



TRABAJO FINAL

“Estudio de factibilidad de fábrica de módulos habitacionales”

Autor: Feduzka, Kevin Martin

Tutores: Pilar, Claudia
Salgado, Joaquín

Año: 2025



Índice

Resumen.

Introducción.

Capítulo 1 - Planteamiento general del proyecto.

Capítulo 2 – Requerimientos y adecuación del lugar de trabajo.

Capítulo 3 – Evaluación de posibles locaciones para la fábrica.

Capítulo 4 - Justificación técnica del sistema constructivo.

Capítulo 5 - Prototipo y características del módulo.

Capítulo 6 - Proceso de fabricación en planta.

Capítulo 7 – Esquema de trabajo.

Capítulo 8 – Transporte.

Capítulo 9 - Estudio económico.

Capítulo 10 - Ventajas laborales y de control de calidad.

Capítulo 11 - Evaluación de la Aceptación Social del Sistema Modular.

Capítulo 12 - Conclusiones y recomendaciones.

Anexo.

Bibliografía.



Resumen

El presente trabajo desarrolla el estudio técnico–económico para la instalación de una planta destinada a la fabricación seriada de módulos habitacionales industrializados en el área metropolitana de Resistencia, Chaco. Se analiza un sistema constructivo mixto —estructura metálica y paneles tipo *Wood Frame*— evaluando su desempeño térmico, su factibilidad estructural mediante modelación en CYPE y verificaciones con elementos finitos, así como su adecuación para procesos de prefabricación en taller.

Se describen los procesos productivos, la organización del personal, los requerimientos mínimos de infraestructura y la inversión inicial necesaria para poner en marcha la planta. A partir de una producción hipotética de dos módulos bimestrales, se estudian los costos directos e indirectos, junto con indicadores económicos como VAN y TIR, concluyendo que el proyecto resulta viable bajo las condiciones y supuestos adoptados.

El análisis se complementa con la evaluación de posibles localizaciones para la nave industrial y con una encuesta a usuarios potenciales, cuyos resultados muestran una alta aceptación del sistema modular. En conjunto, el estudio demuestra que la propuesta constituye una alternativa constructiva eficiente, competitiva y escalable para el desarrollo habitacional regional.

.

Introducción

La creciente **demandas de soluciones habitacionales rápidas y accesibles** ha impulsado el desarrollo de **sistemas constructivos industrializados** en todo el mundo. En regiones donde las condiciones logísticas dificultan la ejecución de obras tradicionales o encarecen los costos, resulta necesario incorporar enfoques innovadores que optimicen recursos y mejoren los procesos constructivos.

En este contexto, la construcción modular se consolida no solo como una alternativa eficiente, sino también como una manifestación de **innovación tecnológica y organizativa** dentro del campo de la ingeniería civil, al trasladar gran parte del proceso constructivo a un entorno controlado de fábrica. Esto permite reducir tiempos de ejecución, elevar los estándares de calidad y mejorar las condiciones laborales del personal, aspectos que adquieren especial relevancia en zonas del NEA, donde las condiciones climáticas y de infraestructura dificultan la continuidad de las obras convencionales.

De acuerdo con lo planteado por **Pilar-Vera-Kennedy (2019)**, la innovación implica la transformación de las prácticas existentes mediante la incorporación de nuevos conocimientos técnicos, sociales y organizativos, con el fin de generar valor agregado. En esta línea, la propuesta de industrialización del hábitat se interpreta como una estrategia de innovación aplicada a la construcción, que combina eficiencia, control y sostenibilidad. El presente proyecto busca trasladar esos principios al contexto regional, ofreciendo una alternativa constructiva que responda a las necesidades reales de acceso a la vivienda y de desarrollo industrial local.

La **innovación tecnológica** del sistema radica en la aplicación de un modelo de producción seriada y controlada, donde los procesos de armado, montaje y control de calidad se ejecutan bajo techo, garantizando uniformidad y precisión. A ello se suma la **innovación organizativa**, expresada en la estructura de trabajo de planta: líneas de producción, roles definidos, uso de maquinaria especializada y una logística de transporte estandarizada.

Por otra parte, la **innovación social** se refleja en el potencial del sistema para mejorar las condiciones laborales, reducir los tiempos de entrega y favorecer la creación de empleo calificado en el sector metalmecánico y de la construcción. El proyecto no pretende reemplazar los métodos tradicionales, sino integrarse como una opción más dentro del abanico constructivo, aportando rapidez, previsibilidad y adaptabilidad a diferentes escalas de demanda.

Este trabajo propone el diseño y evaluación integral de **una planta de producción de módulos habitacionales** en el área de Resistencia–Barranqueras, orientada a la fabricación seriada de unidades modulares con estructura resistente liviana y cerramientos industrializados. El objetivo principal es determinar la **factibilidad técnica y económica** del emprendimiento, abarcando el diseño del módulo, los procesos de fabricación, la logística de montaje y el análisis de costos que respalde la toma de decisiones desde la ingeniería civil.

Asimismo, se busca aportar una visión aplicada de la innovación dentro del ejercicio profesional del ingeniero civil, evidenciando cómo la incorporación de procesos industriales al ámbito de la construcción puede generar impactos positivos en eficiencia, sustentabilidad y desarrollo regional.

Capítulo 1 - Planteamiento general del proyecto

El proyecto consiste en la instalación de una **planta industrial dedicada a la fabricación de módulos habitacionales prefabricados**, con el fin de ofrecer soluciones constructivas modernas, rápidas y adaptables a distintos usos.

La propuesta se enmarca dentro del concepto de **industrialización del hábitat**, trasladando la mayor parte del proceso constructivo a un entorno controlado de fábrica, lo que permite **reducir los tiempos de ejecución, disminuir desperdicios y mejorar las condiciones laborales** del personal.

La elección del prototipo habitacional responde a criterios técnicos, económicos y de pertinencia social. Dentro de las distintas tipologías posibles de construcción modular (oficinas móviles, módulos sanitarios, talleres, aulas u oficinas comerciales), se seleccionó la vivienda como unidad de referencia porque constituye la demanda más frecuente en el mercado local y regional. La necesidad habitacional, reforzada por el déficit de vivienda y los tiempos prolongados de la construcción tradicional, convierte al módulo habitacional en un producto de alta demanda potencial, capaz de validar el sistema constructivo tanto desde su aceptación social como desde su competitividad económica.

Asimismo, la vivienda representa el caso más exigente en términos de confort térmico, aislación, seguridad estructural y calidad perceptual; por lo tanto, constituye un prototipo adecuado para evaluar integralmente el desempeño del sistema constructivo mixto propuesto. Superar satisfactoriamente estos requerimientos asegura que el mismo sistema pueda adaptarse luego a usos menos exigentes, como oficinas, espacios de servicio o aulas móviles, ampliando la escalabilidad del proyecto.

En cuanto a las dimensiones adoptadas, el módulo se definió en **3,5 m × 12 m × 3,7 m** a partir de un criterio que combina **viabilidad logística, eficiencia material y cumplimiento normativo**. Estas medidas permiten maximizar la superficie útil manteniéndose dentro de los límites de transporte especial detallados en el Capítulo 8; optimizan los largos comerciales de los perfiles metálicos, reduciendo desperdicios; y garantizan que los ambientes resultantes cumplan con las superficies y alturas mínimas exigidas para locales habitables, tal como se desarrolla en el Capítulo 5. Esta configuración equilibra habitabilidad, costo y facilidad de montaje, constituyendo un prototipo representativo y replicable dentro de una producción seriada.

