el año 2013, actualmente se desempeña como docente en la Universidad del Azuay, en el área de Ingeniería Civil. Su actividad académica se evidencia en la dirección de trabajos de titulación y en la impartición de asignaturas relacionadas con procesos constructivos y elementos prefabricados. Su experiencia se enfoca principalmente en temas de hormigón, sistemas constructivos y prefabricación.



(Ing. Juan Pablo Mendieta) 02/21/2026 Entrevista en la plataforma Zoom

Es un profesional vinculado al área de la Ingeniería Civil en la ciudad de Cuenca. Se registra su participación como autor de un trabajo de titulación en la Universidad de Cuenca, correspondiente al proyecto "Diseño de postes de transmisión eléctrica en hormigón prefensado", presentado en el año 2016 para la obtención del título de Ingeniero Civil. Además, cuenta con registros de su participación en actividades profesionales relacionadas con servicios de ingeniería en el ámbito de la construcción.



(Ing. Fabian Pérez Idrovo) 02/23/2026 Entrevista en casa de Fabian Pérez

Ingeniero civil graduado en la Universidad de Cuenca, en la misma universidad que ejerció la docencia durante varios años. Su perfil se complementa con una especialización en Docencia Universitaria por parte de la Universidad Católica y posee un título de cuarto nivel en Tránsito, Transporte y Seguridad Vial por parte de la Universidad del Azuay. Su experiencia se orientaba principalmente a ejercer e impartir su conocimiento sobre temas de infraestructuras críticas, movilidad y seguridad vial.

Preferencia de sistemas y criterios de selección:

Existe una brecha muy marcada en la elección del sistema ideal según el perfil del profesional, demostrando que existe una preferencia ligada a la época en que se ejerce o ejerció la profesión.

Ing. Fabián Pérez: Representa una visión de la ingeniería consolidada a su preferencia por el ladrillo y el hormigón armado, que argumenta "no tengo problemas con losas de hormigón" tras 30 años de servicio. Aunque reconoce las ventajas de la "Novalosa" por su rapidez, su confianza reside en la masa y la inercia del sistema convencional o tradicional, al cual considera como el "óptimo" tanto para resistir sismos como en su capacidad de aislamiento acústico.

Ing. Juan Pablo Mendieta: Su práctica actual es predominantemente mixta. Manifiesta que "en 9 de cada 10 proyectos he usado el Steel Deck", priorizando la rapidez logrando una reducción de 15 a 2 días de ejecución y la reducción de peso de 180 kg/m² frente a los 250 kg/m² de la losa nervada.

Ing. Vladimir Carrasco: Mantiene una visión basada en la optimización de luces y sostiene que el hormigón prefabricado y pretensado es superior en luces de 10 a 22 m, donde el hormigón armado convencional se vuelve "pesado y costoso", sin embargo, reconoce que para casas existen

maneras más eficientes que el uso de hormigón.

Comportamiento sismorresistente y diafragma rígido:

El debate sobre la seguridad sísmica genera un enfrentamiento entre la rigidez y la ligereza, teniendo en cuenta los años en los que se ejerció la profesión. Tanto Ing. Mendieta como Ing. Carrasco coinciden en que la física es fundamental la fórmula de "fuerza = masa por aceleración", esto influye directamente en cual es la masa sísmica de una edificación ante un evento telúrico. Ing. Carrasco subraya que "mientras más liviana la estructura, mejor se comporta ante un sismo", rompiendo el mito de que lo pesado es necesariamente más seguro. Ing. Mendieta introduce el concepto crítico del diafragma rígido, explicando que en sistemas ligeros como madera o acero "no se comporta como un solo cuerpo", lo que obliga al calculista a usar rigidizadores adicionales para concentrar las masas. Por el contrario, Ing. Pérez asocia la seguridad sísmica directamente a la estructura de hormigón, desconfiando de sistemas como el "Steel Framing" por la falta de mano de obra calificada.

Uso de prefabricados y la Industria Local: Cada uno de los tres ingenieros difiere de la postura de sus colegas sobre el uso de la madera como entrepiso seco. Mendieta identifica limitaciones de inercia y rigidez, sugiriendo que para luces mayores a 3.5m se requieren "vigas Joist" o secciones de gran peralte. Carrasco destaca el valor medioambiental y cita ejemplos

históricos en Cuenca como el uso del eucalipto, pero lamenta la falta de industrialización de la madera laminada, evitando que exista una estandarización que ofrezca vigas de sección constante. Pérez considera que la madera puede llegar a representar un "riesgo en nuestro medio" debido a la ausencia de procesos industrializados y mano de obra que garantice la calidad necesaria para resistir sismos.

Confort acústico y vibraciones: Este es el punto de mayor conflicto para los sistemas secos desde la perspectiva de los expertos. Carrasco y Mendieta advierten que el metal es propenso a transmitir vibraciones y ruidos de impacto, que lo describen como "chirridos". Mendieta propone soluciones técnicas como bandas acústicas y fibra de roca de alta densidad (70 kg/m³). Por otro lado Pérez sostiene que "no es lo mismo dos maderas que un ladrillo de 20 cm", defendiendo la ley de masas para el aislamiento sonoro. Sin embargo, Carrasco señala que el ruido es "solucionable en todos los sistemas" mediante la desvinculación elástica de los apoyos con el uso de cauchos.

Síntesis de las entrevistas: Debido a la gran experiencia profesional de tres expertos en el área, se logra tener una visión mucho más amplia, en primera instancia que depende de la época y año de formación, para que las personas y profesionales se adapten a las nuevas tecnologías o por el contrario las eviten. Como

segundo punto obtener información de experiencias en base a aciertos y errores, brinda un panorama acerca del uso de cada material y cuales son las ventajas y desventajas constructivas, que se debe tener en cuenta al plantear y ejecutar una edificación.

Comportamiento y uso estructural: El comportamiento de un entrepiso define la respuesta global de una edificación ante cargas gravitacionales y dinámicas. Desde una perspectiva académica. Wood V. y Desvars B. (2024), demuestran que los sistemas secos reducen el peso propio hasta en un 30% frente a las losas que utilizan hormigón, lo cual es crítico en el diseño sismorresistente.

No obstante, en la práctica profesional existe una división marcada: mientras que la ingeniería tradicional ha idealizado el hormigón armado como la única garantía de rigidez para formar un diafragma rígido, la ingeniería contemporánea señala que el peso excesivo del hormigón penaliza el diseño de columnas y vigas, obligando a un sobredimensionamiento que aumenta el consumo de materiales no renovables (Oladazimi et al., 2020).

La experiencia de campo revela que en el sector de la vivienda existe un estancamiento tecnológico, debido a que profesionales en el ámbito académico y constructivo replican sistemas de hormigón pesado por ser un método conocido que no requiere mano

de obra calificada. El uso de materiales como el acero a través de la placa colaborante o nervaduras ofrece una ventaja sustancial en la reducción de masas inerciales, lo cual mejora el desempeño de la edificación ante un sismo pero no dejan de ser métodos convencionales húmedos. A pesar de esto, persiste una percepción negativa hacia los sistemas secos en la vivienda, debido a problemas de servicio como la vibración y el aislamiento acústico, factores que suelen ser el resultado de diseños económicos que omiten estudios de vibración o distancian excesivamente las vigas de apoyo.

Un entrepiso seco se comporta de forma distinta a una masa de hormigón, requiere una ejecución precisa en los pernos de cortante y conectores para asegurar su funcionalidad como diafragma. A pesar de todo, la cultura constructiva local a menudo prefiere ignorar estas cualidades en favor de la "solidez" percibida del hormigón.

La región Sierra del Ecuador presenta una ventaja estratégica para la construcción debido a la presencia de centros industriales y recursos forestales renovables. De acuerdo con Oña y Encalada (2024), el resurgimiento de los sistemas de madera no solo responde a una tradición histórica, sino a la necesidad de implementar alternativas con una baja huella de carbono y que utilicen especies locales como el *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) y el *Pinus patula* (Pino), ampliamente distribuidos en los callejones interandinos, especialmente en las provincias de Azuay, Cañar y Loja, donde se concentran las mayores plantaciones forestales del país (MAE, 2023). Estas especies, cuando reciben el tratamiento de secado y preservación adecuado, ofrecen una resistencia mecánica comparable a maderas importadas, facilitando la fabricación de vigas laminadas y joists para entrepisos secos.

En cuanto a los sistemas metálicos, la accesibilidad de perfiles de acero galvanizado conformado en frío (LSF) y placas colaborantes está garantizada por la proximidad de plantas industriales clave. Novacero (2024), con plantas de producción en Lasso provincia del Cotopaxi y Quito en la provincia del Pichincha, provee sistemas de Steel Deck que han transformado la logística en la Sierra, permitiendo una "obra limpia" que no depende de la disponibilidad crítica de agua, recurso que suele ser limitado en las zonas altas de la cordillera. Asimismo, la empresa

Kubiec, con fuerte presencia en el sur de país en la ciudad de Cuenca, ofrece paneles sándwich con núcleos de poliuretano y planchas de fibrocemento, materiales que son producidos o distribuidos regionalmente y que resuelven los problemas de aislamiento térmico propios del clima frío de la Sierra.

Por otro lado, la industria del hormigón y los agregados tiene una base sólida en la región debido a la riqueza geológica de la cordillera. La producción de cemento, insumo base para el hormigón armado, se centraliza en plantas estratégicas como Unacem en Otavalo, Imbabura y Holcim en Latacunga, Cotopaxi, las cuales aprovechan las canteras locales de piedra caliza para poder abastecer el mercado del norte y centro del país (Instituto Nacional de Estadística y Censos. INEC, 2023).

En el austro, la producción se complementa con la planta de Guapán en Azogues, Cañar. La extracción de agregados de arena y grava para el hormigón premezclado se realiza predominantemente en las cuencas de los ríos y canteras de laderas en provincias como Pichincha y Azuay, donde empresas como Hormipisos y Union Rocks garantizan el suministro de concreto premezclado bajo normas de control de calidad estrictas, fundamentales para asegurar la rigidez del diafragma en estructuras de gran altura (Cámara de la Construcción de Cuenca, 2024).



Figura No. 18. Mapa de la Sierra con las zonas de producción de materiales principales

Madera: Se dispone de especies semiduras y duras como el pino (radiata y pátula) y el eucalipto, este último destacado por su resistencia mecánica en vigas y columnas (Berrezueta et al., 2025). Según Espinosa et al. (2018), todas las maderas que tengan una densidad de 400 kg/m³ se pueden usar estructuralmente. La NEC-SE-MD (2015) clasifica estas maderas en los grupos A, B y C en la (tabla de esfuerzos admisibles), definiendo sus esfuerzos admisibles para flexión, compresión y corte. Estos sistemas llegan a reducir la masa inercial, aunque requieren tratamientos contra la humedad y el diseño especializado para mitigar vibraciones (Dias et al., 2015).

ESFUERZOS ADMISIBLES					
Grupo	Flexión	Tracción Paralela	Compresión Paralela	Compresión Perpendicular	Corte Paralelo
	f_m	f_t	f_c	$f_{c\perp}$	f_v
A	21	14.5	14.5	4	1.5
B	15	10.5	11	2.8	1.2
C	10	7.5	8	1.5	0.8

Tabla No. 2. Clasificación por tipos de maderas. Nota. Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-MD.

Acero: Es el material sismorresistente por excelencia. Su capacidad de fluidez permite deformaciones controladas. En la Sierra, sistemas como el Steel Deck y el Light Steel Framing (LSF) de empresas como Novacero y Kubiec han masificado la "obra limpia", eliminando la dependencia del agua y los tiempos de fraguado.

Hormigón: En el sistema convencional, la NEC-SE-HM (2015, p. 34), especifica que el uso de hormigón reforzado con fibras mejora la firmeza y evita el agrietamiento por tracción. Con el objetivo de reducir el peso, se utilizan bloques de poliestireno expandido (EPS) como material de relleno, lo que optimiza la relación masa-rigidez del diafragma sin comprometer la seguridad.



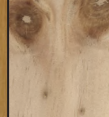



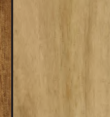









MADERAS ESTRUCTURALES ACCESIBLES EN LA REGIÓN SIERRA																
Especie	Ciprés	Romerillo (Guabisay)	Pino	Capulí	Canelo	Figueroa	Eucalipto	Jicopo	Cedro Negro	Nogal	Nacascal	Abio	Yumbingue negro	Yumbingue blanco	Yumbingue amarillo	Teca
Nombre científico	Cupressus macrocarpa Hartw. ex Gordon	Podocarpus Oleifolius	Pinus Patula Schiftdl. & Cham	Prunus Serotina	Endlicheria Sericea	Trichilia Martiana	Eucalyptus Globulus Labille	Chimarris Glabriflora	Juglans Olanchana	Juglans Neotropica	Trichilia Sp	Micropholis guyanensis (A. DC.) Pierre	Terminalia amazonia (J.F. Gmel.) Exell	Terminalia amazonia (J.F. Gmel.) Exell	Terminalia amazonia (J.F. Gmel.) Exell	Tectona grandis L.f
Altitud (m.s.n.m)	1800-3300	1400-3200	1400-3200	2000-3100	0-2500	0-2000	0-2000	1500	400-1500	500-1300	400-1200	400-1200	0-1200	0-1200	0-1200	0-1200
Densidad kg/m3	625.12	536.20	614.29	724.81	562.94	517.56	460	630.44	418.03	550.68	781.90	831.27	932.55	862.34	932.85	683.34
Resistencia a Flexión kgf/cm2	142.8	244.7	305.9	305.9	275.3	275.3	30	305.9	305.9	275.3	305.9	305.9	305.9	305.9	305.9	305.9
Resistencia a Tracción 0 kgf/cm2	81.6	128.4	183.5	183.5	163.2	163.2	18	183.5	183.5	163.2	183.5	183.5	183.5	183.5	183.5	183.5
Resistencia a Tracción 90 kgf/cm2	4.1	5.1	6.1	6.1	6.1	6.1	0.6	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
Resistencia a compresión 0 kgf/cm2	163.2	214.1	234.5	234.5	224.3	224.3	23	234.5	234.5	224.3	234.5	234.5	234.5	234.5	234.5	234.5
Resistencia a Compresión 90 kgf/cm2	20.4	25.5	27.5	27.5	26.5	26.5	2.7	27.5	27.5	26.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5
Resistencia a cortante kgf/cm2	17.3	25.5	30.6	30.6	28.6	28.6	3.0	30.6	30.6	28.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6
Imógen																

Tabla No. 3. Clasificación de maderas de la Sierra. Nota. Espinosa, A., Pérez, J., & Gómez, L. (2018). Análisis de irregularidades estructurales en edificaciones. Revista de Ingeniería Estructural.

La eficiencia de un entresuelo también depende del confort que brinda al usuario. En el entorno local, el control del ruido y las vibraciones se logra mediante materiales que no son estructurales y que actúan como barreras acústicas. Dentro de la industria nacional, la lana de roca y la lana de vidrio son las soluciones predominantes; por un lado la lana de roca es provista por fabricantes como Fairis ubicados en Ambato, Aislantes Nacionales y Fibras, con densidades de hasta 100 kg/m3, idóneas para eliminar el "efecto tambor". Por su parte, la lana de vidrio es distribuida en su mayoría por Dismetal y Suplymet, bajo la marca Fiberglass Isover.

Además de las mantas elásticas, se emplean paneles rígidos de fibra de vidrio de alta densidad. Estos funcionan como una especie de "sándwich" estructural para amortiguar vibraciones antes de colocar el acabado final. El vinílico de alta densidad (VAD) de Novacero y el poliestireno expandido (EPS) de Aislaec, funcionan como un buen aislamiento acústico permitiendo cumplir eficientemente con la ley de masas y el sin sobrecargar la estructura (Novacero, 2024).

Los materiales para reducir la huella de carbono, destaca el uso de fibras naturales como: el cáñamo, lana de oveja y el corcho; también los tableros de residuos agrícolas. No obstante, la innovación local más relevante es la fibra textil reciclada "fibra

de ropa". Estos paneles de algodón y sintéticos recuperados ofrecen una absorción sonora similar a las lanas minerales, destacando por su baja toxicidad y sostenibilidad que se brinda al utilizar materiales reciclados (Pauta y Vásquez, 2017).

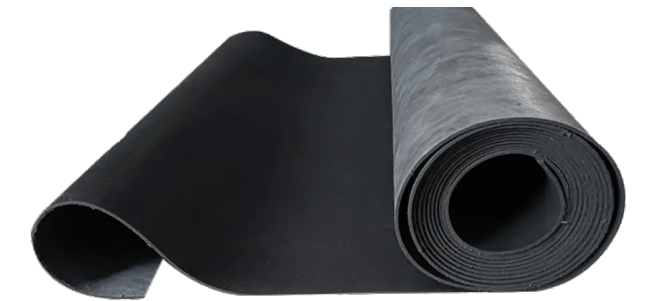


Figura No. 19. Rollo de vinilos. Nota. Adaptado de Vinilos acústicos de alta densidad [Fotografía], por Comaudi Industrial, s.f., Comaudi Industrial (<https://www.comaudi-industrial.com/viniles-acusticos/>).



Figura No. 20. Rollo de vinilos. Nota. Adaptado de Rollo aislante de fibras textiles reciclables [Fotografía], por Materialoteca UAM Azcapotzalco, s.f., Universidad Autónoma Metropolitana (<https://materialoteca>).

MATERIALES ACÚSTICOS DISPONIBLES EN EL MEDIO LOCAL DE LA SIERRA									
Material	Lana de Roca	Lana de Vidrio	Placa yeso laminado	Espuma elastomérica	Poliestireno extruido	Espuma Poliuretano	Poliestireno expandido	Espuma de Polietileno reticulado	Aisladores o silent-bloks
Estructura	Fibroso, elástico y multidireccional	Abierta y flexible, atenúa las ondas acústicas.	Composición hecha de yeso y celulosa	Elaborado en base de caucho sintético, presentado a manera de células cerradas.	Estructura celular cerrada"	Espuma con soldas internas selladas	Estructura de soldas internas selladas con resistencia dinámica limitada	Estructura de soldas internas selladas	Absorbente de termo caucho rápidamente endurecido con base metálica
Tipo	Absorbente	Absorbente	Aislante	Aislante	Aislante	Aislante	Antivibratorio	Antivibratorio	Antivibratorio
Imagen									

Tabla No. 4. Clasificación de materiales acústicos. Nota. Adaptado de Domínguez (2016).

MATERIALES ACÚSTICOS SOSTENIBLES CON POTENCIAL PARA FABRICAR AISLANTES ECOLÓGICOS EN ECUADOR						MATERIALES ACÚSTICOS SOSTENIBLES EN LA SIERRA					
Material	Maíz	Celulosa reciclada	Cáñamo	Lana de oveja	Bagazo de caña	Corcho	Paja de Trigo	Cabuya	Totora	Fibra de coco	Abacá
Estructura	Fibrosa irregular, porosidad media	Fibras sueltas compactadas estructura porosa	Fibrosa Natural de alta porosidad	Fibra rizada con micro cavidades de aire	Fibrosa altamente porosa	Celular cerrada con microceldas llenas de aire	Tallos huecos con cámaras de aire	Estructura Fibrosa Longitudinal	Estructura Tubular y porosa	Fibra porosa estructura entrelazada	Fibra lignocelulósica
Tipo	Absorción media, biodegradable	Absorbente	Absorbente	Absorbente	Absorbente	Aislante + Absorbente moderado	Absorbente	Absorbente poroso	Absorbente poroso	Absorbente fibroso	Absorbente fibroso
Imagen											

Tabla No 5. Ejemplos de materiales aislantes ecológicos en Ecuador y en la Sierra. Nota. Datos tomados de Bumanis (2020, como se citó en Asmal Rodas y Flores Perez, 2025, p. 30). Bravo-Moncayo et al. (2024).

La vivienda unifamiliar continua es una tipología de escala moderada diseñada para la replicabilidad urbana. Su finalidad reside en la estandarización de componentes, lo que permite una producción residencial masiva y eficiente sin perder su carácter individual, optimizando el uso del suelo mediante una configuración espacial que sea modular.

De acuerdo con el Ministerio de Vivienda. (2010), las viviendas continuas son construcciones residenciales que comparten al menos una pared divisoria o adosada. Esta disposición facilita que se puedan agrupar las casas en hileras aisladas que devienen en una fachada urbana homogénea. Por su parte, Pfeifer & Brauneck (2007), sostienen que la repetición modular de estas unidades posibilita la configuración de la volumetría como un elemento urbano único, donde la fachada continua actúa como el vínculo estético y funcional con el espacio público.

La vivienda unifamiliar continua se define por su eficiencia en la ocupación del territorio y su carácter de fachada unificada, sin perder su característica de ser privada. Estructuralmente, esta tipología se beneficia de la repetición modular, para estandarizar y poder hacer un uso industrializado de materiales prefabricados para su rápida y controlada ejecución.

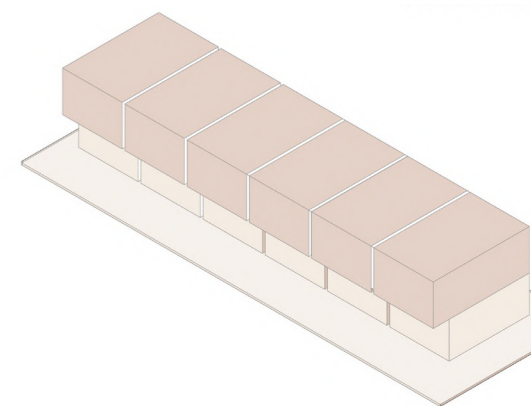
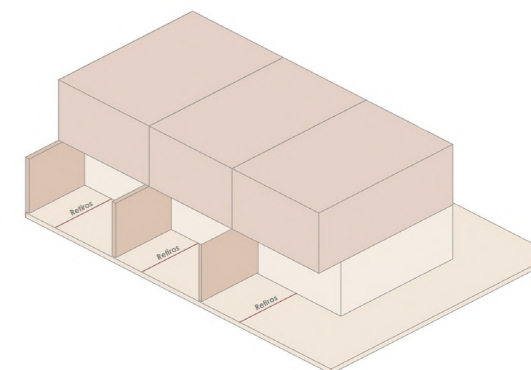


Figura No. 21. Casas Unifamiliares adosadas.

AISLAMIENTO ACÚSTICO:

Constituye uno de los mayores desafíos técnicos para la aceptación de los sistemas en seco en el mercado residencial. Desde la física acústica, Dukarska y Mirski (2023), explican que, mientras los sistemas húmedos de hormigón bloquean el ruido aéreo mediante la "ley de masa", los entrepisos de acero o madera deben recurrir al principio de "masa/resorte/masa". Esta técnica utiliza capas de materiales de distintas densidades para interrumpir la onda sonora, haciendo que el uso de cámaras de aire, lana de roca o paneles de yeso sea indispensable para alcanzar niveles de confort habitacional.

En la práctica profesional, existe un debate sobre la eficacia de estas soluciones frente al sistema convencional. Por un lado, profesionales con una visión que sostienen que el hormigón ofrece una barrera natural superior contra el ruido, difícil de igualar con configuraciones de madera y tableros OSB. Sin embargo, la ingeniería contemporánea demuestra que el ruido no es un problema exclusivo de lo ligero; el ruido de impacto como el desplazamiento de muebles se transmite con facilidad a través de elementos sólidos como los nervios de las losas de hormigón. Al respecto, Guevara M, et al. (2025), advierten que en los conjuntos habitacionales, la falta de tratamiento acústico especializado genera una percepción de baja calidad constructiva, independientemente del sistema estructural utilizado.

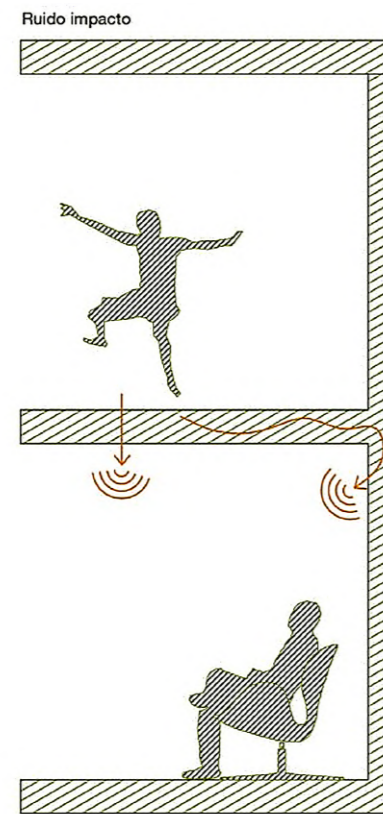
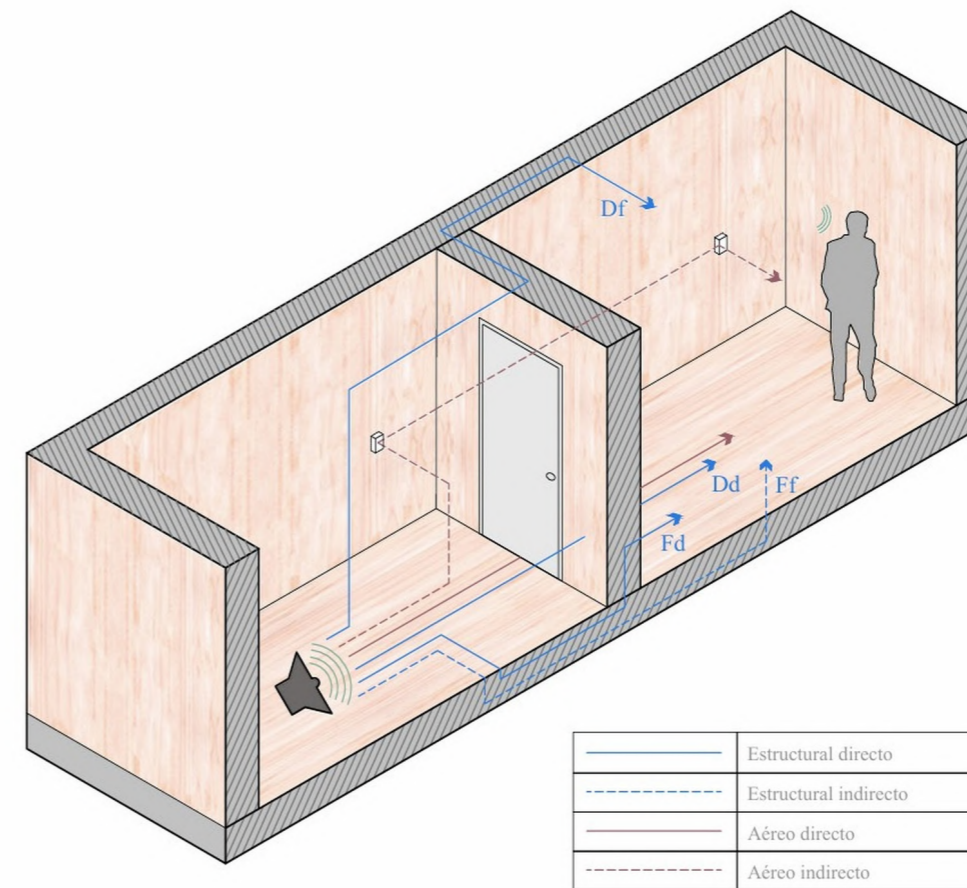


Figura No. 22. Gráfico de ruido de impacto. Nota. Adaptado de Manual de soluciones constructivas de entramado ligero en madera marco plataforma (p. 48) [Esquema], por Centro UC de Innovación en Madera [CIM UC]



Figura No. 23. Gráfico de ruido aéreo. Nota. Adaptado de Manual de soluciones constructivas de entramado ligero en madera marco plataforma (p. 47) [Esquema], por Centro UC de Innovación en Madera [CIM UC] y Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU], 2021, CIM UC.



	Estructural directo
	Estructural indirecto
	Aéreo directo
	Aéreo indirecto

Figura No. 24. Gráfico de ruido aéreo. Nota. Adaptado de Guía de diseño y especificación de madera contralaminada (CLT) (p. 80) [Esquema], por C. Reyes, V. López y P. Guindos, 2024, Centro UC de Innovación en Madera [CIM UC].

COMPARATIVA Y ANÁLISIS TÉCNICO DE
SISTEMAS DE ENTREPISO

03

La comparativa que se desarrolla en este capítulo, propone un análisis técnico para evaluar la eficiencia entre 48 tipos de sistemas de entresijos, para seleccionar los que sean viables aplicados al contexto geográfico y climático de la Sierra ecuatoriana. Mediante un enfoque cuantitativo y comparativo, la investigación se fundamenta en la estandarización, mediante el predimensionamiento y verificación de datos por m^2 y kg/m^2 . Este proceso metodológico integra la obtención de datos, el predimensionamiento estructural y la selección de tecnologías constructivas, con el fin de determinar, mediante un análisis crítico, qué sistema ofrece el mejor desempeño integral en términos de resistencia, habitabilidad y eficiencia, tanto para los usuarios como para la estructura.

Variables evaluadas: Se seleccionaron siete variables clave para evaluar el desempeño integral de los sistemas de entresijos y determinar sus ventajas competitivas o limitaciones uno frente al otro. El objetivo es analizar qué sistema logra un beneficio en cuanto al equilibrio entre rendimiento, confort y seguridad; estas variables son métricas cuantificables que responden al contexto de la investigación, permitiendo observar en qué aspecto se destaca cada sistema, bajo la normativa:

1. Peso estructural: Variable crítica para el diseño y predimensionamiento estructural, según la NEC-SE-DS (2015, p. 58), la fuerza sísmica es

proporcional al peso sísmico de la estructura "W" relacionado a su masa. Las secciones 4.1 y 4.2 (p. 48-50), establecen que para viviendas se debe considerar el 100% de la carga muerta.

2. Momento flector máximo de sollicitación: Se fundamenta en las combinaciones de carga de diseño por resistencia estipuladas en la NEC-SE-CG (2015, p. 19). Se aplican factores de seguridad para cargas muertas y vivas, respectivamente con el fin de evitar la falla de la estructura.

3. Deflexión máxima: Medir la capacidad de las distancias sin apoyos, para determinar la deformación real, la cual debe cumplir con el límite de deflexión máxima de $L/360$ para carga viva. Dicho parámetro está estipulado en el ACI 318-14 (Tabla 24.2.2, p. 424).

4. Peralte mínimo: Se determina el espesor o peralte mínimo (h) necesario para garantizar la rigidez seccional del entresijo. Según lo estipulado en el ACI 318-14 (Tabla 9.3.1.1, p. 138), siendo directamente proporcional a la rigidez flexional.

5. Rendimiento constructivo: Se cuantifica la eficiencia constructiva mediante un Análisis de Precios Unitarios (APU) para determinar el rendimiento grupal de cada sistema, y poder identificar el proceso más eficiente en cuanto a su precio.

6. Aislamiento acústico: Indispensable para la calidad de vida de los habitantes, mediante la capacidad de aislamiento del ruido y vibraciones, para basarse en los Estados Límites de Servicio.

7. Cortante basal sísmico: Evaluar la formación del diafragma rígido y la estabilidad lateral ante algún evento telúrico. La Sección 6.2.2 (p. 90), de la NEC-SE-DS permite verificar que el sistema de entresijo sea capaz de transmitir las fuerzas de inercia a los elementos verticales de resistencia sísmica y asegurar la continuidad estructural.

La extracción de datos analiza los componentes individualmente y del sistema ensamblado, buscando parámetros específicos en los catálogos de fabricantes como: Kubiec, Novopan, Edimca, Holcim, entre otros.

1. Peso estructural: Se obtiene mediante la sumatoria de las densidades nominales "p" y masas por unidad de área de cada capa. En acero: Es el peso por metro lineal del perfil o kg/m² de la plancha. En madera: La densidad seca en kg/m³. En hormigón: Se asume la densidad estándar de 2400 kg/m³ de hormigón armado según la NEC-SE-HM.

2. Momento flector máximo de solicitación: Se necesita la carga total de servicio que incluye la carga viva de 2.0 kN/m² con los factores de seguridad estipulados en la NEC-SE-CG para uso residencial más la carga muerta y la luz entre apoyos que recomiende el fabricante del componente.

3. Deflexión máxima: Es fundamental determinar el módulo de elasticidad (E) del material y su momento de inercia (I), esto si es viga de acero, madera u hormigón. De igual forma la carga total del servicio y la luz entre apoyos estipulados por los fabricantes.

4. Peralte mínimo: Se define mediante la sección necesaria para satisfacer la inercia del material requerido y en relación a la luz y deflexión máxima. Este valor constituye la variable geométrica crítica

que garantiza la rigidez del sistema y el cumplimiento de los estados límite de servicio según la normativa.

5. Rendimiento constructivo: Se recopila información correspondiente a precios, unidades y cantidades en las que se comercializa cada tipo de material; se consideran los costos de alquiler de equipos y herramientas, junto con el valor de la mano de obra, el cual debe estar actualizado y referenciado conforme a las tablas oficiales de la Contraloría General del Estado. Por último para el costo de transporte tener en cuenta variables como distancia, tipo de material y volumen.

6. Aislamiento acústico: Se analiza la pérdida de decibeles (dB) que presenta cada material principal en relación con su densidad superficial. Se busca identificar la capacidad de atenuación según la frecuencia sonora en Hz, utilizando los coeficientes de absorción de las fichas técnicas para determinar la eficacia del sistema ante ruidos aéreos.

7. Cortante basal sísmico: Es necesario identificar el valor del factor de zona (Z) según el mapa de zonificación sísmica de la NEC-SE-DS (2015), y la importancia de ocupación de la estructura. En sistemas de hormigón y acero se verifica la conexión de corte, mientras que en madera se analizan las uniones y bordes según la Sección 5.1 de la NEC-SE-MD.

3.2.1 PESO ESTRUCTURAL:

En función del peso total (D) se aplica la fórmula de mecánica de materiales, que se debe determinar mediante la sumatoria de las capas que componen el sistema. Se utiliza el símbolo de sumatoria (Σ) para indicar la adición de los pesos individuales de todos los elementos estructurales y no estructurales. Donde (ti) representa el espesor de cada capa y (pi) su densidad nominal en kg/m³. En el caso del hormigón armado, se aplica la densidad estándar de 2400 kg/m³. A continuación la fórmula y un ejemplo de su aplicación:

$$D = \sum_{i=1}^n (\rho_i \cdot V_i) = \sum_{i=1}^n (t_i \cdot \rho_i)$$

Figura No. 25. Fórmula de Peso por capas. Nota. Adaptado de Mecánica de materiales, por Ferdinand P. Beer y E. Russell Johnston Jr., 1982.

Ejemplo: Light Wood Frame

Pesos por componentes m²:

Placas OSB (2 capas de 18 mm):
 $D_{osb} = (0.018 \text{ m} \times 2) \times 650 \text{ kg/m}^3 = 23.40 \text{ kg/m}^2$

Viguetas de Pino (4.5 × 14.5 cm):
 Área de sección / espaciamiento: $(0.045 \times 0.145) / 0.40 = 0.0163 \text{ m}^2/\text{m}$
 $D_{viguetas} = 0.0163 \text{ m} \times 500 \text{ kg/m}^3 = 8.15 \text{ kg/m}^2$

Viga Principal (76.2 × 203.2 mm):
 Área de sección / espaciamiento: $(0.0762 \times 0.2032) / 0.60 = 0.0258 \text{ m}^2/\text{m}$
 $D_{viga} = 0.0258 \text{ m} \times 500 \text{ kg/m}^3 = 12.90 \text{ kg/m}^2$

Lana de Vidrio (5 cm):
 $D_{lana} = 0.05 \text{ m} \times 20 \text{ kg/m}^3 = 1.00 \text{ kg/m}^2$

Sumatoria Final ($\Sigma t \times \rho$):
 $D_{total} = 23.40 + 8.15 + 12.90 + 1.00 = 45.45 \text{ kg/m}^2$

3.2.2 MOMENTO FLECTOR MÁXIMO DE SOLICITACIÓN:

Representa el esfuerzo interno máximo que debe resistir el sistema ante cargas externas aplicadas. Se obtiene mediante la ecuación de mecánica de materiales para una viga simplemente apoyada sometida a carga distribuida:

$$M_{max} = (W \cdot L^2) / 8$$

Donde (W) se obtiene a partir de la carga por unidad de área, establecidas en la NEC-SE-CG:

$$W = 1 \cdot U = 1.2D + 1.6L$$

La carga muerta total (D) obtenida en el peso estructural, mientras que (L) corresponde a la carga viva, para uso residencial según la normativa es de 2.0 kN/m² (200 kg/m²) y (Luz) a la luz libre entre apoyos. Su unidad final es kg-m/m kilogramo-metro por cada metro de ancho que resiste, a continuación la fórmula y un ejemplo de su aplicación:

$$M_u = \frac{(1.2D + 1.6L) \cdot L_{uz}^2}{8}$$

Figura No. 26. Fórmula de Momento flector máximo. Nota. Adaptado de Mecánica de materiales, por Ferdinand P. Beer y E. Russell Johnston Jr., 1982.

Ejemplo: Light Wood Frame

Determinar carga última (W) m²:
 D (Carga Muerta): 45.45 kg/m² (peso estructural)
 L (Carga Viva): 200 kg/m² (uso residencial)
 $W = 1.2(45.45 \text{ kg/m}^2) + 1.6(200 \text{ kg/m}^2)$
 $W = 54.54 + 320 = 374.54 \text{ kg/m}^2$

Momento Flector kg m/m
 Luz: 3m
 $M_{max} = (W \cdot L^2) / 8$
 $M_{max} = (374.54 \text{ kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2) / 8$
 $M_{max} = (374.54 \cdot 9) / 8 = 421.36 \text{ kg m/m}$

La deflexión máxima (δ) mide el desplazamiento vertical del entrepiso y se fundamenta en la teoría de la elástica de vigas de la mecánica de materiales. En una viga simplemente apoyada con carga distribuida, es necesario sacar (q) que es la carga de servicio cuando se suman las cargas reales (D(carga muerta) + L(carga viva)). Se utiliza (L) que es la distancia neta entre los apoyos del elemento, (E) el módulo de elasticidad, siendo la propiedad de rigidez del material y la inercia (I) de de la propiedad geométrica de la sección transversal de la viga o material.

El valor obtenido de la fórmula debe ser menor al límite $L/360$ establecido por el ACI 318-14. Si $\delta \leq L/360$, se garantiza la rigidez flexional. A continuación la fórmula y un ejemplo de su aplicación:

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

Figura No. 27. Fórmula de deflexión máxima. Nota. Adaptado de Mecánica de materiales, por Ferdinand P. Beer y E. Russell Johnston Jr., 1982.

Ejemplo: Light Wood Frame

Determinar deflexión:

q (Carga de servicio): $45.45 + 200 = 245.45 \text{ kg/m}^2$
 E (Pino Radiata): $100,000 \text{ kg/cm}^2$
 I (Inercia vigueta $4.5 \times 14.5 \text{ cm}$): $(4.5 \cdot 14.53) / 12 =$

$1,143.14 \text{ cm}^4$
 L (Luz): 300 cm

$$\delta = (5 \cdot q \cdot (L)^4) / (384 \cdot E \cdot I)$$

$$\delta = [5 \cdot (2.45 \cdot 0.40) \cdot (300)^4] / (384 \cdot 100,000 \cdot 1,143.14)$$

$\delta = 0.09 \text{ cm}$

Contraste con el límite (L/360):

Límite admisible: $300 \text{ cm} / 360 = 0.83 \text{ cm}$
 Resultado: $0.09 \text{ cm} \leq 0.83 \text{ cm}$

Determinar deflexión:

q (Carga de servicio): $45.45 + 200 = 245.45 \text{ kg/m}^2$
 E (Pino Radiata): $100,000 \text{ kg/cm}^2$

I (Inercia vigueta $4.5 \times 14.5 \text{ cm}$): $(4.5 \cdot 14.53) / 12 =$
 $1,143.14 \text{ cm}^4$

L (Luz): 450 cm

$$\delta = (5 \cdot q \cdot (L)^4) / (384 \cdot E \cdot I)$$

$$\delta = (5 \cdot 0.98 \cdot (450)^4) / (384 \cdot 100,000 \cdot 1,143.14)$$

$\delta = 4.58 \text{ cm}$

Contraste con el límite (L/360):

Límite admisible: $450 \text{ cm} / 360 = 1.25 \text{ cm}$
 Resultado: $4.58 \text{ cm} > 1.25 \text{ cm}$

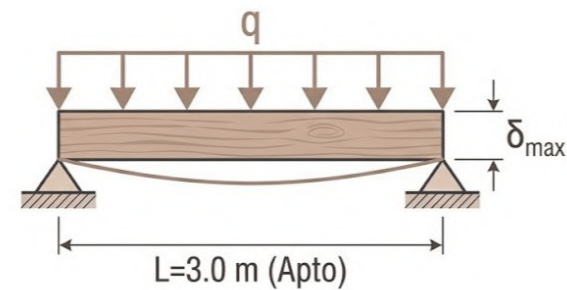


Figura No. 28. Esquema de deformación de una viga simplemente apoyada.

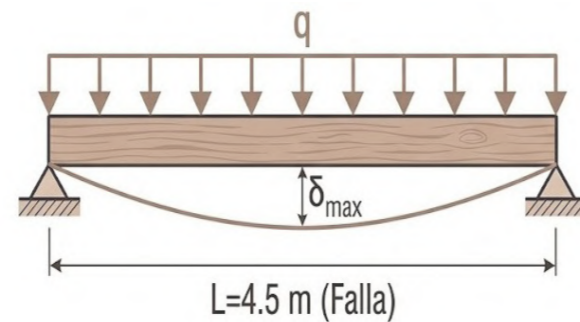


Figura No. 29. Esquema de deformación de una viga simplemente apoyada.

Representa la altura total de la sección transversal del sistema y es el factor que más influye en cuanto a la rigidez estructural del entrepiso. Su determinación se fundamenta en que la altura real (h) del elemento estructural debe derivarse de la inercia requerida (I) para no superar la deflexión admisible ($L/360$), verificando adicionalmente que no sea inferior al límite mínimo establecido por el ACI 318-14 ($h_{min}=L/16$). Para elementos como viguetas de madera o acero, se obtiene a partir del despeje de la expresión de inercia:

$$I = (b \cdot h^3) / 12$$

En losas nervadas, la rigidez no proviene de una sección maciza, sino de una sección compuesta tipo "T", conformada por la losa superior (ala) y el nervio (alma), utilizando de base (b) el ancho equivalente del nervio. A continuación la fórmula y un ejemplo de su aplicación:

$$h = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot I}{b}}$$

Figura No. 30. Despeje de la fórmula de Inercia. Nota. Adaptado de Mecánica de materiales, por Ferdinand P. Beer y E. Russell Johnston Jr., 1982.

Ejemplo: Light Wood Frame

Determinar peralte mínimo:

b (base): 4.5 cm
 I (Inercia vigueta $4.5 \times 14.5 \text{ cm}$): $(4.5 \cdot 14.53) / 12 =$
 $1,143.14 \text{ cm}^4$

L (Luz): 300 cm

$h = \sqrt[3]{(12 \cdot I / b)}$

$$h = \sqrt[3]{(12 \cdot 4,180 \text{ cm}^4 / 4.5 \text{ cm})} = \mathbf{22.33 \text{ cm}}$$

Para una luz de 3 m (300 cm):

$h_{min} = 300/16$

$h_{min} = 18.75 \text{ cm}$

$22.33 \text{ cm} > 18.75 \text{ cm}$

Cumple

Para una luz de 4.50 m (450 cm):

$h_{min} = 450/16$

$h_{min} = 28.13 \text{ cm}$

$22.33 \text{ cm} < 28.13 \text{ cm}$

No Cumple

3.2.5 RENDIMIENTO CONSTRUCTIVO:

Se utiliza el Análisis de Precios Unitarios (APU), para sacar los Costos Directos (CD) se calculan mediante la sumatoria de la Mano de Obra (A), que emplea una cuadrilla tipo de un albañil y dos ayudantes; los Equipos y Herramientas (B), que comprenden maquinaria y herramientas menores; los Materiales (E), que son los insumos específicos dependiendo de cada tipo de entrepiso; y el Transporte (F) para la movilización de recursos en un rango de 10 km. Dentro de este proceso, el Rendimiento (C) es el factor determinante que mide la eficiencia grupal, el mismo se debe despejar de (D) que es el 30% de CD. Los Costos Indirectos se calculan como el 20% de CD, para cubrir gastos administrativos y utilidades, cuya adición al CD establece el precio unitario total del rubro. A continuación las fórmulas y un ejemplo de su aplicación:

$$D = \frac{(A + B)}{C}$$

$$CD = \frac{(E + F)}{0.7}$$

$$C = \frac{A + B}{0.3 \cdot \left(\frac{E + F}{0.7}\right)}$$

Figura No. 31. Fórmulas para el análisis de precios unitarios. Nota. Adaptado de Guía técnica de construcción sostenible, por Cámara de Comercio de Ecuador.

Ejemplo: Light Wood Frame

Datos Base de Recursos:

A (Total Mano de Obra): 13.07 USD
 B (Total Equipos y Herramientas): 6.30 USD
 E (Materiales): 46.00 USD
 F (Transporte): 8.06 USD
 D (30% de CD): 0.3

Determinación del Rendimiento (C):

$$C = (A + B) / [0.3 \cdot ((E + F) / 0.7)]$$

$$C = (13.07 + 6.30) / [0.3 \cdot 66.38]$$

$$C = 19.37 / 19.91$$

C = 0.97 m2/h

3.2.6 AISLAMIENTO ACÚSTICO:

El aislamiento aéreo (R) mide la capacidad del entrepiso para bloquear el paso del ruido mediante la "Ley de Masas" con una fórmula que utiliza un logaritmo decimal para representar la respuesta del oído humano, donde (f) es la frecuencia del sonido en Hertz y (m) es la masa del sistema en kg/m2. Es necesario garantizar el cumplimiento de los estándares ASTM E413 y la ISO 717-1, este análisis se debe complementar con la medición de la pérdida

de transmisión en 16 frecuencias de tercio de octava, que van desde los 125 Hz hasta los 4000 Hz, con el objetivo de determinar el índice STC. Bajo estos criterios normativos, se establece que para validar el sistema ninguna deficiencia individual en dichas frecuencias puede superar el límite de 8 dB y la suma total de las deficiencias no debe exceder los 32 dB, asegurando así que el elemento no presente puntos débiles críticos y mantenga un desempeño acústico eficiente frente a ruidos de impacto o aéreos. A continuación la fórmula y un ejemplo de su aplicación:

$$R = 20 \cdot \log(f \cdot m) - 47 \text{ [dB]}$$

Figura No. 32. Fórmula para medir la pérdida de dB. Nota.

Adaptado de Aislamiento acústico y la Ley de Masas [Gráfico], por Acústica Integral.

Ejemplo: Light Wood Frame

Datos del Sistema:

Masa (m): 45.45 kg/m²
 Fórmula aplicada:
 R = 20 · log(f · m) – 47

TABLA DE VALORES (125 HZ – 4000 HZ)

Valores		
Frecuencia (Hz)	Fórmula	Resultado (dB)
125	20·log(125·45.45)–47	28.1 dB
160	20·log(160·45.45)–47	30.2 dB
200	20·log(200·45.45)–47	32.2 dB
250	20·log(250·45.45)–47	34.1 dB
315	20·log(315·45.45)–47	36.1 dB
400	20·log(400·45.45)–47	38.2 dB
500	20·log(500·45.45)–47	40.1 dB
630	20·log(630·45.45)–47	42.1 dB
800	20·log(800·45.45)–47	44.2 dB
1000	20·log(1000·45.45)–47	46.1 dB
1250	20·log(1250·45.45)–47	48.1 dB
1600	20·log(1600·45.45)–47	50.2 dB
2000	20·log(2000·45.45)–47	52.2 dB
2500	20·log(2500·45.45)–47	54.1 dB
3150	20·log(3150·45.45)–47	56.1 dB
4000	20·log(4000·45.45)–47	58.2 dB

Tabla No. 6. Valores de la fórmula de sharp en sus 16 frecuencias.

Promedio entre 58.2 y 28.1= 43.15

Rango STC	Clasificación
< 35	Deficiente
35 – 44	Aceptable
45 – 55	Muy bueno
> 55	Excelente

Tabla No. 7. Clasificación de los resultados de la fórmula. Nota. Adaptado de Aislamiento acústico y la Ley de Masas [Gráfico], por Acústica Integral.

3.2.7 CORTANTE BASAL SÍSMICO:

El cortante basal (V) representa a las fuerzas horizontales que se ejercen sobre la estructura durante un sismo. La unidad de salida es kg/m2, indicando cuánta carga lateral empuja el entrepiso al sistema de columnas y muros por cada unidad de área de piso. Donde (Z) es la aceleración del suelo de acuerdo a su zona sísmica, (I) la importancia de ocupación en este caso de vivienda y (W) el peso muerto. En viviendas, (W) es igual al peso muerto (D). Entonces, a menor peso del entrepiso, menor es la fuerza sísmica que "empuja" a la edificación. A continuación la fórmula y un ejemplo de su aplicación:

$$V = Z \cdot I \cdot S_g \cdot W$$

Figura No. 33. Fórmula de Cortante Basal. Nota. Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-MD.