El módulo está compuesto por un **sistema constructivo mixto** que integra una **estructura metálica portante** con paneles livianos tipo **Wood Frame**, lo que permite obtener un equilibrio adecuado entre resistencia, eficiencia térmica y rapidez de montaje.

Esta propuesta constructiva industrializada busca lograr ligereza estructural, eficiencia térmica y facilidad de montaje, garantizando un producto adaptable a diversas necesidades: viviendas familiares, oficinas móviles, alojamientos temporales, módulos sanitarios o espacios complementarios para instituciones y empresas.

El **tiempo estimado de fabricación** de cada unidad es de **60 días**, incluyendo estructura, cerramientos, instalaciones y terminaciones interiores. Plazo que resulta del esquema de trabajo detallado en el Capítulo 6.

En obra solo se requiere la **preparación del terreno**, la **ejecución de la base de apoyo** y la **conexión a los servicios básicos**, minimizando la interferencia con el entorno y los costos indirectos de obra.



La planta deberá ubicarse en una nave industrial de aproximadamente **15 m x 40 m**, con **altura mínima de 8 m** y acceso a rutas principales.

Además de contar con energía trifásica, se considera imprescindible disponer de servicio de agua corriente y descarga sanitaria, tanto para las necesidades del personal como para el uso en tareas de limpieza, preparación de materiales y ensayos básicos de instalaciones hidráulicas. El entorno deberá permitir espacio para maniobras, acopio de materiales y carga de módulos, garantizando una circulación segura.

Capítulo 2 - Requerimientos y adecuación del lugar de trabajo

Se opta por el **alquiler de una nave industrial** con dimensiones mínimas necesarias de **15 m x 40 m y 8 m de altura**, ubicada en las **inmediaciones de Resistencia o Barranqueras**, zonas que ofrecen ventajas logísticas por su cercanía a los corredores industriales.

Estas dimensiones no son arbitrarias, sino que responden a los requerimientos operativos del proceso productivo:

- **Ancho mínimo de 15 m:** permite trabajar **dos módulos en paralelo**, garantizando espacio para circulación de personal, herramientas y equipos (*como se observa en las Imágenes 2 y 3*). Menores anchos obligarían a trabajar en serie, reduciendo la capacidad productiva y generando interferencias entre sectores.
- **Largo mínimo de 40 m:** necesario para disponer, en secuencia, las áreas de **carpintería, herrería, panelizado, acopios temporales y zona de servicios** (baños, cocina, oficina). Esta longitud permite organizar el flujo lineal de fabricación sin cruces de trayectorias ni interrupciones en la producción.
- **Altura mínima de 8 m:** requerida para la instalación y operación de una **grúa pórtico** que permita el izaje del módulo terminado y su carga segura sobre el carretón de transporte. Menores alturas imposibilitarían el uso de equipos de izaje y comprometerían la maniobrabilidad.

La localización también debe garantizar las siguientes condiciones mínimas:

- **Accesibilidad vial**, con conexión directa a rutas provinciales o nacionales que faciliten el transporte de materiales y módulos terminados hacia distintos destinos.
- **Disponibilidad de energía trifásica**, indispensable para el funcionamiento de la grúa pórtico, como también para la maquinaria de corte y soldadura.
- **Servicio de agua y desagüe sanitario**, necesarios para la operación diaria y el mantenimiento de la planta.
- **Espacio para maniobras y acopio**, permitiendo la circulación de camiones y el almacenamiento temporal de materiales entregados por los proveedores.
- **Posibilidad de instalación de una grúa pórtico**, destinado a la manipulación y carga de los módulos terminados sobre el carretón de transporte.

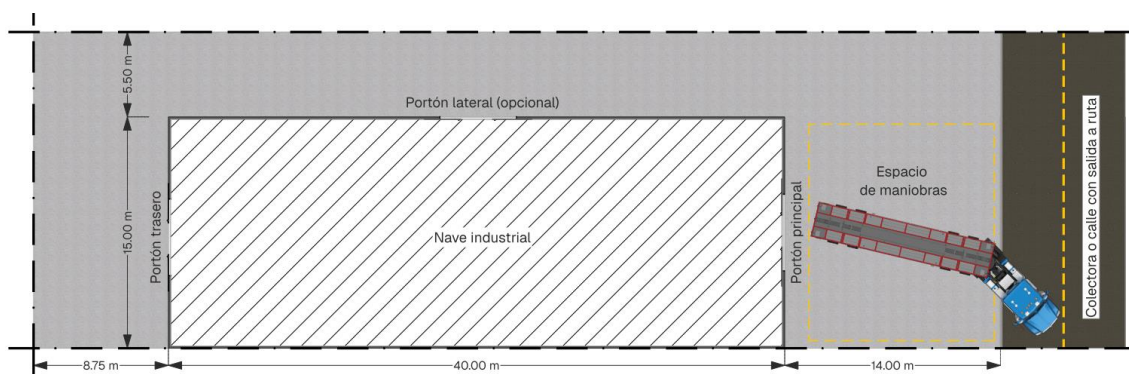


Imagen 1: Esquema con dimensiones mínimas deseables. Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, será necesario realizar una **sectorización interna de la nave**, a fin de optimizar los procesos productivos y garantizar el orden y la seguridad en el lugar de trabajo. Los sectores previstos son:

- Área de corte y armado de paneles de Wood Frame, y armado de mobiliario.
- Área de almacenamiento y resguardo de máquinas y herramientas.
- Área de corte y preparación de perfiles metálicos.
- Sectores de acopio de materiales, diferenciados según tipo (madera, perfiles metálicos, placas, etc.).
- Área de armado de módulos, ubicada bajo el recorrido del puente grúa.
- Área de servicios complementarios: oficina administrativa, sanitarios, cocina y sector de descanso para el personal.

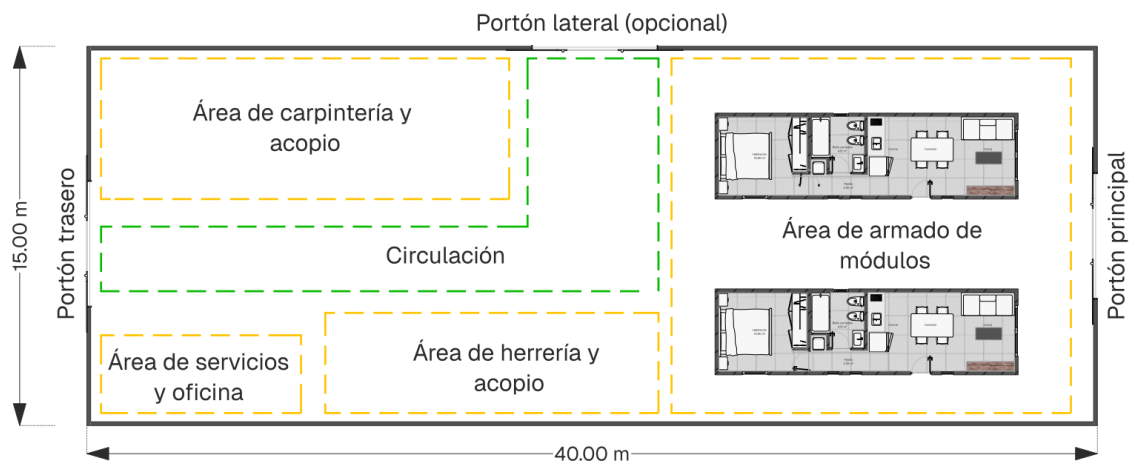


Imagen 2: Esquema de sectorización. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 3: Área de armado de módulos. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 4: Área de carpintería y acopio de materiales varios. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 5: Área de corte de perfiles, guardado de máquinas y área de servicios. Fuente: Elaboración propia.

Esta organización permitirá un flujo de trabajo ordenado y eficiente, asegurando productividad, seguridad laboral y control de calidad.

Además, la disposición propuesta responde a criterios de seguridad industrial, eficiencia en la circulación interna y control del flujo de materiales. Esta organización permitirá un flujo de trabajo ordenado, con la menor interferencia posible entre tareas, asegurando **productividad, seguridad laboral y control de calidad**.

Inversión inicial en equipamiento

Para el inicio de las operaciones se estima una **inversión inicial de \$70.000.000**, destinada principalmente a la adquisición de **maquinaria, herramientas, equipos de izaje y elementos de seguridad** necesarios para el proceso productivo.

Entre los equipos contemplados se incluyen:

- **Grúa pórtico** de 10 toneladas de capacidad y equipo de izado.



- **Mesas de trabajo, morsa y caballetes** para el área de carpintería como de herrería.
- **Equipos de carpintería** y herramientas eléctricas para el trabajo en madera y placas.
- **Hormigoneras eléctricas y elementos de albañilería**, utilizados en tareas menores de fundación y nivelación.
- **Equipos de soldadura MIG/MAG** y herramientas de corte metálico.
- **Equipamiento menor** para montaje, terminaciones y control dimensional.
- **Indumentaria y elementos de protección personal (EPP)** para todo el personal de planta, incluyendo calzado de seguridad, guantes, cascos, protectores auditivos y ropa de trabajo adecuada a las condiciones del taller.

ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
Sierra Circular 1400w Total Disco 184mm	2	\$ 145.739,00	\$ 291.478,00
Sierra ingletadora telescópica Kommmberg KB-SI2000T 2000W - 10'' 255 mm	1	\$ 363.140,00	\$ 363.140,00
Vibrador De Hormigón 1300w Sonda 1,5m	1	\$ 350.000,00	\$ 350.000,00
Hormigonera MetalurgicaCDG 3/4 hp	2	\$ 330.000,00	\$ 660.000,00
Equipo Para Pintar Eléctrico TOTAL 550w	1	\$ 95.000,00	\$ 95.000,00
Taladro 20v Brushless +2bat + Carg + Maletin Total Tdli20602	2	\$ 201.599,00	\$ 403.198,00
Amoladora Bosch Gws 770 Azul 0	2	\$ 79.000,00	\$ 158.000,00
Amoladora Bosch 7 Gws 2200-180 Vulcano 2200w	1	\$ 286.950,00	\$ 286.950,00
Soldadora Igbt Inverter Total Industrial Mma 200a	2	\$ 333.999,00	\$ 667.998,00
Morsa N5 Hierro Fundido De Alta Calidad Uso Pesado 200mm	1	\$ 391.410,00	\$ 391.410,00
Taladro Pie Perforadora 16 Velocidades 20 Mm 550w Con Morsa	1	\$ 669.915,00	\$ 669.915,00
Caballetes	6	\$ 40.000,00	\$ 240.000,00
Mesa grande para armado woodframe	1	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
Tablero y alargues	1	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
Accesorios, mechas, etc	10%	-	\$ 507.708,90
Camioneta Cabina simple para transportes varios	0	\$ 45.000.000,00	\$ -
Grúa Portico 10tn MDS	1	\$ 58.800.000,00	\$ 58.800.000,00

TOTAL \$ 64.384.797,90

Tabla 1: Costos de máquinas y elementos para la inversión inicial.

ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
Eslinga Izaje Carga Remolque 2000kg X 4m Ancho 60mm J & L Verde	8	\$ 26.895,00	\$ 215.160,00
Eslinga Izaje Carga 2 Ojos Eslingar 7m 3tn Certificada	4	\$ 137.423,00	\$ 549.692,00
Linga Eslinga De Remolque Rescate B Camioneta 4x4 5 Metros 10 Ton	4	\$ 37.100,00	\$ 148.400,00
Perfil UPN	4	\$ 154.405,50	\$ 617.622,00
Perfil IPE 140	1	\$ 413.290,50	\$ 413.290,50
Pintura, planchuelas, etc	1	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00

TOTAL \$ 2.144.164,50

Tabla 2: Costos para equipo de izaje.

Para contemplar **imprevistos propios de la puesta en marcha**, como variaciones de precios en insumos críticos, ajustes en herramientas específicas, reposición inicial de elementos de uso intensivo y posibles costos asociados a la adecuación de la nave industrial, el monto total de inversión se le aplica un extra, **redondeando a \$70.000.000**.

Este redondeo actúa como un **margen técnico de contingencia**, habitual en etapas preliminares

de proyectos industriales, y permite absorber incrementos no previstos sin comprometer el funcionamiento inicial de la planta

Esta inversión permitirá **equipar adecuadamente la nave industrial**, garantizando **condiciones operativas seguras y eficientes** para la fabricación de los módulos habitacionales, y sentando las bases para una **planta escalable** que pueda aumentar su capacidad productiva conforme crezca la demanda.



Imagen 6: Imagen ilustrativa de la fábrica. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 3 - Evaluación de posibles locaciones para la fábrica

A partir de los requerimientos funcionales y dimensionales establecidos en el **Capítulo 2**, se realizó un relevamiento de naves industriales disponibles en el mercado inmobiliario local con el fin de identificar posibles emplazamientos para la planta de fabricación de módulos habitacionales.

El análisis se basa en la comparación entre las necesidades mínimas del proceso productivo — superficie cubierta suficiente para el armado de estructura y panelizado, altura libre adecuada para la colocación de una grúa pórtico, disponibilidad de servicios esenciales, accesos aptos para transporte pesado y espacio exterior para maniobra de camiones— y las características específicas de cada galpón relevado.

Para ello, se seleccionaron tres alternativas representativas, que difieren en ubicación, superficie, prestaciones y costo mensual. En cada caso se evaluaron ventajas, limitaciones y el grado de adecuación respecto a los criterios establecidos previamente, considerando también aspectos operativos como la futura escalabilidad, la logística de ingreso de materiales y salida de módulos terminados.

A continuación, se presenta el análisis individual de cada opción, seguido de una comparación general y una recomendación final.

Opción A – Galpón sobre Ruta Nacional RN11, km 1012 (en Barrio Parque Autódromo).

Dimensiones: 30 × 50 m (1500 m²).

Terreno: 62 × 80 m.

Servicios: 2 baños.

Costo: \$4.000.000 mensuales.

Link: <https://www.inmuebles.clarin.com/galpon-en-alquiler-en-barrio-parque-autodromo--16497050> .



Imagen 7: Vista por fuera del galpón Opción A. Fuente: www.inmuebles.clarin.com.



Imagen 8: Vista por dentro del galpón. Fuente: www.inmuebles.clarin.com.