Ejemplo: Light Wood Frame

Datos de Cortante Basal m2:

Z (Aceleración del suelo): 0.4
 I (Coeficiente de Importancia): 1.0 (Vivienda)
 S (Tipo de Suelo): 1.2 (Suelo intermedio)
 W (Peso Muerto): 45.45 kg/m2
 $V = Z \cdot I \cdot S \cdot W$
 $V = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 1.2 \cdot 45.45 \text{ kg/m}^2$
 $V = 0.48 \cdot 45.45 \text{ kg/m}^2$
V = 21.82 kg/m2

La selección de los sistemas de entrepisos primero se basa en la disponibilidad de materiales y la logística de los proveedores en la región Sierra del Ecuador, teniendo en cuenta los sistemas que comúnmente se realizan y los que se están abriendo camino en el mercado de la construcción, como es el caso del acero, y también contemplar los materiales autóctonos de la región, como la madera principalmente el "eucalipto" y "pino", que aunque no son masivos cuentan con proveedores activos en las ciudades principales de la región como Cuenca, Quito y Ambato.

La búsqueda y selección es de tipologías constructivas para entrepisos existentes, independientemente del material predominante. A partir de esta revisión, se definen los sistemas principales, descartando aquellas variantes que únicamente presentan modificaciones en materiales secundarios sin alterar su comportamiento estructural. Con base en este criterio, se consolidan 48 tipos de entrepisos, para evaluar si su aplicación es factible en el medio. La clasificación de los sistemas que se agrupan según principios de montaje y materialidad, definiendo a entrepisos secos los que son con materiales prefabricados y su sistema es ligero; y por otro lado los entrepiso húmedos que necesitan mezclas líquidas y su sistema es pesado.

Entrepisos Secos:

El sistema de entramado ligero se basa en una estructura de elementos lineales de madera, que trabajan como soporte para tableros de arriostamiento. Según el Manual de Diseño de Estructuras en Madera (Centro UC, 2021), este sistema se fundamenta en la "redundancia estructural", donde la carga se reparte entre los diferentes elementos, permitiendo una alta resistencia con secciones reducidas.

Se selecciona por ser el estándar más común de construcción en madera más accesible en Ecuador. Su diseño permite integrar aislamiento térmico directamente entre el alma de las vigueta, además su peso total es uno de los más ligeros, lo que reduce la inercia sísmica.

Light Wood Frame			
Material	Componente	Dimensiones	Espaciamiento
Pino Radiata	Vigueta estructural	4,5x14,5 cm	Cada 40 cm
OSB	Placa madera multilaminada (x2)	e=18 mm	
Pino	Viga principal	76,2x203,2 mm	Cada 60 cm
Lana de vidrio	Aislante termo-acústico	e=5 cm	
Acero	Ángulo en L	50x50 mm (e=3 mm)	Cada 40 cm

Tabla No. 8. Dimensiones y espaciamiento de los componentes del sistema Light Wood Frame

Light Wood Frame	
Variables	Resultado
Peso Estructural	45.45 kg/m ²
Momento Flector Máximo de Sollicitación	421.36 kg*m/m
Deflexión Máxima 3 m	0.09 cm
Deflexión Máxima 4.5 m	4.58 cm
Peralte Mínimo	22.33 cm
Rendimiento Constructivo	0.97 m ² /h
Aislamiento Acústico	43.15 dB
Cortante Basal Sísmico	21.82 kg/m ²

Tabla No. 9. Resultados de las variables comparativas del sistema Light Wood Frame.

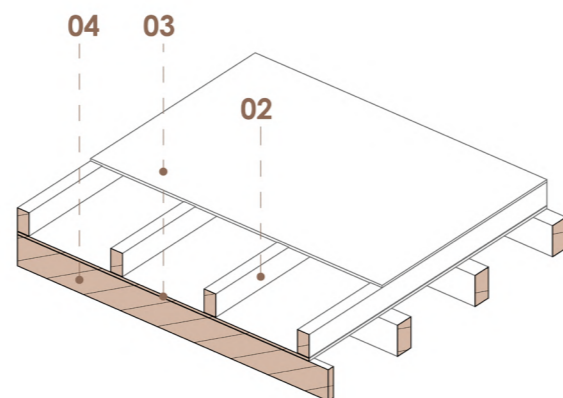


Figura No. 34. Esquema de entrepiso Light Wood frame

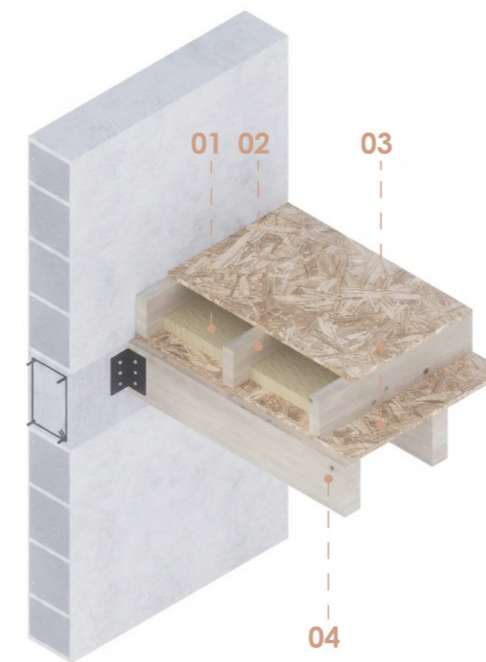


Figura No. 35. Light Wood Frame construido.

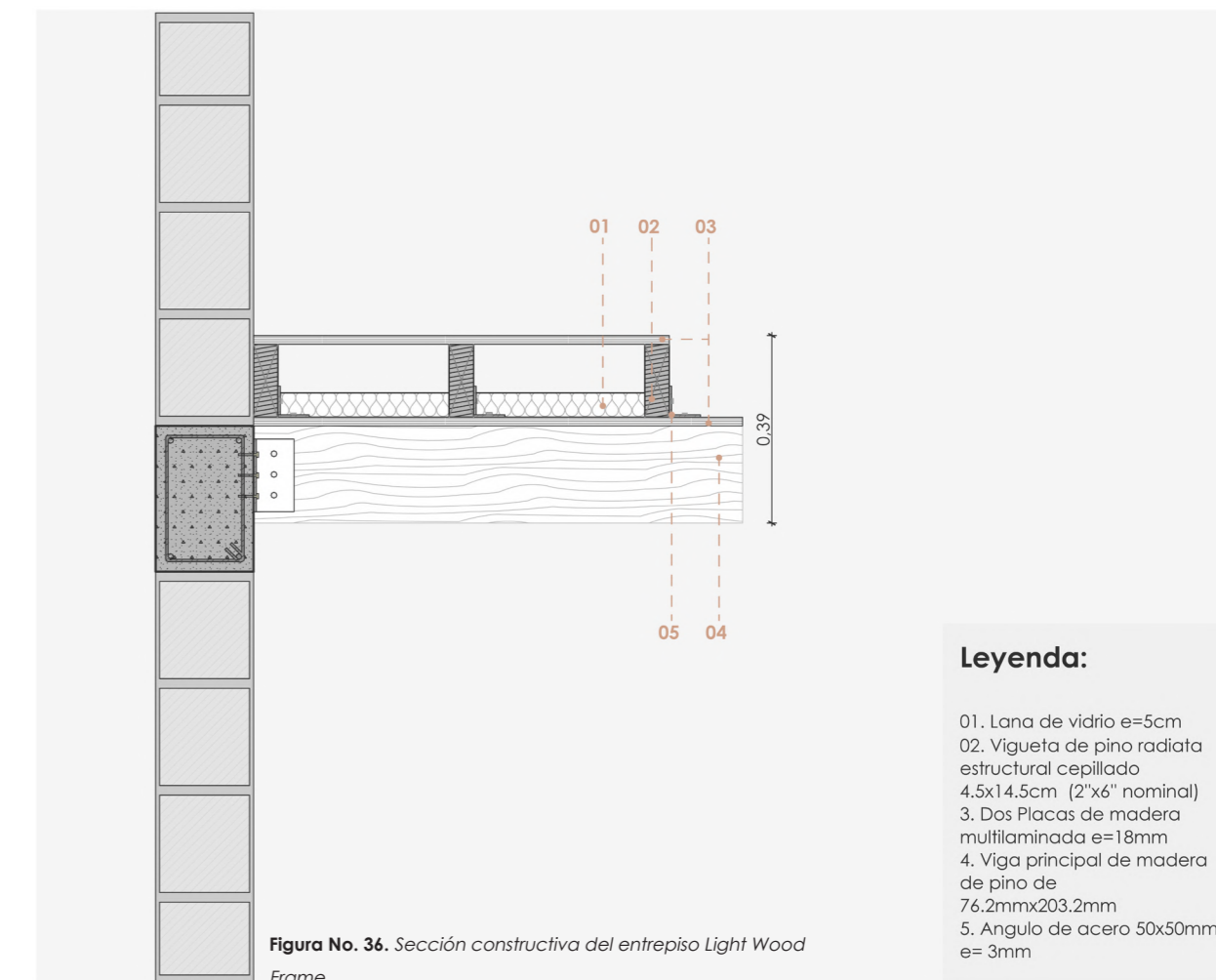


Figura No. 36. Sección constructiva del entrepiso Light Wood Frame

Leyenda:

- 01. Lana de vidrio e=5cm
- 02. Vigueta de pino radiata estructural cepillado 4,5x14,5cm (2"x6" nominal)
- 03. Dos Placas de madera multilaminada e=18mm
- 04. Viga principal de madera de pino de 76.2mmx203.2mm
- 05. Ángulo de acero 50x50mm e= 3mm

2. PLATFORM SYSTEM:

El sistema plataforma es una variante constructiva donde el entrepiso se construye primero, con el objetivo de servir como plataforma de montaje para los muros del siguiente nivel. El Manual de Soluciones Constructivas (UC, 2021), indica que este sistema optimiza la protección contra incendios, debido a que se crean barreras horizontales entre cada piso. Se selecciona por su capacidad de aislamiento acústico teniendo una pérdida de 59.40 dB o incluso mayor.

Clasificación: Estructural.

Platform System	
Variables	Resultado
Peso Estructural	70.92 kg/m ²
Momento Flector Máximo de Solicitación	455.74 kg*m/m
Deflexión Máxima 3 m	0.06 cm
Deflexión Máxima 4.5 m	0.31 cm
Peralte Mínimo	18.25 cm
Rendimiento Constructivo	0.68 m ² /h
Aislamiento Acústico	47.12 dB
Cortante Basal Sísmico	34.04 kg/m ²

Tabla No. 10. Resultados de las variables comparativas del sistema Platform System

Platform System			
Material	Componente	Dimensiones	Espaciamiento
Pino Radiata (C16)	Vigueta estructural	41x185 mm	Cada 40 cm
Pino Radiata	Cadenetas	41x185 mm	Cada 40 m
Pino Radiata	Crucetas (2 piezas)	41x41 mm L=404 mm	Cada 35 cm
OSB	Tableros contrachapados (x2)	e= 15 mm	
OSB	Tablero inferior	e= 11.1 mm	
Yeso Cartón	Planchas (x2)	e= 15 mm	
Lana de Vidrio	Aislante térmico	e= 50 mm	
Membrana Acústica	Aislante acústico	e= 5 mm	

Tabla No. 11. Dimensiones y espaciamiento de los componentes del sistema Platform System

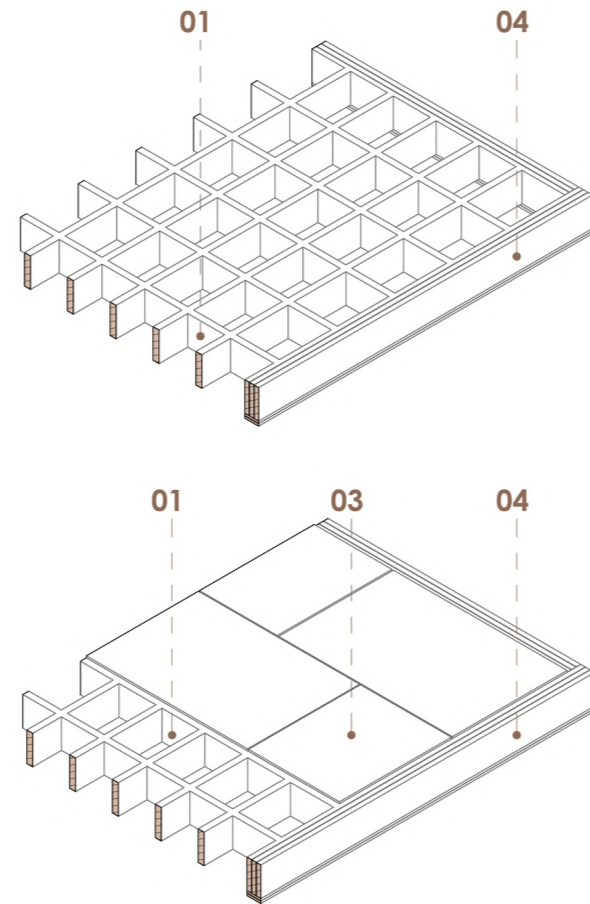


Figura No. 37. Armado de entrepiso Platform System

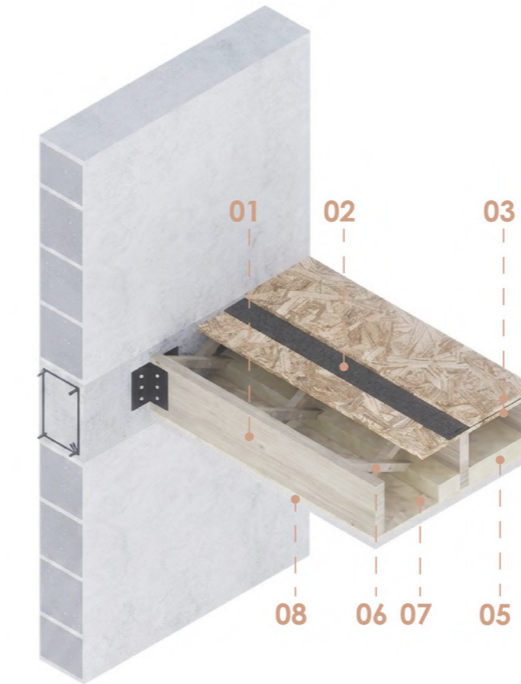


Figura No. 38. Platform System construido.

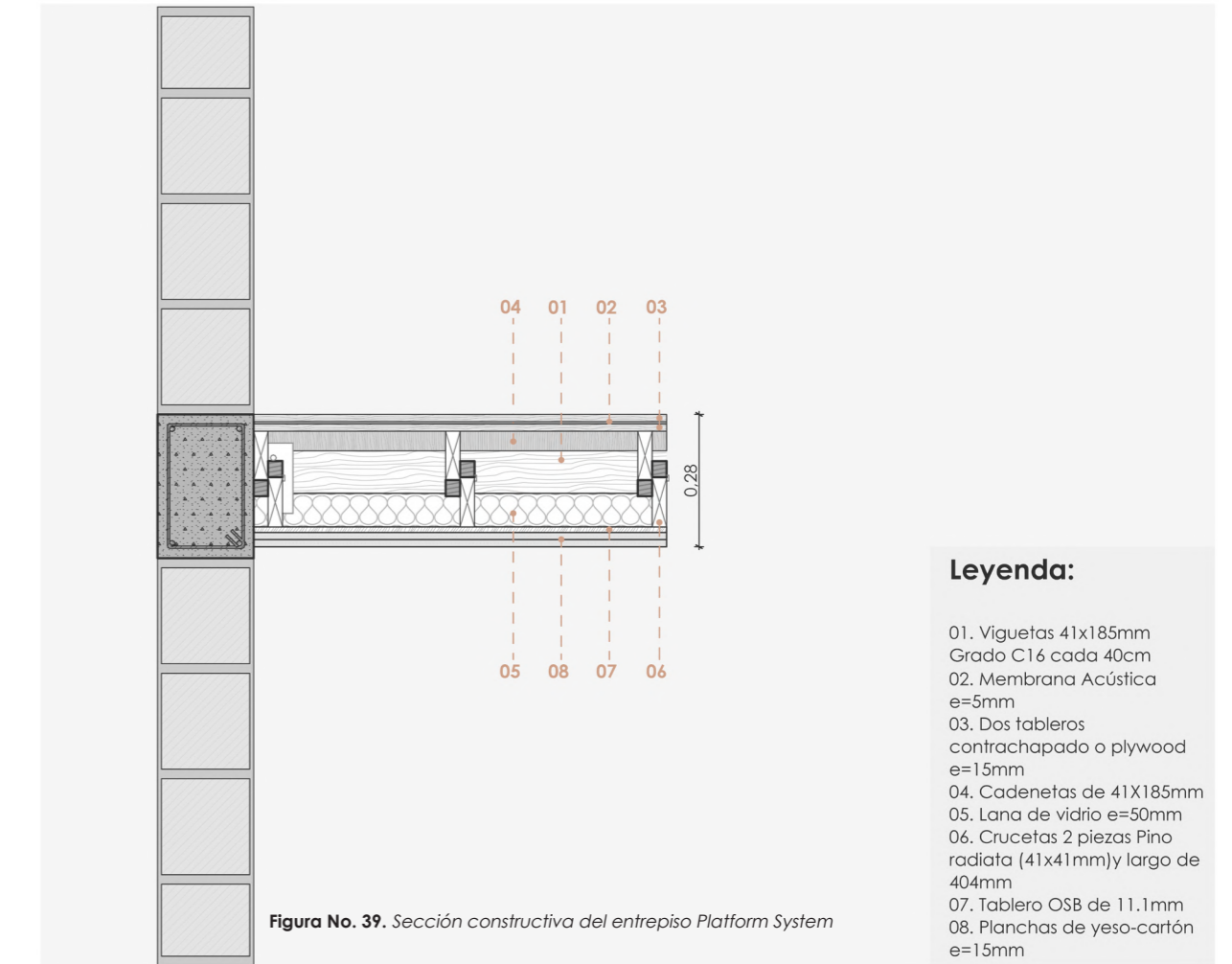


Figura No. 39. Sección constructiva del entrepiso Platform System

Leyenda:

- 01. Viguetas 41x185mm Grado C16 cada 40cm
- 02. Membrana Acústica e=5mm
- 03. Dos tableros contrachapado o plywood e=15mm
- 04. Cadenetas de 41x185mm
- 05. Lana de vidrio e=50mm
- 06. Crucetas 2 piezas Pino radiata (41x41mm) y largo de 404mm
- 07. Tablero OSB de 11.1mm
- 08. Planchas de yeso-cartón e=15mm

3. SIP:

El panel SIP o panel sándwich autoportante, está compuesto por dos caras de OSB y un núcleo rígido de EPS. Funciona como una placa estructural donde el núcleo resiste ante las fuerzas de corte y las caras ante las fuerzas de flexión (Reyes et al., 2020). Su elección es debido a la eficiencia constructiva que tiene el sistema siendo de 0.45 HH/m². Su rapidez de montaje lo hace ideal para la Sierra, en donde reducir los tiempos es ideal sobre todo cuando existen cambios de clima drásticos.

Clasificación: Estructural.

SIP	
Variables	Resultado
Peso Estructural	26.43 kg/m ²
Momento Flector Máximo de Solicitud	395.68 kg*m/m
Deflexión Máxima 3 m	0.02 cm
Deflexión Máxima 4.5 m	0.12 cm
Peralte Mínimo	12.10 cm
Rendimiento Constructivo	0.88 m ² /h
Aislamiento Acústico	36.21 dB
Cortante Basal Sísmico	12.69 kg/m ²

Tabla No. 12. Resultados de las variables comparativas del sistema SIP

SIP			
Material	Componente	Dimensiones	Espaciamiento
OSB	Caras del panel SIP (x2)	e = 10 mm	
EPS (Poliestireno)	Núcleo aislante	e = 90 mm	
Pino Radiata	Doble viga de unión	40x90 mm	Cada 1.20 m
Pino Radiata	Viga secundaria	50x250 mm	Cada 60 cm
Poliuretano	Espuma de sellado	e = 15 mm	
Sellador Elástico	Acabado superficial	e = 15 mm	

Tabla No. 13. Dimensiones y espaciamento de los componentes del sistema SIP

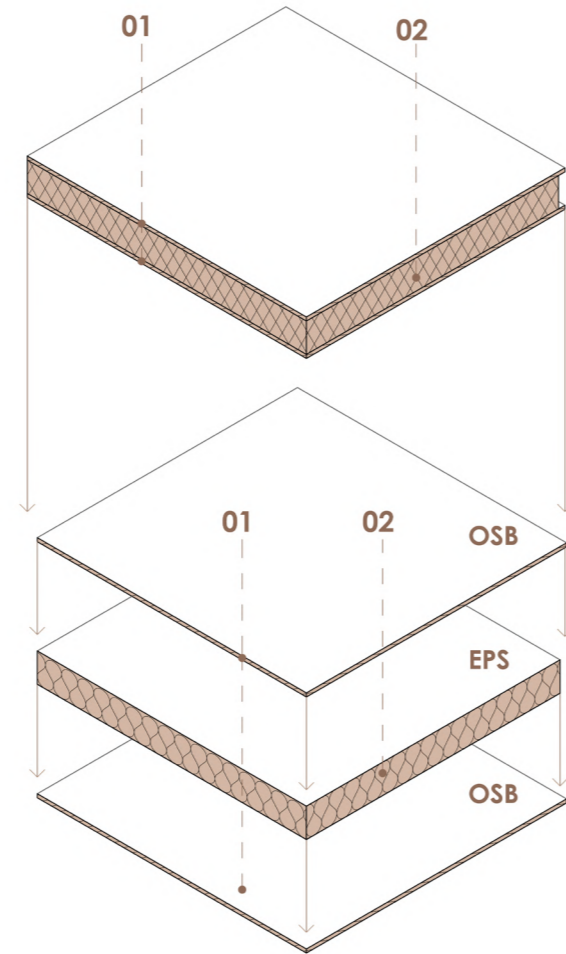


Figura No. 40. Composición de un panel SIP

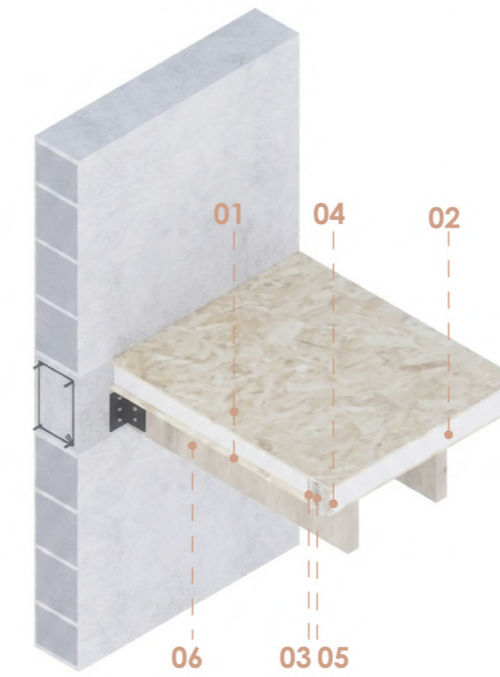


Figura No. 41. Entrepiso SIP construido.

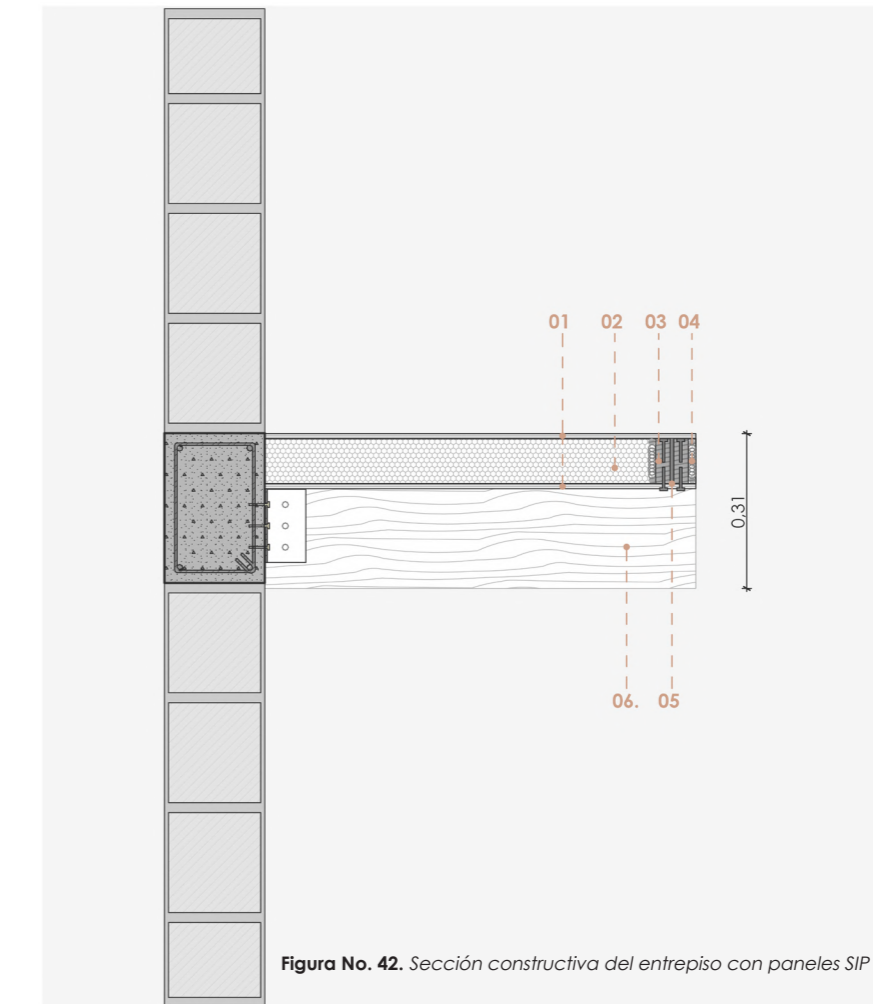


Figura No. 42. Sección constructiva del entrepiso con paneles SIP

Leyenda:

- 01. Dos OSB 10mm
- 02. EPS e=90mm
- 03. Doble viga de pino radiata cepillado para unión de paneles 40x90mm
- 04. Espuma expansiva de poliuretano e=15mm
- 05. Sellador elástico superficial e=5-8mm
- 06. Viga secundaria de madera laminada (Glulam) de pino radiata 50x200mm cada 60cm

4. I-JOIST:

Este sistema de entresado se basa en utilizar viguetas con forma de "I" que optimizan el material colocando la madera sólida solo en las alas de tracción y compresión. El Manual de Diseño (Centro UC, 2021), destaca su estabilidad, esto debido a las dimensiones de peralte que utiliza la viga. Su selección es debido a su gran comportamiento ante luces mayores a 3m, en lo que otros sistemas de madera no pueden hacerle competencia.

Clasificación: Estructural.

I-Joist	
Variables	Resultado
Peso Estructural	93.97 kg/m ²
Momento Flector Máximo de Sollicitación	486.86 kg*m/m
Deflexión Máxima 3 m	0.05 cm
Deflexión Máxima 4.5 m	0.24 cm
Peralte Mínimo	17.40 cm
Rendimiento Constructivo	0.40 m ² /h
Aislamiento Acústico	49.46 dB
Cortante Basal Sísmico	45.11 kg/m ²

Tabla No. 14. Resultados de las variables comparativas del sistema de vigas I-Joist

I-Joist			
Material	Componente	Dimensiones	Espaciamiento
Caucho	Membrana acústica	e = 5 mm	
OSB	Tableros superiores (x2)	e = 15 mm	
Madera/OSB	Viga I-Joist LPI 20 Plus	H = 240 mm	Cada 40 cm
Lana de Vidrio	Doble capa aislante	e = 128 mm	
OSB	Tablero intermedio	e = 11.1 mm	
Yeso Cartón RF	Planchas resistentes al fuego (x3)	e = 15 mm	
Pino Radiata	Distanciadores	50.8x50.8 mm	Cada 40 cm

Tabla No. 15. Dimensiones y espaciamiento de los componentes del sistema de vigas I-joist

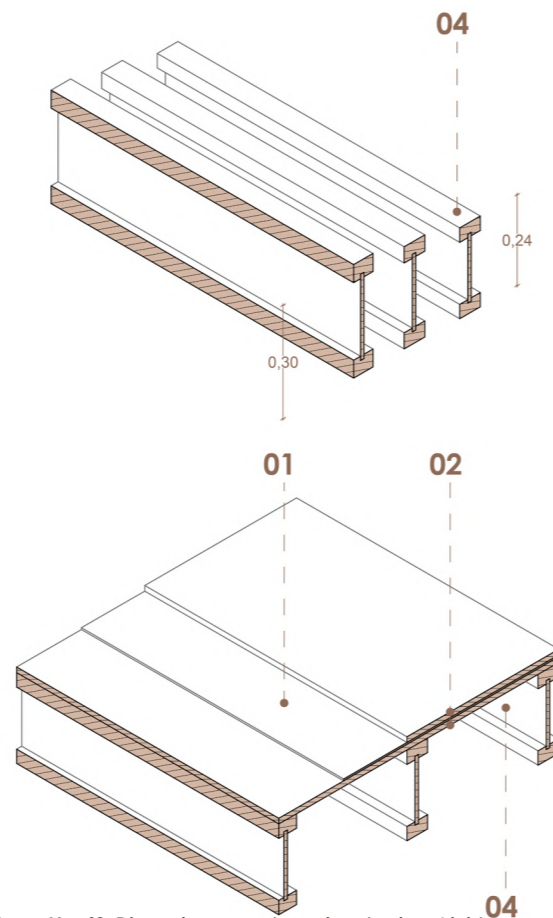


Figura No. 43. Dimensiones y colocación de vigas I-joist

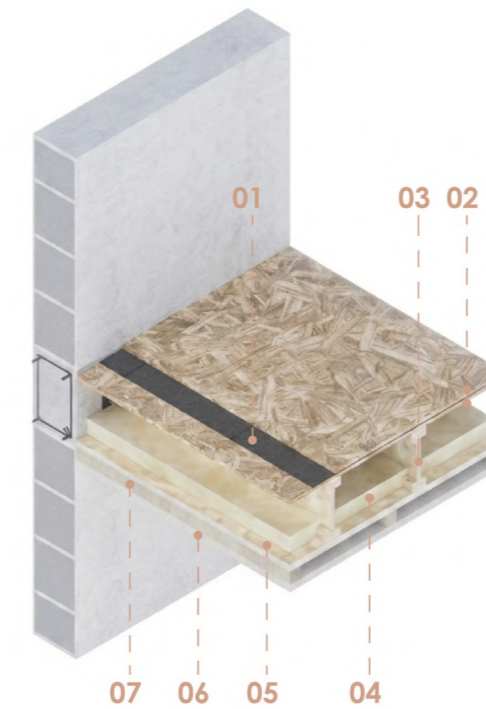


Figura No. 44. Entresado con vigas I-joist construido.

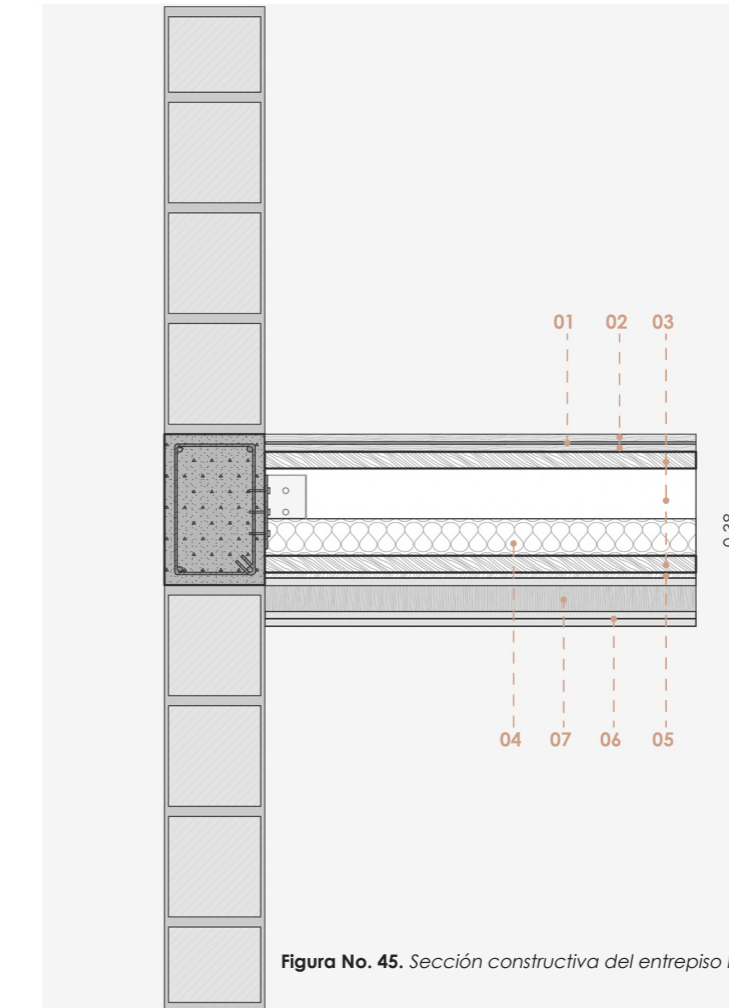


Figura No. 45. Sección constructiva del entresado I-joist

Legenda:

- 01. Membrana Acústica de caucho reconstruido e=5mm
- 02. Dos Tableros contrachapado o plywood e=15mm
- 03. Viga I-Joist LPI 20 plus cada 40cm:
-Alas superiores e inferiores 6.3X3.8cm
-Alma e=1.1cm
-Peralte de 240mm
- 04. Lana de vidrio e=50mm
- 05. Tablero OSB de 11.1mm
- 06. Placas de yeso cartón RF de e=15mm
- 07. Distanciador de 50.8x50.8mm de pino radiata dimensionado cada 40cm

5. CLT:

El sistema de entresijos de paneles compuestos o "CLT" es un conjunto de capas de tablas encoladas de forma cruzada. La Guía de Diseño CLT (Reyes, et al., 2020), explica que esta configuración otorga una rigidez bidireccional, que se puede comparar a una losa de hormigón, pero con un peso significativamente menor. Se selecciona a este sistema por su capacidad para distribuir cargas ante un sismo haciendo de este un sistema sismorresistente.

Clasificación: Estructural

CLT	
Variables	Resultado
Peso Estructural	162.40 kg/m ²
Momento Flector Máximo de Solicitud	579.24 kg*m/m
Deflexión Máxima 3 m	0.01 cm
Deflexión Máxima 4.5 m	0.06 cm
Peralte Mínimo	8.50 cm
Rendimiento Constructivo	0.56 m ² /h
Aislamiento Acústico	54.21 dB
Cortante Basal Sísmico	77.95 kg/m ²

Tabla No. 16. Resultados de las variables comparativas del sistema CLT

CLT			
Material	Componente	Dimensiones	Espaciamiento
Poliuretano	Membrana acústica	e = 2 micrones	
Lana de Vidrio	Panel de alta densidad	e = 25 mm	
Fibrocemento	Paneles (x2)	e = 20 mm	
Madera (CLT)	Panel de 5 capas	e = 150 mm	
Pino Radiata	Estructura secundaria	41x41 mm	Cada 60 cm
Yeso Cartón RF	Planchas (x2)	e = 15 mm	

Tabla No. 17. Dimensiones y espaciamiento de los componentes del sistema CLT

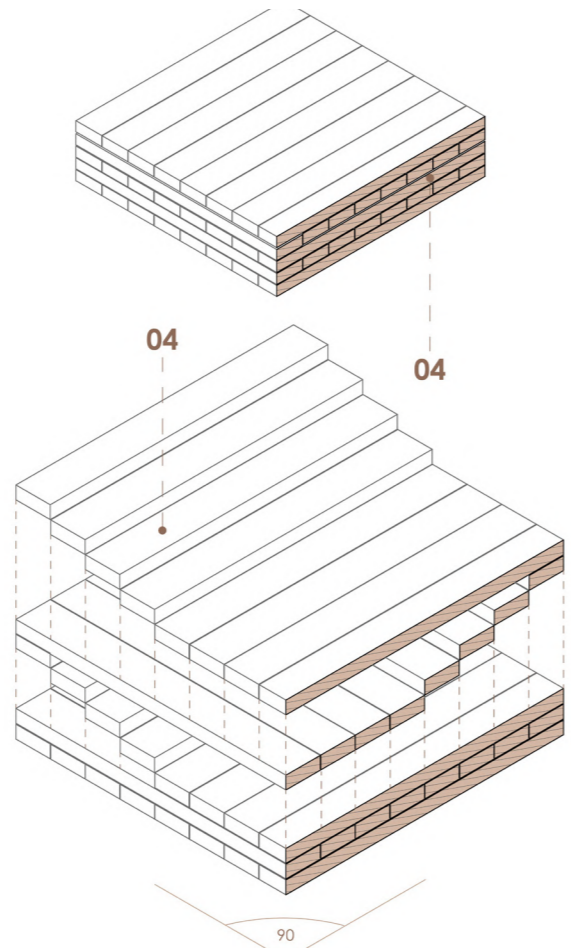


Figura No. 46. Guía de armado en paneles de CLT para entresijos

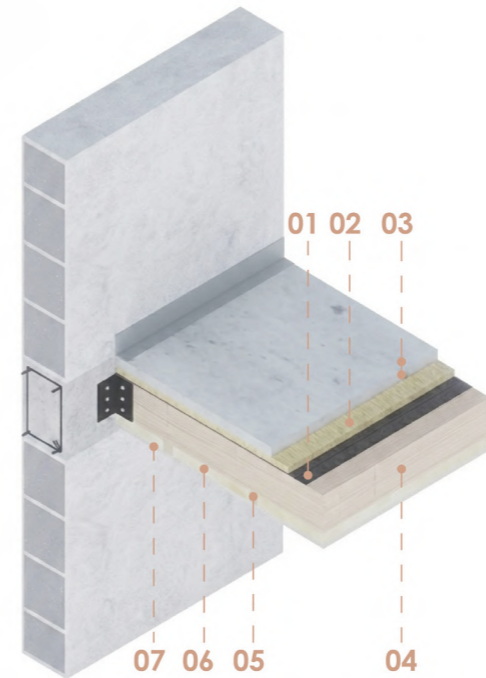


Figura No. 47. CLT construido.

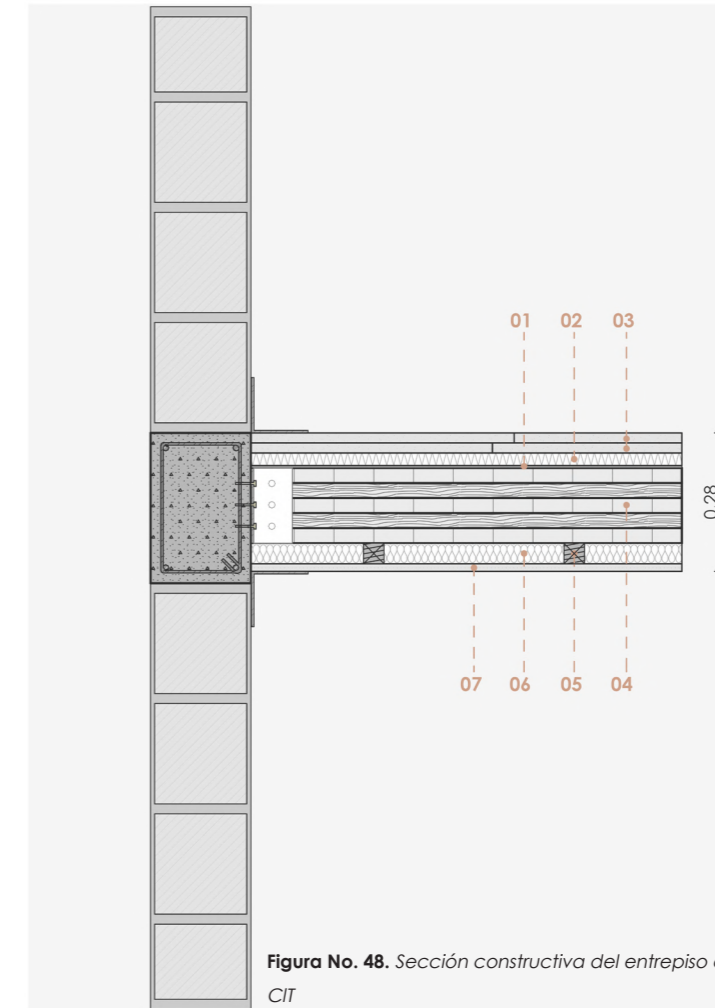


Figura No. 48. Sección constructiva del entresijo con paneles de CLT

Legenda:

- 01. Membrana acústica poliuretano reticulado alta densidad e=2 micrones (27kg/m³)
- 02. Panel de lana de vidrio de alta densidad 25mm (90kg/m³)
- 03. 2x Panel de fibrocemento para entresijo traslapado 20mm c/u (90kg/m³)
- 04. Madera Contralaminada CLT: 5 capas 150mm, 30mm cada capa
- 05. Estructura secundaria madera 41x41mm cada 40cm
- 06. Aislación acústica lana de vidrio 40mm (11kg/m³)
- 07. Plancha yeso cartón RF 15mm

6. STEEL FRAME:

Es un sistema de entramado de acero galvanizado portante, que sus perfiles y ensamblado se realizan en seco. La NEC-SE-AC regula este sistema como una alternativa, que requiere una alta precisión, pero a su vez proporciona una gran resistencia mecánica. Se selecciona por su facilidad de adquisición en el mercado local y su resistencia.

Clasificación: Estructural.

Steel Frame	
Variables	Resultado
Peso Estructural	57.85 kg/m ²
Momento Flector Máximo de Solicitudión	438.1 kg*m/m
Deflexión Máxima 3 m	0.18 cm
Deflexión Máxima 4.5 m	0.89 cm
Peralte Mínimo	14.15 cm
Rendimiento Constructivo	0.80 m ² /h
Aislamiento Acústico	44.45 dB
Cortante Basal Sísmico	27.77 kg/m ²

Tabla No. 18. Resultados de las variables comparativas del sistema Steel Frame

Steel Frame			
Material	Componente	Dimensiones	Espaciamiento
Acero Galv.	Perfilería de borde L	30x30 mm (e=0.9 mm)	
OSB	Tableros superiores (x3)	e = 18.3 mm	
Lana Vidrio	Aislante compacto (alta densidad)	e = 20 mm	
Acero Galv.	Perfil PGC (Viga C)	150x40 1.6 mm	Cada 30 cm
Caucho/EPDM	Banda acústica	e = 5 mm	
Acero Galv.	Perfil Omega	12.5x5 mm	Cada 40 cm
Yeso Cartón	Panel inferior	e = 10 mm	
Lana Vidrio	Aislante acústico	e = 89 mm	

Tabla No. 19. Dimensiones y espaciamento de los componentes del sistema Steel Frame

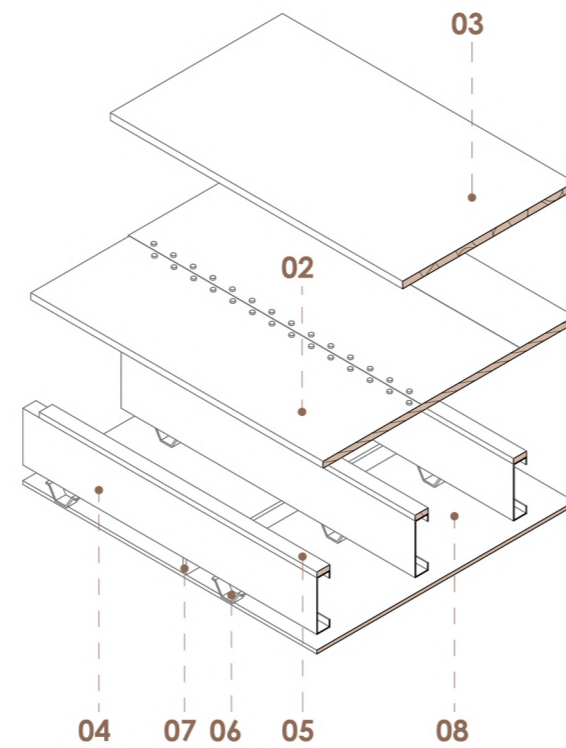


Figura No. 49. Armado de capas en Steel Frame

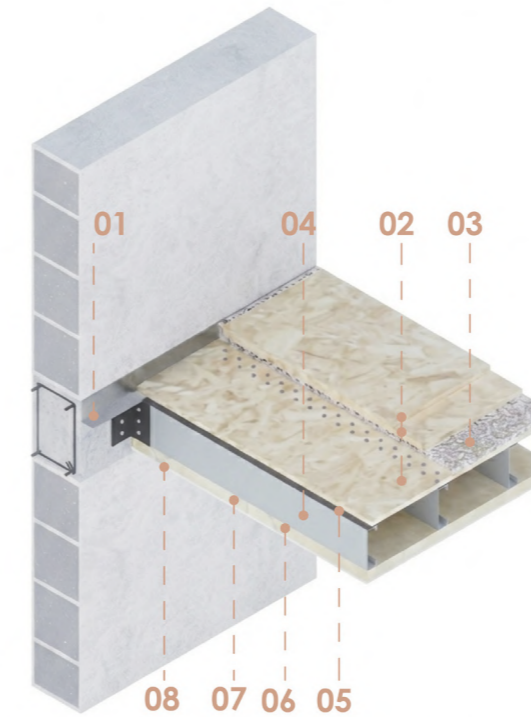
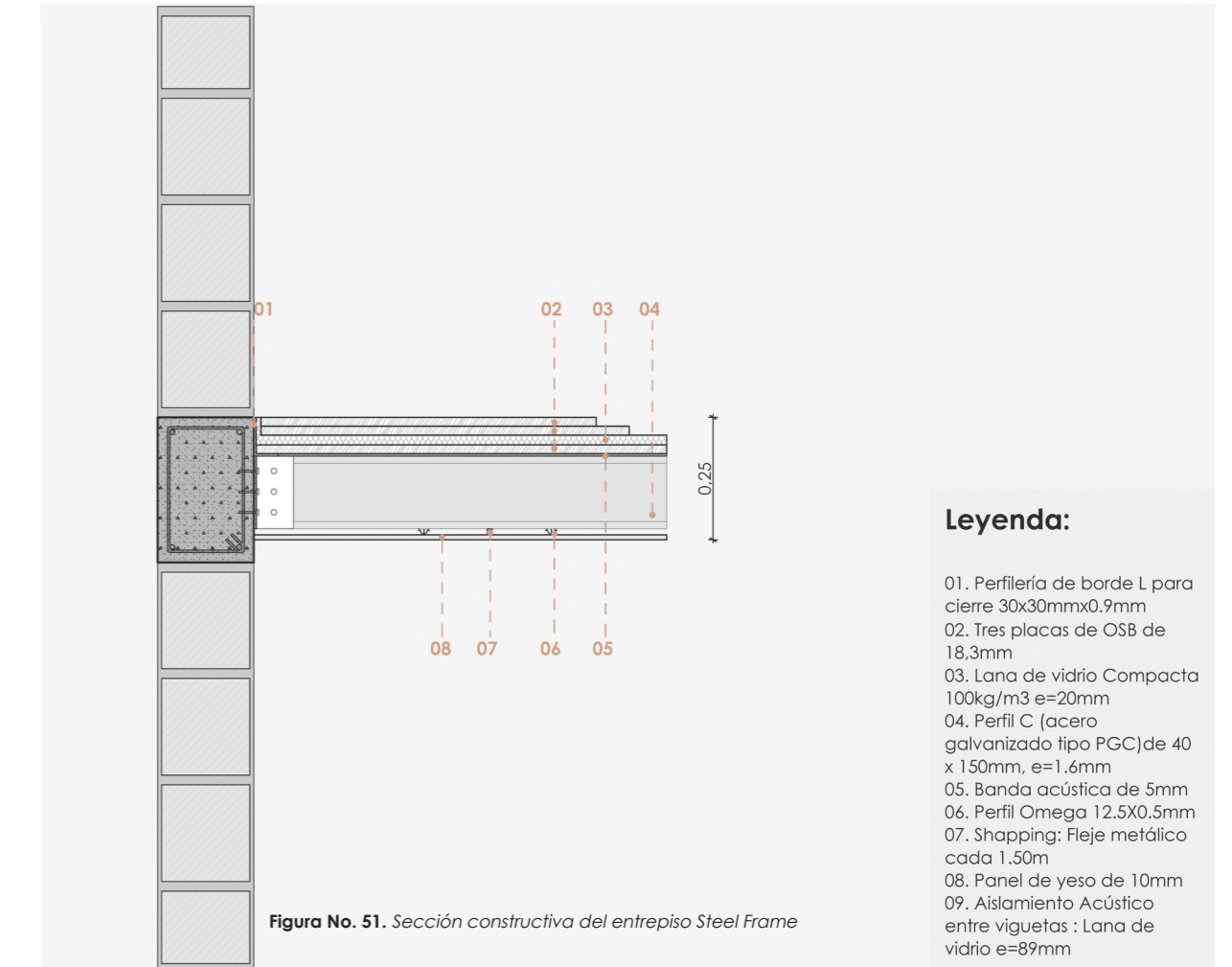


Figura No. 50. Steel Frame construido.



Leyenda:

- 01. Perfilería de borde L para cierre 30x30mmx0.9mm
- 02. Tres placas de OSB de 18,3mm
- 03. Lana de vidrio Compacta 100kg/m³ e=20mm
- 04. Perfil C (acero galvanizado tipo PGC) de 40 x 150mm, e=1.6mm
- 05. Banda acústica de 5mm
- 06. Perfil Omega 12.5X0.5mm
- 07. Shapping: Fleje metálico cada 1.50m
- 08. Panel de yeso de 10mm
- 09. Aislamiento Acústico entre viguetas : Lana de vidrio e=89mm

ENTREPISOS HÚMEDOS:

7. LOSA CON PLACA COLABORANTE:

Es un sistema mixto de acero y hormigón, la NEC-SE-HM lo define como un sistema donde la placa de acero funciona como encofrado y también como un refuerzo positivo de tracción. Se elige como referencia de sistema convencional moderno. Su selección se debe a que es el sistema más aplicado en estructuras metálicas en el Ecuador.

Clasificación: Estructural.

Losa con Placa Colaborante	
Variables	Resultado
Peso Estructural	330.98 kg/m ²
Momento Flector Máximo de Solicitudión	968.22 kg*m/m
Deflexión Máxima 3 m	0.01 cm
Deflexión Máxima 4.5 m	0.05 cm
Peralte Mínimo	12 cm
Rendimiento Constructivo	2.28 m ² /h
Aislamiento Acústico	57.37 dB
Cortante Basal Sísmico	158.87 kg/m ²

Tabla No. 20. Resultados de las variables comparativas del sistema de hormigón armado con placa colaborante.

Losa con Placa Colaborante			
Material	Componente	Dimensiones	Espaciamiento
Acero Gr. 60	Malla electrosoldada	10x10 cm (e = 4 mm)	
Hormigón	Losa de hormigón armado	e = 12 cm	
Acero Galv.	Placa colaborante	e = 0.65 mm	
Acero A36	Vigueta G	200x50x15 (e= 3 mm)	Cada 120 cm

Tabla No. 21. Dimensiones y espaciamiento de los componentes del sistema de hormigón armado con placa colaborante

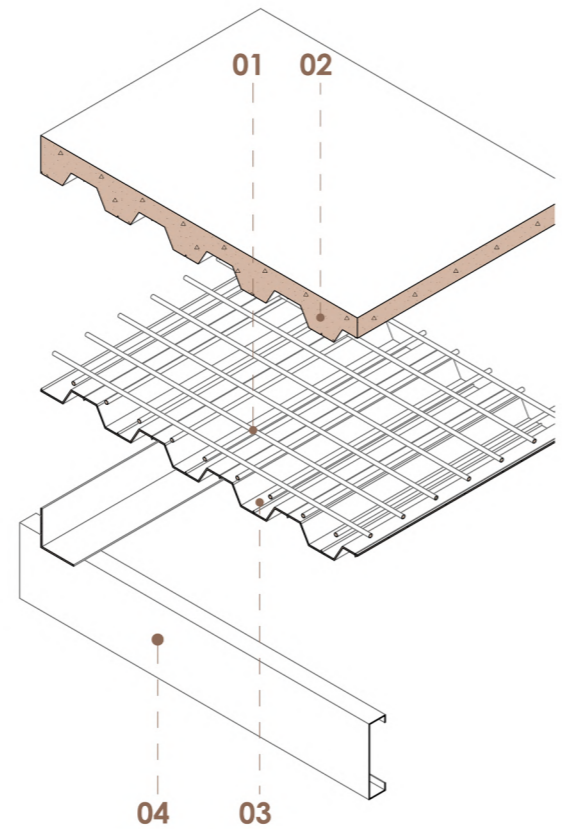


Figura No. 52. Orden de colocación de los elementos en la losa con placa colaborante

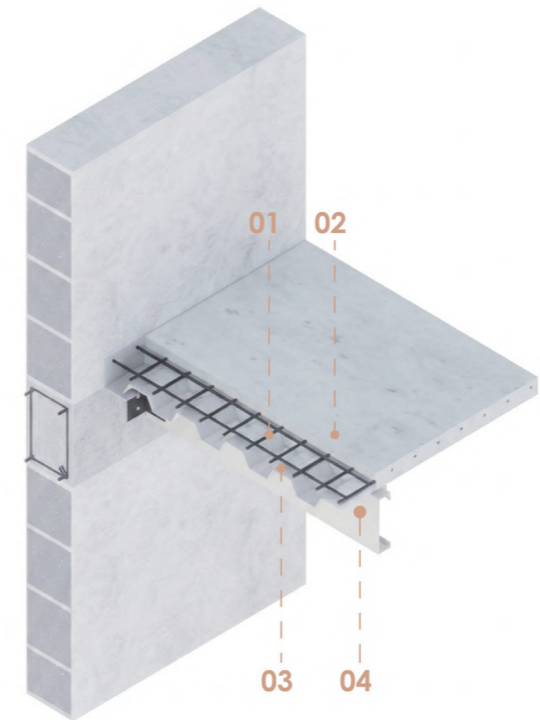
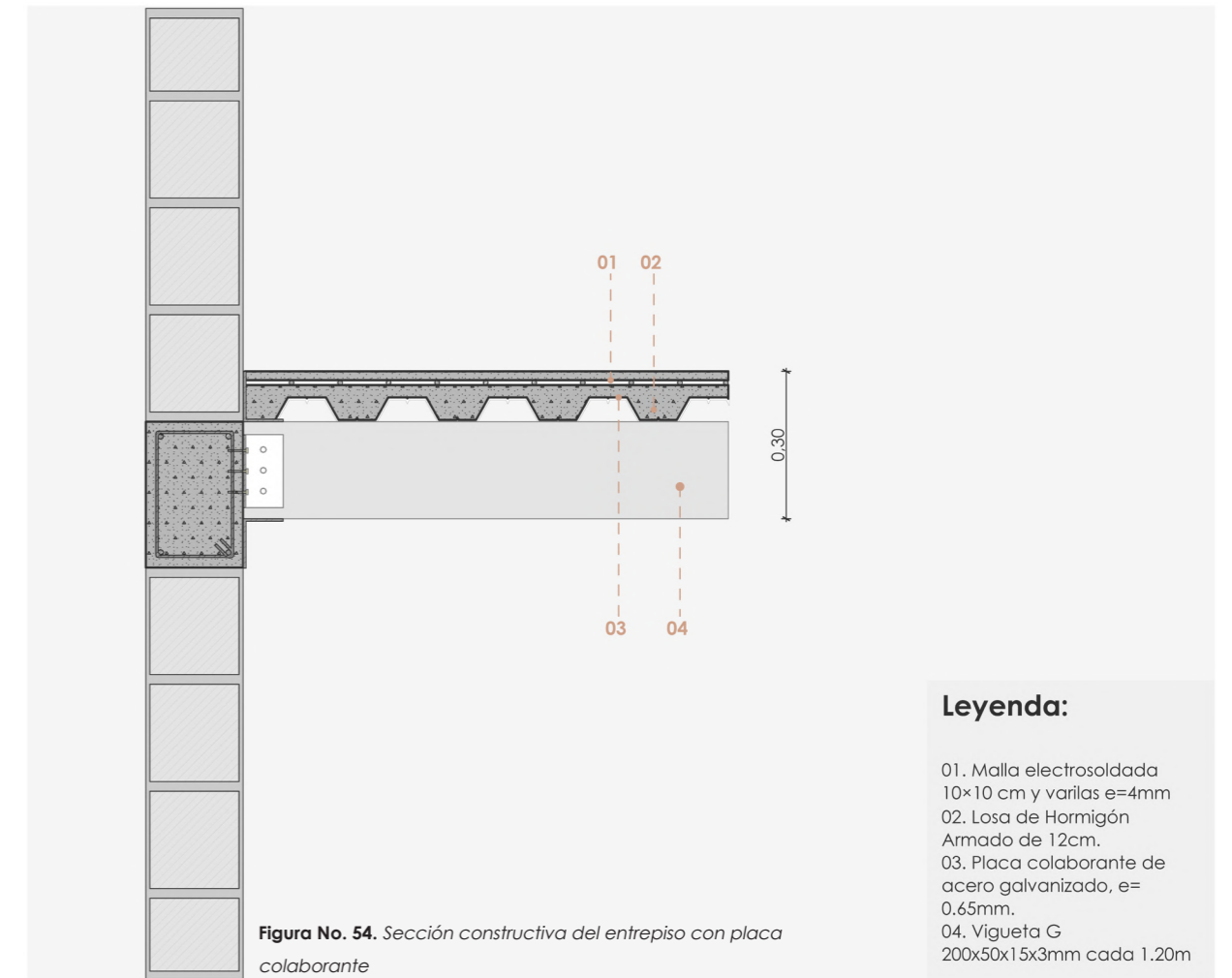


Figura No. 53. Losa con Placa colaborante construida.



- Legenda:**
- 01. Malla electrosoldada 10x10 cm y varilas e=4mm
 - 02. Losa de Hormigón Armado de 12cm.
 - 03. Placa colaborante de acero galvanizado, e= 0.65mm.
 - 04. Vigueta G 200x50x15x3mm cada 1.20m

8. LOSA NERVADA:

La losa de hormigón nervada, usa casetones para evitar el sobredimensionamiento y que el entrepiso sea macizo, de esta manera cumple con la normativa actual. Según la NEC, es el sistema de mayor masa y complejidad constructiva. Se selecciona por ser un sistema tradicional en el contexto ecuatoriano tanto para casas, como para edificaciones en altura que es la manera más común en la que se emplea este sistema.

Clasificación: Estructural.

Losa Nervada	
Variables	Resultado
Peso Estructural	217.80 kg/m ²
Momento Flector Máximo de Solicitudión	633.39 kg*m/m
Deflexión Máxima 3 m	0.01 cm
Deflexión Máxima 4.5 m	0.05 cm
Peralte Mínimo	6.20 cm
Rendimiento Constructivo Promedio + Encofrado	1.15 m ² /h
Aislamiento Acústico	53.74 dB
Cortante Basal Sísmico	104.54 kg/m ²

Tabla No. 22. Resultados de las variables comparativas del sistema de Losa Nervada

Losa Nervada			
Material	Componente	Dimensiones	Espaciamiento
Hormigón Armado	Losa de compresión	e = 5 cm	
Hormigón Armado	Nervios (Viguetas)	10x20 cm	Cada 50 cm
EPS	Bloque (Casetón)	40x40x20 cm	Entre nervios
Acero Gr. 60	Malla electrosoldada	10x10 cm e = 4 mm	
Acero Gr. 60	Refuerzo nervios	Varilla 12 mm + estribos 10 mm	Entre nervios

Tabla No. 23. Dimensiones y espaciamiento de los componentes del Sistema de Losa Nervada

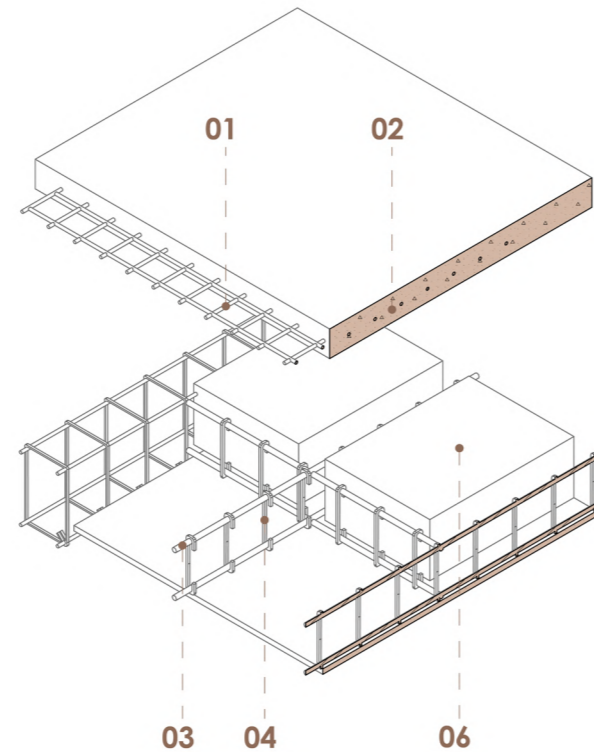


Figura No. 55. Armado de Losa nervada antes de verter hormigón

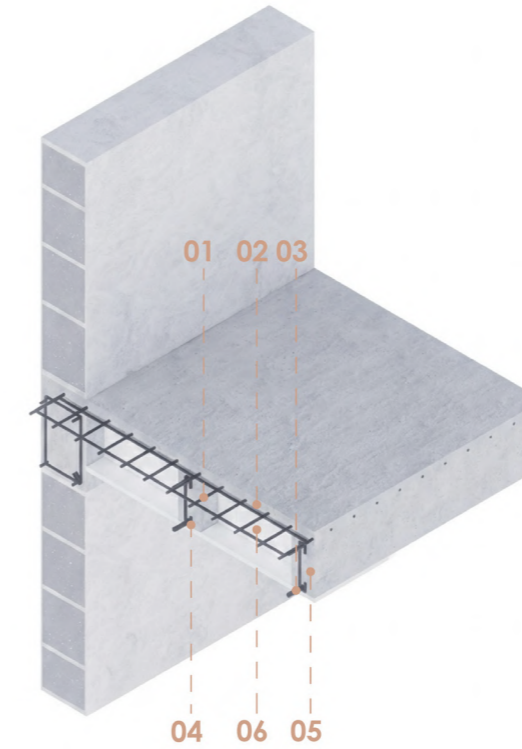


Figura No. 56. Losa Nervada construida.

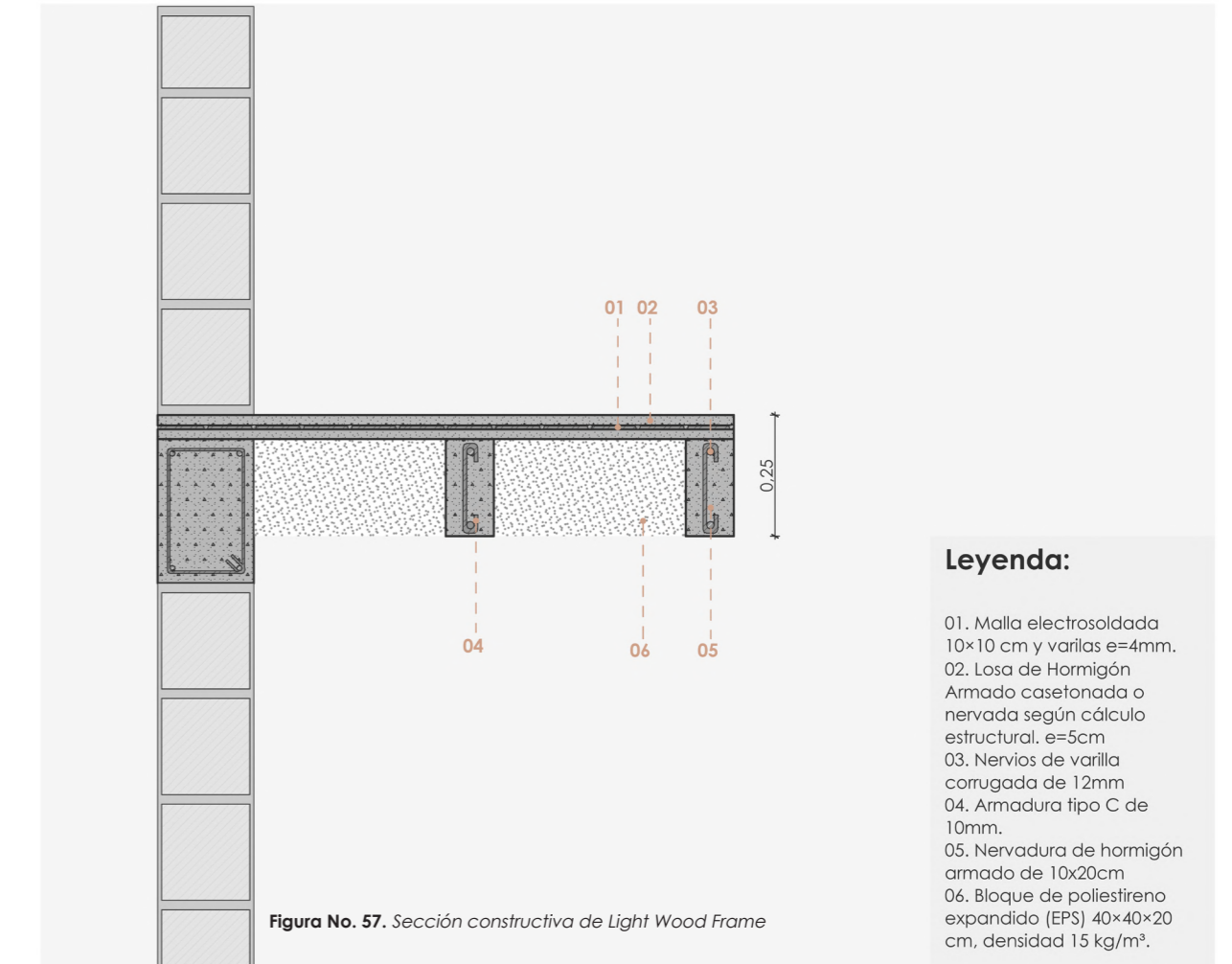


Figura No. 57. Sección constructiva de Light Wood Frame

Legenda:

- 01. Malla electrosoldada 10x10 cm y varillas e=4mm.
- 02. Losa de Hormigón Armado casetonada o nervada según cálculo estructural. e=5cm
- 03. Nervios de varilla corrugada de 12mm
- 04. Armadura tipo C de 10mm.
- 05. Nervadura de hormigón armado de 10x20cm
- 06. Bloque de poliestireno expandido (EPS) 40x40x20 cm, densidad 15 kg/m³.



Figura No. 58. Proceso de construcción en seco con Steel Frame. Nota. Adaptado de Estructura de perfiles de acero para construcción en seco [Fotografía], por Redacción Área Tres, 2022, Revista Área Tres (<https://www.revistaareatres.com>).

TABLA COMPARATIVA									
Sistema de Entrepiso	Función	Peso Estructural (kg/m ²)	Momento Flector Máximo (kg*m/m)	Deflexión Máxima en 3m (cm)	Deflexión Máxima en 4.5m (cm)	Peralte Mínimo (cm)	Rendimiento Constructivo (m ² /h)	Aislamiento Acústico (dB)	Cortante Basal (kg/m ²)
Light Wood Frame	Estructural	45.45	421.36	0.09	4.58	22.33	0.97	43.15	21.82
Platform System	Estructural	70.92	455.74	0.06	0.31	18.25	0.68	47.12	34.04
SIP	Estructural	26.43	395.68	0.02	0.12	12.1	0.88	36.21	12.69
I-Joist	Estructural	93.97	486.86	0.05	0.24	17.4	0.4	49.46	45.11
CLT	Estructural	162.4	579.24	0.01	0.06	8.5	0.56	54.21	77.95
Steel Frame	Estructural	57.85	438.1	0.18	0.89	14.15	0.8	44.45	27.77
Placa Colaborante	Estructural	330.98	968.22	0.01	0.05	12	2.28	57.37	158.87
Losa Nervada	Estructural	217.8	633.39	0.01	0.05	6.2	1.15	53.74	104.54

Tabla No. 24. Desglose comparativo de los sistemas de entrepiso y su comportamiento en cada variable

La tabla comparativa demuestra claramente la versatilidad de todos los sistemas constructivos evaluados. En términos generales, se observa que no existe un sistema de entrepiso sobresaliente, sino que por el contrario cada uno equilibra y compensa sus capacidades de acuerdo a sus materiales y

propiedades físicas; mientras algunos destacan por ser muy ligeros, otros lo hacen por ser rígidos estructuralmente y tener la capacidad de salvar grandes luces.

ANÁLISIS DE DATOS:

Peso estructural:

En el gráfico se observa la gran y evidente diferencia de pesos entre los sistemas convencionales y los prefabricados, donde la línea de referencia en 150 kg/m² permite dividir claramente a los sistemas de entrepiso secos en ligeros o medios y a los sistemas de entrepiso húmedos en pesados. Los valores más bajos, como en el caso del SIP y Light Wood Frame, llegan a

representar una ventaja en términos de cimentación sobre los demás sistemas, ya que, al ser estructuras ligeras no necesitan un sobredimensionamiento para sus bases. Por el contrario, la Losa nervada y Placa colaborante, al ser sistemas pesados, llegan a multiplicar por seis el peso sobre la estructura en relación a los sistemas más ligeros, definiendo una carga muerta que impacta directamente en la magnitud de los elementos de soporte.

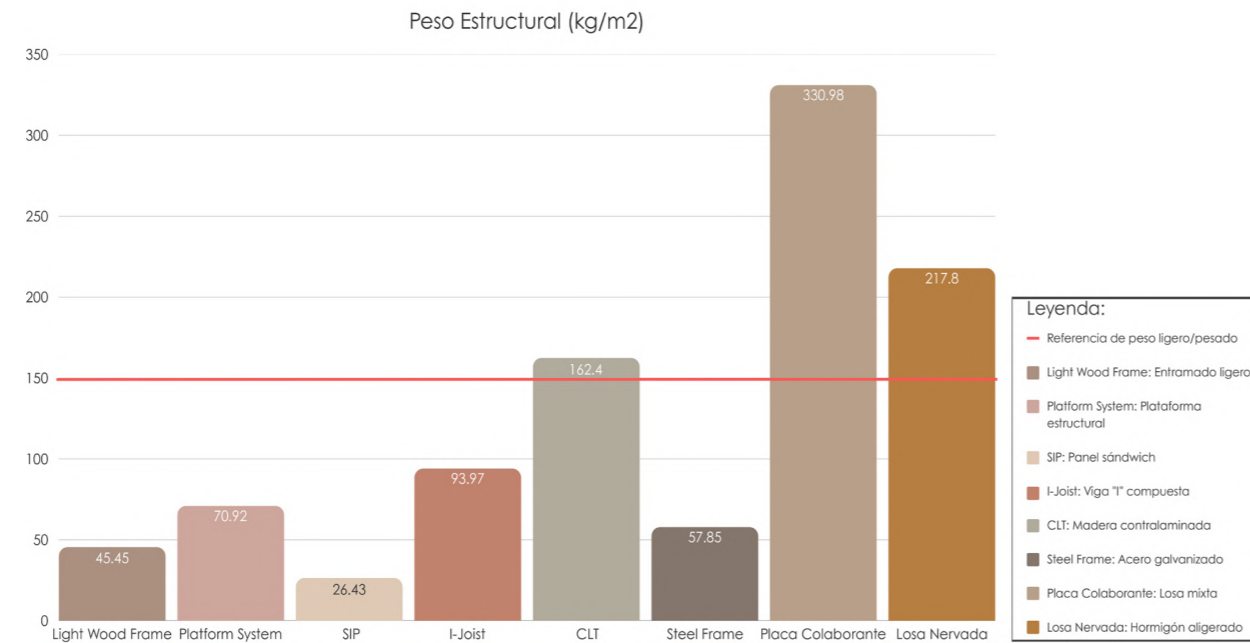


Figura No. 59. Comparativa por pesos estructurales

Momento flector máximo de solicitud:

En cuanto al momento flector máximo los sistemas secos mantienen un desempeño estructural similar con valores situados por debajo de la línea de referencia de los 500 kg*m/m (fuerza de flexión sobre cada m), lo que indica una respuesta mecánica eficiente para cargas estándar sin necesidad de sobredimensionar los elementos. Bajo este principio, sistemas como el

SIP, Light Wood Frame y Steel Frame demuestran un equilibrio entre bajo peso y resistencia. Sin embargo, el comportamiento de la Losa nervada y la Placa colaborante sobresale ampliamente, superando los 800 kg*m/m; esto no representa una ventaja operativa, sino que evidencia la alta demanda de esfuerzos internos provocada por su propia masa.

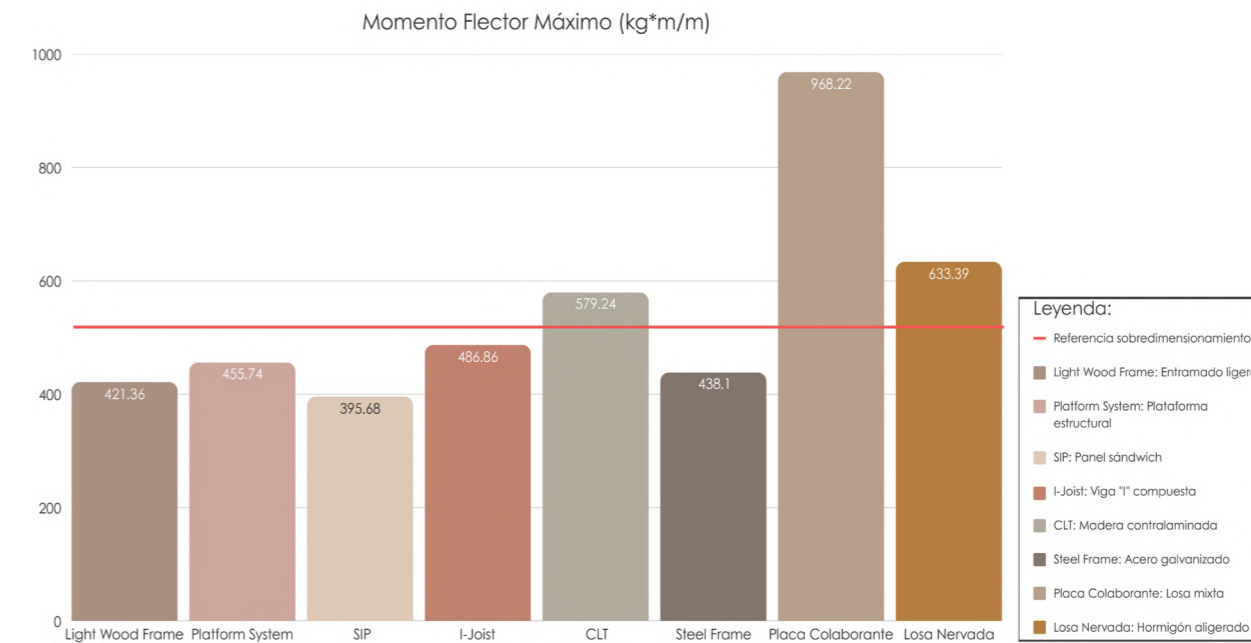


Figura No. 60. Comparativa del Momento Flector en su punto crítico



Figura No. 61. Prefabricación con paneles CLT. Nota. Obtenido de Montaje de estructura en madera contralaminada (CLT) [Imagen], por LEVER Architecture, 2023, ArchDaily en Español (<https://www.archdaily.cl/cl/997631/50-proyectos-que-muestran-el-auge-de-la-construccion-de-madera-contralaminada>).

Deflexión máxima:

En este gráfico se pueden observar los puntos más críticos para la integridad de la edificación, identificando qué sistemas son aptos para determinadas luces mediante la línea de referencia de deflexión máxima admisible. El Light Wood Frame muestra un comportamiento preocupante al pasar de 3m a 4.5m, donde su deflexión se dispara por encima

del límite establecido, situándose en la zona de riesgo estructural. En contraste, la mayoría de los sistemas se mantienen por debajo de la línea de referencia, se destaca el CLT, la Placa Colaborante y la Losa Nervada, sus valores cercanos a cero demuestran una estabilidad y rigidez superior ante la deformación, garantizando la seguridad en luces mayores.

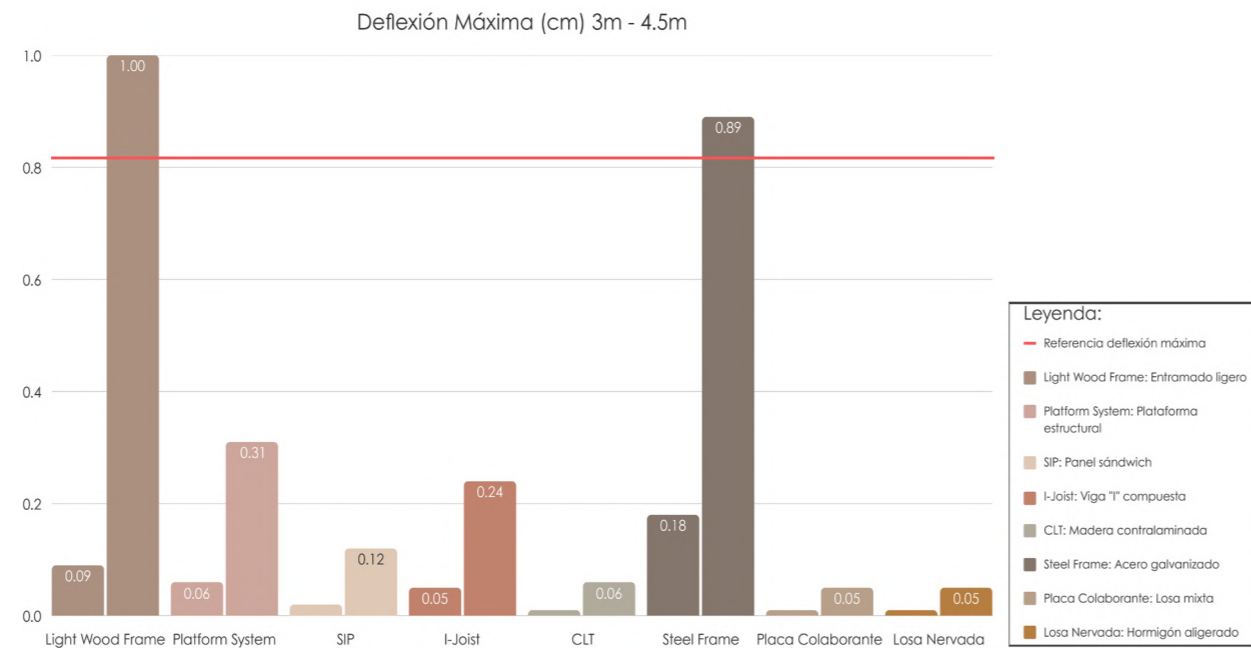


Figura No. 62. Mayor Deformación en Luces de 3m y 4.5m

Peralte mínimo:

En este gráfico se establece una relación directa para elegir entre simplicidad arquitectónica o rendimiento estructural. Los valores que se sitúan por debajo de la línea de referencia de 18 cm, como el sistema CLT o la Placa Colaborante, representan una ventaja en cuanto a diseño, ya que, un peralte menor lo hace optimizar el espacio libre y simplifica la gestión de

las alturas totales del edificio. Por otro lado, sistemas que alcanzan o superan este valor como el Light Wood Frame o el I-Joist, aumentan la complejidad del diseño de los pisos, pero proporcionan una inercia significativamente mayor a la estructura. Este peralte superior permite cubrir luces más grandes y ofrece una ventaja funcional estratégica, ya que facilita el paso de instalaciones por el interior del alma de las vigas sin sacrificar la rigidez del conjunto.

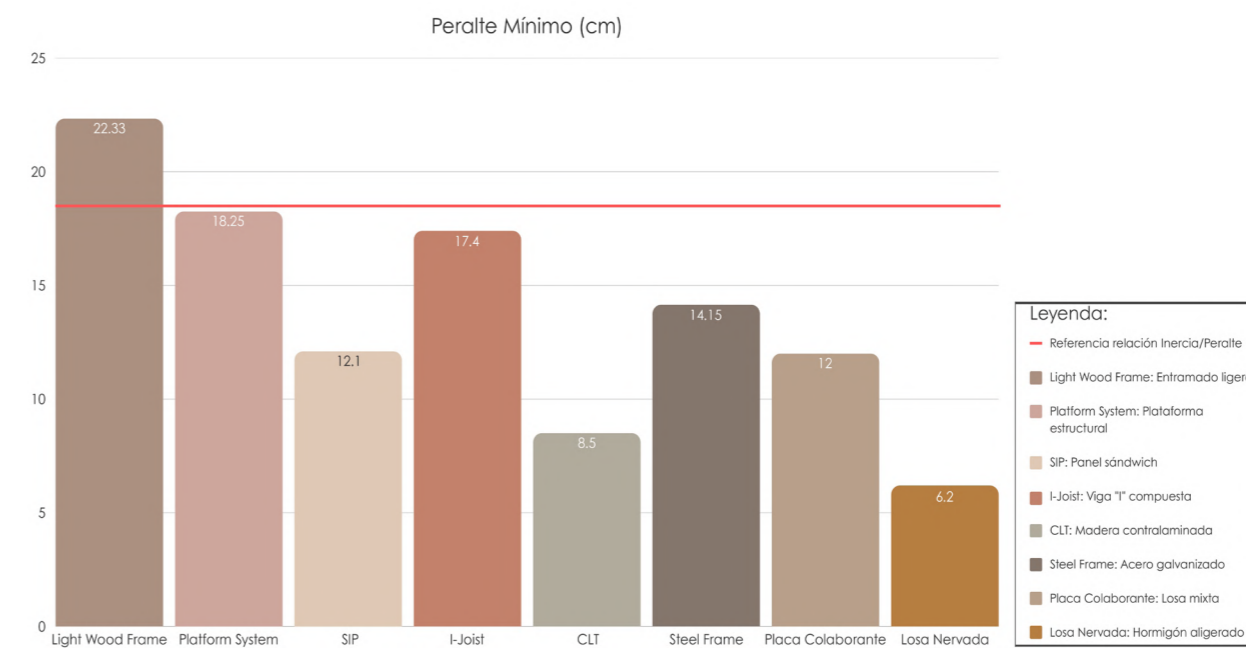


Figura No. 63. Peralte mínimo de seguridad

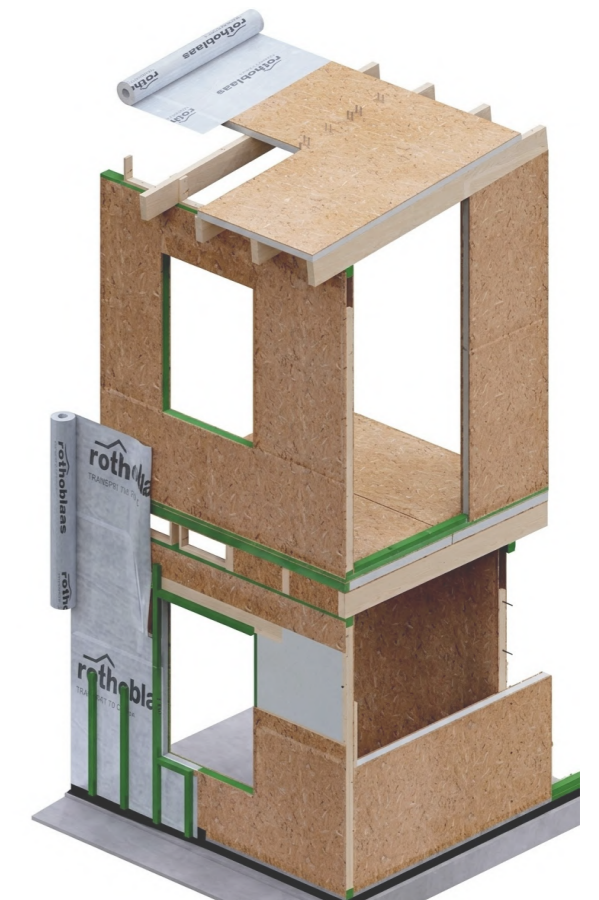


Figura No. 64. Construcción en seco con paneles SIP. Nota. Adaptado de Esquema de sistema constructivo SIP [Imagen], por Sipcor, s.f., Sipcor (<https://sipcor.com.ar/sistema-sipcor/>).

Rendimiento Constructivo:

Este gráfico mide la eficiencia del rendimiento constructivo, donde un valor más alto representa una mayor eficiencia en relación al precio total y horas invertidas para la ejecución de un m2. Bajo este enfoque de alta productividad, la línea de referencia separa a los sistemas húmedos con un mejor rendimiento frente a los sistemas secos. El sistema de Placa Colaborante y la Losa Nervada

se posicionan como los que registran los valores más altos, lo que quiere decir que la relación de transporte, mano de obra y costo de materiales para hacer un m2 es muy buena. Por el contrario, sistemas secos como el I-Joist, CLT y Platform System, registran los valores más bajos debido a que son más costosos. Esto indica que los sistemas húmedos en relación a los secos, requieren menos recursos económicos en mano de obra para completar la misma unidad de área sin tomar en cuenta los tiempos de fraguado.

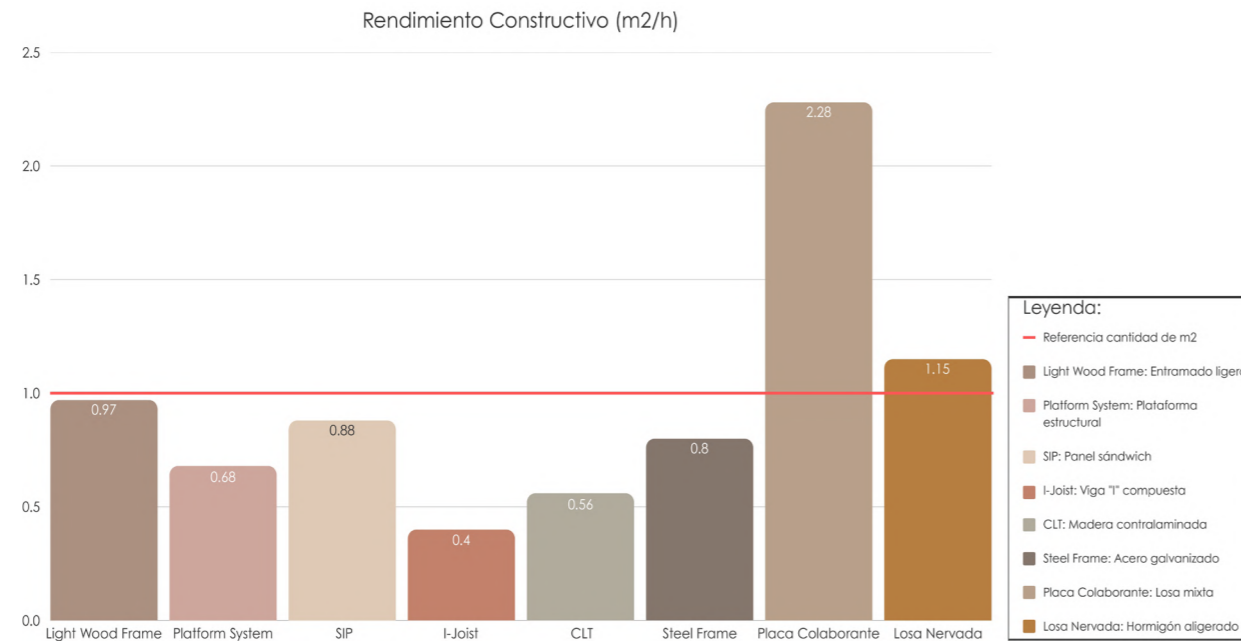


Figura No. 65. Tiempo de construcción

Aislamiento acústico:

A diferencia de los anteriores gráficos, en este los valores altos son positivos porque demuestran una mayor capacidad de reducción de ruido. La línea de referencia de los 45 dB establece un parámetro para una clasificación de confort acústico muy buena, donde sistemas como el CLT, la Placa Colaborante y la Losa Nervada sobresalen

ampliamente al situarse en el rango de los 54 a 57 dB. En contraste, el sistema SIP registra el punto más bajo del análisis, quedando significativamente por debajo de la línea de referencia; su limitada masa física permite que el ruido aéreo se transmita con mayor facilidad, evidenciando que los sistemas más ligeros requieren de tratamientos adicionales para alcanzar estándares óptimos de aislamiento acústico.

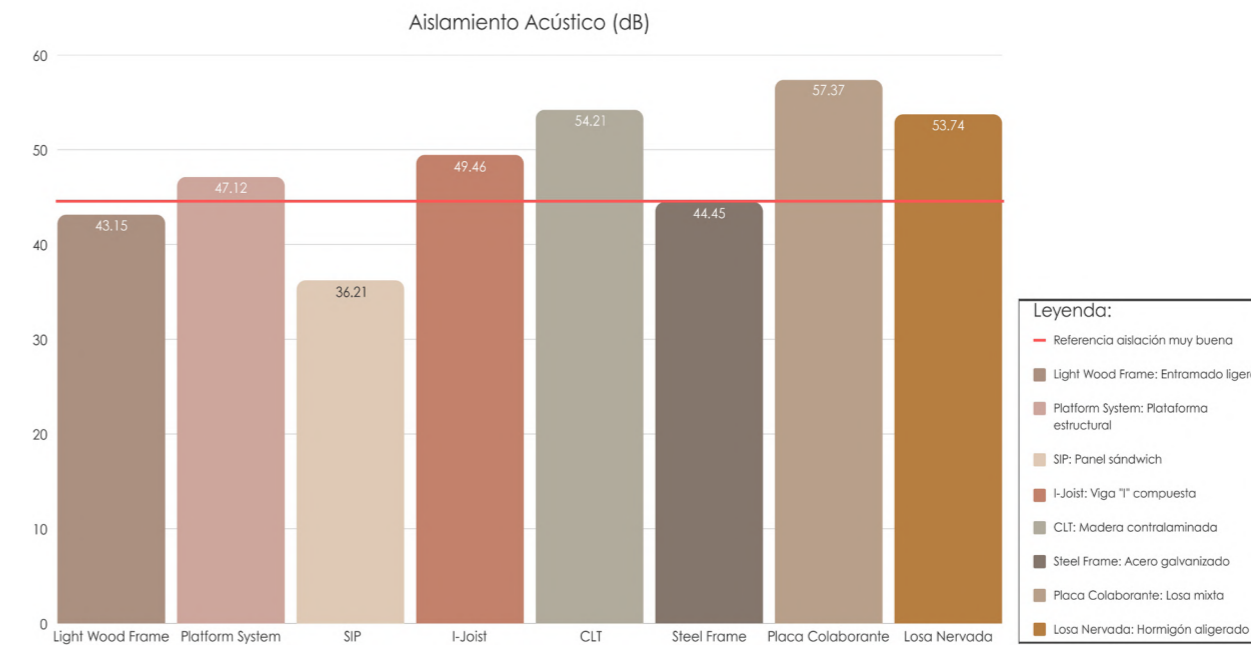


Figura No. 66. Capacidad de pérdida de ruido

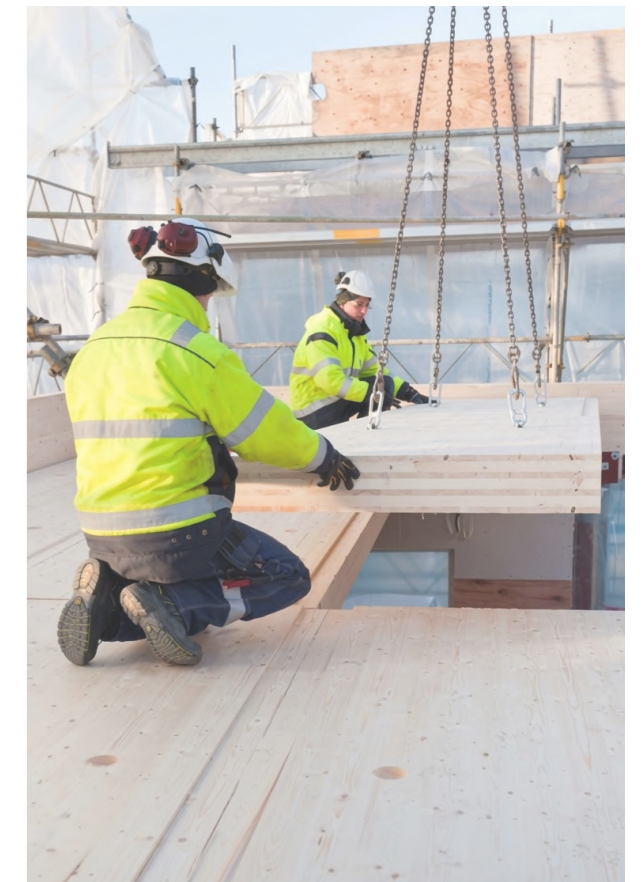


Figura No. 67. Colocación de paneles CLT para pisos. Nota. Adaptado de *The CLT Handbook: CLT structures – facts and planning* (p. 4) [Fotografía], por Swedish Wood, 2019, Föreningen Sveriges Skogsindustrier (<https://www.swedishwood.com/>).

Cortante basal sísmico:

Este gráfico es fundamental para el análisis de riesgos, siguiendo el principio de que la fuerza sísmica es proporcional a la masa del edificio. Bajo la línea de referencia de inercia mínima situada en los 50 kg/m², los valores de sistemas como el Steel Frame, Light Wood Frame y especialmente el SIP son óptimos; al ser sistemas livianos, las fuerzas de inercia que

se generan en un sismo sobre ellos son mínimas, reduciendo drásticamente el riesgo de un posible colapso y permitiendo estructuras de soporte más esbeltas. Por otro lado, la Placa Colaborante y la Losa Nevada presentan la situación más desfavorable al superar ampliamente el parámetro de referencia, debido a que su elevada masa significa que tiene fuerzas laterales masivas durante un evento telúrico.

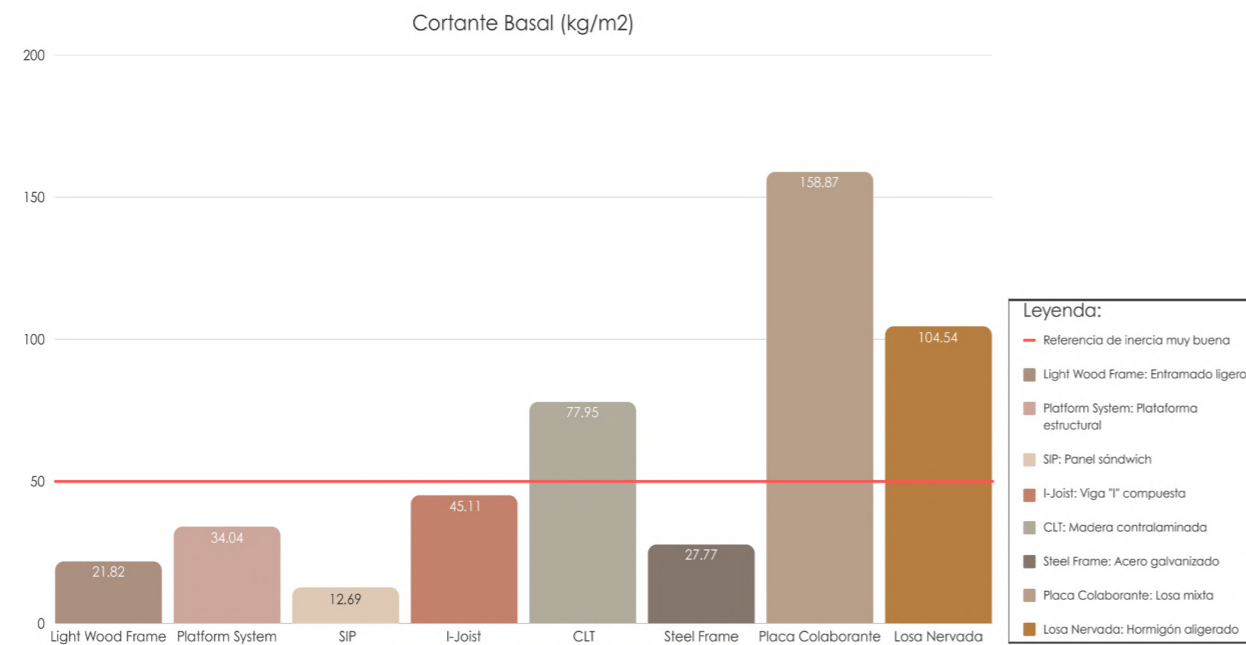


Figura No. 68. Análisis del Cortante Basal Sísmico

En el contexto de la región Sierra, la seguridad sismorresistente está directamente ligada a la masa de la edificación, siguiendo los principios de la dinámica estructural que indican que, a menor masa, menor es la fuerza cortante basal inducida por un sismo. Los resultados obtenidos demuestran que sistemas de entresijos secos como el Steel Frame y el Light Wood Frame, reducen la fuerza lateral sísmica en aproximadamente un 80% en comparación con la Losa Nevada de hormigón. Contar con un sistema de entresijo seco no sólo mitiga el riesgo de colapso, sino que permite un diseño de cimentaciones y elementos de soporte mucho más esbeltos y económicos, evitando el sobredimensionamiento propio de los sistemas convencionales.

Por otro lado, desde la perspectiva de la eficiencia constructiva, el rendimiento de los sistemas húmedos convencionales demuestra una ventaja evidente en el mercado, la accesibilidad y el bajo costo de sus materiales logran hacer que estos sistemas sean la opción más económica en términos de inversión inicial directa. Los sistemas secos prefabricados como el CLT o I-Joist, registran un rendimiento más bajo, y también se debe considerar que las estructuras secas enfrentan retos de aislamiento y rigidez en luces mayores a 3 m. A partir de los datos obtenidos, se observa que todos los entresijos se destacan en ciertas áreas y carecen de ventajas en otras. Los entresijos húmedos, debido a su rendimiento, resultan económicamente más

rentables en el presupuesto inicial de materiales, siendo esta la razón principal por la que predominan hasta el día de hoy en el mercado local. Sin embargo, se deben considerar los beneficios que brinda un entresijo seco; aunque su costo de adquisición es más alto, al no requerir procesos de fraguado y evitar cimentaciones sobredimensionadas debido a su bajo peso, el valor económico global puede llegar a equipararse bajo estas condiciones. Por encima de la variable económica, los sistemas secos destacan de manera crucial en la seguridad que ofrecen ante movimientos telúricos, que es un factor indispensable para mitigar el riesgo estructural en la región Sierra del Ecuador, la cual se encuentra expuesta a una alta peligrosidad sísmica.

Respuesta a la Pregunta de Investigación: Los sistemas de entresijos secos representan una alternativa viable frente a los sistemas convencionales de hormigón en viviendas unifamiliares en la Sierra del Ecuador. No representan una alternativa viable a día de hoy, debido a que los entresijos húmedos son económicamente más rentables por su rendimiento, y esto es algo que en nuestro país se refleja por su economía actual y que no es tan industrializado como países de primer mundo. Aunque en temas de seguridad los entresijos secos son la mejor opción, porque brindan mejores condiciones estructurales en viviendas ante un sismo, reduciendo drásticamente la masa

muerta de la estructura y, por ende, las fuerzas inerciales que se producen, un factor crítico para mitigar el riesgo de colapso de la estructura.