Ventajas

- Es la alternativa **más amplia** (1500 m²), lo que permite sectorizar la planta de forma óptima: estructura metálica, panelizado, instalaciones, acopio y terminaciones.
- Gran superficie de terreno, facilitando maniobras de camiones, movimientos internos y posibles ampliaciones.
- Altura adecuada para instalar un puente grúa o sistemas de izaje internos.
- Excelente capacidad de **escalabilidad**, pudiendo aumentar producción sin relocalización.

Desventajas

- El acceso de tierra puede comprometer la maniobrabilidad del camión.
- Infraestructura interior básica (sin oficinas, sin servicios industriales avanzados).
- Requiere adecuaciones iniciales: electricidad industrial, red contra incendios, sector de pintura, etc.

Opción B – Depósito sobre Ruta Nacional RN11, km 100 (cerca Rotonda RN11–RN16)

Dimensiones: 20 × 60 m (1200 m²).

Terreno: 1703 m².

Servicios: oficina, baño y kitchenette.

Costo: (no informado. A definir con el propietario).

Link: <https://www.buscainmueble.com/galpon-en-alquiler-en-centro--18092221>.



Imagen 9: Fotografía desde afuera del predio. Fuente: www.buscainmueble.com.

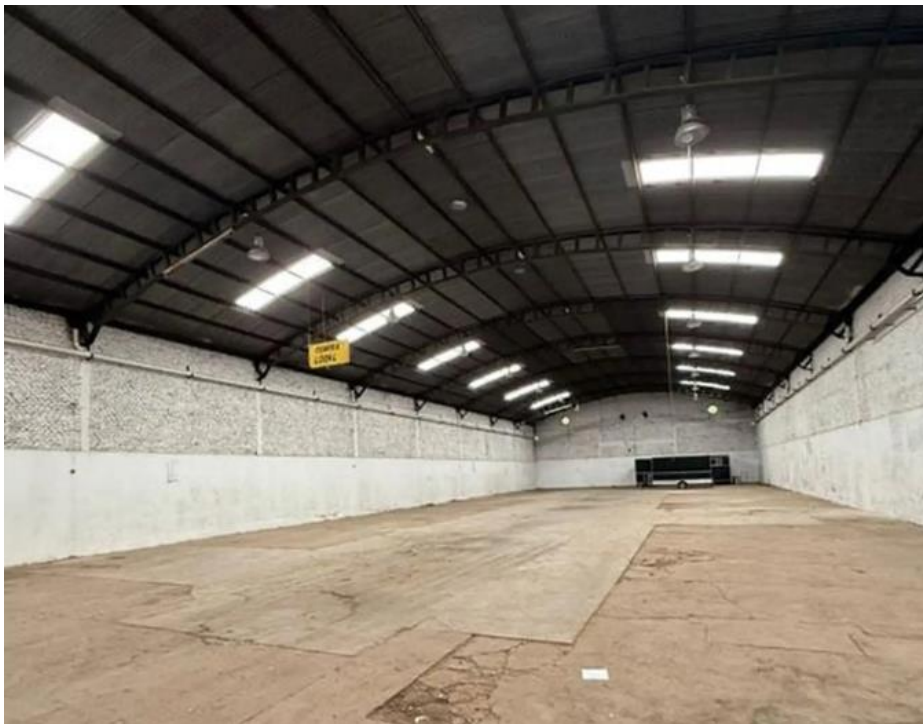


Imagen 10: Fotografía del interior del galpón. Fuente: www.buscainmueble.com.

Ventajas

- Ubicación **estratégica**, prácticamente en la intersección de las dos rutas principales del NEA (RN11 y RN16).
- Permite una logística muy eficiente para traslado de módulos, llegada de materiales y salida de producto terminado.
- Superficie cubierta adecuada (1200 m²) para producción de dos módulos por mes.
- Buena maniobrabilidad exterior para camiones.

Desventajas

- Menor potencial de ampliación futura.
- Infraestructura intermedia: no cuenta con servicios industriales avanzados (red contra incendios, seguridad 24 hs, etc.).
- Acceso de tierra.

Opción C – Centro Logístico sobre Ruta Avellaneda RN16, km 10,2.

Dimensiones por módulo: 11,25 × 29,6 m (333 m²).

Posibilidad de unificar módulos: Sí.

Dimensiones unificando dos módulos: 22,5 × 29,6 m (666 m²).

Altura útil: 8,50 m.

Servicios incluidos: seguridad 24/7, CCTV, red de incendios (hidrantes + sprinklers), oficinas premium, grupo electrógeno, internet fibra óptica, pavimento industrial, playas de maniobras, autoelevadores en alquiler.

Costo unificando dos módulos: \$4.550.000 mensuales.

Link: <https://www.buscainmueble.com/galpon-en-alquiler-en-resistencia--12103920> .



Imagen 11: Fotografía por fuera del galpón (conjunto de módulos de galpones). Fuente: www.buscainmueble.com.



Imagen 12: Fotografía del interior del galpón. Fuente: www.buscainmueble.com.

Ventajas

- **Infraestructura industrial de alto nivel**, superior a las otras alternativas.
- Altura útil ideal para izaje, maniobras internas y almacenamiento vertical.
- Playas exteriores amplias, optimizadas para camiones con cargas largas (módulos de 12 m).
- Seguridad 24/7, red contra incendios y grupo electrógeno: reduce riesgos de operación.
- Al permitir **unificar módulos**, se obtiene un espacio de **22,5 m de ancho**, apropiado para el proceso productivo lineal.
- Disponibilidad de **autoelevadores en alquiler**, lo que podría reemplazar inicialmente al puente grúa.
- Proximidad directa a la RN16 y excelente conectividad logística.

Desventajas

- Es la **opción más costosa** en valor mensual.
- Las instalaciones sanitarias están fuera del galpón, en un bloque de oficinas.
- Ajustes trimestrales por CAC → el costo podría escalar rápidamente.

Conclusión general

Las tres alternativas presentan características adecuadas para el desarrollo de la planta modular, pero con diferencias relevantes según los criterios de priorización:

- **Opción A (\$4.000.000/mes):**
La más amplia y con mayor potencial de crecimiento. Requiere adecuaciones técnicas iniciales.



- **Opción B:**
Muy buena ubicación logística y superficie adecuada. Opción equilibrada, aunque con infraestructura más básica y el precio del alquiler a definir con el propietario.
- **Opción C (\$4.550.000/mes por dos módulos unificados):**
La mejor infraestructura industrial, con servicios avanzados y logística óptima, con el un costo de alquiler adecuado.

En función de la comparación realizada, se adopta la **Opción C** como base para el desarrollo del estudio económico, al presentar una relación equilibrada entre costo de alquiler y condiciones operativas. Esta elección responde a la necesidad de trabajar con un escenario **realista y disponible en el corto plazo**, que permita evaluar la viabilidad del proyecto bajo condiciones concretas de mercado, sin que ello implique que se trate de la única alternativa posible para una futura implantación de la planta.

Capítulo 4 - Justificación técnica del sistema constructivo

El sistema constructivo propuesto combina una **estructura metálica portante** con **cerramientos livianos tipo wood frame** compuesto por tirantes de 4,5 cm x 10cm, logrando un equilibrio entre resistencia, liviandad y eficiencia en el proceso de fabricación.

La estructura metálica, formada por perfiles tubulares soldados, actúa como esqueleto principal, garantizando rigidez, estabilidad y facilidad de transporte sin deformaciones.