Validación de la Hipótesis: La hipótesis es válida hasta cierto punto al confirmar que los entresijos secos optimizan el desempeño estructural y son ampliamente superiores en cuanto a sismorresistencia para viviendas al minimizar las fuerzas de inercia sísmica. Sin embargo, no superan a los sistemas húmedos en cuanto al rendimiento, siendo esta la razón por la que actualmente se prefiere construir de forma convencional. A pesar de esto, los sistemas secos representan un avance tecnológico más coherente con la realidad ambiental de la zona y con la necesidad de implementar una construcción que sea amigable con el medio ambiente al no producir una alta huella de carbono para la construcción de viviendas unifamiliares continuas en la región Sierra.

PROPUESTA Y APLICACIÓN DE DISEÑO
DE ENTREPISO SECO

04

4.1 DEFINICIÓN Y CONFIGURACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

A partir de las conclusiones que se obtuvo de la comparativa técnica, se plantea diseñar un sistema de entrepiso seco. El objetivo principal de esta propuesta es utilizar materiales accesibles, sostenibles y disponibles en el medio local, de esta manera se da respuesta con una alternativa que evite la dependencia de materiales convencionales de alto impacto ambiental como el hormigón. En este contexto, la madera se selecciona como el material base debido a su abundancia en la zona, su facilidad de adquisición y su adecuada densidad para aplicaciones estructurales.

Se eligió la viga I-Joist debido a que, si bien no es un entrepiso que destaque de forma aislada en una sola categoría, es un sistema sumamente eficiente y constante que se mantiene siempre en rangos aceptables o muy buenos frente a otras alternativas.

Tras el análisis, se observó que otros entrepisos más ligeros presentaban una deflexión mayor, o que sistemas con un buen comportamiento acústico y aptos para luces de 4.5m o más, jugaban en contra en el cortante basal sísmico, obligando a un sobredimensionamiento estructural. Por ello, se seleccionó como el sistema más adecuado para garantizar la seguridad y funcionalidad, que son los aspectos en los que los sistemas en seco marcan una diferencia.

Estructura portante: La columna vertebral del sistema consiste en un Entrepiso Mixto "I", una solución híbrida diseñada para optimizar el desempeño estructural y funcional. Esta viga utiliza un alma de doble placa de OSB de 18.3 mm en los extremos divididos en cuartos (1/4), donde los esfuerzos de cortante y momento flector requieren mayor solidez, mientras que en la parte central se transiciona hacia una configuración de cercha o alma abierta con diagonales y montantes de pino.

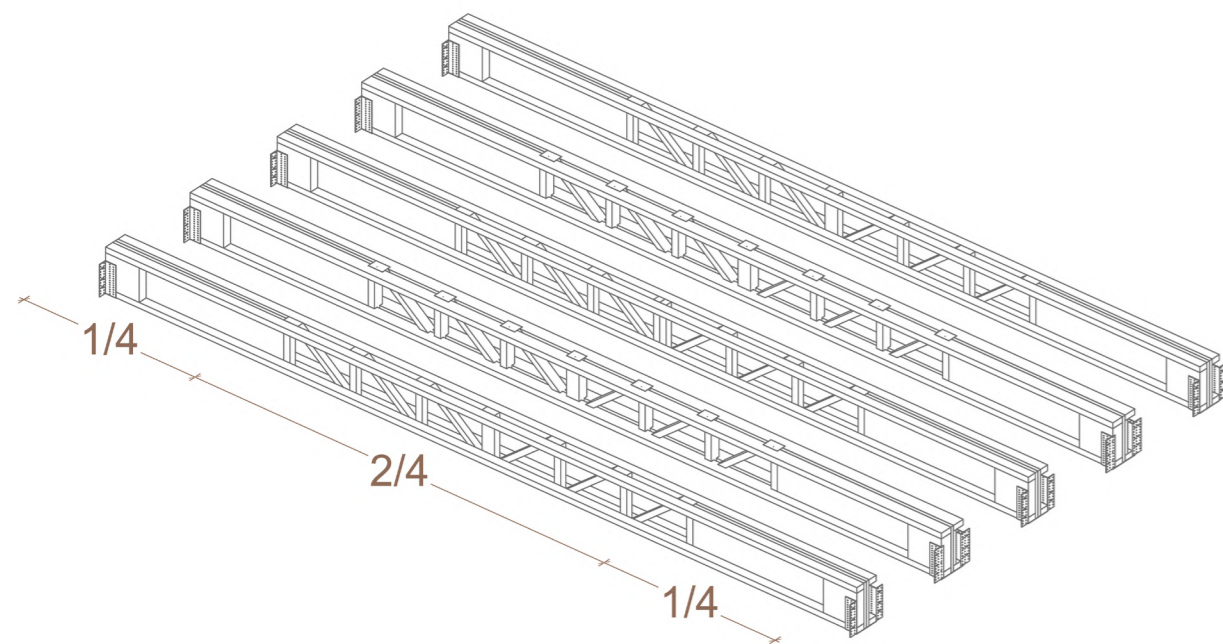


Figura No. 69. Esquema de divisiones en la viga mixta

Esta zona central es estratégica, porque su diseño de celosía permite el paso fluido de instalaciones hidrosanitarias y eléctricas sin comprometer la sección transversal. Las vigas se disponen paralelamente con una separación de 60 cm entre ejes, optimizando la capacidad del diafragma y estandarizando los apoyos superiores.

Capacidad de prefabricación y ensamblaje: El sistema ha sido diseñado para una producción industrializada en taller y un armado secuencial en obra. La estandarización del Entrepiso Mixto "I" y sus conexiones (pernos hexagonales y tornillería de alta resistencia) permite un montaje en seco sumamente rápido. La eficiencia del sistema radica en que, a diferencia de otros entrepisos ligeros que presentan deflexiones críticas en luces mayores, esta configuración mantiene una estabilidad superior y un control de vibraciones constante, sin afectar al peso estructural.

Composición de capas y distribución de cargas: En lugar de sistemas masivos pesados, el diafragma se consolida mediante un sándwich técnico. Sobre la estructura de vigas se fija un tablero estructural de OSB de 15.1 mm, que sirve de base para una capa de fieltro reciclado, la cual es fundamental para el control acústico. El sistema se cierra con tirillas de pino cada 40 cm y un tablero estructural superior de OSB de 18.3 mm, creando un conjunto rígido pero ligero sin generar el sobrepeso propio de los sistemas húmedos.

La selección de materiales para el sistema de entrepiso seco en la región Sierra, responde a criterios de disponibilidad local, desempeño técnico y sostenibilidad ambiental, buscando alternativas que reduzcan la huella de carbono y contribuyan al reciclaje.

Materiales Estructurales:

Madera de Pino: Se utiliza para los patines (alas) de 5x5 cm, diagonales y viguetas. Su abundancia local garantiza costos bajos y su excelente relación resistencia/peso es clave para minimizar el cortante basal sísmico.

Tableros de OSB: Utilizados en doble placa para el alma de las vigas y como superficies de arriostamiento horizontal. Es un material de alta disponibilidad que permite un diafragma rígido y estable.

Perfilería de Acero y Anclajes: Se incorporan perfiles de anclaje metálico (tipo BSIG) y pernos expansivos con anclaje químico viniléster para la conexión con la estructura principal de la edificación, garantizando una unión segura y calculada.

Planchas de Fibrocemento: Reservadas para áreas húmedas como baños y cocinas por su alta resistencia al agua, asegurando la durabilidad ante posibles filtraciones.

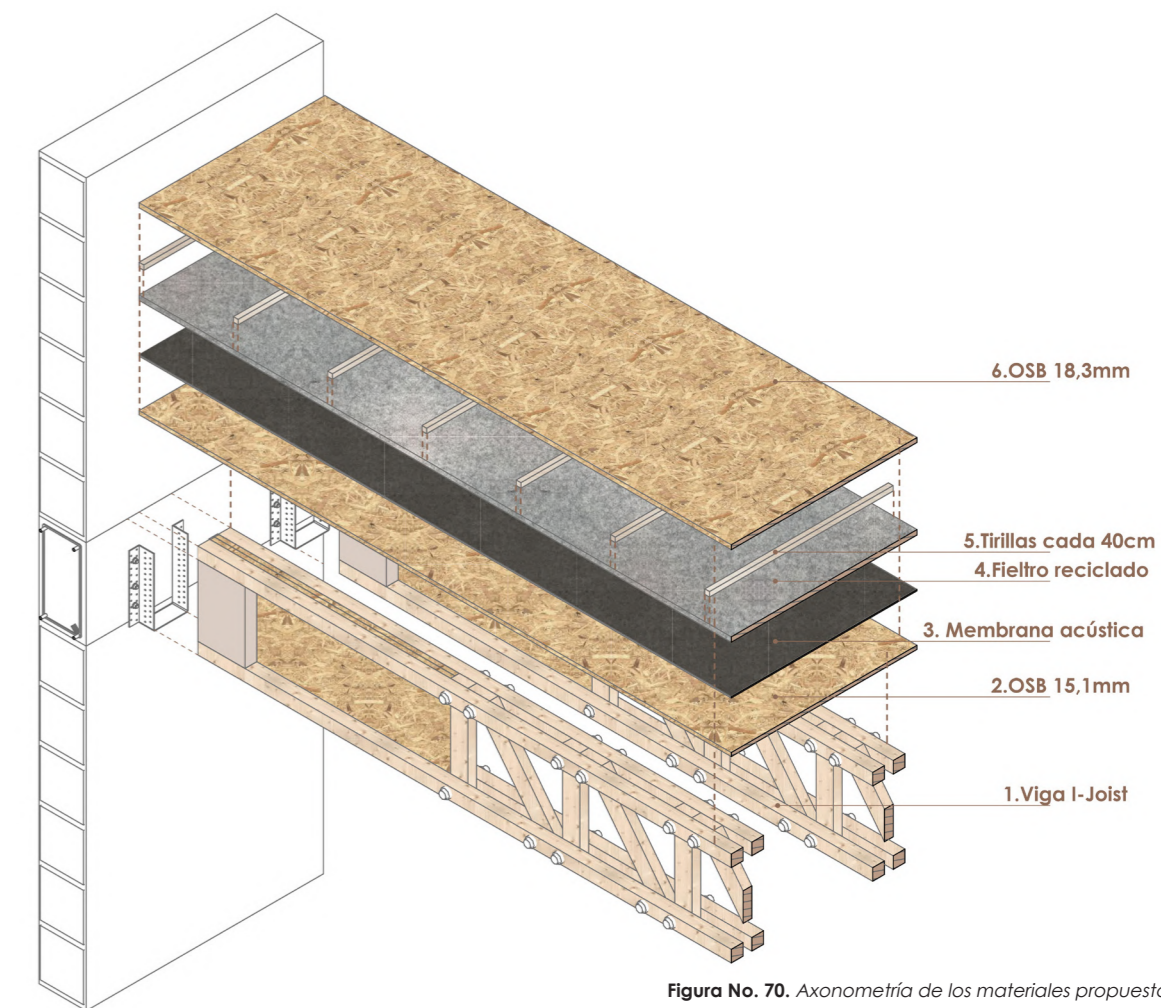


Figura No. 70. Axonometría de los materiales propuestos

Materiales Acústicos y de Aislamiento:

Filtro Reciclado de Alta Densidad (1500 g/m²): Es el núcleo del aislamiento acústico. Este material, compuesto por fibras textiles recuperadas, actúa como una capa resiliente que absorbe la energía del impacto y reduce la transmisión aérea (dB). Su uso mitiga el principal punto débil de los sistemas ligeros, aportando masa técnica sin peso excesivo.

Espuma de Polietileno (Membrana acústica): Una barrera de 5 mm que complementa al filtro, interrumpiendo puentes acústicos y vibraciones entre las capas rígidas del entrepiso.

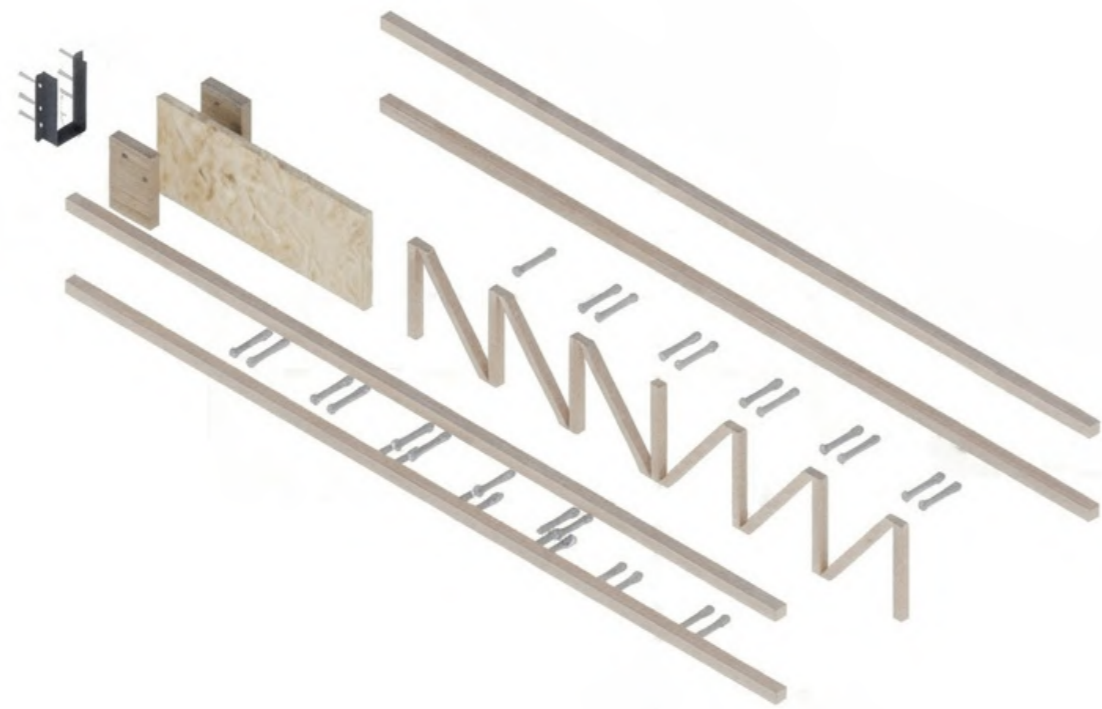


Figura No. 71. Despiece de la viga mixta

Propuestas preliminares:

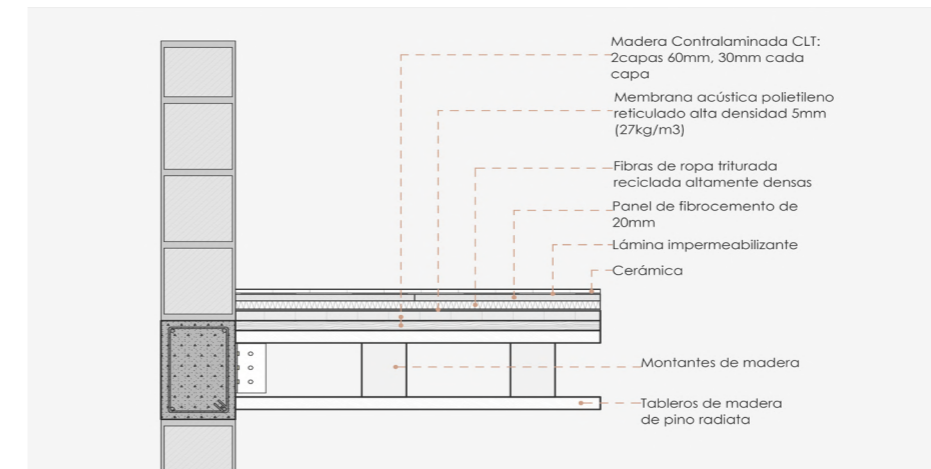


Figura No. 72. Entrepiso con montantes y CLT

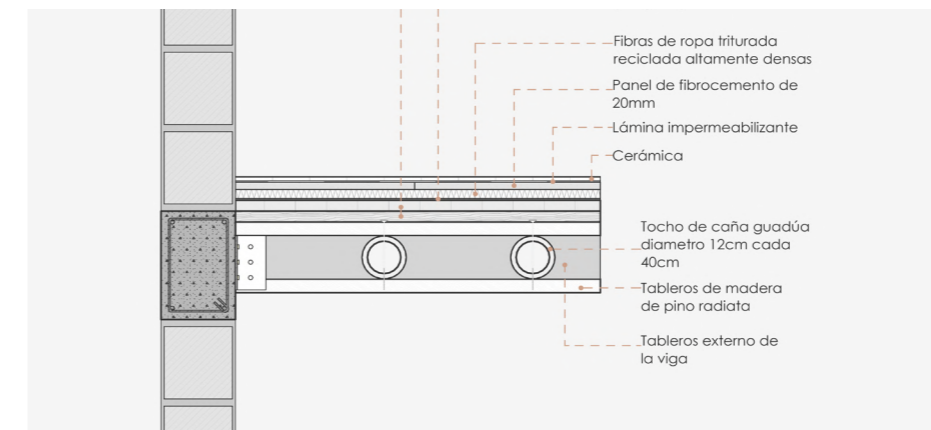


Figura No. 73. Entrepiso con tochos de caña guadua para el paso de instalaciones

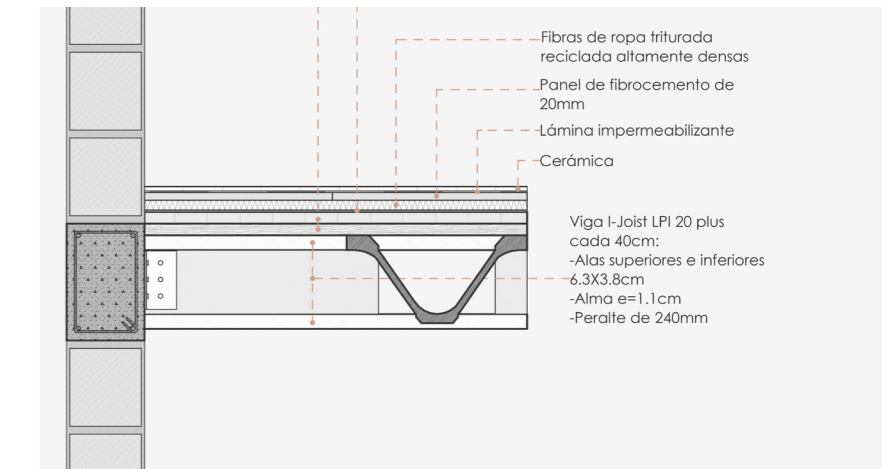


Figura No. 74. Viga con perfiles de acero galvanizado tipo easi-joist

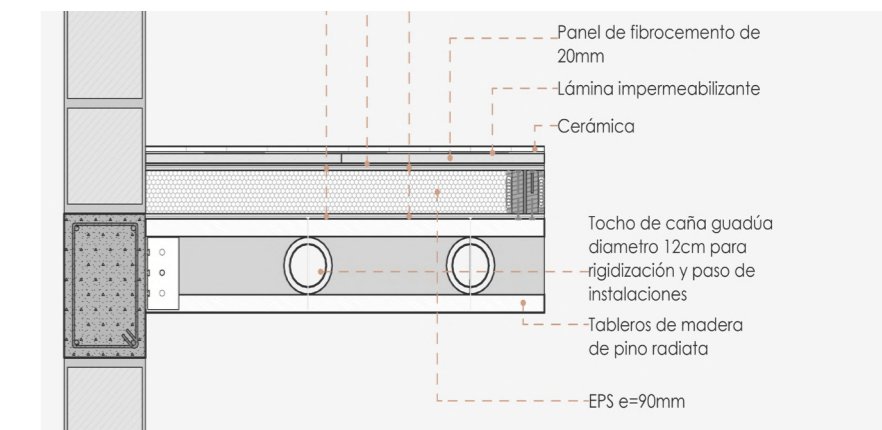


Figura No. 75. Entrepiso con tochos de caña guadua y paneles

DISEÑO:

El diseño de este sistema se basa en una estructura híbrida de alta eficiencia, denominada Entrepiso Mixto "I", su diseño se fundamenta en las investigaciones de Francisco Coronel, et al., (2018) y Pedro Samaniego, et al., (2021). El diseño ha sido resuelto y optimizado para ofrecer un rendimiento constante en todas las variables de resistencia estructural.

La estructura principal de la viga utiliza un predimensionamiento estratégico que divide la luz en tres partes: los extremos cuentan con un alma de doble placa de OSB de 1/4 de la viga, para resistir los máximos esfuerzos de corte, mientras que el tercio central se configura como una cercha o alma abierta de madera de pino. El diafragma se consolida mediante un sándwich técnico de tableros de OSB y capas de aislamiento acústico, logrando un sistema ligero, funcional y altamente eficiente para luces amplias.

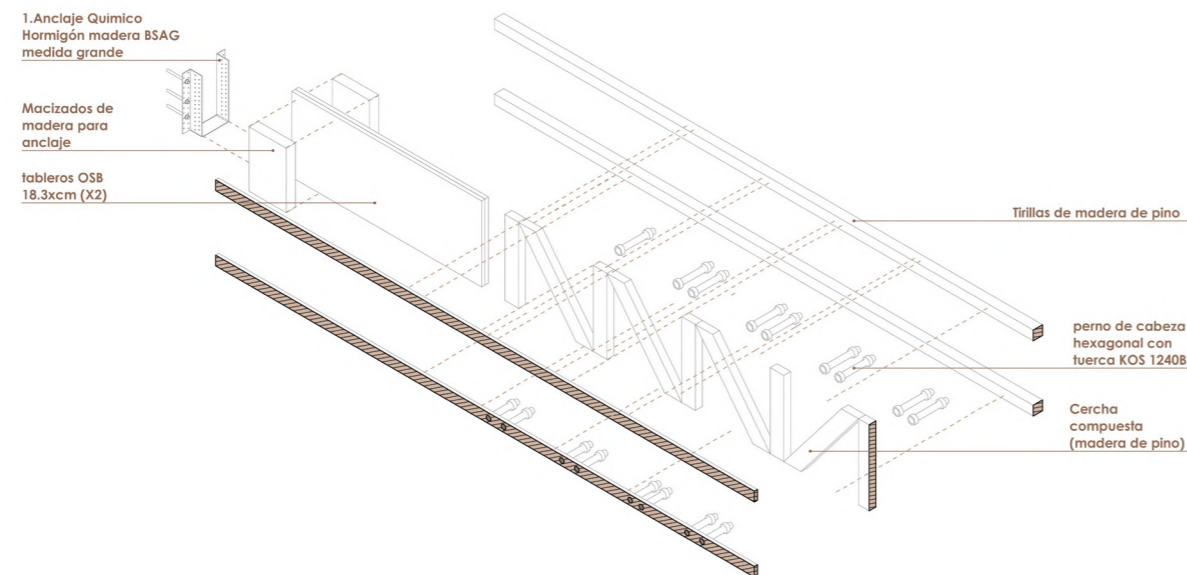
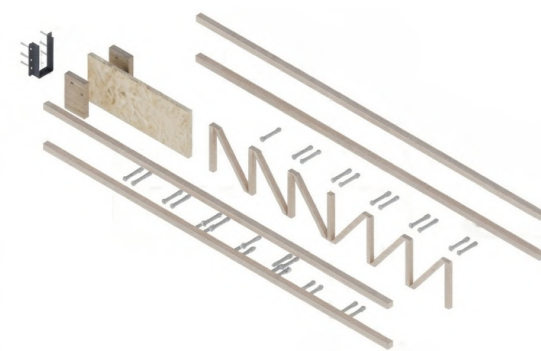


Figura No. 76. Axonometría explotada de la viga mixta

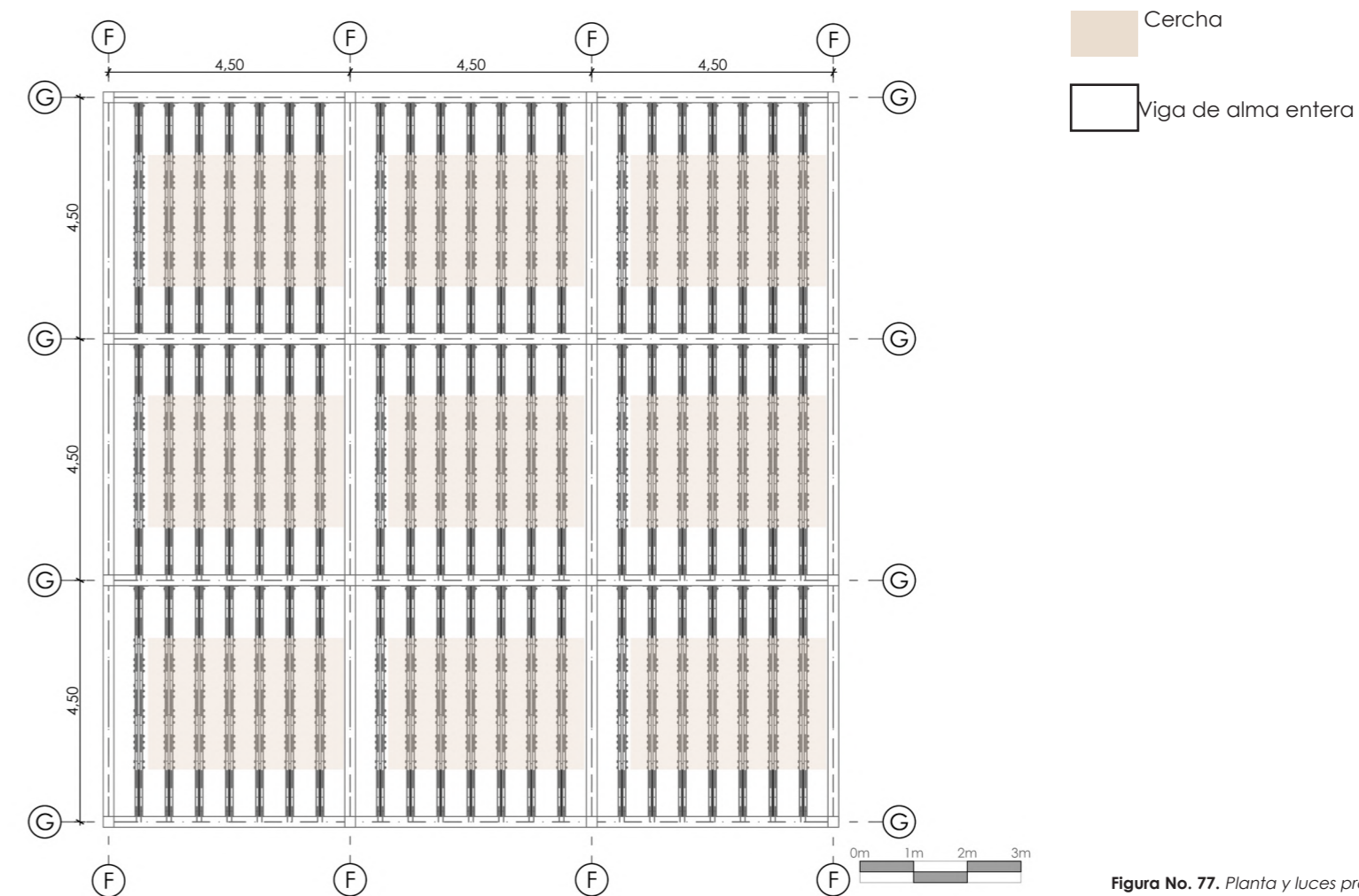


Figura No. 77. Planta y luces propuestas del Entrepiso Mixto I

Clasificación: Estructural

Composición:

Entrepiso Mixto "I" Empotrado			
Material	Componente	Dimensiones	Espaciamiento
Pino Estructural	Patines (Alas)	5×5 cm (4 por viga)	
Tablero OSB	Alma de Viga (Extremos)	Doble placa 18.3 mm	
Pino Estructural	Diagonales/Montantes	7×3 cm	Cada 40 cm
Pino Estructural	Macizado	20×30×5 cm	
Tablero OSB	Base estructural	e = 15.1 mm	
Polietileno	Membrana Acústica	e = 5 mm	
Filtro Reciclado	Capa Resiliente Acústica	e = 20 mm (1500 g/m ²)	
Pino Estructural	Tirillas	2×2 cm	Cada 40 cm
Tablero OSB	Tapa de compresión	e = 18.3 mm	
Acero / Químico	Anclaje BSIG + VIN-FIX	Perfil metálico + Perno AB1	

Tabla No. 25. Entrepiso Mixto I Empotrado

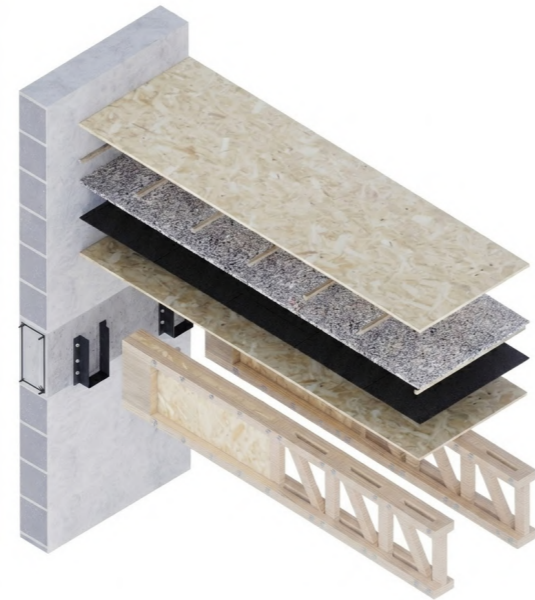


Figura No. 78. Render del entrepiso universal empotrado.

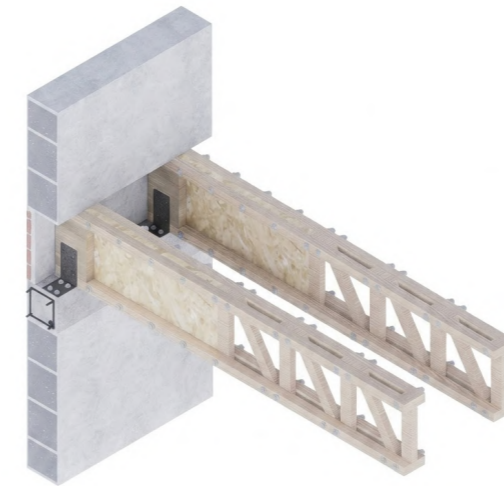


Figura No. 79. Render del entrepiso apoyado a muros portantes.

Entrepiso Mixto "I" Apoyado			
Material	Componente	Dimensiones	Espaciamiento
Pino Estructural	Patines (Alas)	5×5 cm (4 por viga)	
Tablero OSB	Alma de Viga (Extremos)	Doble placa 18.3 mm	
Pino Estructural	Diagonales/Montantes	7×3 cm	Cada 40 cm
Pino Estructural	Macizado	20×30×5 cm	
Tablero OSB	Base estructural	e = 15.1 mm	
Polietileno	Membrana Acústica	e = 5 mm	
Filtro Reciclado	Capa Resiliente Acústica	e = 20 mm (1500 g/m ²)	
Pino Estructural	Tirillas	2×2 cm	Cada 40 cm
Tablero OSB	Tapa de compresión	e = 18.3 mm	
Acero / Químico	Anclaje NINO15080S + VIN-FIX	Perfil metálico + Perno AB1	

Tabla No. 26. Entrepiso Mixto I Apoyado

Entrepiso Mixto I Empotrado:

- 01. Entrepiso Mixto "I"
- Patines (alas): Madera de pino estructural 5x5 cm
- Alma: Tableros OSB de 18.3 mm (doble placa)
- Diagonales madera de pino 5x3.02x50.5 cm
- Montantes 5x3.02x30 cm, cada 39 cm
- Unión alma-patines: Tornillos o pernos cabeza hexagonal Ø M12, L = 160 mm cada 20cm
- 02. Bloque de apoyo de madera maciza de pino 20x30x5 cm
- 03. Tablero estructural inferior de OSB de 15.1 mm
- 04. Membrana acústica de espuma de polietileno con e= 5 mm
- 05. Capa resiliente de fieltro reciclado, densidad de 1500 g/m² e= 20mm
- 06. Tirillas de 20x20mm colocadas cada 40cm
- 07. Tablero estructural superior de OSB de 18.3 mm
- 08. Perfil de anclaje metálico BSIG 14x28 cm
- 09. Clavos LBA 34 - Ø4 x 60 mm
- 10. Anclaje perno expansivo AB1 ØM10, L=115mm, SW= 17 mm con VIN-FIX anclaje químico viniléster
- 11. Cielo raso yeso cartón de 12mm

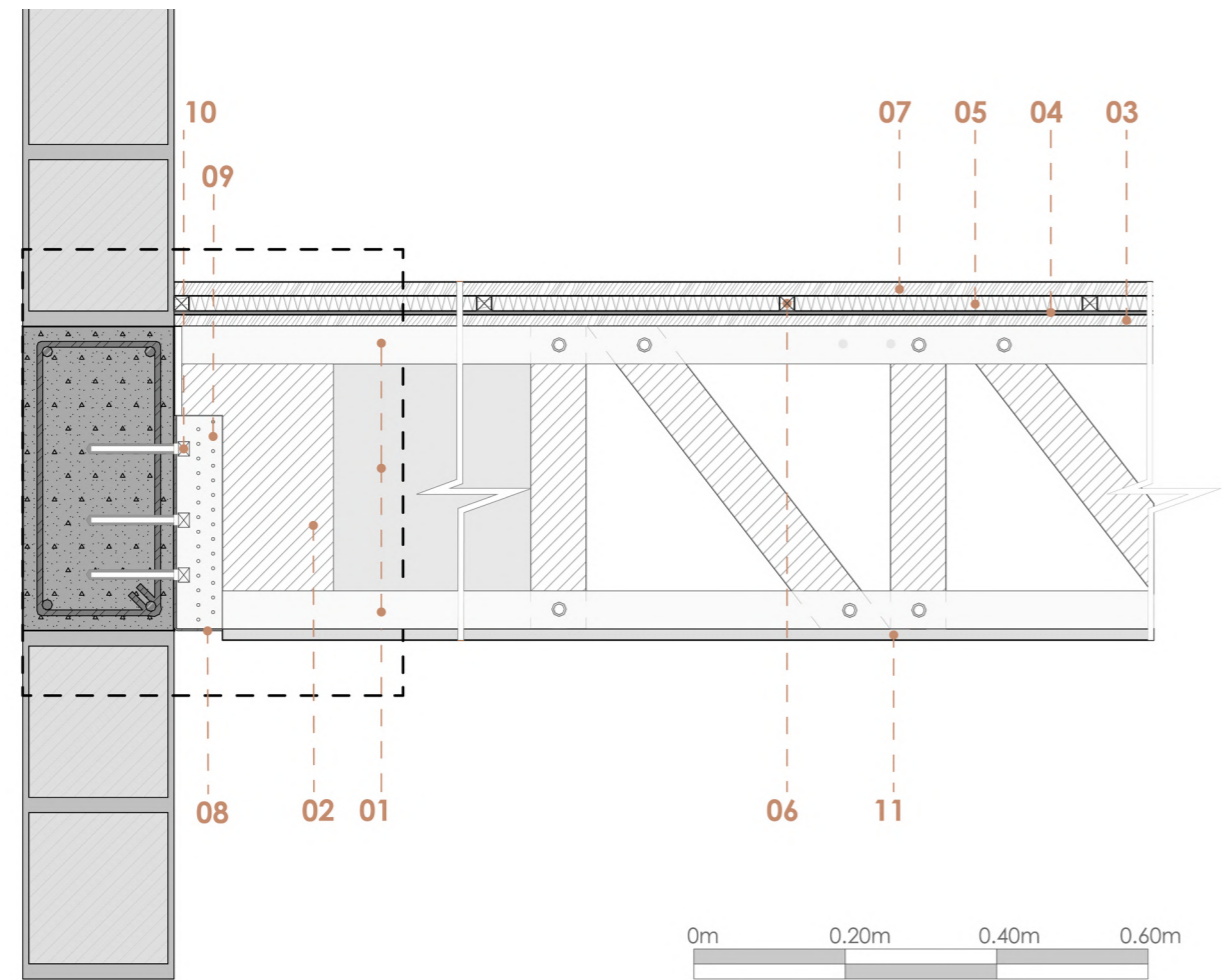
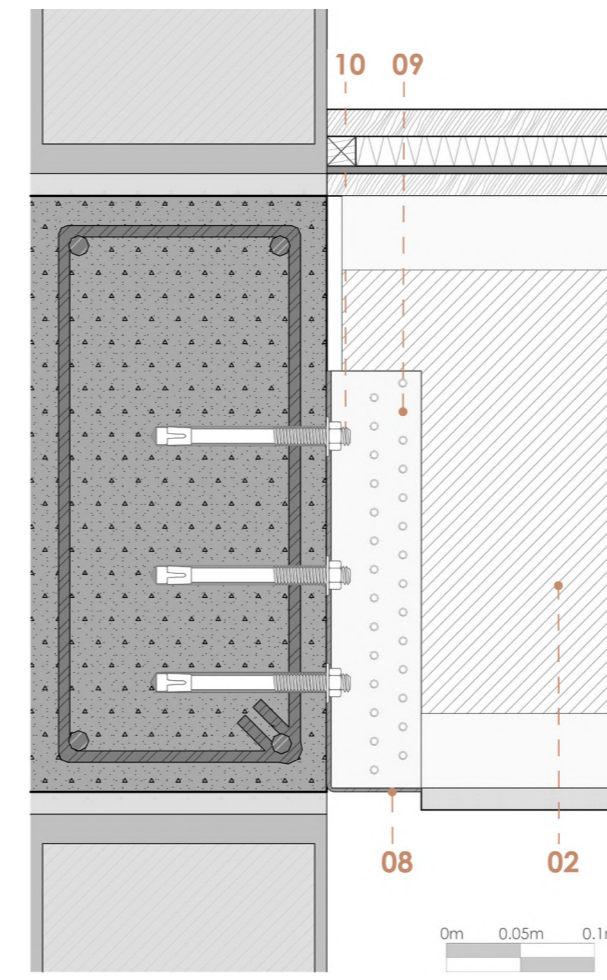


Figura No. 80. Detalle constructivo del entrepiso empotrado universal

ESC 1:10



ESC 1:5

Figura No. 81. Anclaje con perfiles BSIG

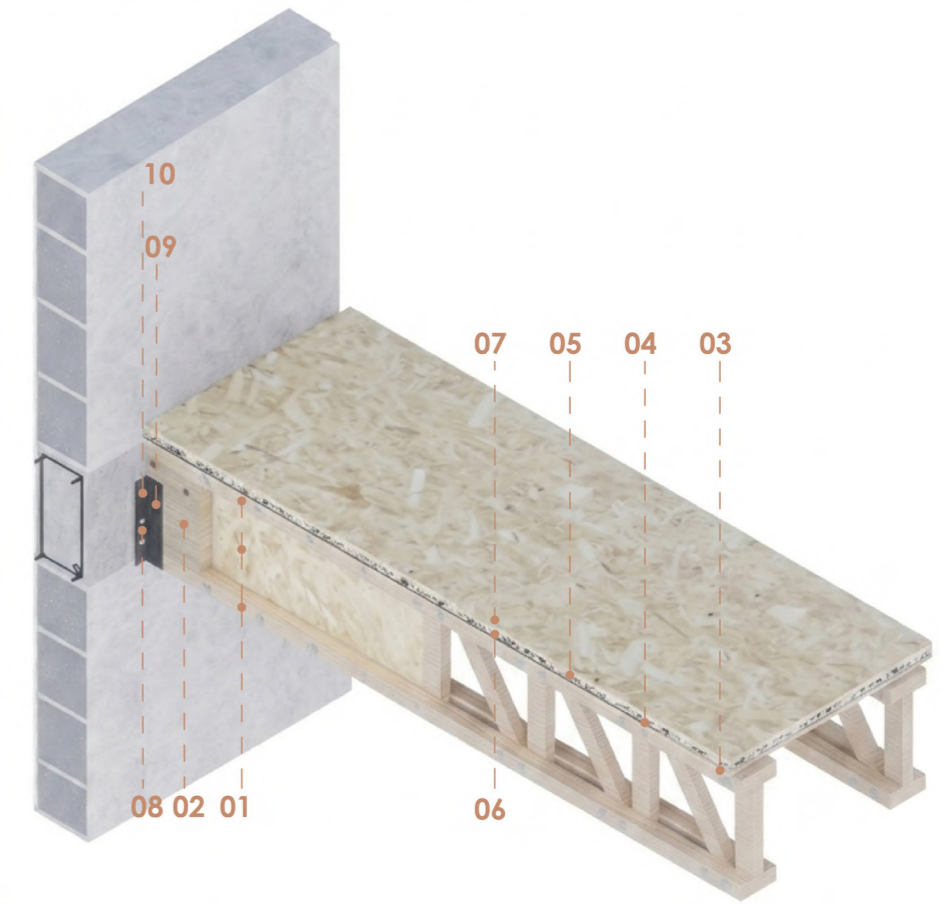


Figura No. 82. Render de entrepiso mixto I empotrado.

Entrepiso Mixto I Apoyado

- 01. Entrepiso Mixto "I"
- Patines (alas): Madera de pino estructural 5×5 cm
- Alma: Tableros OSB de 18.3 mm (doble placa)
- Diagonales madera de pino 5×3.02×50.5 cm
- Montantes 5×3.02×30 cm, cada 39 cm
- Unión alma-patines: Tornillos o pernos cabeza hexagonal Ø M12, L = 160 mm cada 20cm
- 02. Bloque de apoyo de madera maciza de pino 20×30×5 cm
- 03. Tablero estructural inferior de OSB de 15.1 mm
- 04. Membrana acústica de espuma de polietileno con e= 5 mm
- 05. Capa resiliente de fieltro reciclado, densidad de 1500 g/m² e= 20mm
- 06. Tirillas de 20X20mm cada 40 cm
- 07. Tablero estructural superior de OSB de 18.3 mm
- 08. Perfil de anclaje metálico NINO15080S 156x55x94 mm
- 09. Clavos LBA 34 - Ø4 x 60 mm
- 10. Anclaje perno expansivo AB1 ØM10, L=115mm, SW= 17 mm con VIN-FIX anclaje químico viniléster
- 11. Cielo raso yeso cartón de 12mm

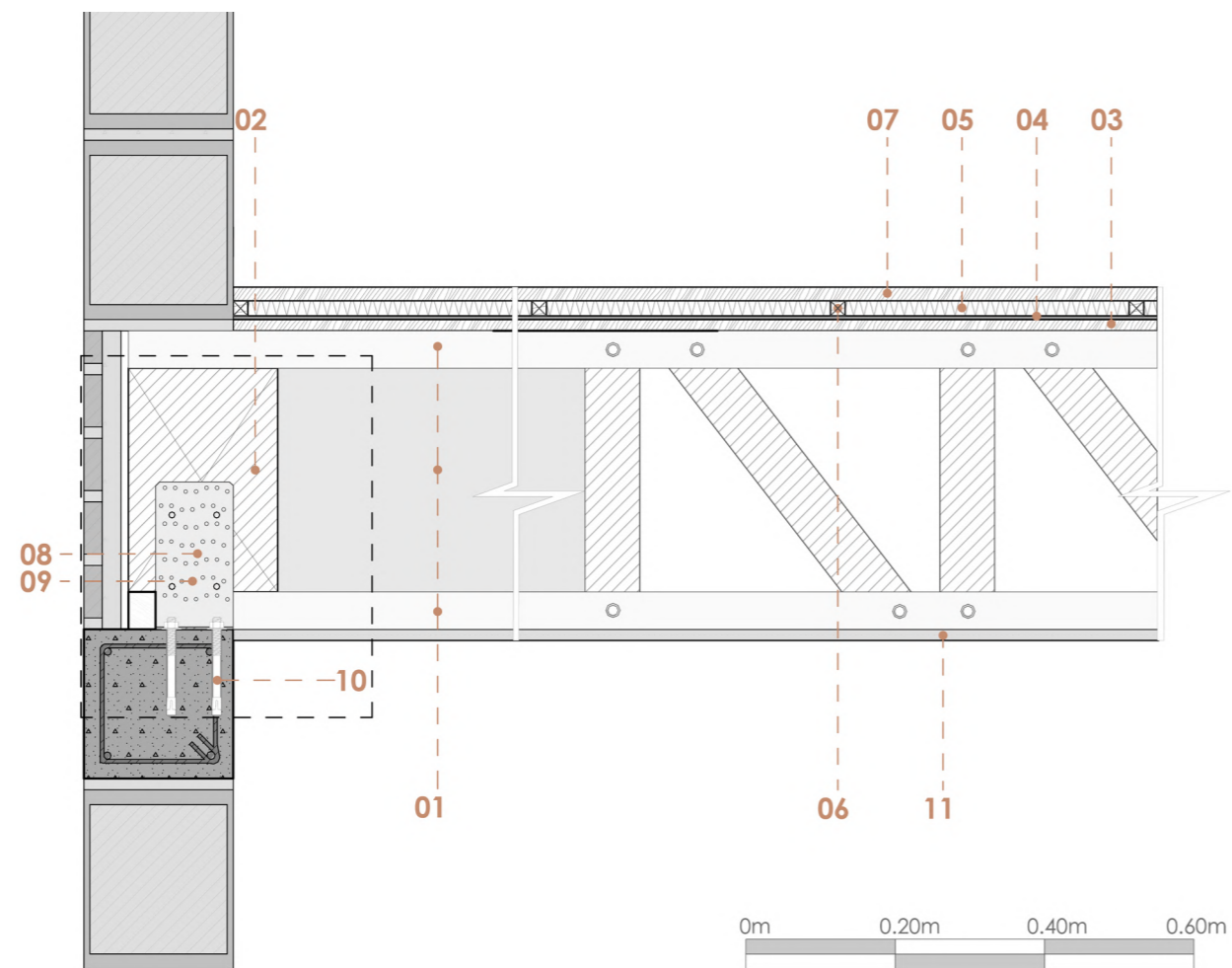


Figura No. 83. Detalle constructivo del entrepiso apoyado universal

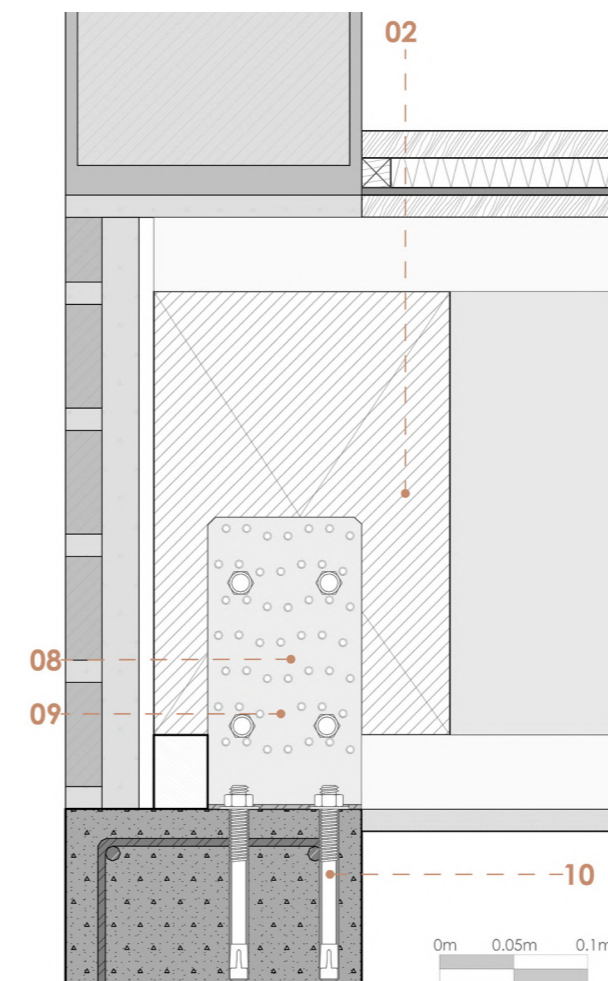


Figura No. 84. Anclaje con perfiles NINO

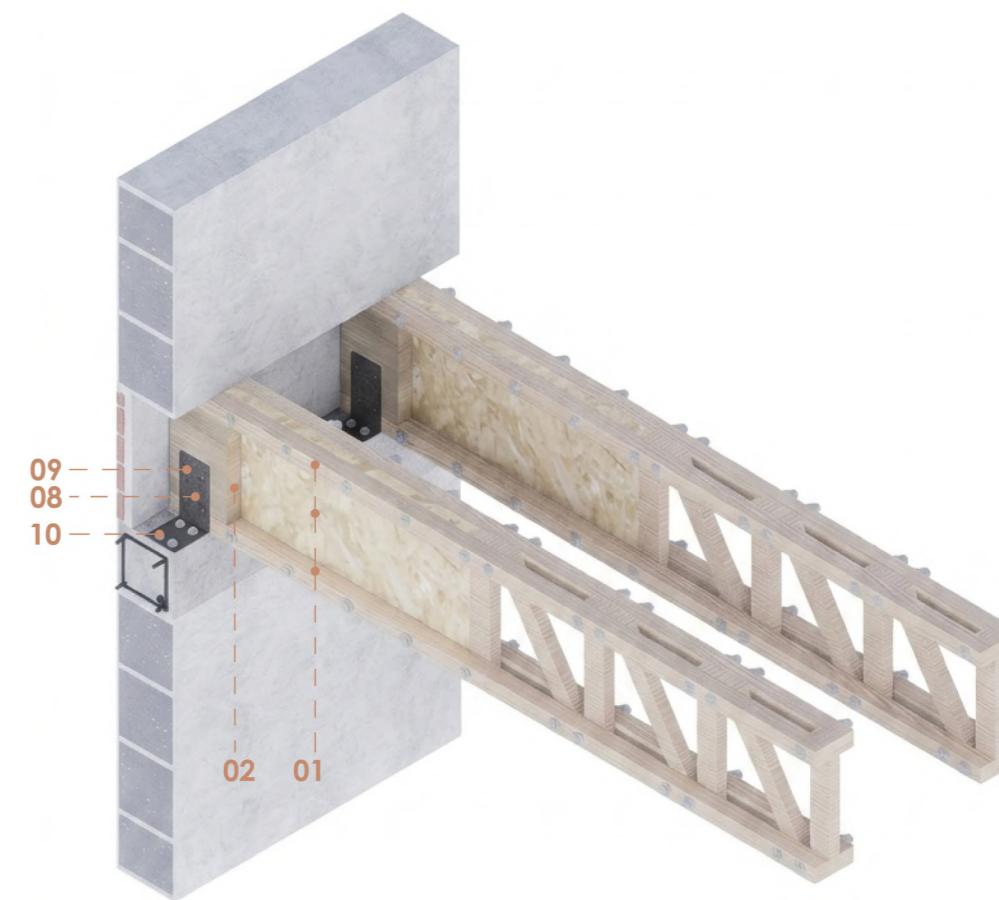


Figura No. 85. Render de entrepiso mixto I apoyado.

ZONAS HÚMEDAS Y PASO DE INSTALACIONES:

La configuración en el alma abierta en la parte central de las vigas permite el paso libre de instalaciones hidrosanitarias y eléctricas sin perforar elementos críticos. Para zonas húmedas, el diseño permite sustituir el tablero de OSB por un panel de fibrocemento, con la finalidad de proporcionar una base rígida y evitar el paso de posibles filtraciones.

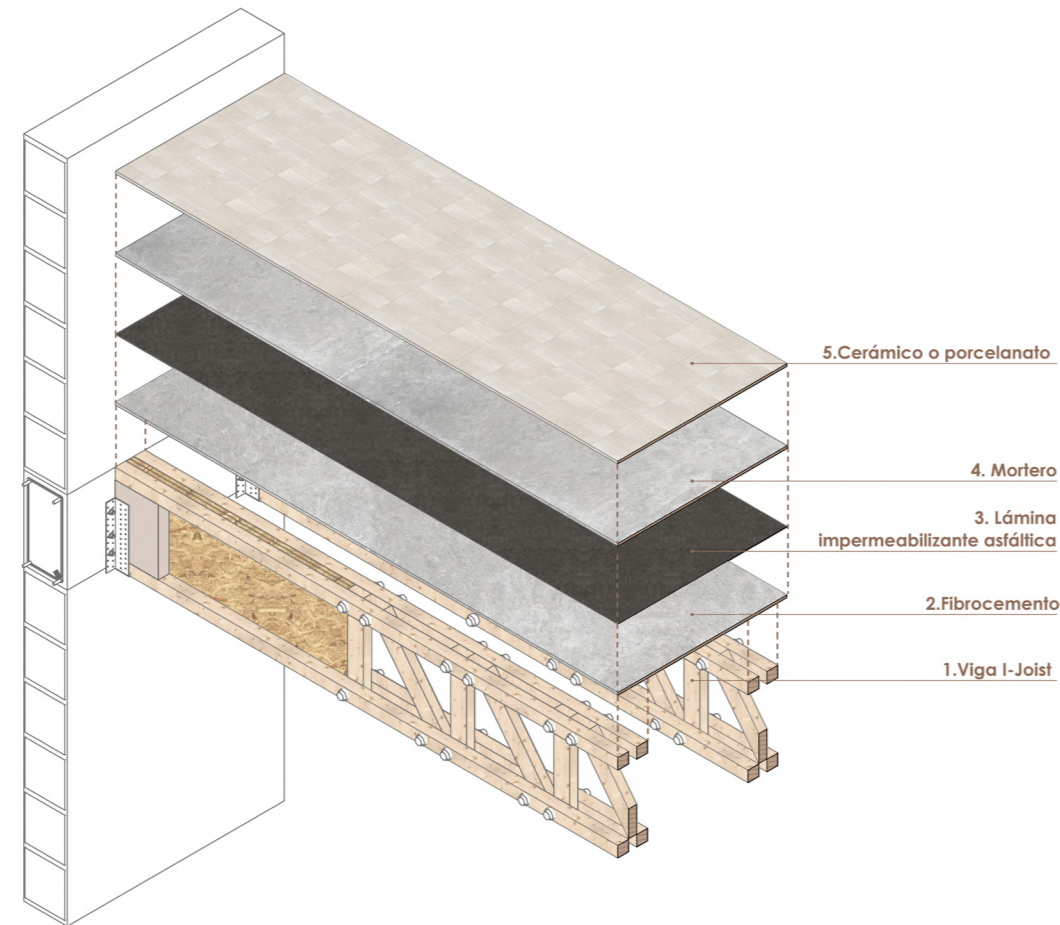


Figura No. 86. Propuesta de materiales para zonas húmedas

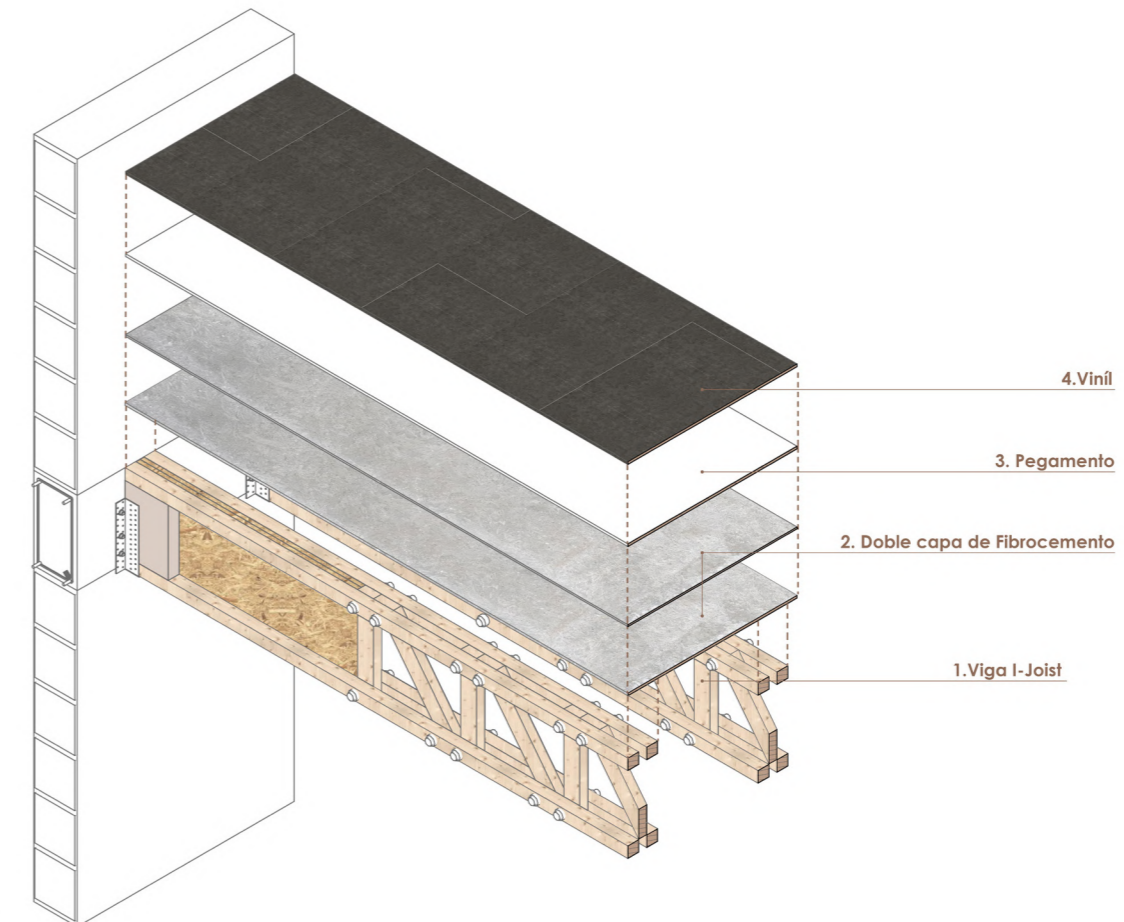


Figura No. 87. Variante de materiales para zonas húmedas

Entrepiso Mixto "I" para Cerámica			
Material	Componente	Dimensiones	Espaciamiento
Pino Estructural	Patines (Alas)	5×5 cm (4 por viga)	
Tablero OSB	Alma de Viga (Extremos)	Doble placa 18.3 mm	
Pino Estructural	Diagonales/Montantes	7×3 cm	Cada 40 cm
Pino Estructural	Macizado	20×30×5 cm	
Tablero OSB	Base estructural	e = 15.1 mm	
Polietileno	Membrana Acústica	e = 5 mm	
Fieltro Reciclado	Capa Resiliente Acústica	e = 20 mm (1500 g/m ²)	
Pino Estructural	Tirillas	2×2 cm	Cada 40 cm
Fibroceso	Plancha base	e = 6 mm	
Membrana	Aislante impermeable	e = 3 mm	
Mortero	Capa de nivelación	e = 3 cm	
Cerámica	Acabado final	e = 8 mm (30×30 cm)	
Acero / Químico	Anclaje BSIG + VIN-FIX	Perfil metálico + Perno AB1	

Tabla No. 27. Entrepiso Mixto I Para Cerámica

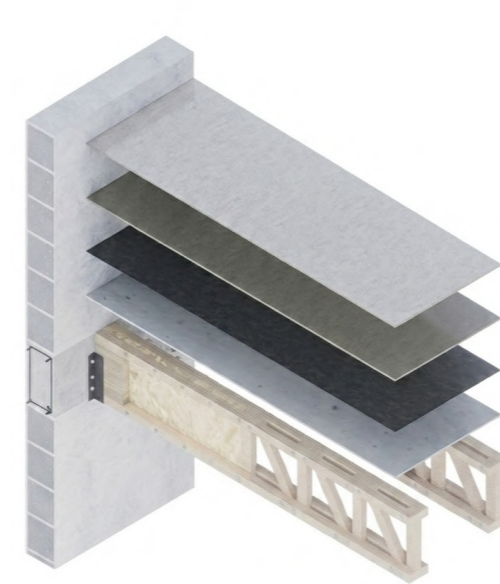


Figura No. 88. Render de Entrepiso Mixto I para cerámica.

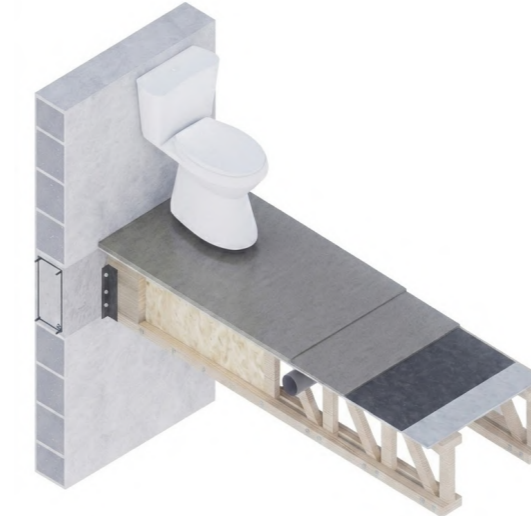


Figura No. 89. Render de Entrepiso Mixto I para Porcelanato.

Entrepiso Mixto "I" para Porcelanato			
Material	Componente	Dimensiones	Espaciamiento
Pino Estructural	Patines (Alas)	5×5 cm (4 por viga)	
Tablero OSB	Alma de Viga (Extremos)	Doble placa 18.3 mm	
Pino Estructural	Diagonales/Montantes	7×3 cm	Cada 40 cm
Pino Estructural	Macizado	20×30×5 cm	
Tablero OSB	Base estructural	e = 15.1 mm	
Polietileno	Membrana Acústica	e = 5 mm	
Fieltro Reciclado	Capa Resiliente Acústica	e = 20 mm (1500 g/m ²)	
Pino Estructural	Tirillas	2×2 cm	Cada 40 cm
Fibroceso	Plancha base	e = 6 mm	
Membrana	Aislante impermeable	e = 3 mm	
Mortero	Capa de nivelación	e = 3 cm	
Porcelanato	Acabado final	e = 10 mm (60×60 cm)	
Acero / Químico	Anclaje BSIG + VIN-FIX	Perfil metálico + Perno AB1	

Tabla No. 28. Entrepiso Mixto I Para Porcelanato

Entrepiso Mixto "I" para Vinil			
Material	Componente	Dimensiones	Espaciamiento
Pino Estructural	Patines (Alas)	5×5 cm (4 por viga)	
Tablero OSB	Alma de Viga (Extremos)	Doble placa 18.3 mm	
Pino Estructural	Diagonales/Montantes	7×3 cm	Cada 40 cm
Pino Estructural	Macizado	20×30×5 cm	
Tablero OSB	Base estructural	e = 15.1 mm	
Polietileno	Membrana Acústica	e = 5 mm	
Filtro Reciclado	Capa Resiliente Acústica	e = 20 mm (1500 g/m ²)	
Pino Estructural	Tirillas	2×2 cm	Cada 40 cm
Fibro cemento	Doble plancha	e = 12 mm (6+6)	
Membrana	Aislante impermeable	e = 3 mm	
Elastomérico	Sellador / Nivelador	e = 2 mm	
Vinil	Revestimiento final	e = 3 mm	
Acero / Químico	Anclaje BSIG + VIN-FIX	Perfil metálico + Perno AB1	

Tabla No. 29. Entrepiso Mixto I Para Vinil

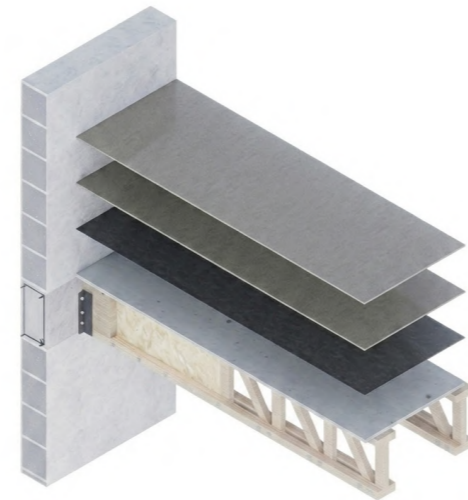


Figura No. 90. Render de Entrepiso Mixto I para vinil.

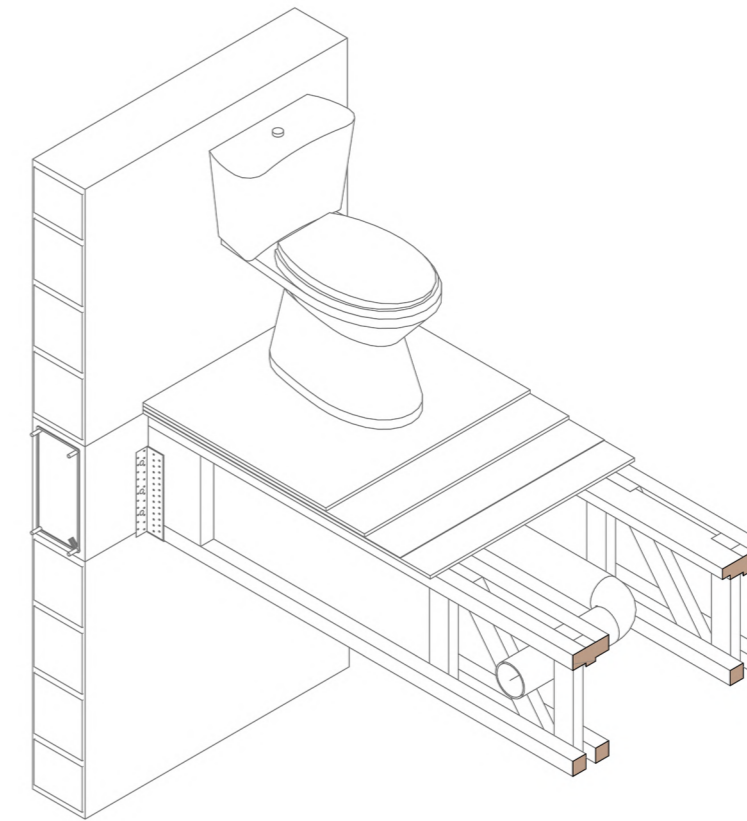


Figura No. 91. Esquema Paso de instalaciones

Entrepiso Mixto I Zonas Húmedas Cerámica:

- 01. Entrepiso Mixto "I"
- Patines (alas): Madera de pino estructural 5x5 cm
- Alma: Tableros OSB de 18.3 mm (doble placa)
- Diagonales madera de pino 5x3.02x50.5 cm
- Montantes 5x3.02x30 cm, cada 39 cm
- Unión alma-patines: Tornillos o pernos cabeza hexagonal Ø M12, L = 160 mm cada 20 cm
- 02. Bloque de apoyo de madera maciza de pino 20x30x5 cm
- 03. Plancha de fibrocemento con e= 6 mm
- 04. Lámina impermeabilizante para baño tipo membrana hidrófuga, e= 3 mm
- 05. Mortero de nivelación para asentado de cerámica, e=3 cm
- 06. Cerámica con e= 8 mm, de 30x30 cm
- 07. Perfil de anclaje metálico BSIG 14x28 cm8. Clavos LBA 34 - Ø4 x 60 mm
- 08. Anclaje perno expansivo AB1 ØM10, L = 115 mm, SW = 17 mm con VIN-FIX anclaje químico viniléster
- 09. Cielo raso yeso cartón 12mm

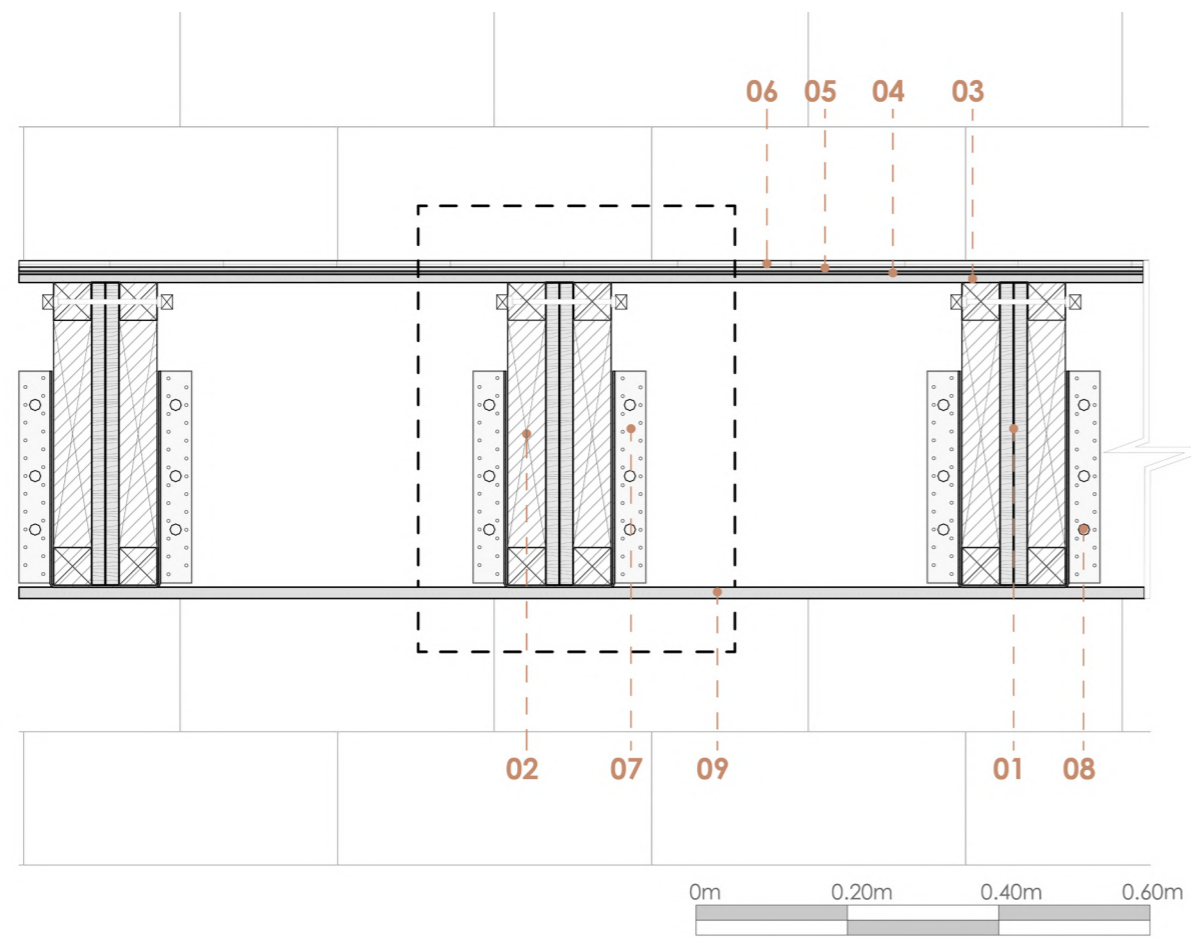
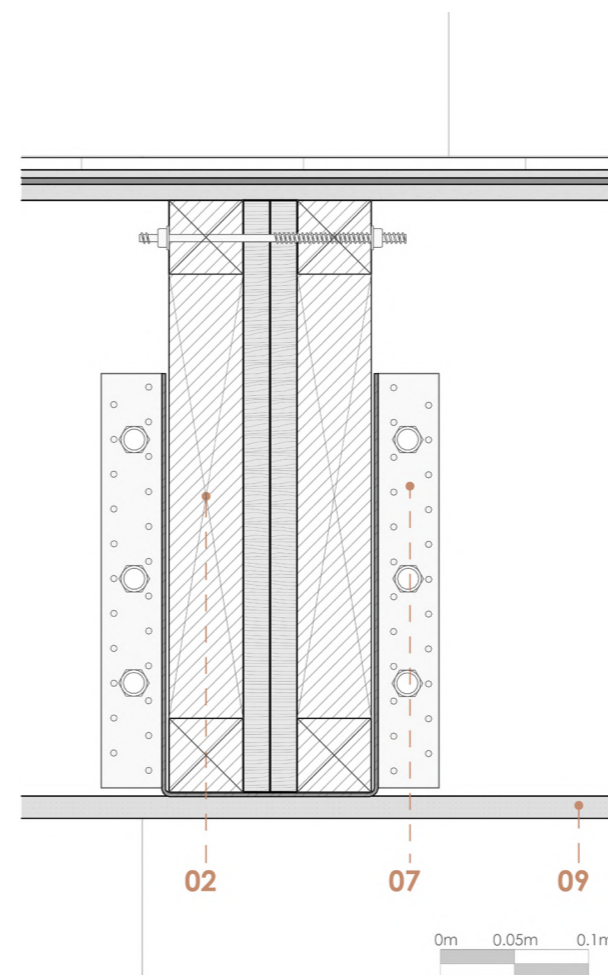


Figura No. 92. Detalle constructivo del entrepiso mixto I para zonas húmedas

ESC 1:10



ESC 1:5

Figura No. 93. Anclaje con perfiles BSIG

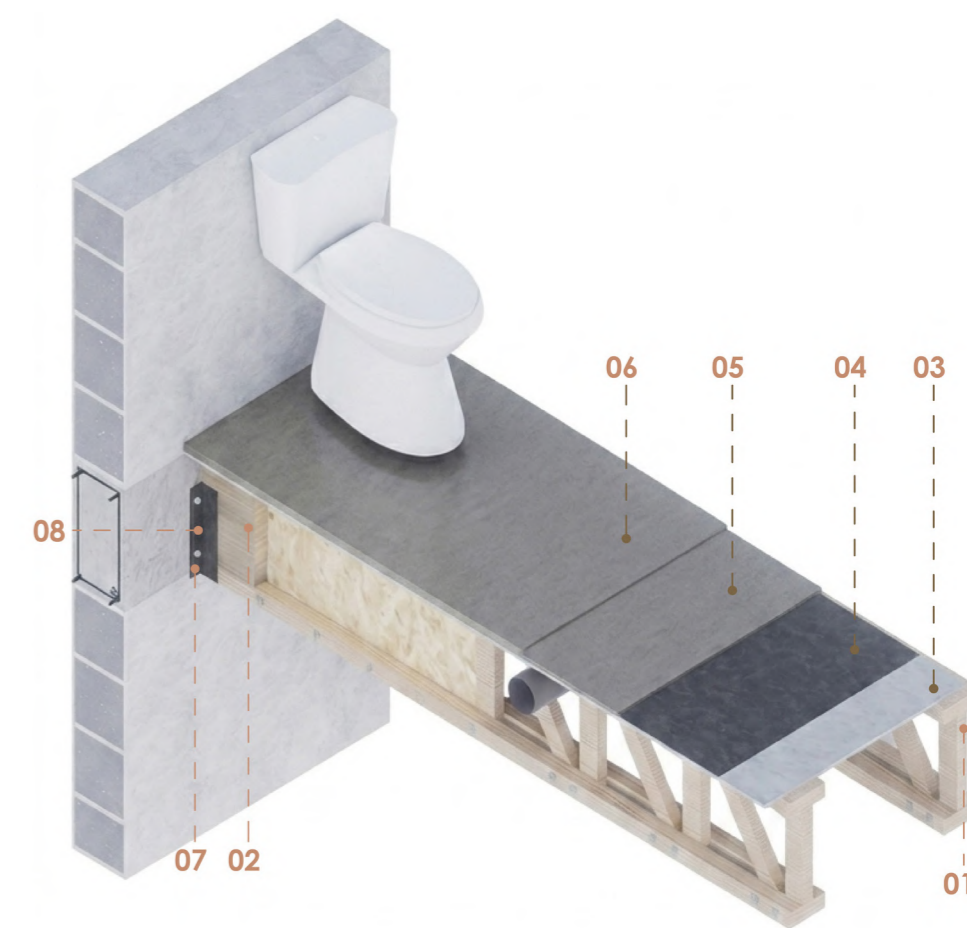


Figura No. 94. Render de entrepiso mixto I para zonas húmedas.

4.4 VERIFICACIÓN DE DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, ACÚSTICO Y SÍSMICO

Entrepiso Mixto "I" Apoyado	
Variables	Resultado
Peso Estructural	41.30 kg/m ²
Momento Flector Máximo de Solicitación	369.34 kg*m/m
Deflexión Máxima 3 m	0.05 cm
Deflexión Máxima 4.5 m	0.28 cm
Peralte Mínimo	21.43 cm
Rendimiento Constructivo Promedio + Encofrado	0.33 m ² /h
Aislamiento Acústico	52.00 dB
Cortante Basal Sísmico	19.82 m ²

Tabla No. 30. Resultados en Entrepiso Mixto I Apoyado

Entrepiso Mixto "I" Empotrado	
Variables	Resultado
Peso Estructural	41.30 kg/m ²
Momento Flector Máximo de Solicitación	369.34 kg*m/m
Deflexión Máxima 3 m	0.05 cm
Deflexión Máxima 4.5 m	0.28 cm
Peralte Mínimo	21.43 cm
Rendimiento Constructivo Promedio + Encofrado	0.33 m ² /h
Aislamiento Acústico	52.00 dB
Cortante Basal Sísmico	19.82 m ²

Tabla No. 31. Resultados en Entrepiso Mixto I Empotrado

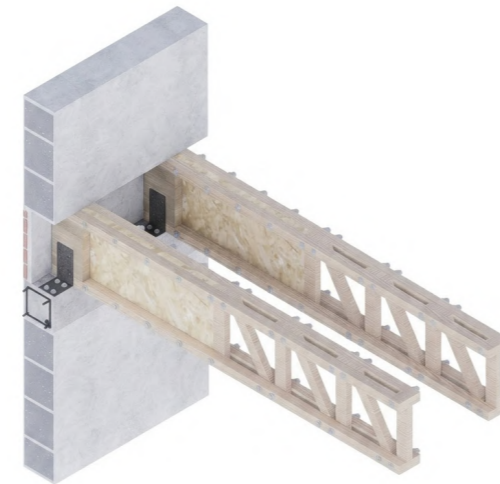


Figura No. 95. Soluciones en zonas húmedas.

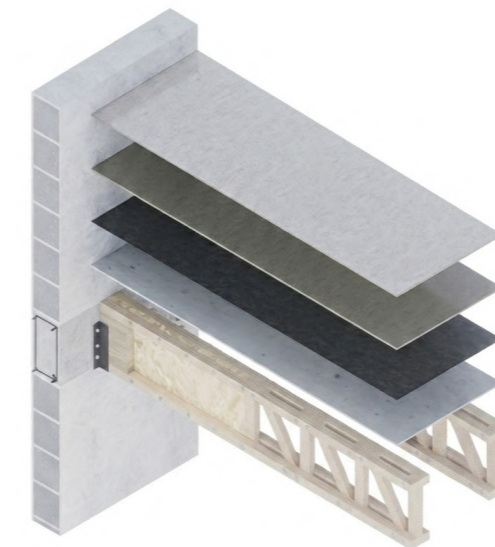


Figura No. 96. Entrepiso Mixto I en zonas húmedas.

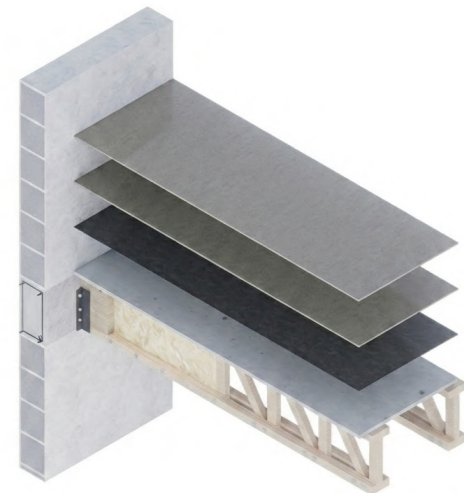
Entrepiso Mixto "I" para Cerámica	
Variables	Resultado
Peso Estructural	131.45 kg/m ²
Momento Flector Máximo de Solicitación	477.74 kg*m/m
Deflexión Máxima 3 m	0.14 cm
Deflexión Máxima 4.5 m	0.51 cm
Peralte Mínimo	21.43 cm
Rendimiento Constructivo Promedio + Encofrado	0.33 m ² /h
Aislamiento Acústico	58.20 dB
Cortante Basal Sísmico	63.10 kg/m ²

Tabla No. 32. Resultados en Entrepiso Mixto I Para Cerámica

Entrepiso Mixto "I" para Porcelanato	
Variables	Resultado
Peso Estructural	136.35 kg/m ²
Momento Flector Máximo de Solicitación	483.62 kg*m/m
Deflexión Máxima 3 m	0.15 cm
Deflexión Máxima 4.5 m	0.53 cm
Peralte Mínimo	21.43 cm
Rendimiento Constructivo Promedio + Encofrado	0.33 m ² /h
Aislamiento Acústico	59.10 dB
Cortante Basal Sísmico	65.45 kg/m ²

Tabla No. 33. Resultados en Entrepiso Mixto I Para Porcelanato

COMPARACIÓN



Entrepiso Mixto "I" para Vinil	
Variables	Resultado
Peso Estructural	70.92 kg/m ²
Momento Flector Máximo de Solicitación	405.10 kg*m/m
Deflexión Máxima 3 m	0.07 cm
Deflexión Máxima 4.5 m	0.26 cm
Peralte Mínimo	21.43 cm
Rendimiento Constructivo Promedio + Encofrado	0.33 m ² /h
Aislamiento Acústico	54.40 dB
Cortante Basal Sísmico	34.04 kg/m ²

Tabla No. 34. Resultados en Entrepiso Mixto I Para Vinil

TABLA COMPARATIVA FINAL									
Sistema de Entrepiso	Función	Peso Estructural (kg/m ²)	Momento Flector Máximo (kg*m/m)	Deflexión Máxima en 3m (cm)	Deflexión Máxima en 4.5m (cm)	Peralte Mínimo (cm)	Rendimiento Constructivo (m ² /h)	Aislamiento Acústico (dB)	Cortante Basal (kg/m ²)
Light Wood Frame	Estructural	45.45	421.36	0.09	4.58	22.33	0.97	43.15	21.82
Platform System	Estructural	70.92	455.74	0.06	0.31	18.25	0.68	47.12	34.04
SIP	Estructural	26.43	395.68	0.02	0.12	12.1	0.88	36.21	12.69
I-Joist	Estructural	93.97	486.86	0.05	0.24	17.4	0.4	49.46	45.11
CLT	Estructural	162.4	579.24	0.01	0.06	8.5	0.56	54.21	77.95
Steel Frame	Estructural	57.85	438.1	0.18	0.89	14.15	0.8	44.45	27.77
Placa Colaborante	Estructural	330.98	968.22	0.01	0.05	12	2.28	57.37	158.87
Losa Nervada	Estructural	217.8	633.39	0.01	0.05	6.2	1.15	53.74	104.54
Entrepiso Mixto "I"	Estructural	41.3	369.34	0.05	0.28	21.43	0.33	52	19.82

Tabla No. 35. Comparativa final sobre el comportamiento estructural y desempeño de los entrepisos

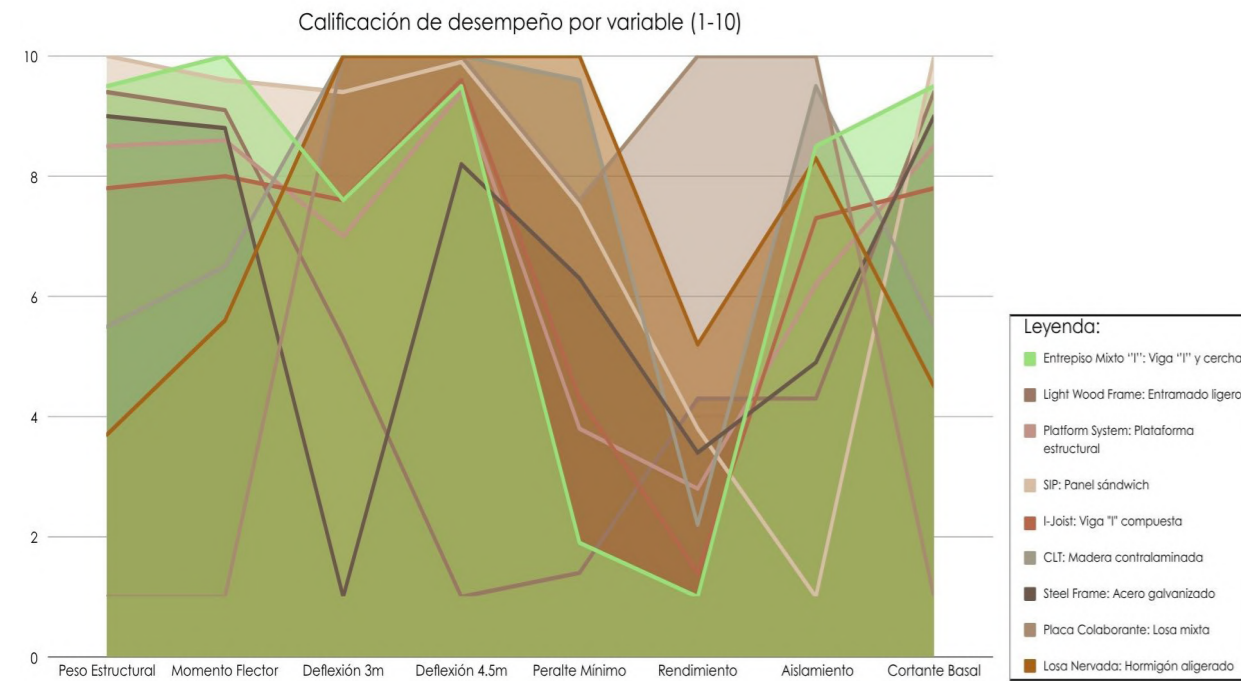


Figura No. 98. Clasificación de desempeño por variable

Tras evaluar los diversos sistemas de entrepiso, el Entrepiso Mixto "I" se posiciona como la solución más equilibrada para la construcción sismorresistente en la región Sierra, destacándose por su capacidad de mitigar las debilidades individuales de sus competidores. Si bien su rendimiento constructivo es el más bajo, el objetivo central de este sistema es competir con una superioridad contundente en el desempeño estructural y sismorresistente, debido a que estos son los factores con los que se puede competir a los sistemas húmedos.

La diferencia más radical orientada a la seguridad se observa en el cortante basal. Mientras que la losa nervada genera una fuerza sísmica de 104.54 kg/m² y la placa colaborante se dispara a 158.87 kg/m², el Entrepiso Mixto "I" la reduce drásticamente a apenas 19.82 kg/m². Esta reducción en la masa no solo garantiza una estructura óptima ante la alta peligrosidad sísmica de la zona, sino que logra compensar el impacto de su menor rendimiento al permitir un diseño de cimentaciones significativamente más económico, esbelto y consolidándose como la propuesta más eficiente en la relación peso/resistencia.

Con el objetivo de comprobar la aplicabilidad y el desempeño del sistema de entrepiso propuesto en un escenario real, el Entrepiso Mixto "I" se integrará teóricamente en el proyecto habitacional desarrollado en la tesis de grado "Materiales prefabricados aplicados en el diseño de vivienda de interés social" de Pintado M., (2015), el cual analiza una casa de la EMUVI.

La elección de este proyecto como modelo de comprobación responde a su diseño pensado específicamente para la ciudad de Cuenca, lo que permite evaluar cómo el sistema se implementa, para comparar su eficiencia y comportamiento sísmico con las luces, cargas y requerimientos de confort de una vivienda de interés social. Esta implementación busca demostrar que la transición de sistemas convencionales del Entrepiso Mixto "I" no solo es posible, sino que potencia la habitabilidad y reduce significativamente el peso estructural de la edificación, cumpliendo con los estándares de vivienda digna y sostenible.

Figura No. 99. Planta Baja. Nota. Basado en Materiales Prefabricados aplicados en el Diseño de vivienda de interés social, por Marco Vinicio Pintado Quito, Universidad de Cuenca, 2015.,

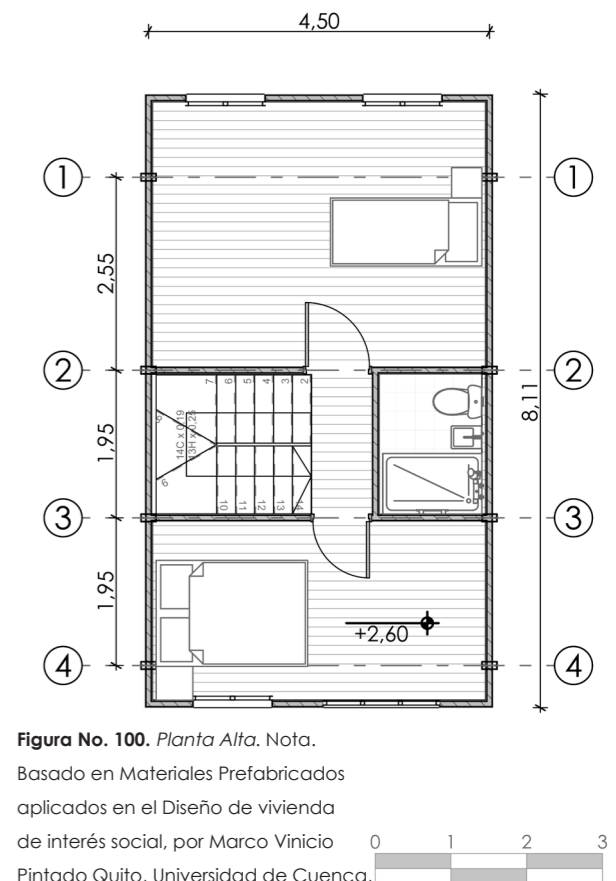
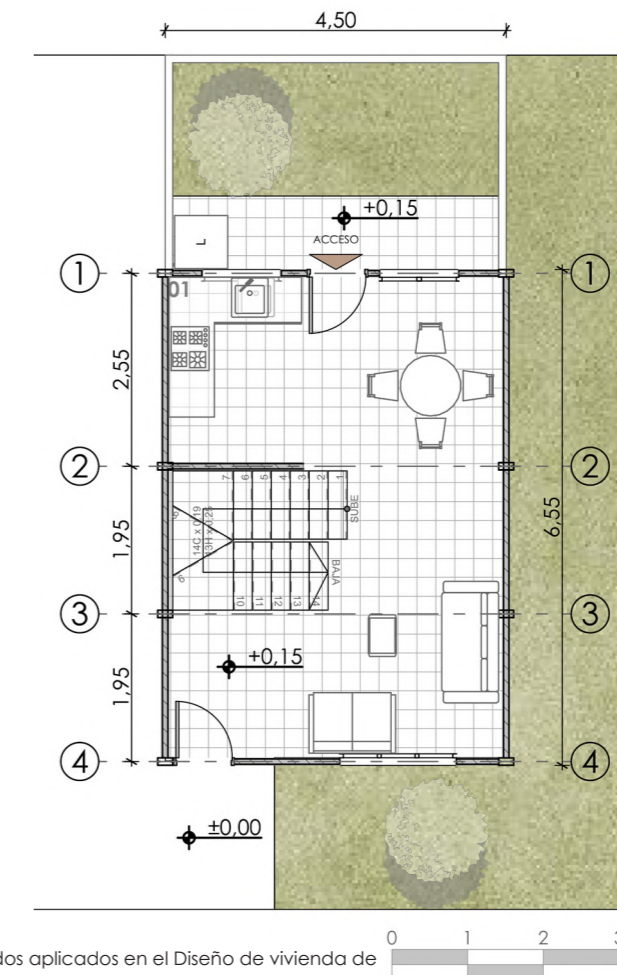


Figura No. 100. Planta Alta. Nota. Basado en Materiales Prefabricados aplicados en el Diseño de vivienda de interés social, por Marco Vinicio Pintado Quito, Universidad de Cuenca,

Figura No. 101. Proyecto Molinos de Capulispamba *Planta de entrepiso*. Nota. Basado en Materiales Prefabricados aplicados en el Diseño de vivienda de interés social, por Marco Vinicio Pintado Quito, Universidad de Cuenca, 2015.,

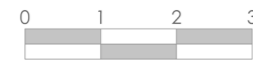
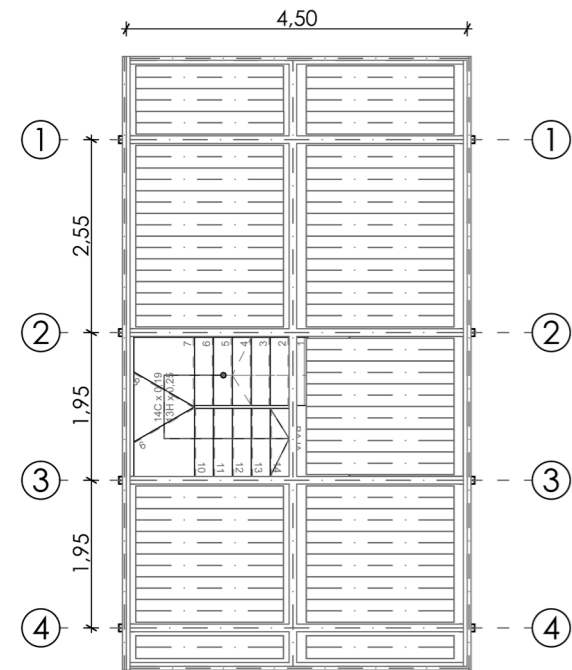


Figura No. 102. Entrepiso Actual Molinos de Capulispamba. Nota. Basado en Materiales Prefabricados aplicados en el Diseño de vivienda de interés social, por Marco Vinicio Pintado Quito, Universidad de Cuenca, 2015.,



Entrepiso EMUVI			
Material	Componente	Dimensiones	Espaciamiento
ASTM A36l	Viga metálica G	200×50×20 cm (e= 3mm)	Cada 195 cm
Hormigón Armado	Losa prefabricada	30×17.5×195 cm	
Mortero	Mortero fluido 1:3 para unión		

Tabla No. 36. Características de los componentes del entrepiso realizado por EMUVI

Entrepiso EMUVI	
Variables	Resultado
Peso Estructural	271.11 kg/m ²
Momento Flector Máximo de Solicitación	725.99 kg*m/m
Deflexión Máxima 3 m	0.05 cm
Deflexión Máxima 4.5 m	0.26 cm
Peralte Mínimo	23 cm
Rendimiento Constructivo Promedio + Encofrado	0.83 m ² /h
Aislamiento Acústico	55.64 dB
Cortante Basal Sísmico	130.13 kg/m ²

Tabla No. 37. Resultados de las variables del entrepiso realizado por EMUVI

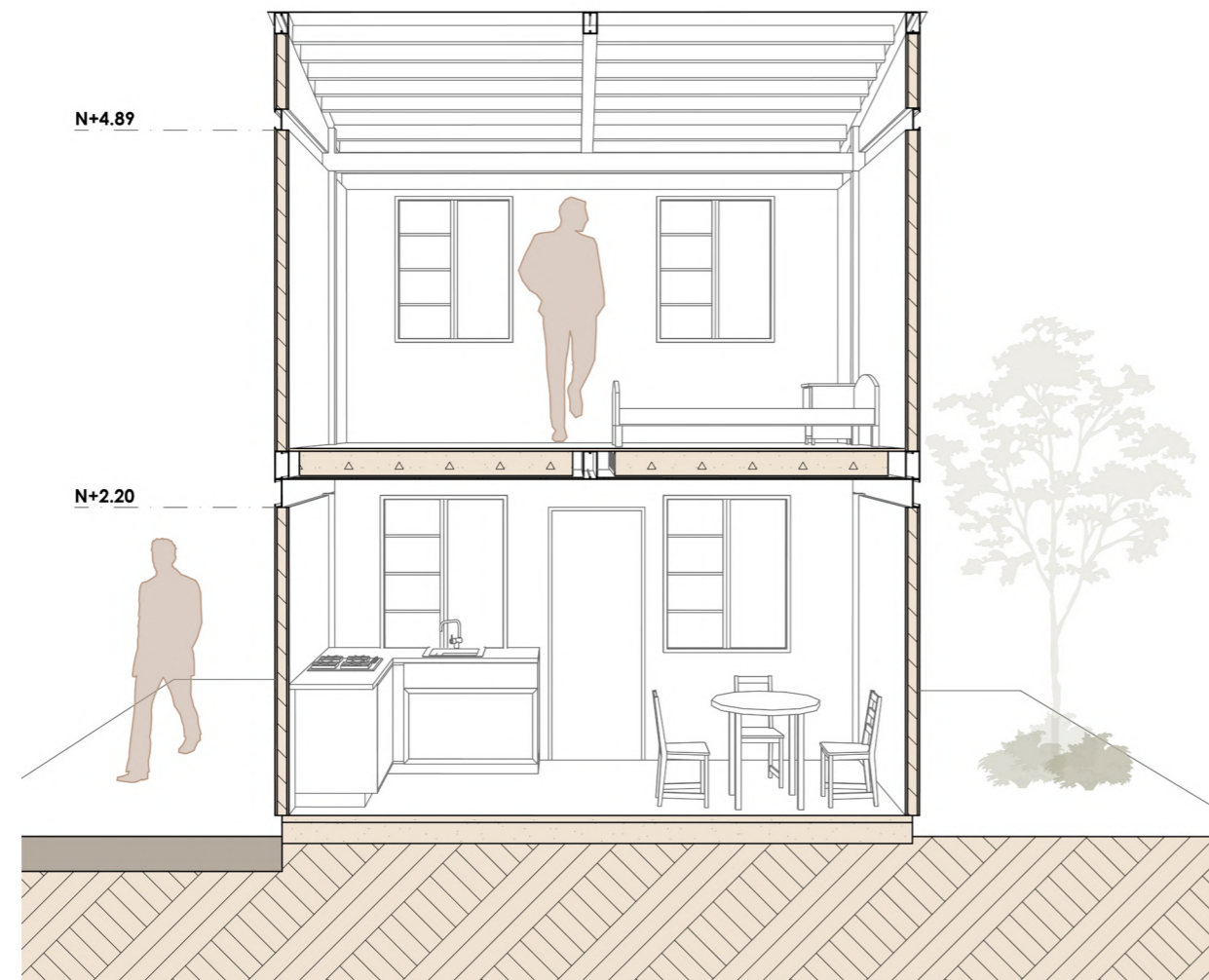


Figura No. 103. Sección Transversal Molinos de Capulispamba. Nota. Basado en Materiales Prefabricados aplicados en el Diseño de vivienda de interés social, por Marco Vinicio Pintado Quito, Universidad de Cuenca, 2015.,