En cuanto al cerramiento, este está diseñado para brindar confort térmico y acústico, además de un montaje completamente en seco. El paquete constructivo propuesto se compone, de interior a exterior, por los siguientes elementos:

1. **Placa de yeso**, como terminación interior.
2. **Barrera de vapor**, para evitar condensaciones.
3. **Estructura mixta de metal y madera con aislamiento de lana de vidrio** entre montantes.
4. **Placa OSB estructural**, que aporta rigidez al panel.
5. **Barrera de agua y viento**, que asegura estanqueidad.
6. **Escurridores y clavadores**, que generan cámara de aire y soporte.
7. **Revestimiento exterior de chapa sinusoidal**, como terminación final.

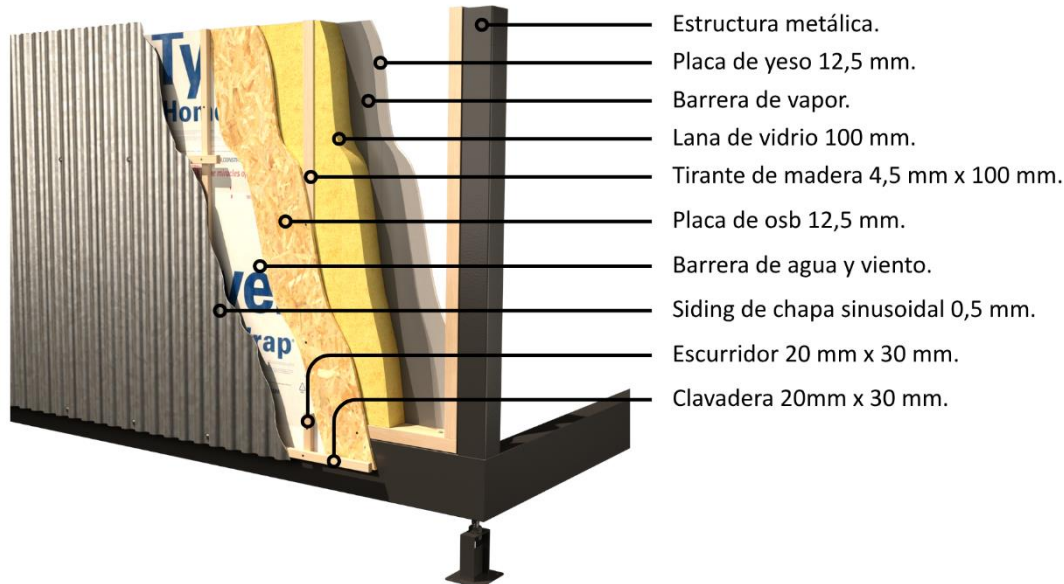


Imagen 13: Detalle constructivo de pared.

Eficiencia Térmica Cuantificada (Valor K)

El desempeño térmico de un cerramiento se evalúa mediante el **coeficiente de Transmisión Térmica (K)**, definido como la cantidad de calor que atraviesa un metro cuadrado de muro por cada grado de diferencia térmica entre el interior y el exterior ($W/m^2 \cdot K$). En términos prácticos,

cuanto menor es el valor de K , mayor es la capacidad aislante del cerramiento y menor es la energía necesaria para climatizar el ambiente. Las normas **IRAM 11604, 11605 y complementarias** establecen los valores máximos admisibles según la **zona bioambiental**, definiendo niveles de confort higrotérmico que permiten verificar objetivamente si una vivienda es eficiente frente a las condiciones de invierno y verano.

Para evaluar el desempeño térmico del cerramiento propuesto se realizó el cálculo del coeficiente de Transmisión Térmica (K) mediante el software **Isover**, utilizando la zonificación climática correspondiente a **Resistencia, Chaco** y la composición completa del paquete de muro.

ISOVER SAINT-GOBAIN
La aislación sustentable

ZONA MUROS TECHOS ENTREPISOS PISOS G-Q

PROVINCIA: CHACO LOCALIDAD: RESISTENCIA (AERO) ZONA BIOAMBIENTAL: I SUBZONA: I B GRADOS DÍA: 429

CALCULE LA RESISTENCIA TÉRMICA DE LOS MUROS.
PARA AGREGAR CAPAS DE MATERIALES HAGA CLICK EN EL BOTÓN "AGREGAR CAPA" Y SE ABRIRÁ UN NUEVO PANEL DONDE PODRÁ SELECCIONAR EL MATERIAL CORRESPONDIENTE. EL ORDEN PARA CARGAR LAS DIFERENTES CAPAS DE MATERIALES ES DESDE EL INTERIOR AL EXTERIOR.
AL FINALIZAR EL INGRESO DE TODAS LAS CAPAS HAGA CLICK EN EL BOTÓN "ACEPTAR" PARA CONTINUAR CON OTRA TIPOLOGÍA NUEVA DE MURO SI LA TUVIERE O SINO CONTÍNUE CON EL BOTÓN "SIGUIENTE".

AGREGAR CAPA

CAPA	ESPESOR (m)	COEF. COND. (W/mK)	RVer. (m² K/W)	RInv. (m² K/W)	
TEMPERATURA DE DISEÑO INTERIOR: 18					
TEMP: 16.927 C TEMP CONDENSACIÓN: 11.75 C					
PLACA DE YESO	0.012	0.37	0.032	0.032	
TEMP: 16.725 C TEMP CONDENSACIÓN: 11.74 C					
POLIETILENO (100 UM)	0.0001		0	0	
TEMP: 16.725 C TEMP CONDENSACIÓN: 7.929 C					
FIELTRO ROLAC PLATA MURO HR (100 MM) FOIL ALUMINIO	0		0	0	
TEMP: 16.725 C TEMP CONDENSACIÓN: -2.033 C					
FIELTRO ROLAC PLATA MURO HR (100 MM)	0.1		2.4	2.4	
TEMP: 1.577 C TEMP CONDENSACIÓN: -2.067 C					
PLACA OSB	0.018	0.13	0.138	0.138	
TEMP: 0.706 C TEMP CONDENSACIÓN: -2.12 C					
BARRERA DE AGUA Y VIENTO (TIPO WICHI ROOFING)	0.00028		0	0	
TEMP: 0.706 C TEMP CONDENSACIÓN: -3.175 C					
CAMARA ABIERTA (DEBILMENTE VENTILADA)	0.02		0.37	0.37	
TEMP: -1.629 C TEMP CONDENSACIÓN: -3.175 C					
PLATTEN	0.008	0.3	0.027	0.027	
TOTALES	0.15038				

Imagen 14: Composición del muro. Fuente: Software Isover.

El cálculo arrojó un valor de $K = 0,319 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, el cual se comparó con los **valores máximos admisibles establecidos por las normas IRAM para confort higrotérmico**, definidos según la zona bioambiental:

- Invierno: $K_{adm} = 0,35 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} \rightarrow$ Cumple Nivel A
- Verano: $K_{adm} = 0,45 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} \rightarrow$ Cumple Nivel A

Este resultado confirma que el cerramiento presenta un **alto nivel de aislación térmica**, alcanzando la **mejor categoría normativa** tanto para condiciones frías como cálidas, lo cual es particularmente relevante en el clima cálido-húmedo del NEA.