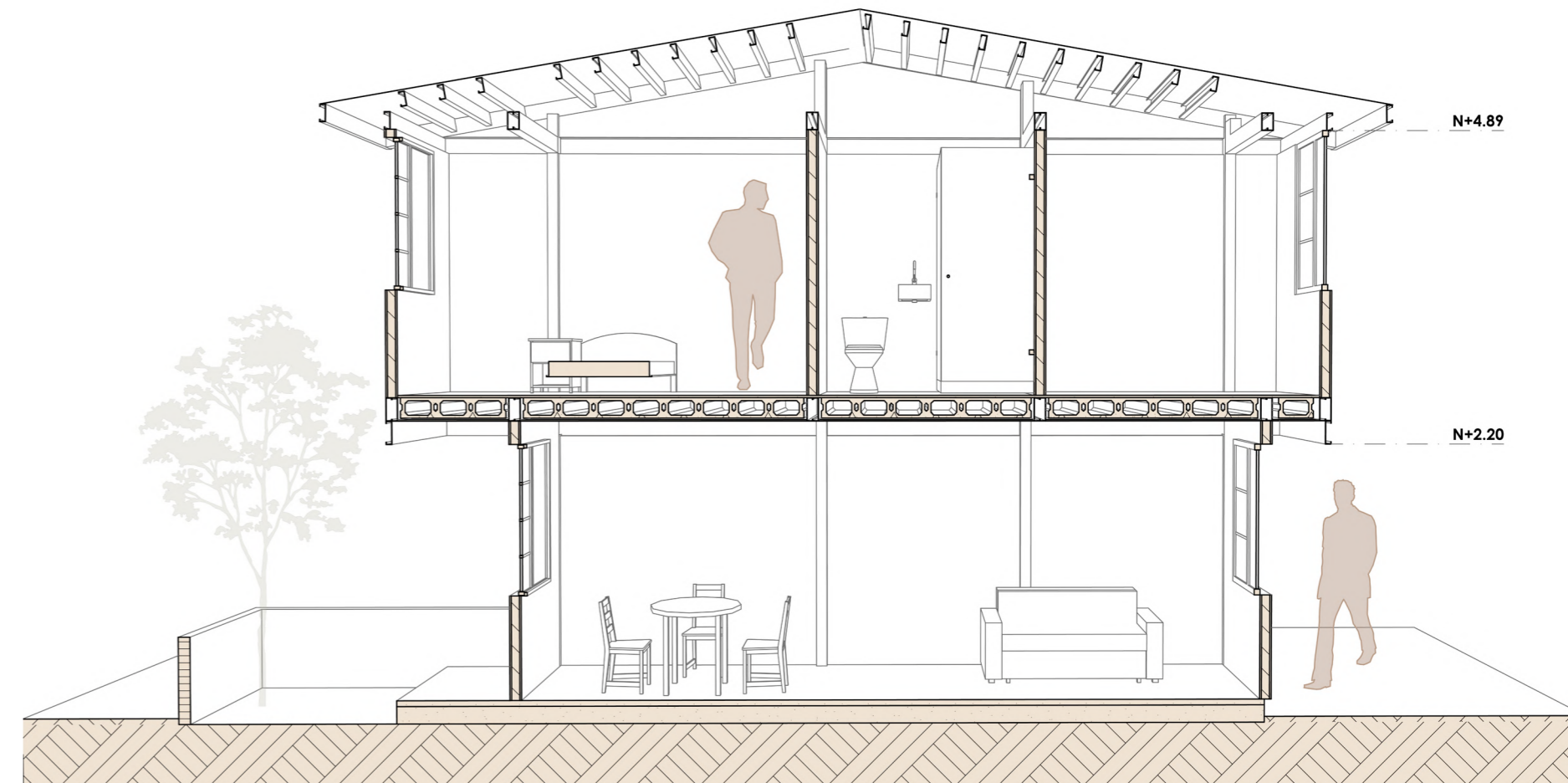


Figura No. 104. Sección Longitudinal Molinos de Capulispamba. Nota. Basado en Materiales Prefabricados aplicados en el Diseño de vivienda de interés social, por Marco Vinicio Pintado Quito, Universidad de Cuenca, 2015.,

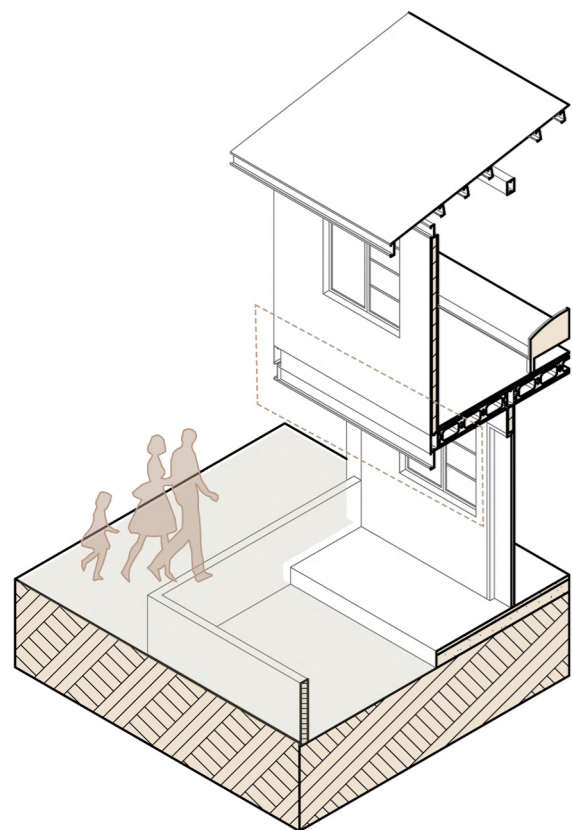


Figura No. 105. Sección Axonométrica Molinos de Capulispamba
 . Nota. Basado en Materiales Prefabricados aplicados en el
 Diseño de vivienda de interés social, por Marco Vinicio Pintado
 Quito, Universidad de Cuenca, 2015.,

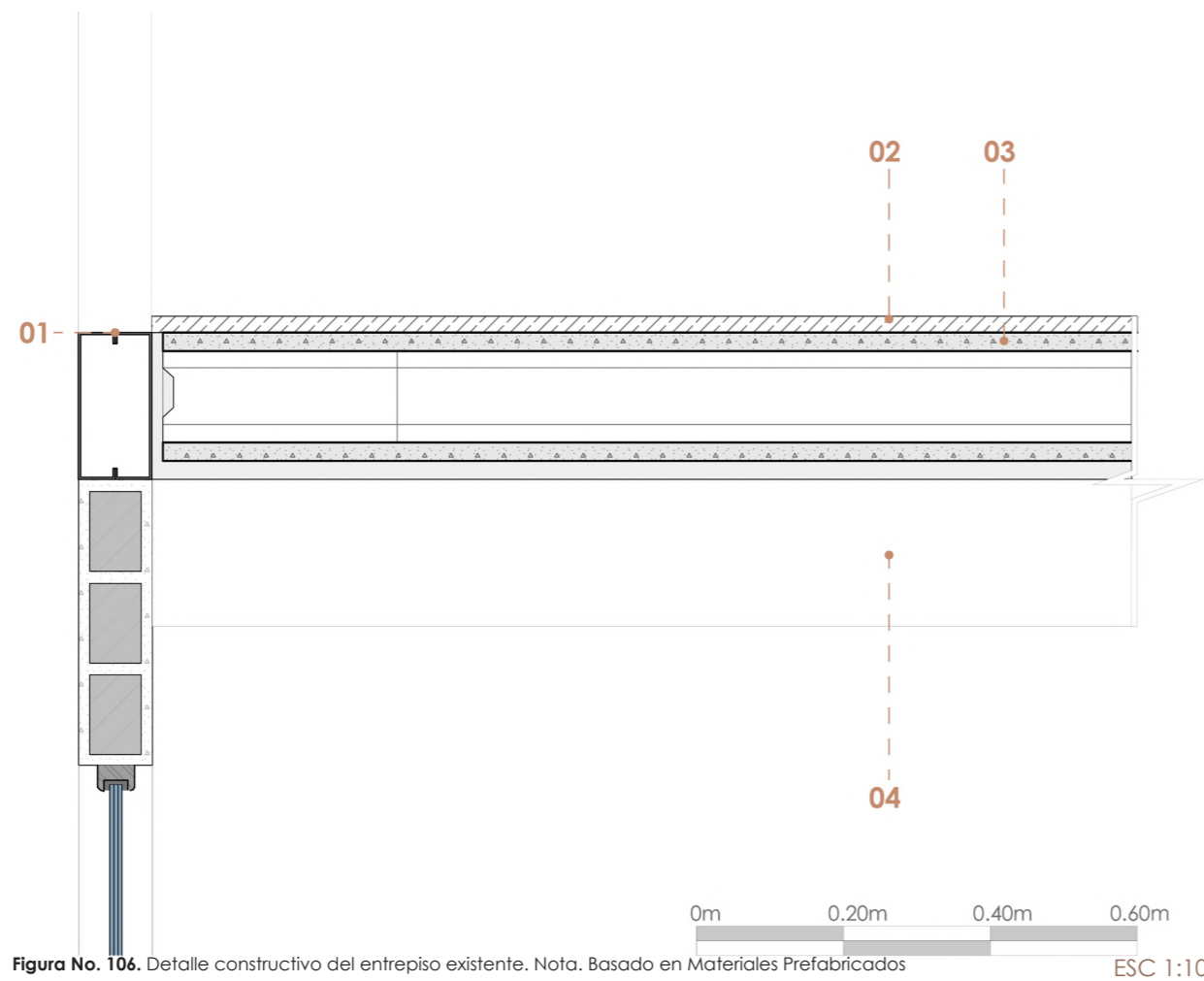


Figura No. 106. Detalle constructivo del entrepiso existente. Nota. Basado en Materiales Prefabricados
 ESC 1:10

Entrepiso Actual "Molinos de Capulispamba" por EMUVI:

1. Viga metálica 2G 200x50x15x3mm
2. Mortero fluido 1:3 para unión de losas
3. Losa prefabricada de hormigón 30X17.5X195cm
4. Viga metálica tipo G 200X50X20X3mm

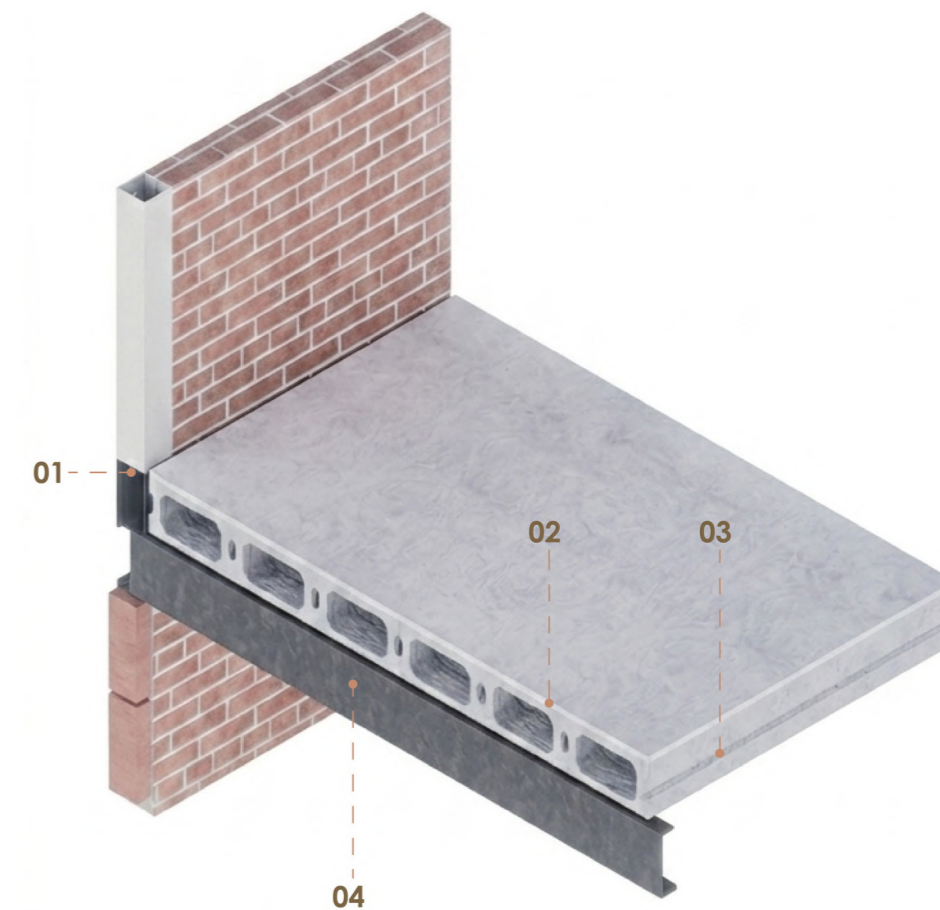


Figura No. 107. Render del entrepiso existente. Nota. Basado en Materiales Prefabricados aplicados en el Diseño de vivienda de interés
 social, por Marco Vinicio Pintado Quito, Universidad de Cuenca, 2015.,

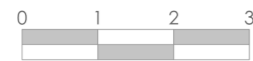
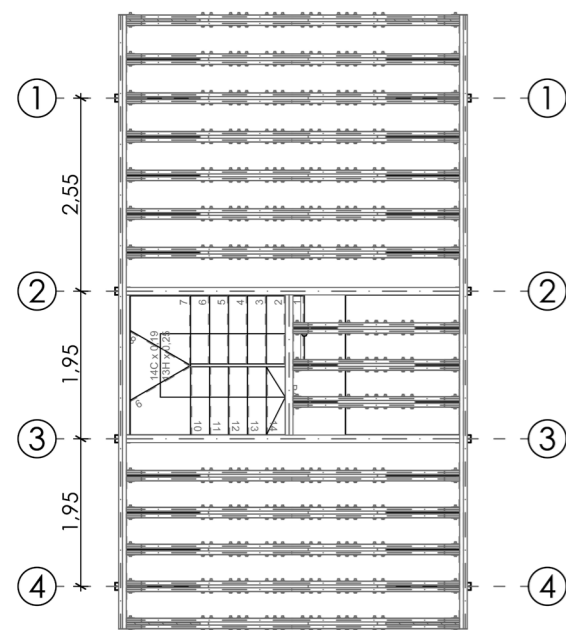


Figura No. 108. Planta del Entrepiso Mixto I aplicado a Molinos de Capulispamba

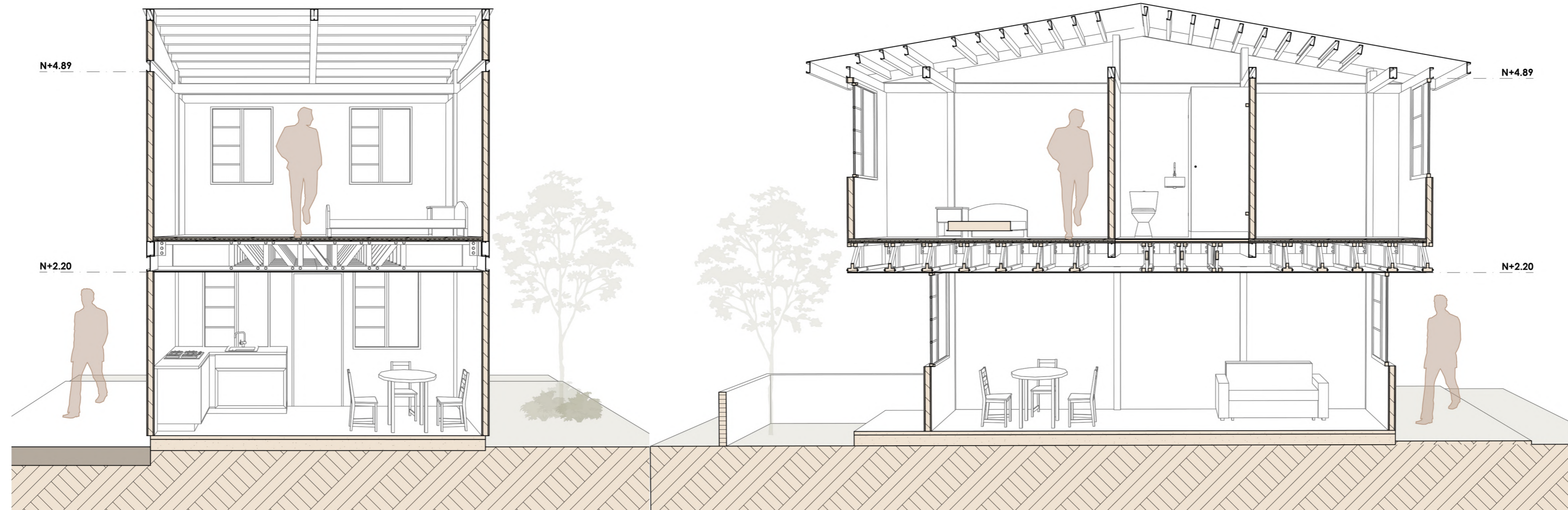


Figura No. 109. Sección Transversal con el entrepiso aplicado a Molinos de Capulispamba

Figura No. 110. Sección Longitudinal con el entrepiso aplicado a Molinos de Capulispamba

La implementación de este proyecto sobre la vivienda de interés social de la EMUVI, cuyo esquema original plantea un entrepiso mixto de losas de hormigón prefabricadas sobre vigas de acero. Las luces de 4.50 m del proyecto habitacional resultan óptimas para acoplar al Entrepiso Mixto "I", el cual, a pesar de requerir un mayor peralte, cumple estrictamente con la altura mínima libre de piso de 1.20 m. Al integrarse a la modulación existente, este sistema elimina los procesos húmedos y consolida un diafragma seco altamente eficiente que reduce las cargas estructurales gracias a su optimización geométrica y el uso de componentes más sostenibles y con materiales del medio local.



Figura No. 111. Sección Axonométrica del Entrepiso Mixto I aplicado a Molinos de Capulispamba

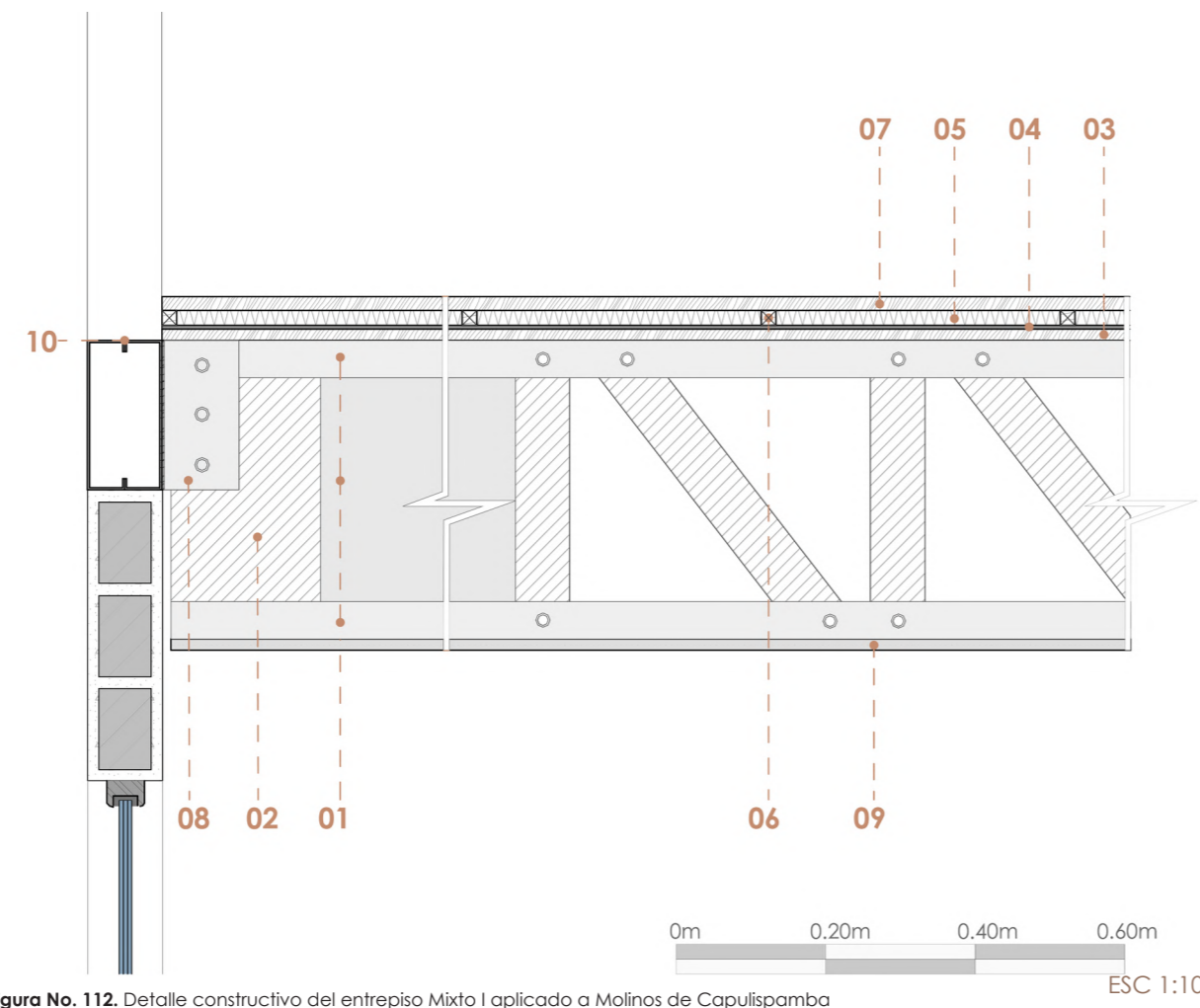


Figura No. 112. Detalle constructivo del entrepiso Mixto I aplicado a Molinos de Capulispamba

Entrepiso Mixto I anclado a Emuvi

- 01. Entrepiso Mixto "I"
- Patines (alas): Madera de pino estructural 5×5 cm
- Alma: Tableros OSB de 18.3 mm (doble placa)
- Diagonales madera de pino 5×3.02×50.5 cm
- Montantes 5×3.02×30 cm, cada 39 cm
- Unión alma-patines: Tornillos o pernos cabeza hexagonal SKR1080 Ø M10, L = 80 mm cada 20cm
- 02. Bloque de apoyo de madera maciza de pino 20×30×5 cm
- 03. Tablero estructural inferior de OSB de 15.1 mm
- 04. Membrana acústica de espuma de polietileno con e= 5 mm
- 05. Capa resiliente de fieltro reciclado, densidad de 1500 g/m² e= 20mm
- 06. Tirillas de 20x20mm colocadas cada 40cm
- 07. Tablero estructural superior de OSB de 18.3 mm
- 08. Perfil de anclaje metálico A36 con fijación mediante soldadura a viga principal
- 09. Cielo raso yeso cartón de 15mm
- 10. Viga metálica 2G 200x50x15x3mm

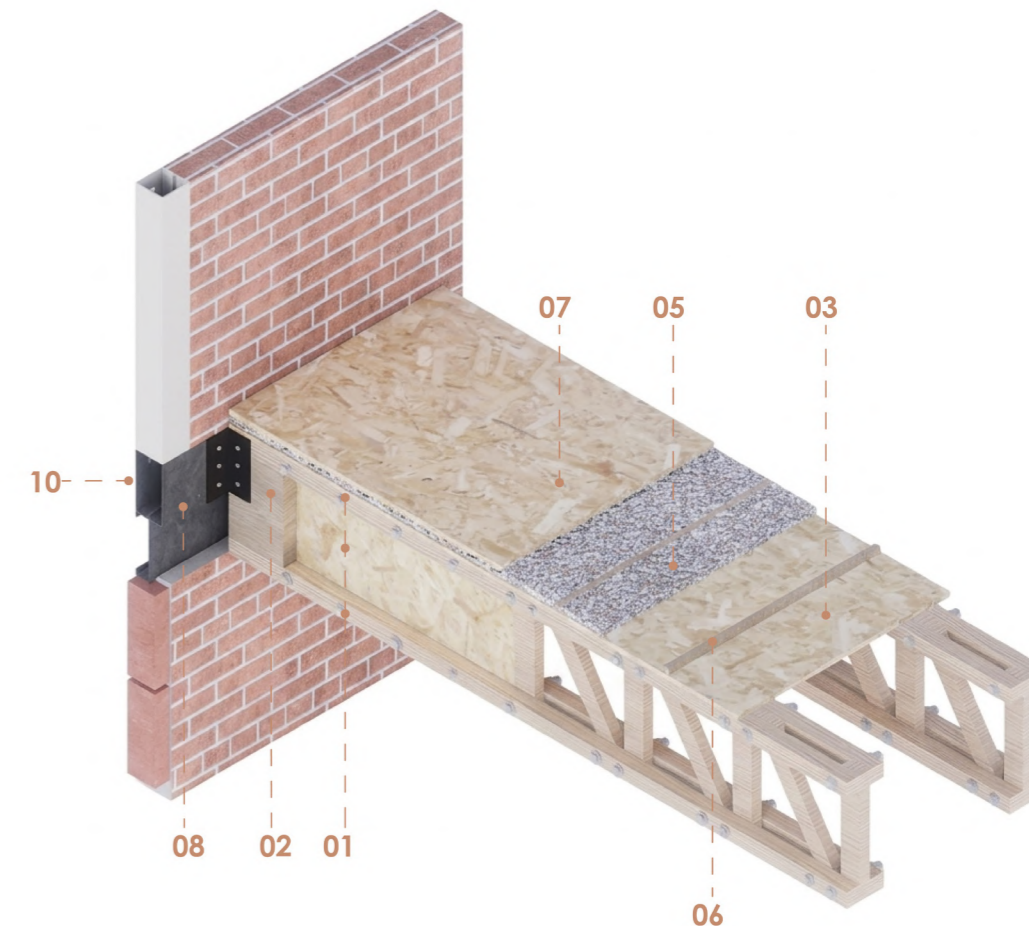


Figura No. 113. Render de la propuesta aplicada a Molinos de Capulispamba.

DISCUSIÓN Y COMPARACIÓN DE ENTREPISOS:

Peso estructural:

Contrastando el peso propio de ambos sistemas, se observa la notable diferencia de la losa prefabricada de hormigón convencional, que genera una carga muerta 6.5 veces mayor sobre la edificación, demostrando que el Entrepiso Mixto "I" reduce drásticamente la masa estructural.

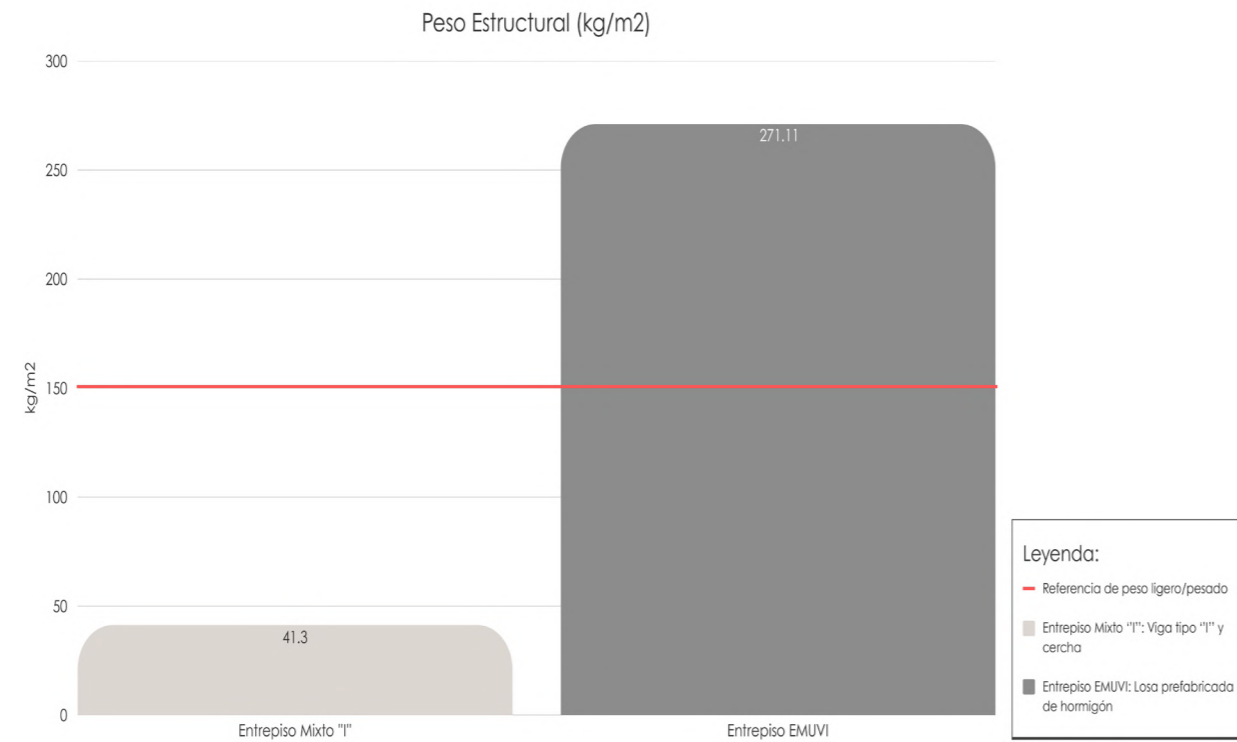


Figura No. 114. Comparativa de peso estructural para el entrepiso existente del EMUVI y para el Entrepiso Mixto I

Momento flector máximo de solicitación:

El Momento Flector Máximo representa el impacto directo del peso propio de cada sistema. El entrepiso del proyecto "Molinos de Capulispamba" realizado por el EMUVI registra un momento flector significativamente mayor que el Entrepiso Mixto "I", dado que el entrepiso en seco salva la misma luz de diseño pero su régimen de esfuerzos es mucho más bajo y controlado, optimizando las secciones requeridas para la estructura de soporte.

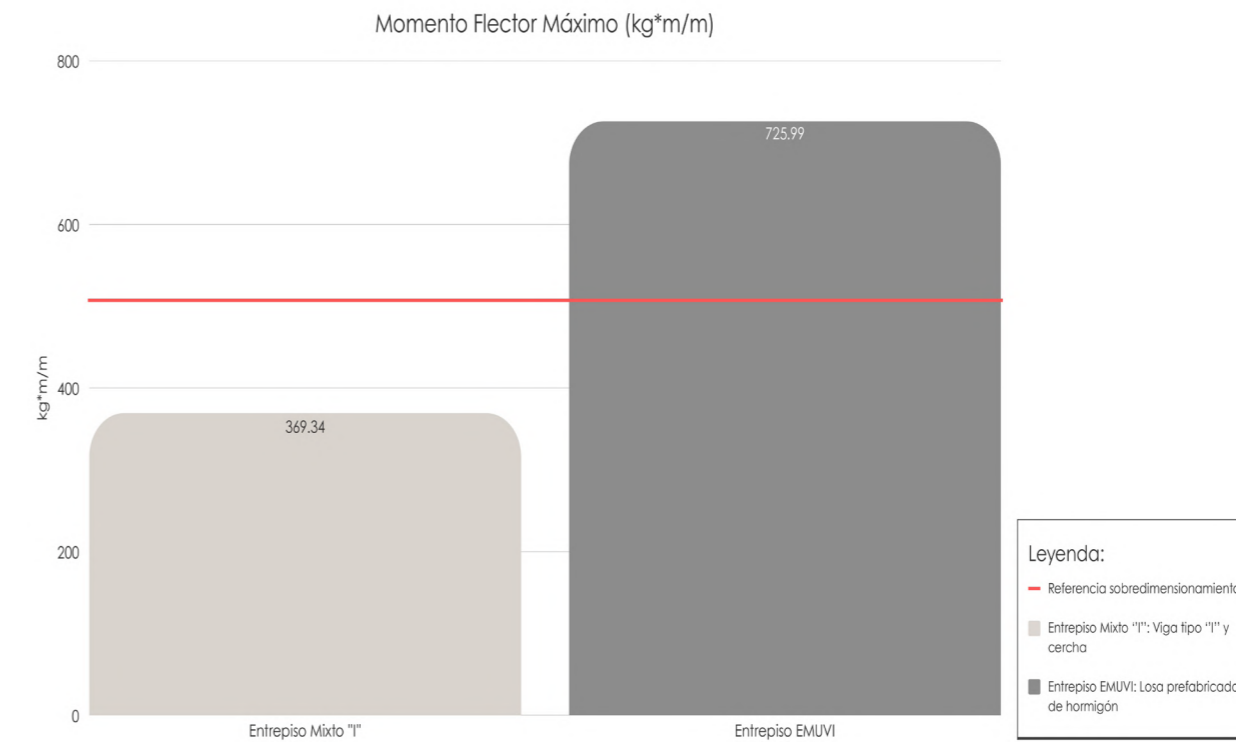


Figura No. 115. Comparativa de Momento flector máximo para el entrepiso existente del EMUVI y para el Entrepiso Mixto I

COMPARACIÓN DE ENTREPISOS:

Deflexión máxima:

Tanto el Entrepiso Mixto "I" como el entrepiso del EMUVI registran una deflexión idéntica de 0.05 cm en luces cortas de 3 m. Al extenderse a la luz máxima de diseño de 4.5 m, experimentan una deflexión con un valor muy cercano, este resultado demuestra que el Entrepiso Mixto "I" es capaz de igualar la rigidez y el control de deformaciones.

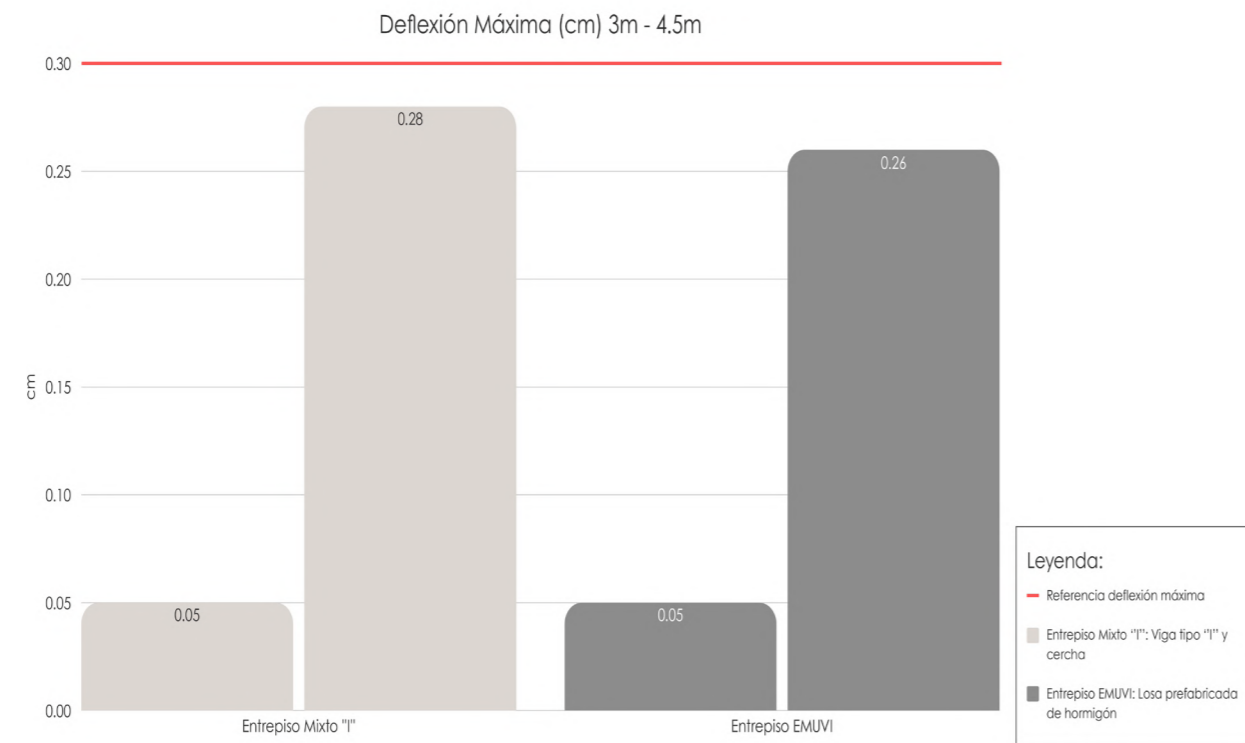


Figura No. 116. Comparativa de deflexión máxima para el entrepiso existente del EMUVI y para el Entrepiso

Peralte mínimo:

Ambos sistemas demandan espesores mínimos similares para responder a las exigencias estructurales, esto significa que en su acople no difieren para el diseño arquitectónico de estructuras.



Figura No. 117. Comparativa de peraltes mínimos para el entrepiso existente del EMUVI y para el Entrepiso Mixto I

COMPARACIÓN DE ENTREPISOS:

Rendimiento Constructivo y Costo por m2

Esta diferencia refleja el impacto presupuestario que tiene un sistema sobre el otro. El entrepiso húmedo, su rendimiento es más eficiente económicamente y esto se evidencia rotundamente en el precio que tienen, con más del doble del precio. Para la vivienda de interés social esto es fundamental y, aunque el Entrepiso Mixto "I" tiene ventajas estructurales, sísmicas y ecológicas, este es un factor clave por el que no se utiliza en este tipo de estructuras.

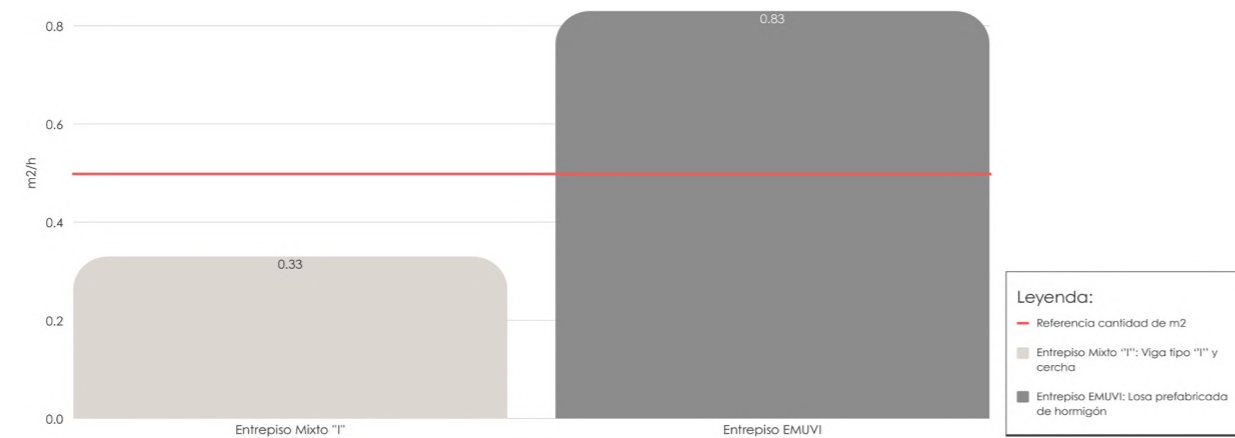


Figura No. 118. Comparativa de rendimiento constructivo para el entrepiso existente del EMUVI y para el Entrepiso Mixto I

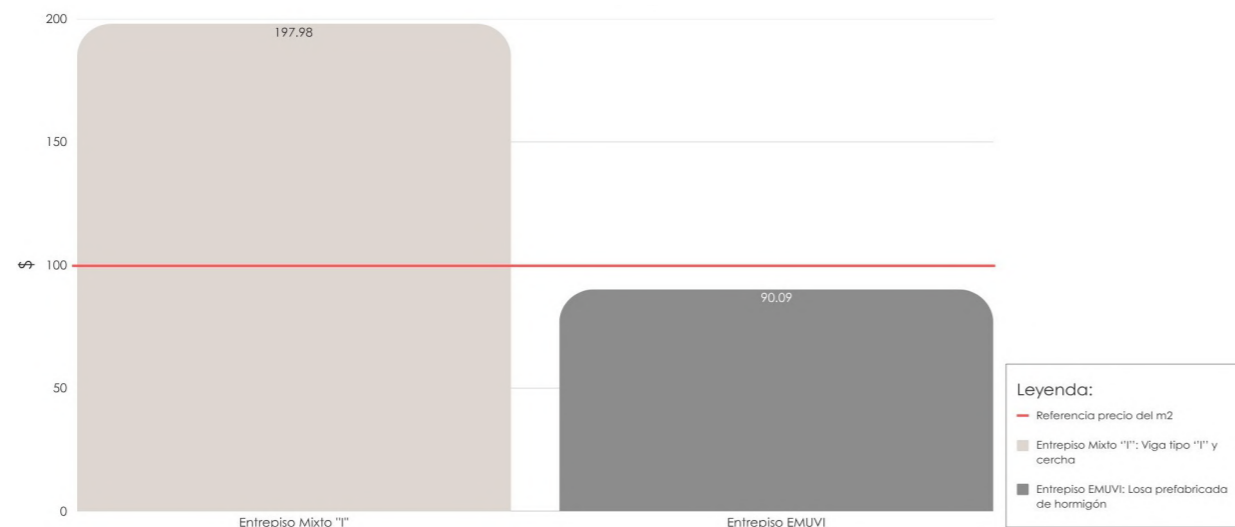


Figura No. 119. Comparativa de precios unitarios totales para el entrepiso existente del EMUVI y para el Entrepiso Mixto I

Aislamiento acústico:

Este resultado demuestra que a pesar de su ligereza, la incorporación de la capa resiliente de fieltro reciclado mitiga la transmisión del ruido, garantizando el aislamiento necesario para el bienestar habitacional de la vivienda en ambos entrepisos.

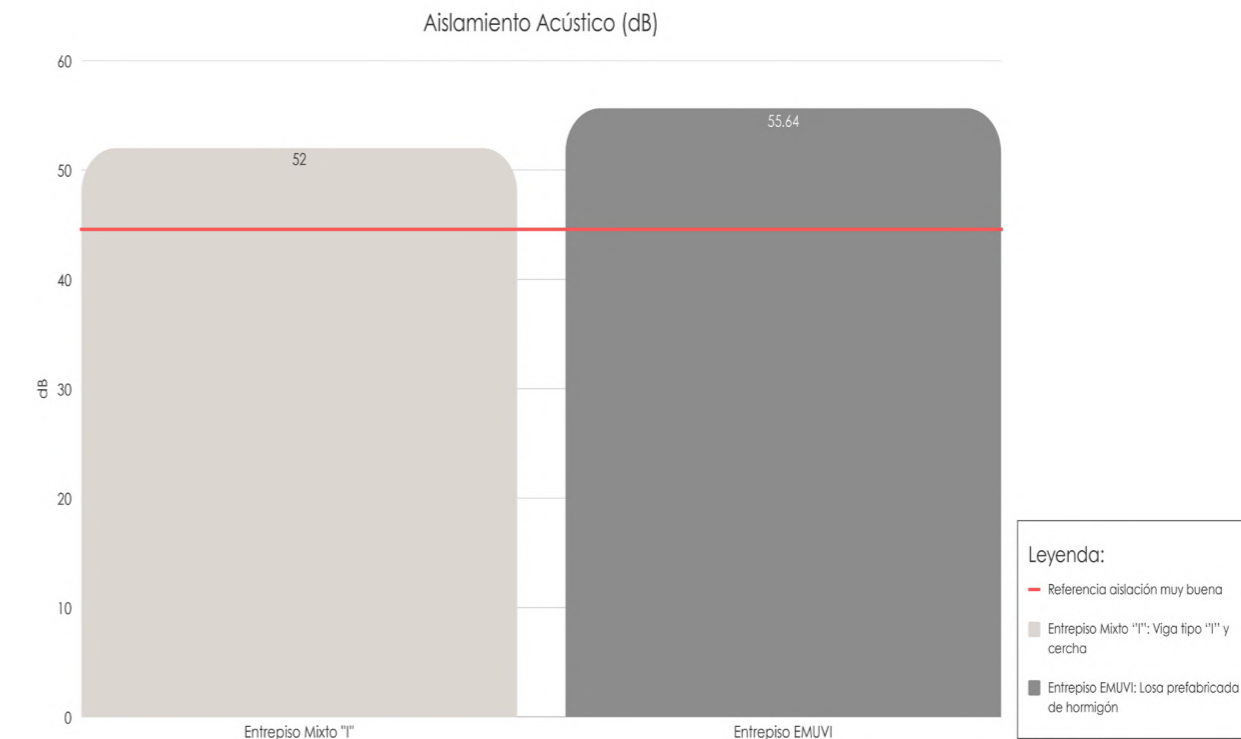


Figura No. 120. Comparativa de aislamiento acústico para el entrepiso existente del EMUVI y para el Entrepiso Mixto I

COMPARACIÓN DE ENTREPISOS:

Cortante basal sísmico:

El análisis del Cortante Basal demuestra la diferencia más crítica en términos de seguridad sísmica. El Entrepiso Mixto "I" la reduce hasta un 84.7% en el cortante basal demostrando la superioridad del sistema seco ante algún evento telúrico. Disminuye de forma determinante las fuerzas inerciales que se ejercen sobre la estructura, garantizando un comportamiento sismorresistente óptimo y altamente seguro.

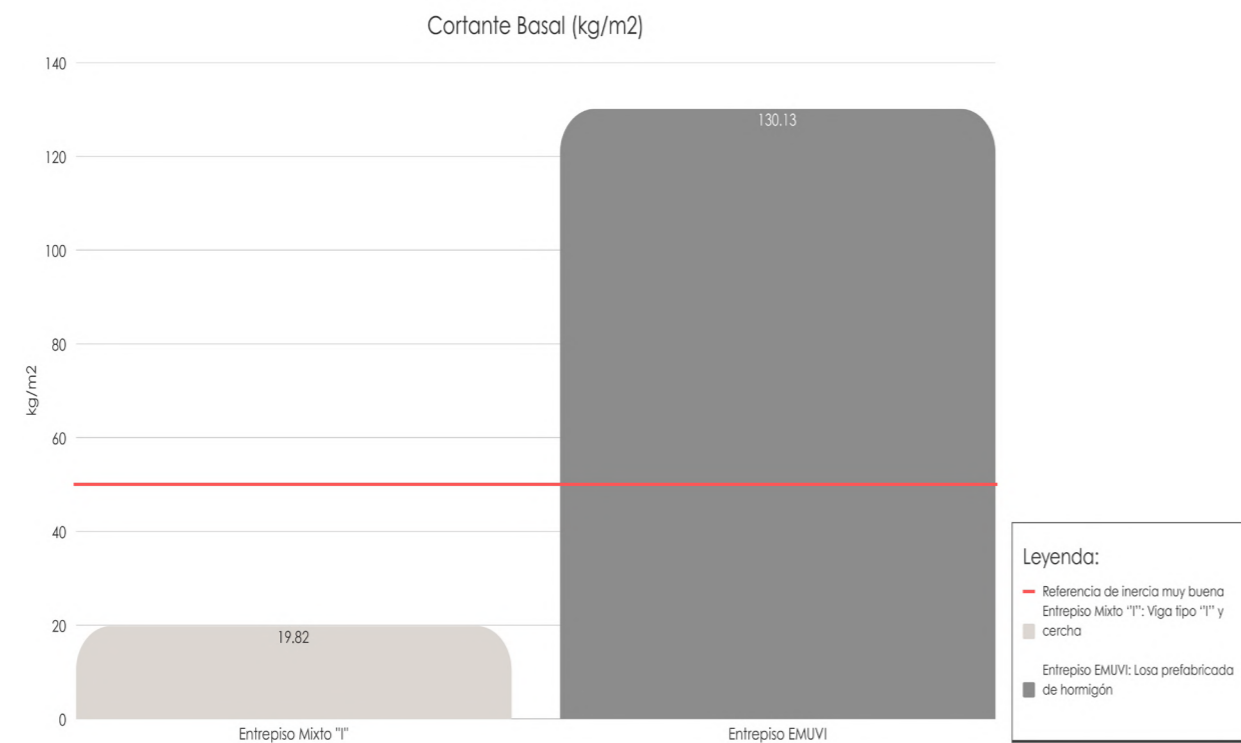


Figura No. 121. Comparativa de Cortante Basal Sísmico para el entrepiso existente del EMUVI y para el Entrepiso Mixto I



Figura No. 122. Axonometría en render del sistema constructivo. Nota. Generada por los autores y mejorada con IA. OpenAI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis comparativo, se establece que no existe un sistema de entrepiso "perfecto" en términos absolutos, sino que cada tipología presenta fortalezas específicas según se priorice la ligereza, la rigidez o el rendimiento. Sin embargo, la investigación demuestra que no es posible superar la hegemonía del hormigón, por la principal razón del rendimiento económico.

Las nuevas tecnologías de entrepisos secos en este mercado no pueden competir a gran escala con los sistemas húmedos, porque la mayoría de personas prioriza su inversión en sistemas convencionales que, si bien no destacan en todas las áreas, no presentan problemas con una buena ejecución, manteniendo un equilibrio estable en sus variables. Bajo esta premisa, se identificó al sistema I-Joist como uno de los más consistentes, lo que permitió evolucionar hacia la propuesta del Entrepiso Mixto "I", con el objetivo de competir en ámbitos estructurales y sismorresistentes.

Este diseño híbrido, que integra una cercha central, logra una solución ligera que facilita el paso de instalaciones sin comprometer la sección estructural. En definitiva, el estudio concluye que existen alternativas técnicamente viables, más seguras, pero que lastimosamente en el país los precios y proveedores no están industrializados a nivel de otros países, como para que sea viable construir actualmente con estos sistemas.

Limitaciones de la Investigación:

Debido a la amplitud que implica el diseño de entrepisos, la presente investigación se limita únicamente a la verificación, predimensionamiento y validación de parámetros principales, omitiendo el cálculo estructural de cada uno de los sistemas analizados. Llegar al desglose de variables de cada componente supondría una extensión que excede los objetivos de este estudio. Asimismo, es el análisis de rendimiento, que se evalúa principalmente en función del costo. Este rendimiento no debe tomarse como un valor real u operativo en obra, ya que para determinar la velocidad y eficiencia constructiva real de cada sistema, sería necesario aplicar los métodos en campo y realizar los ensayos de tiempos correspondientes. Por lo tanto, se han considerado las variables fundamentales de diseño, reconociendo que existen factores sísmicos, estructurales, dinámicos, que implicaría a otra etapa de ejecución técnica e investigación.

Recomendaciones:

Explorar alternativas innovadoras y no depender únicamente del hormigón, atreverse a implementar nuevos sistemas constructivos. Los resultados de esta comparación demuestran que, muchas veces, la falta de innovación responde al desconocimiento técnico y no a que estas nuevas propuestas sean ineficientes

o complejas de ejecutar. Es necesario profundizar en el desarrollo de opciones como el Entrepiso Mixto "I", los cuales optimizan el comportamiento estructural y reducen el impacto ambiental. Asimismo, se invita a futuros investigadores a continuar con el estudio de estos entrepisos secos, ya que representan una oportunidad clave para lograr viviendas más seguras ante los sismos en el Ecuador. En este sentido, se sugiere abrir líneas de investigación que abarquen detalladamente el rendimiento económico global, analizando cuantitativamente si el costo inicial de los materiales secos se llega a compensar con el ahorro financiero que se genera al diseñar cimentaciones y tiempos de fraguado que conllevan los entrepisos húmedos.

Finalmente, es necesario concientizar a las nuevas generaciones desde la infancia sobre el impacto ambiental de la construcción. Esta educación es importante, ya que el ahorro económico que ofrecen ciertos sistemas convencionales no compensa el costo ambiental ni los daños que causan por la contaminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar Falconí, R. (2014). Análisis sísmico de edificios. Escuela Politécnica del Ejército. https://www.researchgate.net/publication/279188057_Analisis_Sismico_de_Edificios

Aloisio, A., Al-Sadoon, Z., Bedon, C., & Fragiaco, M. (2025). Vibration based serviceability and acoustic assessment of lightweight floor systems. *Empa Mechanical Systems*. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-032-02098-7_7

American Concrete Institute. (2014). Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-14) y comentario. https://civilshare.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/07/aci_318s_14_en_espanol.pdf

American Concrete Institute. (2019). Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19).

Arauco. (2021). Ficha técnica Hilam CLT. <https://www.arauco.cl/chile/marcas/hilam/clt/>

Arenas, J. P. (2014). Materiales absorbentes acústicos. Universidad Austral de Chile. <https://www.researchgate.net/publication/267840134>

Bader Eddin, M., Ménard, S., Laratte, B., & Kouyoumji, J. L. (2025). A comparative analysis of CLT floor systems considering an acoustic prediction model and life cycle assessment (LCA). *International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*, 272(2), 2992–2999. https://www.researchgate.net/publication/397483485_A_Comparative_Analysis_of_CLT_Floor_Systems_Considering_an_Acoustic_Prediction_Model_and_Life_Cycle_Assessment_LCA

Bazán, E., & Meli, R. (2015). Diseño sísmico de edificios (3ra ed.). Editorial Limusa. <https://ivandamianvega.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/03/arquibros-manual-de-diseno-sismico-de-edificios.pdf>

Beer, F. P., Johnston, E. R., Dewolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2017). *Mecánica de materiales* (7ma ed.). McGraw-Hill. <https://www.udocz.com/apuntes/941128/mecanica-de-materiales-beer-johnston-dewolf-7ma-edicion>

Berrezueta, J., Espinoza, M., & Elías, R. (2025). Análisis de costos de cimentaciones en función de la reducción de carga muerta superior. *Revista Técnica de la Universidad de Cuenca*, 43(1), 22–35.

Cámara de la Construcción de Cuenca. (2024). Listado de materiales e insumos de construcción. <https://www.camaraconstruccioncuenca.com/>

Cámara de la Industria de la Construcción. (2026). Tabla de costos de materiales, salarios mínimos

y rendimiento de la construcción. CAMICON. <https://www.contraloria.gob.ec/WFDescarga.aspx?id=2821&tipo=doc>

Centro UC de Innovación en Madera. (2021). Manual de diseño de estructuras en madera. Pontificia Universidad Católica de Chile. https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2022/07/MANUAL_DE_DISENO_DE_ESTRUCTURAS_EN_MADERA-1.pdf

Ching, F. D. K. (2014). Manual de construcción ilustrada. Editorial Gustavo Gili. https://editorialgg.com/media/catalog/product/9/7/9788425232725_inside_1.pdf

Chunga, K. (2025). Estudio sísmico determinista y evaluación de sistemas de entrepiso ligero en la zona interandina. *Revista Científica FINIBUS - Ingeniería, Industria y Arquitectura*, 8(15), 40–48. <https://doi.org/10.56124/finibus.v8i15.004>

Concrete Network. (2024). Impact of cement and steel production on CO₂ emissions. <https://www.concretenetwork.com/impact-of-cement-and-steel-production-on-co2-emissions.html>

CORMA. (2015). Guía de diseño para la construcción de viviendas de madera (2da ed.). Corporación Chilena de la Madera. <https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/08/manual-de-construccion-de-viviendas-en-madera-snh.pdf>

Coronel Cárdenas, F., Barrera, L., Ochoa, P., & Proaño, D. (2018). Innovación tecnológica del Austro Ecuatoriano [Proyecto de Investigación]. Universidad del Azuay, Vicerrectorado de Investigaciones.

Cueva, P., & Pesántez, J. (2015). Estudio comparativo de los sistemas de entrepiso [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio DSpace UCuenca.

Dias, P., Martins, C., Santos, P., & Tadeu, A. (2015). Acoustic performance of timber floors: A review. *Construction and Building Materials*, 101, 747–755. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061815305626?via%3Dihub>

Dismetal S.A. (2025). Catálogo técnico de perfiles conformados en frío y sistemas estructurales. Quito, Ecuador. <https://dismetal.ec/productos/perfiles>

Domouso de Alba, F. J. (2015). La introducción del hormigón armado en España [Tesis doctoral,

Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. <https://oa.upm.es/40774/>

Edimca. (2024). Manual de productos de madera tecnificada y tableros estructurales. Novopan del Ecuador. <https://www.edimca.com.ec/>

Espinosa, J., Barrera, L., & Coronel, F. (2018). Sistemas industrializados alternos para la optimización de vivienda de interés social. En *Innovación tecnológica del Austro Ecuatoriano* (pp. 45–62). Casa Editora Universidad del Azuay.

Fairis S.A. (2024). Lana de roca: aislamiento termo-acústico. <https://fairis.com/>

FAO. (s.f.). Propiedades mecánicas de las maderas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/4/ad670s/ad670s03.htm>

Fiberglass Isover. (2024). Manual de aislamiento acústico y soluciones en lana de roca para entrepisos. Saint-Gobain. <https://www.isover.es/documents/catalogos-manuales-y-guias/guia-isover-2024-web.pdf>

FPIInnovations. (2013). CLT handbook: Cross-laminated timber. <https://web.fpinnovations.ca/clt/>

Pichardo Lewenstein, B., & Ramírez de Alba, H. (2020). Alternativa sustentable para la construcción de losas de entrepiso utilizando madera y concreto. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad La Salle*, 14(54), 119–140. <https://revistasinvestigacion.lasalle.mx/index.php/recein/article/view/2441/2690>

Guevara-Moreira, A., Domínguez-Gutiérrez, J., & Chara-Pin, N. (2025). Habitabilidad en viviendas sociales. Caso de estudio. *Revista Científica FINIBUS - Ingeniería, Industria y Arquitectura*, 8(15), 49–58. <https://doi.org/10.56124/finibus.v8i15.005>

Harris, C. M. (1995). Manual de medidas acústicas y control del ruido. McGraw-Hill. <https://es.scribd.com/document/685669679/Manual-Medidas-Acusticas-y-Control-Del-Ruido>

Hassan, O. A. B. (2025). Technical note: Effect of partial composite action on the dynamical properties of timber floor. *Construction and Building Materials*, 320, e126250. https://www.researchgate.net/publication/398188492_Technical_note_Effect_of_partial_composite_action_on_the_dynamical_properties_of_timber_floor

Herzog, T., Natterer, J., Schweitzer, R., Volz, M., & Winter, S. (2004). *Timber construction manual*. Birkhäuser. <https://www.google.com.ec/books/>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

edition/Timber_Construction_Manual/uWvRAAAA-QBAJ?hl=es&gbpv=0

Hofman, E., Voordijk, H., & Halman, J. I. M. (2009). Matching supply networks to a modular product architecture in the house-building industry. *Building Research & Information*, 37(1), 31–42. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09613210802628003>

Holcim Ecuador S.A. (2025). Soluciones integrales de hormigón premezclado y cementos eco-eficientes. Azuay, Ecuador. <https://www.holcim.com.ec/nuestras-plantas>

Instituto de Construcción en Seco. (2018). Manual de Steel Framing: Arquitectura e ingeniería. Consul Steel. <https://es.scribd.com/document/104787251/Manual-de-Procedimiento-Consul-Steel>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). Encuesta de Edificaciones (ESED) 2021: Variables de materiales predominantes. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-edificaciones-historico-trimestre-2022/>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2023). Encuesta de Edificaciones (ESED): Boletín técnico anual. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/

Encuesta_Edificaciones/2023/anual/3.2023_ESED_Boletin_tecnico.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2024). Estadísticas de la construcción y permisos de edificación en el Ecuador. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>

Javaherikhah, A., Behnam, B., & Dehghani, M. (2024). Overview of LSF systems in contemporary architecture. *Architecture, Barcelona and Environment*, 18, 45-58. <https://doi.org/10.20868/abe.2024.2.5272>

Junta del Acuerdo de Cartagena. (1984). Manual de diseño para maderas del grupo andino. PADT-REFORT. https://es.scribd.com/document/403541599/Manual-de-diseno-para-maderas-del-grupo-andino-pdf#google_vignette

Kubiec. (2024). Sistemas de entrepiso y soluciones de acero. <https://www.kubiec.com>

Louisiana-Pacific Corporation. (2020). Manual técnico de instalación de paneles SIP. https://lpperu.com.pe/wp-content/uploads/2017/08/12_ANEXO-SIP-347-356.pdf

Louisiana-Pacific Corporation. (2021). I-Joist solid start technical guide. [berlaintimbermart.ca/m/product-catalog/product-documents/lpi-residential-technical-guide.pdf?srsId=AfmBOoo96226euvXs9MK79SQ_gwB02n-LlrZQsYbmixrtJMQPhp8OOxn](https://www.cham-</p>
</div>
<div data-bbox=)

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2023). Sistema Nacional de Información Forestal. <https://www.ambienteenergia.gob.ec/ambiente/sistema-nacional-de-control-forestal-y-vida-silvestre-pcfvs/>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS: Peligrosidad sísmica, diseño sismo resistente y rehabilitación de estructuras. https://cicp-ec.com/documentos/NEC_2015/NEC_SE_DS_Peligro_Sismico.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas). MIDUVI. <https://www.mit.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2026/03/1.-NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas.pdf>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM: Estructuras de hormigón armado. MIDUVI. [ras-de-Hormigon-Armado.pdf](https://www.mit.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2026/03/5.-NEC-SE-HM-Estructu-</p>
</div>
<div data-bbox=)

Ministerio de Vivienda. (2010). Catálogo de elementos constructivos del Código Técnico de la Edificación: Paredes divisorias y elementos de separación verticales en viviendas continuas (Vol. 1). Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. <https://www.codigotecnico.org/Documentos/DocumentosReconocidos/CatalogoElementos-Constructivos.html>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-AC: Estructuras de acero. MIDUVI. <https://www.mit.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2026/03/6.-NEC-SE-AC-Estructuras-de-Acero.pdf>

McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2015). Design of reinforced concrete (10th ed.). Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Design+of+Reinforced+Concrete%2C+10th+Edition-p-9781118879108>

Nilson, A. H. (1999). Diseño de estructuras de concreto. McGraw-Hill. <https://marodyc.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/06/disec-3b1o-de-estructuras-de-concreto-nilson-arthur.pdf>

Nilson, A. H., Darwin, D., & Dolan, C. W. (2011). Design of concrete structures (14th ed.). McGraw-Hill.

<https://construccion.uv.cl/docs/textos/coleccion03/TEXTO.12.DesingofConcreteStructures.pdf>

Novacero S.A. (2021). Manual técnico Novalosa: Placa colaborante. <https://www.novacero.com/catalogo-de-productos/novalosa/>

Novopan. (2024). Fichas técnicas de tableros de partículas de madera y soluciones constructivas. Novopan del Ecuador S.A. <https://www.novopan.com.ec/productos>

Oladazimi, A., Mansour, S., & Hosseinijou, S. (2020). Life cycle assessment of dry and wet residential structures. *Buildings*, 10(3), 54. <https://www.mdpi.com/2075-5309/10/3/54>

Oña, J., & Encalada, J. (2024). Muros de entramado ligero y comportamiento estructural. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 16(1), 3270. <https://www.redalyc.org/journal/7261/726177442003/726177442003.pdf>

Organización Internacional de Normalización. (2021). Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 5: Requisitos para instalaciones y equipos de ensayo (ISO Standard No. 10140-5:2021). [5-2022-n0068485](https://www.en.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-iso-10140-</p>
</div>
<div data-bbox=)

Pauta, P., & Vásquez, J. (2017). Materiales alternativos acústicos aplicados en la edificación [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio UCuenca

Pfeifer, G., & Brauneck, P. (2007). Courtyard houses: A housing typology. Birkhäuser. <https://es.scribd.com/document/351722086/Courtyard-Houses-A-Housing-Typology-Gunter-Pfeifer-and-Per-Brauneck-pdf>

Pintado Quito, M. V. (2015). Materiales prefabricados aplicados en el diseño de vivienda de interés social [Trabajo de grado, Universidad de Cuenca]. Cuenca, Ecuador. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/a8ffc78b-1c59-4dc9-b936-a946fd802e52>

Reyes, C., López, V., & Guindos, P. (2020). Guía de diseño estructural de CLT en zonas sísmicas. Ediciones UC. <https://madera.uc.cl/images/recursos/clt/guia-diseno-especificacion.pdf>

Rojas, L. (2018). Entrepisos livianos de madera: Análisis de rigidez y vibraciones [Tesis de pregrado, Universidad de Valparaíso]. <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/items/4d892c55-8efd-4d32-8992-2e4160fddf31>

Rothoblaas. (s.f.). Soluciones tecnológicas para construcciones de madera tecnificada. <https://www.rothoblaas.es/>

Sabelli, R., Pottebaum, W., & Dean, J. (2011). Seismic design of composite steel deck diaphragms. National Institute of Standards and Technology. NIST GCR 11-917-10. <https://www.nehrp.gov/pdf/nistgcr11-917-10.pdf>

Samaniego Alvarado, P., Barrera, L., & Carvajal, S. (2021). Desarrollo tecnológico y análisis del comportamiento al fuego de entresijos de madera [Proyecto de Investigación]. Universidad del Azuay, Vicerrectorado de Investigaciones.

Matute Tenemaza, F. (2007). Construcción en seco sistema constructivo alternativo y su aplicación en muros y cielos rasos [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional DSpace UCuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/6189>

Sharp, R. (1978). Steps to control floor vibrations in building spaces. *Architectural Science Review*, 21(4), 101-107.

Steel Deck Institute. (2017). Composite steel floor deck standard. ANSI/SDI C-2017. <https://es.scribd.com/document/469747639/Ansi-Sdi-c-2017-Stan->

dard

UNACEM Ecuador. (2024). Fichas técnicas de hormigón premezclado y cemento. https://unacem.ec/wp-content/uploads/2024/06/campeon_2.pdf

Universidad del Azuay. (s.f.). Catálogo institucional de materiales de construcción. Casa Editora UDA. <https://doi.org/10.33324/ceuzuay.325>

Wight, J. K. (2021). Reinforced concrete: Mechanics and design (8th ed.). Pearson Education. <https://www.cozing.com.bo/uploads/document/file/14/1565820867696.pdf>

Wood Vera, W. A., & Desvars Benítez, D. L. (2024). Análisis de deflexiones y momentos en losas prefabricadas. *Revista de Investigación Científica y Social*, 6(1), 112-125. <https://revistas-facet-unc.edu.py/index.php/RICS/article/view/45>

Anexo 1.
Entrevistas a ingenieros.

ENTREVISTA

Cuestionario

- En su experiencia profesional, podría comentarnos ¿cuál ha sido el sistema de entrepiso que ha predominado en sus obras, ya sea de tipo pesado, mixto o ligero, su materialidad y bajo qué criterios de funcionalidad y practicidad personal suele inclinarse por uno de ellos?

- Considerando que existen algunas soluciones técnicas, ¿qué tipos de estructuras ha tenido la oportunidad de calcular o ejecutar y específicamente para los entrepisos tiene alguna tipología específica que le resultaría interesante implementar en futuros proyectos?

- Comúnmente cuando no existe una especificación de materialidad al momento de solicitar un análisis estructural de un proyecto, la tendencia general es realizar el análisis estructural basándose en losas de hormigón aligeradas. En su opinión, ¿a qué se debe esta práctica habitual en el medio y, de no ser su caso, qué alternativa suele proponer usted como estándar inicial?

- Desde su visión técnica, ¿cuál considera que es el sistema de entrepiso más utilizado actualmente y qué factores cree que sostienen esa preferencia por sobre otras opciones?

- Si se le presentara la oportunidad de proyectar un entrepiso ligero, ¿lo consideraría un desafío profesional que le generaría interés o, por el contrario, no representaría un aporte significativo?

- ¿En qué etapa cree que se presentarían mayores dificultades al trabajar con sistemas ligeros prefabricados; durante el proceso de cálculo estructural, en la logística y ejecución de la obra o en el comportamiento y uso cotidiano de la edificación ya terminada?

- En cuanto al comportamiento sísmico, ¿considera que existe una diferencia crítica en la respuesta de la edificación al utilizar entrepisos ligeros en comparación con los pesados?

- Profundizando en el análisis sísmico, ¿cree que entre los distintos sistemas ligeros existe una diferencia tan marcada que amerite un estudio individualizado para cada materialidad, o considera que, bajo los parámetros de la NEC, sería viable establecer un análisis de cargas generales que abarque a diversos sistemas ligeros de propiedades similares para el cálculo de cimentaciones?

- En relación con el rendimiento en obra, ¿considera que el uso de estos sistemas permite una reducción de cargas y tiempos de ejecución significativa, o cree que el tema acústico podría representar un inconveniente que obligue a soluciones complejas? ¿Cómo abordaría usted este reto del confort sonoro?

Ingeniero, le agradezco profundamente por su tiempo y por compartir sus conocimientos. Sus criterios formados por años de experiencia han sido de vital importancia para poder tener unas bases sólidas en la investigación. Muchas gracias.

Entrevistador: ¿En su experiencia profesional podría comentarnos cuál ha sido el sistema de entrepiso que ha predominado en sus obras, ya sea de tipo pesado, mixto, ligero, su materialidad y bajo qué criterios de funcionalidad y practicidad personal suele inclinarse por uno de ellos?.

Entrevistado: Eh, primeramente dentro de lo que es el piso, en la experiencia que yo tengo en la construcción de unos edificios y tanto también como de unas naves, eh me inclino personalmente por las estructuras estas similares entre Novalosa. ¿Por qué digo esto? Por seguridad, por aspectos constructivos mucho más rápidos y dan garantía. El espaciamiento, la instalación no lleva a mucho riesgo y funciona. La funcionalidad es de tal manera que inclusive la forma constructiva que se hace no tampoco revierte un ejercicio exagerado o también de riesgo, porque básicamente eso sirve inclusive de encofrado, apuntalado obviamente para determinados tiempos y dando de acuerdo a lo que el ingeniero estructurado en función de lo que va a tener su carga tanto nuestra cuenta móvil o dinámica, o dependiendo de qué tipo de cargas van a ver en esos pisos. Siempre se ha hecho con este tipo de estructura que ya le digo es muy buena, garantizado indudablemente. Que en determinadas condiciones, en función de las cargas que van a tener, tiene un armado estructural sobre esta Novalosa y que además va fundido con hormigón de las resistencias

que da el ingeniero estructural, que es el que tiene la potestad para eso y queda muy bien. En alguna ocasión que se hizo alguna obra de esas, hubo un pequeño inconveniente que se mueven las placas.

Entrevistador: ¿Las placas se mueven?.

Entrevistado: No las placas, sino el digamos tiene un movimiento más bien ondulatorio, o sea, se mueve, se mueve. Pero luego cuando se hizo las revisiones y todo, más ha sido por el aspecto netamente de la separación que tienen que irse las vigas donde que se asienta este tipo de material, han estado muy separadas y se pandeó. He visto estructuras de esas pandeadas por la separación, pero en la experiencia personal que tuvimos se tuvo que poner unas vigas intermedias y quedó totalmente establecido. Claro, el asunto fue por uso de la separación entre las vigas estas no era la adecuada.

Entrevistador: ¿Se podría considerar como una estructura mixta de su preferencia?.

Entrevistado: Claro. O sea, si quiere puede llamarle, pero mixta no tanto... más bien pesado.

Entrevistador: Considerando que existen algunas soluciones técnicas, ¿qué tipo de estructuras ha tenido la oportunidad de calcular o ejecutar? ¿Y específicamente para los entrepisos tiene alguna tipología específica que le resultaría

interesante implementar en futuros proyectos?.

Entrevistado: Bueno, experiencia como consultoría en estructuras para diseño, no soy en la parte específica, no soy estructural. Dada la experiencia profesional he tenido la posibilidad de poder hacer edificios, viviendas, naves. Me ratifico en el asunto de utilizar ese tipo de estructura. Si yo lo tuviera que hacer incluso para profesional, digamos, para uso personal o para construir para otras personas, recomendaría ese tipo de entrepiso. Si es que tiene que hacerse un entrepiso alivianado también me encanta. Me encanta porque en el uno estamos hablando de una estructura donde se pone el material previa predeterminado en reestructura y que es fácil de su instalación, no así utilizando los cajetones para losas alivianadas. Me gusta la losa nervada, alivianada normalmente. Se utilizan unos cajetones, sean de madera o sea de espuma flex, y se ve, me encanta. Hay veces que le dejan la espuma flex y como que no deja pasar el ruido también, para que quede ahí como un aislante de ruido.

Entrevistador: Comúnmente cuando no existe una especificación de materialidad al momento de solicitar un análisis estructural, por lo general la gente hace el análisis para losa alivianada. Esto en base a su experiencia ¿es debido a algún factor o porque es más fácil?.

Entrevistado: Yo creo que la incidencia específica de eso para que se determine esas circunstancias creo que normalmente va por lo económico. Yo he tenido clientes que tienen duda de los factores de seguridad, porque el factor seguridad implica estructuras más costosas. Porque requiere de mayor intervención tanto de hormigón y de hierro, pero realmente eso ya es una circunstancia que va por lo económico. He visto construcciones aquí en la zona, tanto de viviendas privadas o particulares, o edificios de vivienda o comerciales, y esos son los que he visto en su mayoría.

Entrevistador: Si se le presentara la oportunidad de proyectar un entrepiso ligero, ¿lo consideraría un desafío profesional o por el contrario no representaría un aporte significativo?. Tal vez en madera o steel framing.

Entrevistado: Personalmente no me correría, lo aceptaría como un desafío, sí, pero sí dejaría constancia que eso para mí es el tipo de material como si utilizara madera: mucho riesgo en nuestro medio. De la parte sísmica, las de hormigón estarían más aseguradas por su estructura mismo. Nunca construiría una casa de esas por dos factores: el uno porque no hay mano de obra calificada para que haga eso de ahí y si lo hacen, no lo hacen en formas industrializadas como en otros países. Por el contrario de la madera y el acero, hay algunos vacíos y la mano de obra calificada es como que un poco más de riesgo hacer eso.

Entrevistado: Si usted ve el ambiente de mi casa, estas vigas son dos vigas que tienen prácticamente 12 m de luz y esta casa tiene 30 años. Si yo construyera de nuevo, lo hiciera de nuevo de ladrillo. Esta casa no se cae ni queriendo. No he tenido problemas; he habido condiciones sismográficas aquí y me he parado a ver después del suceso, no hay grietas, no hay nada. Ahora yo veo que la mayoría de construcciones son de estructura metálica, que se comporta bastante bien. Se supone que deberían ser mucho más rápidas, pero aquí en Ecuador hay veces que se demoran hasta más que un edificio hecho por armado por la mano de obra calificada. La soldadura tiene unas especificaciones y tiene que controlar esta construcción un especialista estructural que haya hecho control de soldaduras. Yo volviera a hacer, yo prefiero la tradicional.

Entrevistador: ¿Y en qué etapa cree que es más complejo trabajar la construcción tradicional?.

Entrevistado: Después, porque la obra bruta es rápida. El problema empieza cuando usted empieza a dar los acabados que tienen de calidad como quiere el cliente. Usted tiene bloque, ladrillo y sobre qué está asentado toda la estructura: sobre el mortero. Yo volviera a hacer de ladrillo.

Entrevistador: En el comportamiento sísmico, ¿cuál cree que se comporte mejor entre un entrepiso ligero de acero o madera frente a el tradicional?.

Entrevistado: Tradicional. No hay nada que hacer. Antes, por ejemplo, la casas eran de bahareque, una estructura de carrizo armada con lodo y paja, y tiene un comportamiento sísmico que no pasa nada ahí.

Entrevistador: En comportamiento acústico, ¿cuál cree que se comporte mejor?.

Entrevistado: Creo que el tradicional sigue siendo el óptimo. Siempre la tradicional ha dado la distribución de sala, comedor, cocina y funciona muy bien. No es lo mismo una dos maderas y un OSB que un ladrillo de 20 cm con hormigón.

Entrevistado: Todo se comporta como una sola masa. No sé si has escuchado de este tema del diafragma rígido.

Entrevistador: Sinceramente no.

Entrevistado: Verás, para que tengas una idea o algo que está medio claro, es que vos al modelar un edificio idealizas cada piso como si fuera unas masas. Y según la dinámica de la estructura, vos pones rigideces a cada piso y esas rigideces van a interactuar con la parte sísmica. Entonces, vos cuando haces una losa de hormigón armado o haces una losa con el steel deck formas un diafragma rígido en ese piso y puedes concentrar la masa en un solo punto. Cuando haces eso con un entrepiso ligero es diferente; no se comporta como un solo cuerpo, sino como diferentes elementos. Es una desventaja en la parte sísmica como diafragma rígido y es una ventaja, a su vez, el tema del peso que es más ligero. Tienes que balancear esas dos cosas.

Entrevistador: La primera pregunta sería: en base a su experiencia profesional ¿cuál ha sido el sistema de entrepiso que ha predominado en sus obras, ya sea de tipo pesado, mixto, ligero, su materialidad y bajo qué criterios de funcionalidad y practicidad personal suele inclinarse por uno de ellos?.

Entrevistado: El entrepiso que más he usado en estos últimos 3 años, de 10 proyectos, en nueve he usado el

steel deck. Generalmente me inclino por el de Kubiec y la mayor parte de esos proyectos he usado losa colaborante, entendiéndose que se usan los pernos de cortante para unir la parte de hormigón con la del acero. Un proyecto hice con entrepisos ligeros en una remodelación de un edificio en el centro de Cuenca.

Entrevistador: ¿Ese entrepiso era de madera igualmente, o de acero?.

Entrevistado: Tenía madera en su estructura inicial, pero yo le añadí el nuevo piso con acero; puse vigas en l separadas cada 1.60 m y entre las vigas ponía perfiles G cada 60 cm para que se modulen con la plancha. Me servía como arriostamiento lateral para las vigas y como confinamiento de la placa de fibrocemento más gruesa, la de 2 cm. lba colocando modulado cada 61 cm.

Entrevistador: Considerando que existen algunas soluciones técnicas, ¿qué tipo de estructuras ha tenido la oportunidad de calcular o ejecutar y tiene alguna tipología específica que le resultaría interesante implementar en el futuro?.

Entrevistado: Los últimos 5 años he diseñado y construido también hormigón, que son losas bidireccionales con casetones de 40x40 en 20 cm o 15 cm. Ahora estoy usando más los entrepisos con el steel deck. Me llama bastante la atención

un piso de Kubiec que es como un sándwich: tiene dos planchas de fibrocemento abajo y otra arriba con poliuretano en la parte central. Tiene bastante inercia y aislamiento acústico y térmico.

Entrevistador: Justo eso también es un tema que vamos a analizar.

Entrevistado: Un tema importante en entrepisos ligeros es la vibración para el confort de las personas. Entre la unión de la estructura de acero y la plancha, al anclar con tornillos, siempre hay un ligero movimiento que suena como un chirrido. Tienes que colocarle una banda acústica entre los perfiles.

Entrevistador: Comúnmente la tendencia general es realizar el análisis estructural basándose en losas de hormigón aligeradas. ¿A qué se debe esa práctica habitual?.

Entrevistado: Las losas aligeradas nervadas con casetones son un buen sistema. Se proponen en edificios residenciales porque tienen mucha inercia y rigidez, lo que evita deformaciones grandes en los pisos y ayuda con el tema acústico gracias a la espuma flex. Pero para los comerciales uso bastante el steel deck por la rapidez; lo que en hormigón me demora 15 días, con el steel deck me demora 2 días en poner las placas, colocar pernos y fundir. Un entrepiso con steel deck pesa unos 180 kg/m²,

mientras que la losa aligerada pesa unos 240-250 kg/m². No tengo una receta fija; por ejemplo, en una ampliación reciente recomendé entrepiso ligero porque no quería aumentarle peso a una estructura ya hecha y el suelo de esa zona no era tan bueno.

Entrevistador: ¿Cuál fabricante cree que se mueve más aquí actualmente?

Entrevistado: Yo uso mucho el material de Kubiéc porque están innovando. Mientras otros ofrecen entrepisos de 180-190 kg/m², en Kubiéc encuentro de 160 kg/m².

Entrevistador: ¿En qué etapa cree que se presentarían mayores dificultades al trabajar con sistemas ligeros?

Entrevistado: Yo tuve problemas en la logística. En la remodelación que te comenté, tenía que subir planchas de 90 kg cada una por cuatro pisos en el centro de Cuenca con gradas angostas. En el centro no puedes entrar con camiones antes de las 9 de la noche, entonces a veces me tocaba fundir en la madrugada hasta las 4 de la mañana.

Entrevistador: Algunos dicen que el problema también sería en el análisis estructural.

Entrevistado: En el cálculo estructural no es tan complejo; se puede modelar en ETABS. Lo importante es saber modelar la plancha con las propiedades del

fibrocemento o el OSB. Yo uso vigas en I para luces largas de más de 5 metros y las correas no pueden estar separadas más de 61 cm. En acero debes cumplir con el pandeo local, lateral y torsionante según las normas AISC 341 y 360. En cuanto a la respuesta sísmica, la ventaja es el menor peso (fuerza = masa por aceleración), reduciéndose la masa a una tercera parte de lo convencional. La desventaja es que no se forman diafragmas rígidos, pero se soluciona en la modelación colocando rigidizadores.

Entrevistador: ¿Cree que la NEC debería establecer un análisis de cargas generales o un estudio individualizado por material?

Entrevistado: La NEC debería analizar cada caso por separado. Las propiedades de un OSB son completamente diferentes a las del fibrocemento. Si fuera por el lado del acero, debería analizarse en otro capítulo.

Entrevistador: Estamos enfocados en la madera por el tema sísmico en Cuenca.

Entrevistado: Para la madera, el problema principal es que no tienes la inercia rigidez suficiente como en el acero. Si en acero necesitas una viga de 20 cm para que el piso no se fleje, en madera vas a tener que poner algo de 30 a 35 cm. Podrías solucionar esto usando vigas en I de madera Joists

con OSB en la mitad, colocándolas cada 61 cm. Con estas vigas podrías incluso perforar ciertas zonas para pasar tuberías sin bajar más el entrepiso.

Entrevistador: ¿Cómo abordaría el reto del confort sonoro?

Entrevistado: Lo he solucionado con fibra de roca de 70 kg/m³ o superior. Es un problema común y el aislamiento es necesario, aunque la lana de roca cuesta como \$11 por metro cuadrado. En el caso del hotel en el centro, pusimos fibra de roca de 70 kg/m³ porque arriba había un restaurante; eso nos aislaba cerca de un 75% para frecuencias agudas y 80% para graves. La vibración por caminar se controla desde el cálculo estructural, alejando la frecuencia natural de la estructura de la frecuencia de las personas, y usando bandas acústicas entre placas y vigas.

Entrevistado: (Mostrando un plano) Mira, esta es una ampliación de dos pisos sobre una casa de ladrillo. Uso bastantes diagonales en X para controlar la rigidez y las derivas (deformaciones sísmicas). Uso vigas principales en I y correas con perfiles G cada 61 cm sobre las que se coloca la plancha y luego cualquier material como porcelanato o piso flotante. Para la madera, no vas a poder pasar de luces de 3 o 3.50 metros con la madera tradicional sin solucionar el problema de la inercia.

Entrevistador: En su experiencia profesional, ¿podría comentarnos cuál ha sido el sistema de entrepiso que ha predominado en sus obras, ya sea de tipo pesado, mixto, ligero y su materialidad y bajo qué criterios de funcionalidad ha practicado personalmente o suele inclinarse por uno de ellos?

Entrevistado: Bueno, en mi vida profesional yo he usado hormigón armado, metal y prefabricado con pretensado. La mayor parte ha sido prefabricado pretensado, porque a eso me dedico principalmente. En hormigón armado, he usado la típica losa nervada con bloques; antes usaba bloques alivianados para conformar los nervios y fundir la losa con un encofrado de vigas. En metal, he usado vigas metálicas con placa colaborante y en hormigón prefabricado he usado varios tipos: vigas prefabricadas sobre las que se pone un cofre de madera y malla, losas macizas o losas doble T, que es la que tiene por ejemplo el Megamaxi.

Para mí todos los sistemas son buenos para que funcionen correctamente estructuralmente y soporten cargas verticales y sísmicas; para eso hay normas y estudios de ingeniería que definen espesores y cantidades de hierro u hormigón. Sin embargo, por mi actividad, me gusta más el prefabricado y pretensado. El hormigón armado es un sistema muy conocido que se viene haciendo desde hace años, no se necesita un especialista y por ser muy utilizado se conoce bien el encofrado,

lo que lo hace económico y facilita el trabajo. El problema es que a veces se hace mal uso de la losa o maestros la replican sin un cálculo de diseño.

Entrevistador: ¿Y respecto al metal?

Entrevistado: El metal es un buen sistema y rápido. Lo que menos me gusta, y creo que es un problema local, es que en muchísimos pisos metálicos se siente más vibración. Probablemente es porque, por economizar, se hace un perfil más delgado que aguanta las normas pero no se le hace un estudio de vibración. También creo que el ruido pasa un poco más; el golpe del metal se transmite fácilmente por la estructura. El metal es beneficioso cuando las luces empiezan a subir de los 7 u 8 metros. El hormigón armado es bueno para luces pequeñas, porque al pasar de los 5 o 6 metros se convierte en una losa muy pesada y costosa por el exceso de hierro y hormigón.

El pretensado funciona bien mientras la luz es más grande. Para una losa de 16 metros, el pretensado es el mejor sistema, pues en hormigón armado es casi imposible a menos que sean vigas gigantes de puente. A partir de los 10 o 12 metros hasta los 22 metros, el pretensado es super competitivo en precio y tiene ventajas en ruido y vibración. Luego de los 25 metros, el metal vuelve a ser competitivo porque el prefabricado requiere grúas muy especializadas y costosas, mientras que el metal

es más liviano y se puede ensamblar en obra.

Entrevistador: Comúnmente, cuando no existe una especificación, la tendencia es realizar el análisis basándose en la losa aligerada de hormigón. ¿A qué se debe esta práctica y qué alternativa propone usted como estándar inicial?

Entrevistado: Tiene que ver con que estamos muy acostumbrados a lo que conocemos; es la respuesta más fácil, aunque no sea la mejor. En ingeniería hay criterios rápidos según la luz 5m, 10m, 20m que ayudan a definir el sistema, pero la costumbre hace que casi siempre se use la misma solución. Como dice el dicho: "para un carpintero todo problema se arregla con martillo". Falta buscar otros sistemas como la madera, que es beneficiosa medioambientalmente y en costos. En Estados Unidos, Chile o Japón, la madera es la reina en viviendas de hasta cuatro pisos. Aquí no tenemos la industria desarrollada ni vigas de sección constante, y nos hemos acostumbrado a creer que el hormigón es mejor, pero no necesariamente.

En el centro de Cuenca hay casas de 100 años hechas con madera que funcionan muy bien. El problema es que ahora cada tronco es distinto y no hay una industria que entregue vigas estandarizadas. Aunque la madera es más susceptible a incendios que el hormigón, para vivienda económica de buena calidad sería un sistema excelente.

Yo he hecho estructuras de madera laminada; por ejemplo, una tesis con eucalipto para vigas de 12 metros que se comportó estructuralmente muy bien. El eucalipto es una madera dura que, procesada en piezas pequeñas para conformar una viga, es lindísima, pero falta la industria de pegas y prensas especiales.

Entrevistador: ¿En qué etapa cree que se presentan mayores dificultades al trabajar con sistemas prefabricados ligeros o madera?

Entrevistado: El principal problema está en el cálculo estructural; es difícil dejar de hacer lo que uno siempre ha hecho. A un ingeniero que ya viene trabajando le cuesta arriesgarse a probar cosas nuevas, aunque es una gran oportunidad. Además, un sistema prefabricado requiere cierta especialidad, como grúas o saber bien una conexión de soldadura o empernado; no es algo que se arme solo con un grupo de maestros. Si se quiere usar madera, el carpintero a veces lo hace a la forma antigua sin el diseño correcto. No veo problemas posteriores a la construcción si el diseño y ejecución fueron buenos; las deficiencias suelen ser por mala práctica, no por el sistema en sí.

Entrevistador: En cuanto al comportamiento sísmico, ¿existe una diferencia crítica entre entrepisos ligeros y pesados?

Entrevistado: Existe la mala concepción de creer

que lo pesado es mejor. Según la teoría del cálculo estructural, una estructura mientras más liviana, mejor se comporta ante un sismo. La fuerza sísmica depende del peso (carga muerta); si un edificio pesa 100 toneladas, los cimientos deben aguantar eso y la carga horizontal será proporcional a ese peso. Si una viga de metal pesa la mitad que una de hormigón pero resiste lo mismo, requerirá columnas y cimientos más pequeños. Ambas deben diseñarse para comportarse bien según las normas.

Lo que hace económico al hormigón armado en nuestro medio es el conocimiento generalizado, aunque sea más pesado. El metal y la madera requieren más mantenimiento; el metal se oxida especialmente en la playa o por humedad y la madera requiere cuidado en las uniones. El hormigón es más "dócil" y fácil de mantener a lo largo del tiempo, como se ve en los puentes de Cuenca.

Entrevistador: ¿Cree que debería haber un estudio individualizado por material o establecer un análisis de cargas general en la NEC para sistemas ligeros?

Entrevistado: No hay cómo hacer uno general porque las cargas sísmicas dependen directamente del peso de los materiales. Cada sistema debe tener su propio análisis; no es lo mismo el peso del metal que el de la madera. Aunque existen tablas con criterios generales de alturas y cantidades por material para ciertas luces,


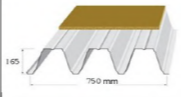
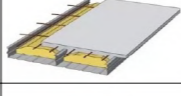
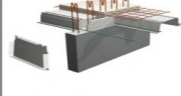
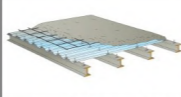




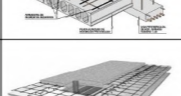
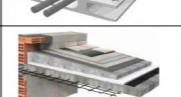


cada sistema debe analizarse individualmente para que las uniones y el funcionamiento sean correctos.


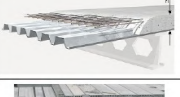


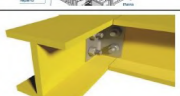
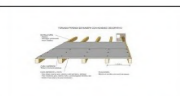




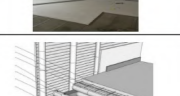


Entrevistador: Para finalizar, ¿considera que estos sistemas permiten una reducción significativa de tiempos y cómo abordaría el reto del confort sonoro?




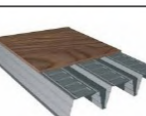
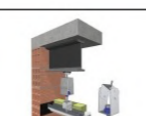

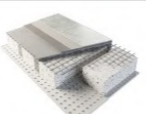


Entrevistado: Los sistemas industrializados y ligeros pueden ser rapidísimos, aunque los tradicionales también han evolucionado. La rapidez depende de saber usar el sistema, pero conceptualmente un sistema liviano bien analizado debería ganar en velocidad.

Respecto a la acústica, es un problema en todos los sistemas, incluso en los pesados. El ruido viaja por el aire pero también por vibración a través de elementos sólidos metal, hormigón, madera, siendo el metal donde más viaja. El ruido de impacto, como jalar una silla, es muy común en los nervios de las losas. Para solucionarlo hay que aislar la estructura. Se pueden usar paredes dobles con poliestireno o, mejor aún, con arena, que disipa la onda sonora. En un edificio que hicimos, usamos lana de vidrio en el cielo raso y dobles paredes. Actualmente estudio el uso de bases prefabricadas con caucho o apoyar las losas sobre cauchos especiales para disipar la energía del golpe antes de que pase a la columna. El ruido es solucionable si se entiende cómo pasa de un lado al otro.

ENTREPISOS									
#	Nombre	Materiales	Especificaciones Técnicas	Descripción	Clasificación/ Peso	Clasificación/ Humedad	Peso Total kg/m2	Características / Sobredimensionamiento	Detalle
1	Entramado pesado de madera (Post-and-beam)	Madera maciza estructural o Glulam (láminas encoladas), pernos/placas acero, tablero superior (tarima/contrachapado).	La calidad va de acuerdo al grado de madera, la humedad idónea debe ser aproximada al 12%, diseño conexiones, protección	Entramado de viguetas apoyadas a las soleras por medio de rebajes que rigidizan los muros. Generalmente sus luces son	Pesado	Seco	306 kg/m ² o 0.003 MPa. El uso puede ser comercial o residencial	Las escuadrías de las viguetas están sobredimensionadas para que las uniones con rebajes sean seguras. Sumado a la separación muy reducida del entramado	
2	Entramado ligero de madera (Light wood frame)	Montantes y vigas dimensionales (2x4/2x6 o métricos), OSB/contrachapado, conectores metálicos, herrajes, aislantes (lana mineral, EPS).	Espaciado montantes, dimensionamiento viguetas TJI, detalle de diafragmas, barrera de vapor, control de humedad.	Elementos portantes trabados entre sí, lo que se arriera para unos es soporte para otros. Sus piezas son normadas y certificadas favoreciendo la modulación	Ligero	Seco	40kg/m2.	piezas de pequeña escuadría y bajo costo de fabricación; no se suele sobredimensionar salvo por la vibración o sobrediseño conservador. Las 2 clases de entramado ligero son el Ballon	
3	Sistema Balloon Frame	Montantes continuos de madera (de cimentación a cubierta), tableros, conectores.	Barreras horizontales anti-incendio, contraventeo, empalmes y anclajes. Transmite sus cargas de forma excéntrica	Elementos verticales continuos con altura de dos pisos, estructura fijada a los elementos verticales del tabique. Ejecución compleja porque todos los entramados	Ligero	Seco	40kg/m2.	Sistema de uniones simples empleando clavos y grapas, menos tiempo de armado, piezas de menor escuadría. Riesgo de sobredimensionamiento. (Dominguez, 2016)	
4	Sistema Platform System (Plataforma)	Viguetas TJI/ madera, tablero OSB/contrachapado como plataforma, conectores.	Rigidez de diafragma, anclajes entre muros y plataforma, control flechas.	Plataforma sobre la cual se arman las plantas. Construcción más sencilla que el Balloon Frame. Favorece la prefabricación	Ligero	Seco	40 kg/m ²	Muy estandarizado; no se sobredimensiona excepto por opción de mayor canto para reducir la vibración.	
5	Forjados con viguetas prefabricadas de madera (TJI, Nailweb, SpaceJoist)	Joists (asas de madera/LVL + alma tablero/resina) o viguetas con alma metálica; tablero OSB; tornillería; colgadores.	Tablas de fabricante (perforaciones, luces, espaciamiento), protección humedad, anclajes.	Viguetas prefabricadas tipo I de madera o mixtas (acero-madera) que aligeran la estructura, cubren luces desde 4 a 10m y tienen bajo peso propio. (Dominguez, 2016)	Ligero	Seco	50,99kg/m2	El armado del forjado es in situ y se ralentiza el tiempo de construcción. El sobredimensionamiento se da si se elige mayor peralte del necesario. (Dominguez, 2016)	
6	Forjados con tablero estructural OSB/contrachapado	Panel OSB o contrachapado estructural, unidos con adhesivos estructurales resistentes a la humedad, tornillería. (APA, 2015).	Cumple con la norma europea EN 300. Espesor según vano (p. ej. 18 mm+), clases OSB (OSB/3, OSB/4), solapas, fijación y sellado de	Trabaja como superficie y diafragma sobre viguetas, muy utilizado para las almas de las vigas en I prefabricadas, en vigas cajón	Ligero	Seco (pero hay grados resistentes a humedad)	40-60kg/m2.	Tableros fabricados con patrón de capas transversales formando un panel estructural resistente y rígido. (APA, 2015). Es económico, rápido; sobredimensionamiento	
7	Forjado de madera laminada (Glulam)	Glulam (láminas encoladas con adhesivos estructurales certificados), herrajes, anclajes.	Certificación GLx, control de adhesivos, resistencia al fuego y humedad, tolerancias de prefabricación.	Vigas y arcos laminados industrialmente para grandes luces; producto en taller con alta precisión. Los arcos de madera glulam alcanzan luces de 43m (Swedish Wood,	Intermedio-Pesado	Seco	40-80kg/m2	Buena relación resistencia-peso, bajo consumo de energía; sobredimensionado solo si se eligen secciones excesivas; normalmente es eficiente. (Swedish Wood, 2005)	
8	Forjado CLT (Cross-Laminated Timber)	Paneles CLT compuestos de 3-9 capas encoladas. Se utilizan clavos o tacos de madera para unir las capas. (Karacabeyli et al., 2013)	Espesor de 60-360 mm, control humedad de 10%, diseño de uniones, detalles de voz y perforaciones, protección al fuego y agua.	Capacidad de acción bidireccional similar a la losa de hormigón armado; gran inercia comparada con otros forjados de madera. Alto grado de prefabricación.	Pesado (respecto a entramados ligeros)	Seco	45-50kg/m2 o de 63-70kg/m2	Alta rigidez; se percibe sobredimensionado para usos ligeros si se usan paneles gruesos. La fácil manipulación y prefabricación facilitan la rapidez. (Karacabeyli et al., 2013)	
9	Forjado mixto madera-hormigón (TCC)	Base de madera CLT o viguetas + capa de compresión de hormigón entre los 30-80 mm, conectores mecánicos y malla.	Diseño de conectores y compatibilidad de deformaciones madera-hormigón, curado del hormigón, seguridad contra incendios por su capa de hormigón más resistente.	Viga de madera conectada a una losa de hormigón mediante fijaciones mecánicas o llaves de corte impidiendo el deslizamiento. Brinda un encofrado permanente para la capa	Semihúmedo / Ligero (según espesor del hormigón)	Semihúmedo	220- 370kg/m2.	Prefabricación y montaje rápido de la madera. Es más eficiente que el hormigón armado en cuanto a carga soportada por unidad de superficie, sin embargo es menos eficiente que los pisos de madera maciza pero	
10	Forjado mixto madera-acero (TSC)	Vigas de acero conformadas en frío a medida + tablero madera CLT, conectores con pernos o placas y recubrimientos anticorrosión.	Compatibilidad de deformaciones, protección anticorrosión, diseño de uniones.	Estructura de acero y paneles CLT de madera laminada cruzada que consiste en capas perpendiculares de madera aserrada encolada para crear un panel más grueso (AISC, 2025).	Ligero / Intermedio	Seco	150-350 kg/m ²	Comúnmente las luces con madera laminada son de hasta 25 ft, pero agregando un marco de acero permite luces de 30 a 45 ft, mejora el rendimiento en vibraciones y puede sobredimensionarse por exceso	
11	Sistema CBS-CBT Wenus	Panel Wenus, panel de piso (placa de tablero estructural), lámina de piso, tabloncillos de madera maciza, elemento de borde kerfo	Estructura autoportante, prefabricada creando una losa para evitar desplazamientos, tornillos para las fuerzas de cizallamiento. La unión	Puede armarse de manera prefabricada creando una placa con un ancho estandarizado de 1,20m o in situ uniendo los módulos. No requieren refuerzos	Ligero-Semipesado	Seco / Semihúmedo (según solución)	357 kgf/m ²	Se usa un elemento estructural con forma dentada de madera maciza donde se asientan tabloncillos de madera maciza creando una estructura como placa plegada que resiste	
12	Forjado Steel Frame (perfilado en frío)	Perfiles C y U conformados en frío, perfilera galvanizada, tablero OSB o chapa, tornillos autopercutorantes y aislante.	Espesor y geometría de perfiles, anclajes, protección anticorrosiva y rotura de puente térmico. Por el espesor delgado se requieren rigidizadores al alma en las viguetas.	Entramado compuesto por perfiles estandarizados de acero galvanizado de espesor delgado unidos por tornillos, usa tableros de madera fijados a los bordes de los perfiles aportando	Ligero	Seco	40-120 kg/m ²	Es muy ligero y de rápido montaje, sin embargo tiene un mal comportamiento acústico a ruidos de impacto o vibración (Dominguez, 2016). Sobredimensionamiento por exceso de perfiles es posible.	