VERIFICACIÓN DE TRANSMITANCIA TÉRMICA K

TRANSMITANCIA TÉRMICA K INVIERNO (W/M² K)	0.319	 VERIFICA
TRANSMITANCIA TÉRMICA K VERANO (W/M² K)	0.319	
NIVELES Kadm INVIERNO (A <= 0.35, B < 0.95, C < 1.67)	NIVEL A	
NIVELES Kadm VERANO (A <= 0.45, B < 1.10, C < 1.80)	NIVEL A	
PARA LA VERIFICACIÓN SE TOMA EL KADM MÁS EXIGENTE (MENOR) ENTRE INVIERNO Y VERANO		

VERIFICACIÓN DE CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

TEMPERATURA DE ROCÍO	11.75 °C	 VERIFICA
TEMPERATURA SUPERFICIAL EN LA PRIMER CAPA	16.941 °C	
DIFERENCIA DE TEMPERATURA	5.191 °C	
(TEMPERATURA SUPERFICIAL - TEMPERATURA DE ROCÍO) >= 0		

Imagen 15: Verificación de transmitancia y condensación. Fuente: Software Isover.

Comparación con sistemas tradicionales

- Muro de ladrillo hueco estándar: $K \approx 1,3\text{--}1,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Muro propuesto: $K = 0,319 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

El módulo, por lo tanto, resulta **aproximadamente 4 veces más aislante** que un cerramiento tradicional sin aislación, reduciendo significativamente la demanda energética en refrigeración y calefacción.

Comportamiento Higrotérmico: Control de Vapor y Condensación

Además de la transmitancia térmica, el software Isover permitió verificar el **comportamiento higrotérmico del cerramiento**, incluyendo:

- **Condensación superficial**
- **Condensación intersticial**

El análisis determinó que **no se generan condiciones de condensación**, ni en superficie ni dentro del paquete de muro, lo cual valida la correcta disposición de las capas:

1. **Barrera de vapor en el lado interior**
Ubicada del lado caliente del muro, reduce la migración del vapor hacia el aislante y evita acumulación de humedad que pueda degradar la lana de vidrio o la madera estructural.
2. **Barrera hidrófuga y cámara ventilada en el exterior**
Protegen frente a agua de lluvia y permiten disipar cualquier humedad infiltrada mediante ventilación natural, manteniendo las capas internas secas.

La ausencia de condensación evidencia que el paquete del muro es **higrotérmicamente estable y durable**, manteniendo su capacidad aislante y evitando patologías típicas de sistemas mal resueltos.

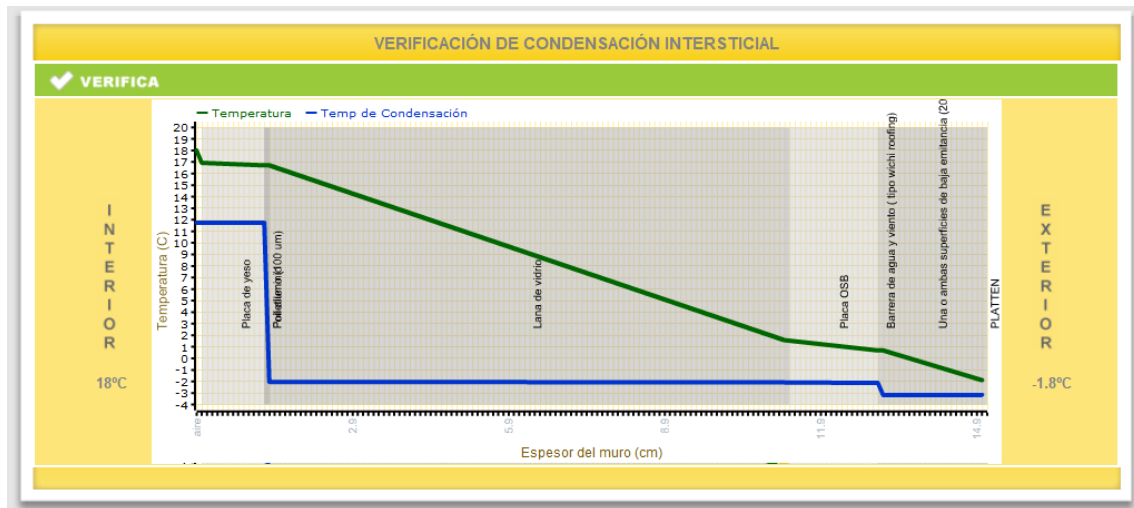


Imagen 16: Gráfico de la verificación intersticial. Fuente: Software Isover.

Conclusión Técnica

En conjunto, los resultados del análisis térmico e higrométrico indican que el cerramiento del módulo presenta un **comportamiento altamente eficiente**, reduciendo tanto las pérdidas de calor en invierno como las ganancias térmicas en verano. Al cumplir con los requisitos más exigentes de las normas IRAM (Nivel A), el sistema disminuye significativamente la demanda energética, lo que se traduce en **menores costos de climatización, mayor estabilidad térmica interior y un confort más uniforme a lo largo del año**. Esta eficiencia no solo mejora la habitabilidad del módulo, sino que también incrementa su sustentabilidad operativa, reduciendo el consumo energético y extendiendo la vida útil del sistema constructivo al evitar problemas de humedad y condensación.

Capítulo 5 - Prototipo y características del módulo propuesto

El módulo habitacional propuesto presenta un diseño base que integra:

- **Cocina-comedor-living integrado.**
- **Un baño completo.**
- **Sector para lavarropa y termotanque.**
- **Una habitación.**

El esquema es adaptable según las necesidades del cliente o el uso previsto (vivienda, oficina, alojamiento temporal, etc.).

En fábrica se dejan **preinstaladas las instalaciones eléctricas, sanitarias y de agua**, de manera que en obra únicamente será necesario ejecutar la base de fundación y las conexiones a los servicios correspondientes (pozo absorbente y/o cámara séptica).

Las terminaciones estándar incluyen:

- **Aberturas de aluminio.**
- **Revestimiento exterior en siding de chapa acanalada.**
- **Pisos y revestimientos cerámicos estándar.**

No obstante, se contempla la posibilidad de personalización de terminaciones (colores, tipo de siding, materiales de aberturas, pisos, entre otros) de acuerdo con los requerimientos del cliente, garantizando flexibilidad en el diseño y adaptación a diferentes contextos.

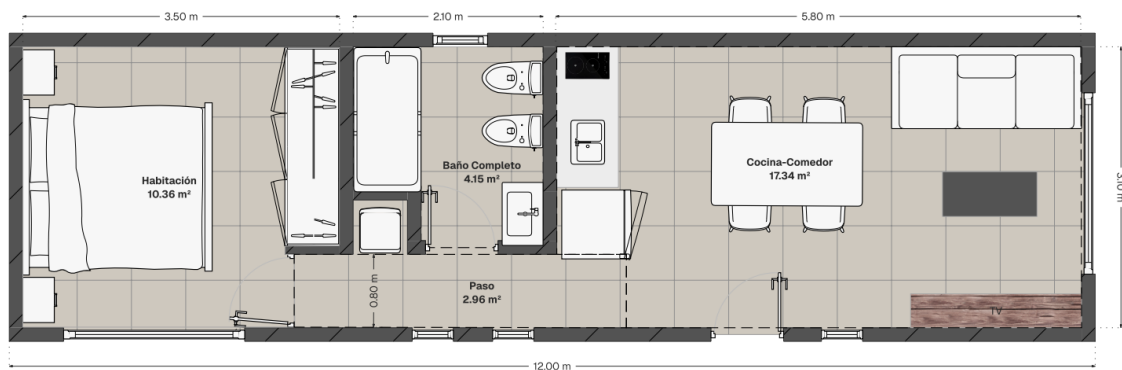


Imagen 17: Planta general del módulo propuesto. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 18: Vista general del módulo terminado en el terreno del cliente. Fuente: Elaboración propia.