13	Forjado C (Junta de Andalucía)	Viguetas metálicas, perfiles tubulares, chapas de acero, varillas.	Plano de apoyo, amortiguadores acústicos, plataformas horizontales, placas de ferrosilicato, aislamiento térmico. Necesita un adecuado análisis de cargas.	Formado por viguetas metálicas l espaciadas cada 60cm, sobre ellas se asientan amortiguadores acústicos que integran una plataforma. (Dominguez, 2016)	Pesado	Seco	350kg/m2	El uso de los instrumentos como los amortiguadores acústicos mejoran la propiedad acústica al disminuir el paso de las vibraciones sobre el entrepiso. Se da una superposición de diferentes materiales secos sobre	
14	Sistema de forjado Supportsol (comercial)	Tableros de madera, placa de acero, tornillos	No requiere usar tableros estructurales, la placa conforma el único elemento resistente. Los tableros de madera son atornillados a las coronas de los nervios.	Compone una placa formada por nervios trapezoidales que cubre luces de 4.5m. (Dominguez, 2016)	Seco	Ligero	160-200kg/m2	Las placas de disponen de manera continua resultando en bordes traslapados apoyados sobre distintos tipos de estructura. El sistema no mantiene un buen comportamiento termoacústico.	
15	Sistema Cofradal 200 (mixto acero-hormigón)	Estructura metálica, hormigón, armaduras y conectores.	La bandeja metálica soporta esfuerzos a tracción y la capa de hormigón soporta esfuerzos a compresión. proceso de curado del hormigón. (Dominguez, 2016)	Placa prefabricada mixta (hormigón y acero) constituida por una bandeja metálica estructural (Dominguez, 2016).	Pesado	Húmedo	612 kg/m² o 0.006 MPa ejemplo para usos comerciales/industriales	Incluye bloques de lana de roca mejorando las propiedades termoacústicas; tiende a sobredimensionarse si se sobredota hormigón para	
16	Forjado de chapa colaborante (Steel Deck)	Chapa de acero perfilada S250-S350, conectores de cortante, hormigón de compresión, armadura superior.	No se necesita encofrado, excelente aislamiento acústico y contraincendios. se derivan perfiles variados como el Cofrastra 40, Cofraplus 45, Cofrastra 565 o Cofraplus 60 (Arcelor Mittal, 2019).	El sistema reduce la cantidad de hormigón vertido y su peso propio comparado a una losa de hormigón armado tradicional o sistemas de hormigón prefabricado (Arcelor Mittal, 2019).	Pesado	Húmedo	714 kg/m²	Compatibles con estructuras de acero, hormigón, mampostería o madera. Son de rápida instalación. Los relieves y la geometría de los perfiles derivados del Steel Deck permiten la adherencia completa del hormigón al acero. La losa mixta y la viga de acero actúan en conjunto para elevar la resistencia a flexión. Riesgo de sobredimensionamiento por selección de perfiles estandarizados	
17	Forjado de perfiles metálicos laminados (IPE, HEB)	Perfiles laminados (IPE, HEB, HEV), pletinas, tablero o losa superior, chapa colaborante y hormigón armado in situ	Se dimensiona según Eurocode/AISC, conexiones soldadas a la ala superior de la viga para actuar en conjunto con la losa mixta, anticorrosivo y resistente al	Forjado de construcción mixta que consiste en vigas de acero de perfil I o H	Pesado	Semihúmedo	816 kg/m²	La losa mixta y la viga de acero actúan en conjunto para elevar la resistencia a flexión. Riesgo de sobredimensionamiento por selección de perfiles estandarizados	
18	Forjado de vigas compuestas acero-hormigón	Vigas acero + placa de compresión de hormigón + conectores, armaduras.	Cálculo de compacidad, diseño de conectores, curado de hormigón y comprobación de rotura por cortante.	Viga compuesta reduce sección necesaria manteniendo capacidad; se usa en puentes y edificios.	Pesado	Húmedo	1,020 kg/m²	Alta eficiencia; sobredimensionamiento posible si se añaden márgenes de seguridad grandes.	
19	Forjado metálico con tablero de madera o fibrocemento	Perfiles metálicos + tablero OSB/contrachapado o placas fibrocemento, tornillería inox.	Compatibilidad de fijaciones, protección anticorrosiva y estanqueidad de juntas.	Combina resistencia metálica con acabado de tablero; montaje seco, indicado para rehabilitación.	Ligero	Seco	357 kg/m²	Solución práctica; sobredimensionamiento poco común salvo en perfiles.	
20	Forjado con estructura de aluminio	Perfiles de aluminio (aleaciones 6xxx), paneles ligeros, tornillería compatible.	Módulo de elasticidad (E) menor que acero, control de corrosión galvanica, conexiones.	Uso en pasarelas, embarcaciones y estructuras donde la corrosión y el peso son críticos.	Ligero	Seco	255 kg/m²	Muy ligero; sobredimensionamiento costoso; se busca optimizar sección.	
21	Forjado mixto PRFV-acero (Fibra de vidrio reforzada)	Perfiles/placas PRFV (resinas + fibra vidrio) + elementos de acero; conectores y recubrimientos.	Compatibilidad térmica, resistencia al fuego, envejecimiento UV.	Altamente resistente a corrosión, ligero y prefabricado; aplicación en atmósferas agresivas.	Ligero	Seco	3.0 kN/m² 306 kg/m²	Innovador y duradero; coste y diseño a medida pueden llevar a sobredimensionamiento si no se optimiza.	
22	Forjado placa alveolar prefabricada (Hollowcore)	Losas pretensadas alveolares de hormigón, juntas, posible capa de compresión.	Usa máquinas de molde para las cavidades, permite el paso de instalaciones, tratamiento de juntas y empalmes; transporte y manipulación. Resisten a	Es una placa aligerada por alveolos que consisten en huecos longitudinales, entre ellos se disponen nervios de hormigón armado o pretensado (Dominguez, 2016)	Pesado	Seco	612-918 kg/m²	Muy usadas en obra pública e industrial; masa propia elevada; poco sobredimensionadas (optimización industrial).	
23	Forjado sistema Artplack	placa prefabricada de hormigón, capa de compresión para la unión entre placas, molde metálico	Grandes alas y único nervio central en la viga l, uno de los sistemas con mayor espacio para el paso de instalaciones o relleno de material térmico y acústico	Consiste en una placa prefabricada de hormigón creada con un molde metálico continuo, cuya geometría muestra una gran viga l (Dominguez, 2016)	Pesado	semihúmedo	295kg/m2	Resulta en un aspecto final de superficie lisa que podría considerarse como cielo raso. El piso posee una capa de compresión que necesita verificarse en obra.	
24	Losa maciza de hormigón armado	Hormigón f'c (según proyecto), armaduras (long. y transv.), juntas, encofrado.	Calcular el f'c del hormigón que s enecesita, calcular la cuantía de acero, juntas, control de curado, y resistencia a fisuración.	Losa continua monolítica vertida in situ; máxima inercia y masa; requiere agua en todo momento del montaje y preparación.	Pesado	Húmedo	240 y 480 kg/m²	Alta masa y confort; posibilidad de sobredimensionamiento por canto excesivo.	
25	Losa nervada in situ	Hormigón in situ con nervios longitudinales, armaduras localizadas, encofrado.	Diseño topología nervios, control punzonamiento, diseñar el encuentros con pilares, y tener un adecuado descanso de encofrado.	Losa con nervios para reducir canto y material; más ligera que losa maciza.	Pesado	Húmedo	275 y 310 kg/m²	Más eficiente que losa maciza; menos riesgo de sobredimensionamiento.	

26	Losa alivianada (bovedillas cerámicas/EPS)	Bovedillas (cerámica/plástico/EPS), conectado mediante nervios de hormigón una capa superior de compresión y armadura de acero de refuerzo.	Compatibilidad entre la boveda y la capa, asentamientos, detalle de empalmes y juntas, es necesario colocar la protección contra	Aligeramiento mediante casetones, reduce consumo de hormigón manteniendo rigidez y es necesario el uso de gua para la mezcla.	Pesado	Húmedo	225 y 340 kg/m²	Tecnología eficiente para obra tradicional y su solución hace que exista un menor sobredimensionamiento que losa maciza.	
27	Losa colaborante mixta acero-hormigón	Chapa colaborante + hormigón de compresión mediante conectores de cortante y armaduras de acero.	Detalle de conectores influye en el espesor de la capa, es necesario la comprobación del compartamiento compuesto	Losa mixta rápida de ejecutar: chapa como encofrado + hormigón in situ. Es necesario el uso de agua para la mezcla.	Pesado	Húmedo	275 kg/m² a 850 kg/m²	Buena relación rapidez-capacidad; sobredimensionamiento raro si se usa diseño de chapa optimizado.	
28	Losa prefabricada tipo plank / alveolar (plank precast)	Paneles pretensados de hormigón, liene juntas, y es una posible capa de aporte en obra.	Tablas depende del fabricante, existe tolerancias en la unión entre placas y tratamiento de apoyos.	Prefabricado: montaje rápido, luces largas posibles. el montaje en obra es seco (si no se añade topping).	Pesado	Seco	336 kg/m² y más de 1100 kg/m²	Muy eficiente en obra; el peso propio es alto pero se equipara optimizado manufacturadamente.	
29	Losa con casetones recuperables o permanentes	Casetones (plástico, EPS, metálicos), Hormigón armado con armadura de acero y capa de compresión de hormigón.	Resistencia en los nervios del casetón, adherencia entre juntas y control de fisuración.	Aligeramiento por casetones; los casetones son recuperables reducen costes.	Pesado (aligerado)	Húmedo	297 a 347 kg/m²	Ahora hormigón; eficiencia estructural buena; el sobredimensionamiento es improbable si se realiza bien el calculado.	
30	Losa BubbleDeck / Cobiax (esteras plásticas)	Hormigón + void formers (esteras plásticas), armadura perimetral y necesita encofrado.	Posicionamiento de esferas adecuada, proporciona continuidad de armadura, control de punzonamiento y curado.	Reducción de volumen de hormigón con huecos esféricos; reducción de peso ~25-35%.	Pesado	Húmedo	240 a 280 kg/m²	Optimiza masa; evita sobredimensionamiento tradicional al reducir material.	
31	Losa reticular (bidireccional con nervaduras cruzadas)	Hormigón y redes nervadas en dos direcciones, encofrado de casetones para huecos.	Control tridimensional con punzonamiento y juntas, debe existir una coordinación en las instalaciones.	Losa con nervaduras cruzadas que optimiza material y rigidez para grandes luces.	Pesado	Húmedo	370 a 390 kg/m²	Muy eficiente estructuralmente; tiene una menor probabilidad de sobredimensionamiento.	
32	Forjado PRFV (Fibra de vidrio reforzada / FRP)	Laminados compuestos de PRFV (resina poliéster/epoxi + fibra vidrio), herrajes.	Ensayos necesarios, la resistencia es resistente al fuego, su comportamiento ante temperaturas altas es muy bueno en comparación al acero, y necesita anclajes	Forjado con materiales compuestos, extremadamente ligero y resistente a corrosión; prefabricado.	Ligero	Seco	50 a 100 kg/m²	Ideal en entornos corrosivos; su coste y diseño son hechos a medida; sobredimensionamiento improbable si se diseña correctamente.	
33	Forjado PRFV-madera	PRFV + núcleo de madera o tablero, se usa con adhesivos estructurales y conectores de coero como pernos y tornillos.	Compatibilidad térmica/higroscópica, el PRFV proteje a la madera, pero es necesario hacer ensayos de unión.	Híbrido que aprovecha ligereza PRFV y propiedades mecánicas de la madera.	Ligero	Seco	120 kg/m²	Soluciones a medida y el sobredimensionamiento depende de especificación del laminado.	
34	Forjado PRFV-hormigón	PRFV como base/encofrado + capa de hormigón de apoyo a compresión	Interfaz PRFV-hormigón, adherencia, necesita curado del hormigón y su compatibilidad evita deformaciones.	Híbrido que suma ligereza y resistencia superficial del hormigón. Semihúmedo si hay capa de hormigón.	Ligero	Semihúmedo	180 a 340 kg/m²	Buena durabilidad y resistencia; puede existir un sobredimensionamiento si la capa de hormigón es excesiva.	
35	Forjado GRC (Glass Reinforced Concrete)	Paneles de mortero cementicio reforzado con fibra de vidrio AR, es necesario colocar mallas de acero y anclajes.	Control de retracción en juntas y anclajes yademas tiene una buena resistencia a la carbonatación.	Paneles finos y resistentes que pueden usarse estructuralmente en algunos casos muy específicos que no requieran alta carga estructural; su montaje es completamente seco.	Ligero	Seco	45 a 80 kg/m²	Para usos estructurales es necesario hacer ensayos primero; el sobredimensionamiento no es común.	
36	Forjado de paneles sándwich estructurales (SIP)	Dos caras OSB/ply + núcleo EPS/PIR + adhesivo estructural; con fijaciones y uniones entre si.	Diseño de uniones, resistencia al fuego del núcleo y protección contra humedad.	Panel sandwich estructural que puede funcionar como forjado; tiene una alta eficiencia térmica y su montaje es muy rápido.	Ligero	Seco	50 kg/m²	Energéticamente eficiente; su sobredimensionamiento no frecuente si se diseña correctamente.	
37	Forjado con paneles de fibrocemento sobre perfiles metálicos	Placas fibrocemento atornilladas a perfiles C/U galvanizados; es necesario colcar tornillería inoxidable.	Capacidad portante del panel, se tiene que sellar las juntas, cuenta con fijaciones inoxidables y se caracteriza por su compatibilidad con	Sistema seco apropiado para zonas húmedas y rehabilitación; placa resistente al agua y fuego. Agua: NO (Seco).	Ligero	Seco	40 a 50 kg/m²	Fiable en humedad; sobredimensionamiento raro si se controla la separación de perfiles.	
38	Forjado con placas de yeso-fibra o magnesio estructural	Placas yeso-fibra o magnesio estructural, necesitan estrictamente una perflería metálica de soporte, y su tornillería de coero para las	Resistencia placa, depende de las marcas comerciales, cuenta con protección ante humedad si es con (magnesio superior).	Solución seca para suelos ligeros o como capa estructural secundaria.	Ligero	Seco	50 kg/m²	Económico y rápido; el magnesio se usa para zonas húmedas; sobredimensionamiento inusual.	
39	Forjado de bambú laminado o entramado	Perfiles de bambú laminado (glulam bambú), paneles compuestos unidos mediante conectores metálicos.	Necesita tratamientos preservantes, controlar la humedad, y tambien generar una estabilidad dimensional con las uniones.	Sostenible y con alta resistencia específica; prefabricado y seco si viene tratado.	Ligero	Seco	100 a 120 kg/m²	Muy sostenible; la norma NEC en el capítulo 17 incluye la construcción con bambú. Existe el riesgo de sobredimensionamiento en proyectos piloto por	

40	Fojado mixto bambú-hormigón	Bambú estructural + capa de compresión en hormigón/mortero para rigidez/acústica	Necesita protección del bambú ante vertido de hormigón, en el curado se crea una adherencia bambú-hormigón.	Combina propiedades del bambú (ligereza) con la inercia del hormigón. Agua.	Ligero	Húmedo	100 a 120max kg/m ²	Soluciones experimentales; requiere ensayos y diseño cuidadoso; sobredimensionamiento puede surgir por un factor de seguridad.	
41	Fojado modular prefabricado hormigón	Módulos prefabricados hormigón, necesita separación en juntas, anclajes y sellos aislantes	Tener en cuneta las tolerancias de fábrica con las uniones, juntas, transporte y sobre todo tolerancias estructurales.	Paneles o módulos fabricados en taller y ensamblados en obra; control de calidad alto y montaje rápido.	Pesado	Seco	200 a 400 kg/m ²	Extremadamente dependiente del material del módulo; sobredimensionamiento depende del sistema; prefabricación tiende a optimizar.	
42	Fojado de polímeros reforzados o reciclados estructurales	Paneles/perfiles de polímeros reforzados (fibra vidrio/carbono) o polímeros reciclados estructurados, funcionan como conectores y aportan a la tracción del	Ensayos de creep, tiene alta resistencia térmica al fuego, y necesitan certificación del fabricante.	Uso emergente para ligereza y sostenibilidad; prefabricado en taller.	Ligero	Seco	200 kg/m ²	Innovador; sobredimensionamiento si se aplican factores de seguridad excesivos.	
43	Fojado mixto triple (acero-madera-fibrocemento)	Perfiles acero + tablero madera/OSB + placas fibrocemento; es necesario tornillería y sellos entre capas.	Compatibilidad entre materiales, calcular bien las dilataciones de cada material, por último tener en cuenta el control de	Híbrido que combina resistencia, aislamiento y resistencia a humedad en una sola sección.	Ligero	Seco	150 a 350 kg/m ²	Flexible y adaptativo; sobredimensionamiento posible por redundancias.	
44	Fojado con amortiguadores acústicos integrados (sistema C)	Estructura portante + amortiguadores (pads elastoméricos/viscoelásticos/muelles) + capa de piso flotante.	Selección amortiguador según frecuencia, teniendo en cuenta la carga admisible, su fijación y sellado perimetral.	Diseñado para controlar vibraciones y ruido de impacto: elementos elásticos integrados en la estructura.	Pesado	Seco	250 kg/m ²	Mejora acústica; añade coste y peso localizado.	
45	Fojado con cavidades huecas para instalaciones	Viguetas open-web, bandas prefabricadas con canales, tapas y sellos para madera.	Comprobación capacidad portante con huecos, detalle paso de conductos, sellado acústico y también ignífugo.	Facilita el paso de instalaciones sin rozas; reduce necesidad de cortar elementos portantes.	Ligero	Seco	175 a 200 kg/m ²	Muy práctico; evita rozas; sobredimensionamiento si se sobredimensionan vigas por seguridad.	
46	Fojado aligerado con insertos reciclados (PET, etc.)	Hormigón + insertos reciclados (bolas PET, arita reciclada) + armadura.	Certificación del inserto y que tenga compatibilidad química, también hacer un ensayo de durabilidad y sacar la cuantía de armado.	Reducción de peso mediante insertos reciclados, siendo una solución sostenible y es necesario el uso de agua en la obra para la mezcla	Pesado	Húmedo	200 a 400 kg/m ²	Reduce masa; se requiere control de calidad y existe el riesgo de sobredimensionamiento si insertos afectan resistencia sin compensación.	
47	Fojado tipo cajón prefabricado modular	Cajones prefabricados (hormigón o metálicos) ensamblables, juntas y anclajes.	Tolerancias en la unión tomar en cuenta, el sellado, la transferencia de cargas entre cajones, y previamente hacer la comprobación de	Montaje por módulos tipo "cajón" que ensamblan la losa; control de calidad alto.	Pesado	Seco	≈ 250 kg/m ²	Rápido en montaje; sobredimensionamiento depende del diseño del cajón; prefabricación tiende a optimizar.	
48	Fojado híbrido madera-OSB-aislante	Viguetas/panel madera + OSB + núcleo aislante (EPS/rockwool) + capa superior.	Fijación entre capas, saber la compatibilidad material, y colocar una protección frente a humedad.	Solución seca muy usada en vivienda para integrar estructura y aislamiento térmico.	Ligero	Seco	≈ 70 kg/m ²	Económico y térmicamente eficiente; raramente sobredimensionado.	

Análisis de Precios Unitarios
Código: LWF-111 **Fecha:** 22/04/2026
Descripción: Light Wood Frame
Unidad: m2
Especificaciones:

COSTOS DIRECTOS

Mano de Obra (A)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	S.R.H	Total (\$)
MO-002	Carpintero	pers.	1	4,39	4,39
MO-003	Ayudante de carpintero	pers.	2	4,34	8,68
TOTAL					13,07

Equipos y Herramientas (B)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
EQ-001	Herramienta Menor (5% MO)	%MO	5%	13,07	0,65
EQ-002	Sierra Circular / Inglete	h	1	1,25	1,25
EQ-003	Clavadora Neumática/Compresor	h	1	4,4	4,4
TOTAL					6,30

Materiales (E)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
MAT-001	Vigueta Pino Radiata 4.5x14.5cm cada 40cm	U (3m)	0,89	7	6,22
MAT-002	Placa Madera Multilaminada 18mm	U(1,22x2,44)	0,67	35	23,52
MAT-003	Lana de Vidrio e=5cm	rollo	0,07	35	2,45
MAT-004	Viga Principal Pino 76x203mm cada 60cm	U(3m)	0,56	21	11,67
MAT-005	Ángulo acero en L 50x50x3mm cada 40cm	kg	0,63	1,15	0,72
MAT-006	Clavos/Tornillería especial	lb	0,5	1,65	0,83
MAT-007	Sierra Circular	U	0,02	18	0,36
TOTAL					45,76

Transporte (F)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Total (\$)
TRA-001	Transporte de Maderas	m ³ /km	0,79	0,88	0,70
TRA-002	Transporte de Acero	kg/km	6,28	0,0016	0,010
TOTAL					0,71

Rendimiento (C)

(D)	19,91
TOTAL DIRECTOS	66,38

COSTOS INDIRECTOS

Código	Descripción	Porcentaje	Total (\$)
--------	-------------	------------	------------

Transporte (F)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Total (\$)
TRA-001	Transporte de Maderas	m ³ /km	0,79	0,88	0,70
TRA-002	Transporte de Acero	kg/km	6,28	0,0016	0,010
TOTAL					0,71

Rendimiento (C)

(D)	19,91
TOTAL DIRECTOS	66,38

COSTOS INDIRECTOS

Código	Descripción	Porcentaje	Total (\$)
--------	-------------	------------	------------

IND-001	Gastos Administrativos	10%	6,64
IND-002	Utilidad	8%	5,31
IND-003	Imprevistos	2%	1,33
TOTAL INDIRECTOS	20% de CD	20%	13,28

PRECIO UNITARIO TOTAL

	79,66
--	--------------

Dimensiones

Elemento	unidad	cantidad	L	A	P	Cantidad (7m2)	Cantidad (1m2)	Volumen
Viga	U(3m)	8	3	0,045	0,145	8	0,89	0,017
Tablero OSB (e=18mm)	U(1,22x2,44m)	6,05	1,22	2,44	0,018	6,05	0,67	0,036
Viga Principal	U (3m)	5	3	0,076	0,203	5,00	0,56	0,026
Lana de Vidrio	rollo	0,63	12	1,2	0,05	0,63	0,07	0,050
Ángulo de Acero	U	48	0,05	0,1	0,003	5,65	0,63	

Análisis de Precios Unitarios

Código: PS-222 Fecha: 22/04/2026

Descripción: Plafform System

Unidad: m2

Especificaciones:

COSTOS DIRECTOS

Mano de Obra (A)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	S.R.H	Total (\$)
MO-002	Carpintero	pers.	1	4.39	4.39
MO-003	Ayudante de carpintero	pers.	2	4.34	8.68
TOTAL					13.07

Equipos y Herramientas (B)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
EQ-001	Herramienta Menor (5% MO)	%MO	5%	13.07	0.65
EQ-002	Sierra Circular / Inglete	h	1	1.25	1.25
EQ-003	Clavadora Neumática/Compresor	h	1	4.4	4.4
TOTAL					6.30

Materiales (E)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
MAT-001	Vigüeta Pino Radiata C16 41x185mm	U (3m)	0.89	12.5	11.11
MAT-002	Crucetas Pino 41x41mm (L=3m)	U (3m)	2.00	4.2	8.40
MAT-003	Cadenetas (41x185)	U (3m)	0.89	7	6.22
MAT-004	Tablero OSB 15mm	U(1.22x2.44)	0.67	24.5	16.46
MAT-005	Tablero OSB 11.1mm	U(3m)	0.34	18.2	6.11
MAT-006	Placa Yeso Cartón 15mm	U(1.22X2.44)	0.67	14.8	9.95
MAT-007	Membrana Acústica 5mm	rollo	0.10	6.5	0.65
MAT-008	Lana de Vidrio 50mm	rollo	0.07	38	2.66
MAT-009	Clavos/Tornillería Especial	lb	0.5	1.65	0.83
MAT-010	Sierra circular	U	0.2	18	3.60
TOTAL					65.99

Transporte (F)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Total (\$)
TRA-001	Transporte de Maderas	m³/km	0.95	0.88	0.84
TOTAL					0.84

Rendimiento (C) 0.68
 (D) 28.64
TOTAL DIRECTOS 95.47

COSTOS INDIRECTOS

Código	Descripción	Porcentaje	Total (\$)
IND-001	Gastos Administrativos	10%	9.55
IND-002	Utilidad	8%	7.64
IND-003	Imprevistos	2%	1.91
TOTAL INDIRECTOS	20% de CD	20%	19.09

PRECIO UNITARIO TOTAL 114.57

Dimensiones

Elemento	unidad	cantidad	L	A	P	Cantidad (9m2)	Cantidad (1m2)	Volumen
Viguetas (41x185)	U (3m)	8	3	0.041	0.185	8	0.89	0.020
OSB (15mm) - 2 capas	U(1.22x2.44m)	6.05	1.22	2.44	0.015	6.05	0.67	0.03
OSB (11.1mm)	U(1.22x2.44m)	3.02	1.22	2.44	0.011	3.02	0.34	0.011
Cadenetas (41x185)	U (3m)	8	0.4	0.041	0.185	8.00	0.89	0.003
Crucetas (41x41)	U (3m)	18	0.404	0.041	0.041	18.00	2.00	0.001
Yeso Cartón (15mm) - 2 c	U(1.22x2.44m)	6.05	1.22	2.44	0.015	6.05	0.67	0.030
Membrana Acústica	rollo	0.9	10	1	0.005	0.90	0.10	0.005
Lana de Vidrio (50mm)	rollo	0.63	12	1.2	0.05	0.63	0.07	0.050

Análisis de Precios Unitarios

Código: SIP-333 Fecha: 22/04/2026

Descripción: SIP

Unidad: m2

Especificaciones:

COSTOS DIRECTOS

Mano de Obra (A)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	S.R.H	Total (\$)
MO-002	Carpintero	pers.	1	4.39	4.39
MO-003	Ayudante de carpintero	pers.	2	4.34	8.68
TOTAL					13.07

Equipos y Herramientas (B)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
EQ-001	Herramienta Menor (5% MO)	%MO	5%	13.07	0.65
EQ-002	Sierra Circular / Inglete	h	1	1.25	1.25
EQ-003	Pistola para Espuma/Sellador	h	1	0.55	0.55
TOTAL					2.45

Materiales (E)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
MAT-001	Panel SIP 110mm (1.22x2.44)	U(1.22x2.44)	0.34	82	27.54
MAT-002	Doble Viga Pino 40x90mm (3m)	U(3m)	0.33	11.5	3.83
MAT-003	Viga Secundaria Pino 50x250mm (3m)	U(3m)	0.05	23.5	1.06
MAT-004	Espuma Poliuretano	Lata (750ml)	0.56	12.5	6.94
MAT-005	Sellador Elástico	Cartucho (300ml)	0.01	7.2	0.10
MAT-006	Tornillo Estructural SIP 6"	lb	0.5	0.45	0.23
MAT-007	Disco de Sierra (Insumo)	U	0.02	18	0.36
TOTAL					40.06

Transporte (F)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Total (\$)
TRA-001	Transporte de Maderas	m³/km	1.38	0.88	1.21
TOTAL					1.21

Rendimiento (C) 0.88
 (D) 17.69
TOTAL DIRECTOS 58.96

COSTOS INDIRECTOS

Código	Descripción	Porcentaje	Total (\$)
--------	-------------	------------	------------

Código	Descripción	Porcentaje	Total (\$)
IND-001	Gastos Administrativos	10%	5.90
IND-002	Utilidad	8%	4.72
IND-003	Imprevistos	2%	1.18
TOTAL INDIRECTOS	20% de CD	20%	11.79

PRECIO UNITARIO TOTAL 70.75

Dimensiones

Elemento	unidad	cantidad	L	A	P	Cantidad (9m2)	Cantidad (1m2)	Volumen
Panel SIP (110mm)	U (1.22x2.44)	3.023	2.44	1.22	0.11	3.023	0.34	0.110
Doble Viga (40x90)	U (3m)	3	3	0.08	0.09	3.00	0.33	0.0072
Viga Secund. (50x250)	U (3m)	5	3	0.05	0.25	5.00	0.56	0.021
Espuma Expansiva	Lata (750ml)	3	3	0.015	0.09	0.405	0.05	0.000
Sellador Elástico	Cartucho (300ml)	3	3	0.04	0.005	0.120	0.01	0.0000

Análisis de Precios Unitarios

Código: IJT-444

Fecha: 22/04/2026

Descripción: I-Joist

Unidad: m2

Especificaciones:

COSTOS DIRECTOS

Mano de Obra (A)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	S.R.H	Total (\$)
MO-002	Carpintero	pers.	1	4.39	4.39
MO-003	Ayudante de carpintero	pers.	2	4.34	8.68
TOTAL					13.07

Equipos y Herramientas (B)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
EQ-001	Herramienta Menor (5% MO)	%MO	5%	13.07	0.65
EQ-002	Sierra Circular / Inglete	h	1	1.25	1.25
EQ-003	Clavadora Neumática/Compresor	h	1	4.4	4.4
TOTAL					6.30

Materiales (E)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
MAT-001	Viga I-Joist LPI 20	U (3m)	0.89	42	37.33
MAT-002	OSB (15mm) - 2 capas	U(1.22x2.44)	0.67	24.5	16.47
MAT-003	OSB (11.1mm)	U(1.22x2.44)	1.01	18.2	18.34
MAT-004	Yeso RF (15mm) - 3 c	U(1.22x2.44)	0.34	16.5	5.54
MAT-005	Membrana Caucho	m²	1.00	12	12.00
MAT-006	Lana Vidrio (2 capas)	rollo	0.5	42	21.00
MAT-007	Distanc. Pino (51x51)	U (3m)	0.02	5.4	0.108
MAT-008	Tornillo Estructural SIP 6"	lb	0.5	1.95	0.98
MAT-009	Disco de Sierra (Insumo)	U	0.02	18	0.36
TOTAL					112.12

Transporte (F)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Total (\$)
TRA-001	Transporte de Maderas	m³/km	0.88	0.88	0.78
TOTAL					0.78

Rendimiento (C)	0.40
(D)	48.39
TOTAL DIRECTOS	161.29

COSTOS INDIRECTOS

Código	Descripción	Porcentaje	Total (\$)
IND-001	Gastos Administrativos	10%	16.13
IND-002	Utilidad	8%	12.90
IND-003	Imprevistos	2%	3.23
TOTAL INDIRECTOS	20% de CD	20%	32.26

PRECIO UNITARIO TOTAL 193.55

Dimensiones

Elemento	unidad	cantidad	L	A	P	Cantidad (9m2)	Cantidad (1m2)	Volumen
Viga I-Joist LPI 20	U (3m)	8	3	0.063	0.241	8	0.89	0.040
OSB (15mm) - 2 capas	U(1.22x2.44)	6.05	2.44	1.22	0.015	6.05	0.67	0.03
OSB (11.1mm)	U(1.22x2.44)	3.02	2.44	1.22	0.011	3.02	0.34	0.011
Yeso RF (15mm) - 3 c	U(1.22x2.44)	9.07	2.44	1.22	0.015	9.07	1.01	0.045
Membrana Caucho	m²	9	3	3	0.005	9.00	1.00	0.045
Lana Vidrio (2 capas)	rollo	1.25	12	1.2	0.064	1.25	0.14	0.128
Distanc. Pino (51x51)	U (3m)	8	3	0.051	0.051	8.00	0.89	0.007

Análisis de Precios Unitarios

Código: CLT-555

Fecha: 22/04/2026

Descripción: CLT

Unidad: m2

Especificaciones:

COSTOS DIRECTOS

Mano de Obra (A)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	S.R.H	Total (\$)
MO-002	Carpintero	pers.	1	4.39	4.39
MO-003	Ayudante de carpintero	pers.	2	4.34	8.68
TOTAL					13.07

Equipos y Herramientas (B)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
EQ-001	Herramienta Menor (5% MO)	%MO	5%	13.07	0.65
EQ-002	Camión Grúa (Montaje)	h	1	6.5	6.5
EQ-003	Atomizador de Impacto	h	1	1.1	1.1
TOTAL					8.25

Materiales (E)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
MAT-001	Panel CLT 5c	U (2.5x6m)	0.07	850.00	56.67
MAT-002	Fibrocemento 20mm	U (1.22x2.44)	0.67	21.5	14.45
MAT-003	Paleteño 2micrones	Rollo (3m)	0.07	4	0.28
MAT-004	Lana Vidrio AD	Rollo	0.04	48	1.78
MAT-005	Est. Secund. (41x41)	U (3m)	0.89	4.5	4.00
MAT-006	Yeso RF 15mm (2c)	U (1.22x2.44)	0.5	16.5	8.25
MAT-007	Tornillo Estructural SIP 6"	lb	0.5	3.5	1.75
TOTAL					87.18

Transporte (F)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Total (\$)
TRA-001	Transporte de Maderas	m³/km	1.50	0.88	1.32
TOTAL					1.32

Rendimiento (C)	0.56
(D)	37.93
TOTAL DIRECTOS	126.42

COSTOS INDIRECTOS

Código	Descripción	Porcentaje	Total (\$)
--------	-------------	------------	------------

Código	Descripción	Porcentaje	Total (\$)
IND-001	Gastos Administrativos	10%	12.64
IND-002	Utilidad	8%	10.11
IND-003	Imprevistos	2%	2.53
TOTAL INDIRECTOS	20% de CD	20%	25.28

PRECIO UNITARIO TOTAL 151.71

Dimensiones

Elemento	unidad	cantidad	L	A	P	Cantidad (9m2)	Cantidad (1m2)	Volumen
Panel CLT 5c	U (2.5x6m)	0.6	6	2.5	0.15	0.6	0.07	0.150
Fibrocemento 20mm	U (1.22x2.44)	6.05	1.22	2.44	0.02	6.05	0.67	0.04
Paleteño 2micrones	Rollo (3m)	1	10	3	0.0002	0.33	0.04	0.000
Lana Vidrio AD	Rollo	0.63	12	1.2	0.025	0.63	0.07	0.025
Est. Secund. (41x41)	U (3m)	8	3	0.041	0.041	8.00	0.89	0.004
Yeso RF 15mm (2c)	U (1.22x2.44)	6.05	2.44	1.22	0.015	6.05	0.67	0.030

Análisis de Precios Unitarios

Código: STF-161 Fecha: 22/04/2026

Descripción: Steel Frame

Unidad: m2

Especificaciones:

COSTOS DIRECTOS

Mano de Obra (A)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	S.R.H	Total (\$)
MO-002	Albañil	pers.	1	4.39	4.39
MO-003	Ayudante de albañil	pers.	2	4.34	8.68
TOTAL					13.07

Equipos y Herramientas (B)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
EQ-001	Herramienta Menor (5% MO)	%MO	5%	13.07	0.65
EQ-002	Camión Grúa (Montaje)	h	1	6.5	6.5
EQ-003	Atomizador de Impacto	h	1	1.1	1.1
TOTAL					8.25

Materiales (E)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
MAT-001	Perfil PGC (150x40x1.6)	kg	10.59	1.45	15.36
MAT-002	Perfil Omega (12.5x0.5)	kg	8.37	1.6	13.40
MAT-003	Perfil L Borde (30x30)	kg	1.01	1.55	1.56
MAT-004	OSB (18.3mm) - 3 capas	U (1.22x2.44)	0.63	29.5	18.53
MAT-005	Lana Vidrio Comp. 20mm	rollo	1.00	4.2	4.20
MAT-006	Lana Vidrio 89mm	rollo	0.07	45	3.15
MAT-007	Panel Yeso (10mm)	U (1.22x2.44)	0.34	11.2	3.76
MAT-008	Banda Acústica (5mm)	rollo	0.10	0.85	0.09
MAT-009	Tornillo Estructural SIP 6"	lb	0.5	3	1.5
TOTAL					61.54

Transporte (F)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Total (\$)
TRA-001	Transporte de Maderas	m³/km	0.55	0.88	0.48
TRA-002	Transporte de Acero	kg/km	195.94	0.0016	0.31
TOTAL					0.31

Rendimiento (C) 0.80
 (D) 26.51
TOTAL DIRECTOS 88.36

COSTOS INDIRECTOS

Código	Descripción	Porcentaje	Total (\$)
IND-001	Gastos Administrativos	10%	8.84
IND-002	Utilidad	8%	7.07
IND-003	Imprevistos	2%	1.77
TOTAL INDIRECTOS	20% de CD	20%	17.67

PRECIO UNITARIO TOTAL 106.03

Dimensiones

Elemento	unidad	cantidad	L	A	P	Cantidad (9m2)	Cantidad (1m2)	Volumen
Perfil PGC (150x40x1.6)	U	11	3	0.23	0.0016	95.3304	10.59	
Perfil Omega (12.5x0.5)	U	8	3	0.08	0.005	75.36	8.37	
Perfil L Borde (30x30)	U	4	3	0.06	0.001	5.652	0.63	
OSB (18.3mm) - 3 capas	U (1.22x2.44)	9.07	2.44	1.22	0.0183	9.07	1.01	0.055
Lana Vidrio Comp. 20mm	rollo	9	3	3	0.02	9.00	1.00	0.180
Lana Vidrio 89mm	rollo	0.63	12	1.2	0.089	0.63	0.07	0.090
Panel Yeso (10mm)	U (1.22x2.44)	3.02	2.44	1.22	0.01	3.02	0.34	0.010
Banda Acústica (5mm)	rollo	0.9	10	0.05	0.005	0.90	0.10	0.000

Análisis de Precios Unitarios

Código: LPC-777 Fecha: 22/04/2026

Descripción: Losa con Placa Colaborante

Unidad: m2

Especificaciones:

COSTOS DIRECTOS

Mano de Obra (A)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	S.R.H	Total (\$)
MO-002	Albañil	pers.	1	4.39	4.39
MO-003	Ayudante de albañil	pers.	2	4.34	8.68
TOTAL					13.07

Equipos y Herramientas (B)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
EQ-001	Herramienta Menor (5% MO)	%MO	5%	13.07	0.65
EQ-002	Bomba de Concreto (Alquiler)	h	0.2	120	24
EQ-003	Vibrador de Hormigón (Alquiler)	h	0.5	5.5	2.75
EQ-004	Soldadora Inverter (Estructura)	h	1	1.5	1.5
TOTAL					28.90

Materiales (E)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
MAT-001	Vigüeta G 200x50x15x3mm	kg	3.26	1.35	4.40
MAT-002	Placa Colaborante (Steel Deck)	m²	1.00	12.8	12.80
MAT-003	Hormigón Premezclado 210kg/cm²	m³	0.12	115	13.80
MAT-004	Malla Electrosoldada (2.4x6m)	U (2.4x6m)	0.07	60	4.17
MAT-005	Conectores de Cortante (Studs)	U	4.00	1.2	4.80
MAT-006	Electrodos / Insumos soldadura	lb	0.5	2.1	1.05
MAT-007	Tornillo Estructural SIP 6"	lb	0.5	3.5	1.75
TOTAL					42.76

Transporte (F)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Total (\$)
TRA-001	Transporte de Acero	kg/km	97.26	0.0016	0.16
TOTAL					0.16

Rendimiento (C) 2.28
 (D) 18.39
TOTAL DIRECTOS 61.31

COSTOS INDIRECTOS

Código	Descripción	Porcentaje	Total (\$)
IND-001	Gastos Administrativos	10%	6.13
IND-002	Utilidad	8%	4.91
IND-003	Imprevistos	2%	1.23
TOTAL INDIRECTOS	20% de CD	20%	12.26

PRECIO UNITARIO TOTAL 73.58

Dimensiones

Elemento	unidad	cantidad	L	A	P	Cantidad (9m2)	Cantidad (1m2)	Volumen
Vigüeta G 200x50x15x3mm /c- 1.20m	U	0.83	3	0.5	0.003	29.32	3.26	
Placa Colaborante	m²	1	3	3	0.00065	9.00	1.00	6.40
Hormigón Premezclado	m³	1	3	3	0.12	1.08	0.12	0.130
Malla Electrosoldada	U (2.4x6m)	0.625	6	2.4	0.004	0.63	0.07	0.068

Análisis de Precios Unitarios

Código: LNH-888

Fecha: 22/04/2026

Descripción: Losa Nevada

Unidad: m2

Especificaciones:

COSTOS DIRECTOS

Mano de Obra (A)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	S.R.H	Total (\$)
MO-002	Albañil	pers.	1	4.39	4.39
MO-003	Ayudante de albañil	pers.	2	4.34	8.68
TOTAL					13.07

Equipos y Herramientas (B)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
EQ-001	Herramienta Menor (5% MO)	%MO	5%	13.07	0.65
EQ-002	Bomba de Concreto (Alquiler)	h	0.2	120	24
EQ-003	Vibrador de Hormigón (Alquiler)	h	0.5	5.5	2.75
EQ-004	Soldadora Inverter (Estructura)	h	1	1.5	1.5
TOTAL					28.90

Materiales (E)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
MAT-001	Hormigón Premezclado 210kg/cm²	m³	0.13	115	15.13
MAT-002	Casefón EPS 40x40x20cm (15kg)	U	4.00	4	16.00
MAT-003	Varilla Corrugada 12mm	kg	35.81	1.31	46.92
MAT-004	Varilla Corrugada 10mm (Tipo C)	kg	1.71	1.18	2.02
MAT-005	Malla Electrosoldada (2.4x6m)	U	0.07	60	4.17
MAT-006	Alambre de amarre #18	lb	0.5	1.25	0.63
TOTAL					84.86

Transporte (F)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Total (\$)
TRA-001	Transporte de Acero	kg/km	375.89	0.0016	0.60
TOTAL					0.60

Rendimiento (C)	1.15
(D)	36.62
TOTAL DIRECTOS	122.08

COSTOS INDIRECTOS

Código	Descripción	Porcentaje	Total (\$)

Código	Descripción	Porcentaje	Total (\$)
IND-001	Gastos Administrativos	10%	12.21
IND-002	Utilidad	8%	9.77
IND-003	Imprevistos	2%	2.44
TOTAL INDIRECTOS	20% de CD	20%	24.42

PRECIO UNITARIO TOTAL	146.50
------------------------------	---------------

PRECIO UNITARIO TOTAL + PRECIO UNITARIO ENCOFRADO	156.13
--	---------------

Dimensiones

Elemento	unidad	cantidad	L	A	P	Cantidad (7m2)	Cantidad (1m2)	Volumen
Hormigón Premezclado	m³	1	3	3	0.05	0.45	0.05	0.023
Chapa de compresión								
Hormigón Premezclado Nervios	m³	34	3	0.1	0.2	0.73	0.08	0.00
Casefón EPS (15kg/m³)	U	36	0.4	0.4	0.2	36.00	4.00	0.128
Varilla Corrugada 12mm	U	68	3	-	0.0012	322.32	35.81	
Armadura Tipo C 10mm	U	72	0.35	-	0.01	15.37	1.71	
Malla Electrosoldada	U (2.4x6m)	0.625	6	2.4	0.004	0.63	0.07	0.068

CAMARA DE LA CONSTRUCCION DE CUENCA

Análisis de Precios Unitarios

Código: 501069

Fecha: 22/04/2026

Descripción: Encofrado de losa para hormigón armado

Unidad: m2

Especificaciones:

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101001	Herramienta menor % mano de obra	%MO	5%MO			0.1
101035	Encofrado metálico para losa	m2-día	1	0.17	30	5.1
					Subtotal de Equipo:	5.2

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total	
					Subtotal de Materiales:	0

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	
						Subtotal de Transporte:	0

Mano de Obra

Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	
402009	Ayudante de albañil	2	4.34	0.25	2.17	
403017	Albañil	1	4.39	0.25	1.10	
404004	Maestro de obra	1	4.64	0.25	1.16	
					Subtotal de Mano de Obra:	4.43

Costo Directo Total:	9.63
-----------------------------	-------------

COSTOS INDIRECTOS

0%	0
-----------	----------

Precio Unitario Total	9.63
------------------------------	-------------

Análisis de Precios Unitarios

Código: VMI-999 Fecha: 22/04/2026

Descripción: Entrepiso Mixto "I"

Unidad: m2

Especificaciones:

COSTOS DIRECTOS

Mano de Obra (A)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	S.R.H	Total (\$)
MO-002	Carpintero	pers.	1	4.39	4.39
MO-003	Ayudante de carpintero	pers.	2	4.34	8.68
TOTAL					13.07

Equipos y Herramientas (B)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
EQ-001	Herramienta Menor (5% MO)	%MO	5%	13.07	0.65
EQ-002	Sierra Circular / Inglete	h	1	1.25	1.25
EQ-003	Atomizador de alto torque	h	1	1.2	1.2
TOTAL					3.10

Materiales (E)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
MAT-001	Listón Pino Estructural 5x5cm (3m)	U (3m)	2.22	6.2	13.78
MAT-002	Plancha OSB 18.3mm (1.22x2.44)	U(1.22x2.44)	0.56	31	17.34
MAT-003	Plancha OSB 15.1mm (1.22x2.44)	U(1.22x2.44)	0.17	26.5	4.42
MAT-004	Listón Pino Diag/Pend (3m)	U (3m)	0.54	4.5	2.42
MAT-005	Perno Hex. M12 Rothoblaas	U	10	2.15	21.50
MAT-006	Perfil BSIG 14x28 Rothoblaas	U	1.33	14.2	18.93
MAT-007	Perno AB1 + VIN-FIX (Rothoblaas)	U	1.33	9.8	13.07
MAT-008	Fieltro Reciclado 36mm	m²	1	15.5	15.50
MAT-009	Membrana Polietileno (Rollo 3m)	Rollo	0.02	68	1.36
MAT-010	Vigueta Pino 36x36mm (3m)	U (3m)	0.8889	4.3	3.82
MAT-011	Clavo LBA (Ø4x60)	U	20	0.12	2.4
MAT-012	Macizado (Pino)	U	0.073	6.2	0.45
TOTAL					114.99

Transporte (F)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Total (\$)
TRA-001	Transporte de Maderas	m²/km	0.56	0.88	0.50
TOTAL					0.50

Rendimiento (C) 0.33
(D) 49.49
TOTAL DIRECTOS 164.98

COSTOS INDIRECTOS

Código	Descripción	Porcentaje	Total (\$)
IND-001	Gastos Administrativos	10%	16.50
IND-002	Utilidad	8%	13.20
IND-003	Imprevistos	2%	3.30
TOTAL INDIRECTOS	20% de CD	20%	33.00

PRECIO UNITARIO TOTAL 197.98

Dimensiones

Elemento	unidad	cantidad	L	A	P	Cantidad (9m2)	Cantidad (1m2)	Volumen
Patines (Pino 5x5)	U (3m)	20	3	0.05	0.05	20	2.22	0.017
Alma OSB 18.3mm	U(1.22x2.44)	2.02	4	0.3	0.018	2.02	0.22	0.0049
Diagonales (Pino)	U (3m)	20	0.5	0.05	0.03	3.33	0.37	0.0003
Montante (Pino)	U (3m)	15	0.3	0.05	0.03	1.50	0.17	0.0001
OSB Inf. 15.1mm	U(1.22x2.44)	3.02	2.44	1.22	0.0151	3.02	0.34	0.015
OSB Sup. 18.3mm	U(1.22x2.44)	3.02	2.44	1.22	0.018	3.02	0.34	0.018
Fieltro Reciclado	m²	9	3	3	0.036	9.00	1.00	0.324
Tirilla (20x20mm)	U (3m)	8	3	0.02	0.02	8.00	0.89	0.001
Membrana Poliet.	Rollo (3m)	0.3	10	3	0.005	0.30	0.03	0.005
Macizado (Pino)	U (3m)	0.66	3	0.2	0.05	0.66	0.073	0.0022

Análisis de Precios Unitarios

Código: EMU-1001 Fecha: 22/04/2026

Descripción: Entrepiso EMUVI

Unidad: m2

Especificaciones:

COSTOS DIRECTOS

Mano de Obra (A)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	S.R.H	Total (\$)
MO-002	Albañil	pers.	1	4.39	4.39
MO-003	Ayudante de albañil	pers.	2	4.34	8.68
TOTAL					13.07

Equipos y Herramientas (B)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
EQ-001	Herramienta Menor (5% MO)	%MO	5%	13.07	0.65
EQ-002	Concretera	h	1	3.5	3.5
EQ-003	Soldadora Inverter	h	1	1.5	1.5
TOTAL					5.65

Materiales (E)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
MAT-001	Perfil G Metálico 200x50x20x3mm	kg	5.34	1.38	7.37
MAT-002	Losa Prefabricada de Hormigón	m²	1.00	40	40.00
MAT-003	Cemento Portland I (Saco 25kg)	saco	0.096	4.5	0.43
MAT-004	Arena fina Lavada	m³	0.004	14	0.06
MAT-005	Agua potable	m³	0.001	2.2	0.002
MAT-006	Electrodos E6011 / Sujeciones	lb	0.3	2.25	0.68
TOTAL					48.54

Transporte (F)

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Total (\$)
TRA-001	Transporte de Aceros	kg/km	53.38	0.0016	0.09
TRA-002	Transporte Hormigón	m³/km	1.02	3.84	3.93
TOTAL					4.02

Rendimiento (C) 0.83
(D) 22.52
TOTAL DIRECTOS 75.08

COSTOS INDIRECTOS

Código	Descripción	Porcentaje	Total (\$)
IND-001	Gastos Administrativos	10%	7.51
IND-002	Utilidad	8%	6.01
IND-003	Imprevistos	2%	1.50
TOTAL INDIRECTOS	20% de CD	20%	15.02

PRECIO UNITARIO TOTAL 90.09

Dimensiones

Elemento	unidad	cantidad	L	A	P	Cantidad (9m2)	Cantidad (1m2)	Volumen
Viga Metal G (200x50x20x3)	U	2	3	0.34	0.003	48.042	5.34	
Losa Prefabricada Hormigón	m²	9	1.95	0.3	0.175	9.00	1.00	0.1024
Cemento	saco	0.86	-	-	-	0.86	0.096	21.51
Arena fina	m³	0.04	-	-	-	0.04	0.004	0.045
Agua	m³	0.01	-	-	-	0.01	0.001	0.0108