Cumplimiento de las dimensiones mínimas según el Reglamento de Construcciones de Resistencia

El diseño del módulo habitacional propuesto se desarrolló respetando las **dimensiones mínimas exigidas por el Reglamento de Construcciones de la Ciudad de Resistencia (Chaco)** para los distintos locales que conforman una vivienda. Para ello, se verificaron tanto superficies, alturas y lados mínimos, como las condiciones de iluminación y ventilación natural requeridas para cada ambiente.

En primer lugar, el **ambiente integrado de cocina-comedor-estar** se consideró reglamentariamente como un solo local de “cocina-comedor”. El reglamento exige un **lado mínimo de 3 m, 15 m² de superficie y 2,60 m de altura libre**, requisitos que el módulo cumple holgadamente: posee un **lado mínimo de 3,10 m**, una **superficie de 17,34 m²** y una **altura de 2,60 m**. Esto asegura un espacio funcional, confortable y adecuado para el uso cotidiano.

El **dormitorio** también supera las exigencias mínimas de la reglamentación, que establece un **lado mínimo de 2,60 m, 8,5 m² de superficie y 2,60 m de altura**. El módulo presenta un dormitorio de **3,10 m de lado mínimo, 10,36 m²**, y la altura reglamentaria de **2,60 m**, proporcionando un ambiente amplio dentro del estándar del sistema modular.

En cuanto al **baño**, la normativa exige un **lado mínimo de 1,20 m, 2,20 m² de superficie y 2,60 m de altura**. El módulo propuesto no solo cumple estos valores, sino que los supera, con **2,10 m de lado mínimo, 4,15 m² de superficie y 2,60 m de altura**, facilitando un mejor aprovechamiento espacial y una mayor comodidad en la distribución interior.

El **nexo o pasillo** no posee en la normativa exigencias de superficie o lados mínimos, aunque sí se establece una **altura libre mínima de 2,10 m**. El módulo lo resuelve con **2,60 m de altura**, y si bien presenta un **ancho de 0,80 m**, su superficie de **2,96 m²** resulta suficiente para la circulación interna, considerando que se trata de un módulo compacto de tipología unifamiliar.

Iluminación y ventilación natural reglamentarias

El reglamento exige que los locales principales cuenten con **iluminación natural equivalente al 10% del área del ambiente**, y ventilación equivalente al **33% de la superficie de iluminación**. En el caso del **baño**, solo se exige una ventilación mínima de **0,40 m²**, pudiendo resolverse mediante ventana o conducto.

El módulo cumple y supera estos requisitos:

- **Cocina–comedor:** requiere 1,7 m² de iluminación; se proyectan **3 m²**, con ventilación natural superior al mínimo exigido (1 m²).
- **Dormitorio:** requiere 1,0 m² de iluminación; dispone de **2 m²**, con ventilación directa de 1 m².
- **Baño:** exige 0,40 m² de ventilación; cuenta con **0,40 m²** provistos mediante abertura.
- **Pasillo:** no requiere ventilación, pero se incorpora **iluminación natural de 2 m²**, mejorando la calidad ambiental interior.

La verificación integral de iluminación y ventilación demuestra que el módulo no solo cumple la normativa, sino que ofrece **superficies vidriadas superiores al mínimo**, lo que mejora la habitabilidad y la eficiencia en el uso de luz natural.

Alcance del sistema

El sistema modular propuesto no se limita exclusivamente al uso habitacional, sino que puede configurarse en una amplia variedad de tipologías funcionales: **oficinas móviles, quinchos, stands para exposiciones, alojamientos temporales o puestos de atención médica**. Cada una de estas configuraciones mantiene los principios técnicos del sistema —producción bajo techo, transporte unificado y montaje en seco—, variando únicamente en la distribución interior, terminaciones y equipamiento específico.

Prototipos y variantes desarrolladas

A continuación, se presentan distintas variantes del prototipo base, que ejemplifican las posibilidades de adaptación del sistema modular a diferentes funciones y contextos:



Imagen 19: Prototipo 2. Fuente: Elaboración propia.

Prototipo 3: Módulo de usos múltiples (deck y pérgola prefabricada son opcionales)



Imagen 20: Prototipo 3. Fuente: Elaboración propia.

Prototipo 4: Stand desarmable



Imagen 21: Prototipo 4. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 6 - Proceso de fabricación en planta

El proceso de fabricación se desarrolla íntegramente en planta, con excepción de las instalaciones cloacales externas, y se compone de las siguientes etapas principales:

1. Fabricación de apoyos

Los apoyos estructurales se fabrican mediante el armado y soldado de perfiles **IPN 100** y placas de acero **F24** de 4,74 mm, conformando un conjunto que permite:

- el anclaje mecánico del módulo a la base,
- la regulación de desniveles de hasta ± 30 mm mediante roscado,
- una adecuada transferencia de cargas verticales y horizontales.

Los esfuerzos de viento y cargas gravitatorias del módulo fueron determinados mediante un modelo estructural completo realizado en **CYPE 3D**, del cual se obtuvieron las reacciones verticales, horizontales y los momentos transmitidos a cada punto de apoyo. Con esos valores se procedió a dimensionar el apoyo metálico, evaluando su desempeño mediante un **análisis por elementos finitos** en SolidWorks Simulation, verificándose que las tensiones de Von Mises y las deformaciones máximas esten dentro de valores admisibles para la función del elemento.

El control de calidad de esta etapa incluye inspección visual de cordones de soldadura (continuidad, penetración y ausencia de poros), verificación dimensional del conjunto y alineación del sistema de regulación.

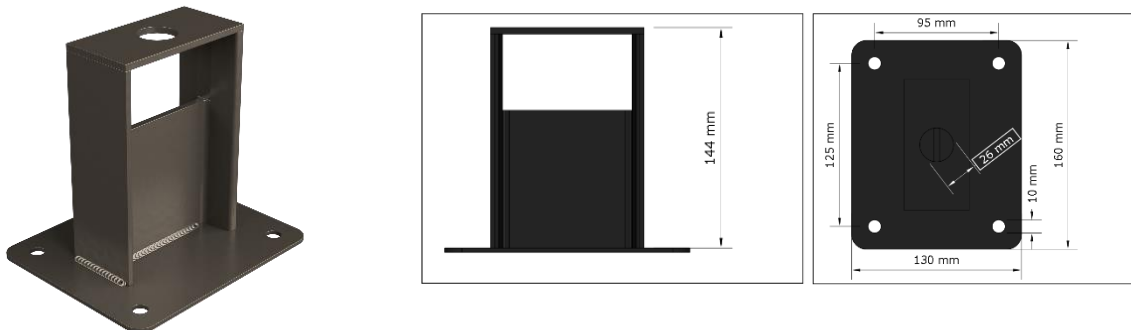


Imagen 22: Apoyo aislado + planos frontal y superior. Fuente: Elaboración propia.

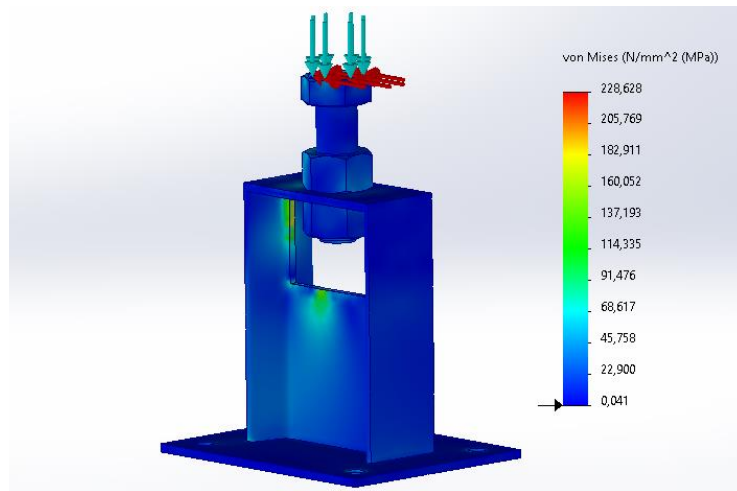


Imagen 23: verificación de tensiones del apoyo por método de elementos finitos. Fuente: Software SolidWorks.

2. Corte y armado de la estructura metálica

Finalizada la etapa anterior, se procede al **corte, preparación, soldadura y pintado** de los perfiles estructurales que conforman el bastidor principal del módulo.

Este incluye:

- Bastidor perimetral en perfil “C” de 200 mm.
- Parrilla portante de tubos estructurales 60×120×2 mm, soporte del encofrado perdido y del contrapiso.
- Columnas en tubos 100×100×2 mm.
- Dintel perimetral a +2,10 m, en tubo 50×100 mm, destinado a arriostrar columnas y reducir la esbeltez frente al pandeo.
- Estructura de cubierta conformada por bastidor de tubos 100×100 mm (laterales), 120×60 mm (frontal y posterior), cabios 120×60 mm y travesaños 40×60 mm como soporte de clavaderas.

La selección de perfiles responde a verificaciones estructurales realizadas con el software **CYPE 3D**.

Los controles incluyen: escuadra de bastidores, flecha admisible de largueros, continuidad de soldaduras y verificación geométrica previa a la imprimación anticorrosiva.



Imagen 24: Estructura metálica completa. Fuente: Elaboración propia.

3. Colocación de encofrado perdido y preinstalaciones

Sobre la parrilla metálica se fija el encofrado perdido de **chapa Cincalum 0,50 mm**, asegurando la continuidad del soporte para el contrapiso.

En esta etapa se fijan directamente sobre la chapa:

- las preinstalaciones sanitarias,
- los desagües pluviales internos,
- la tubería cloacal principal **Ø110 mm**, que queda **lista para su conexión directa en el terreno**.

El área se revisa para verificar:

- correcta fijación mecánica de tuberías,
- estanqueidad del encofrado (que no haya pérdidas de lechada durante el vertido),
- continuidad de apoyos y ausencia de deformaciones locales en la chapa.



Imagen 25: Vista de las instalaciones prearmadas. Fuente: Elaboración propia.

4. Ejecución de contrapiso de hormigón reforzado con fibras y malla

Se vierte un contrapiso sobre el encofrado perdido, armado con:

- **malla electrosoldada 15×15×5 mm**, que actúa como refuerzo estructural principal,
- **fibras sintéticas**, que complementan la malla aportando control de fisuración por retracción plástica y mejorando la cohesión interna del hormigón.

Las fibras **no sustituyen** la función de la malla, sino que trabajan en conjunto con ella.

Ventajas técnicas del sistema elegido:

- mejora la durabilidad superficial,
- reduce fisuración temprana,
- permite una base sólida que elimina la resonancia típica de sistemas livianos.

El peso total del contrapiso es del orden de **39 kN**, lo que contribuye significativamente a la estabilidad global del módulo frente a acciones de viento sin comprometer su transportabilidad.

Controles realizados:

- espesor mínimo de capa,
- correcta ubicación de la malla,
- nivelación superficial.

Es importante recalcar que la nivelación final debe quedar apta para que luego se pueda colocar directamente sobre este el piso a elección.



Imagen 26: Estructura del módulo con el contrapiso realizado. Fuente: Elaboración propia.

5. Panelizado de paredes, estructura de cielorraso y cubierta

Los paneles de cerramiento se arman en mesa de trabajo, mediante corte y atornillado de tirantes de 4,5cm x 10cm, para luego fijarlos a la estructura. Se utilizan tornillos de alta resistencia Torx HBS 6×100 mm para los paneles y tornillos autoperforantes calibre 14×2,5” para su unión a la estructura.

El cielorraso se arma con perfiles montante y solera de 35 mm.

La cubierta se resuelve con chapas Cincalum 0,50 mm fijadas mediante tornillos autoperforantes calibre 14×2”.

Se controla plomada, alineación y modulación de paneles.

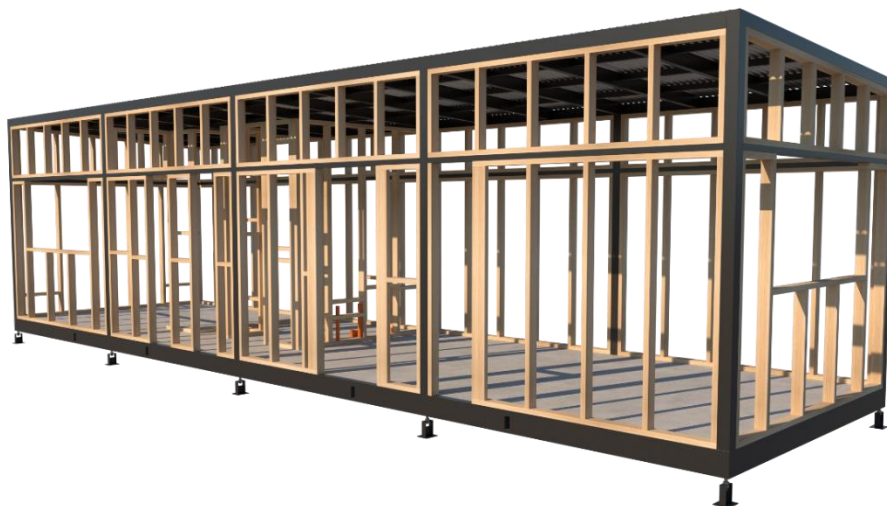


Imagen 27: Módulo con el panelizado en Wood Frame completo. Fuente: Elaboración propia.

6. Emplacado exterior y barrera hidrófuga

Se colocan placas OSB de 12,5 mm atornilladas al entramado, cuidando el trabado de juntas y el tratamiento de los vanos.



Posteriormente se instala una **barrera de agua y viento**, con solape mínimo de 10 cm y correcto sellado en encuentros y aberturas.

7. Instalaciones eléctricas y sanitarias internas

Las instalaciones eléctricas y sanitarias se distribuyen por el entramado del Wood Frame y quedan preinstaladas para su conexión final en obra.

La instalación eléctrica se ejecuta conforme a la **Reglamentación AEA 90364**, asegurando:

- secciones mínimas por circuito.
- correcta selección de protecciones.
- continuidad de puesta a tierra.

Las instalaciones sanitarias quedan fijadas y probadas en seco.

8. Zinguerías de vanos y colocación de carpinterías

Se instalan las zinguerías fabricadas en plegadora externa, garantizando su solape y estanquidad.

Las aberturas se colocan verificando plomos, fijaciones y sellados.

9. Emplacado interior

En el interior se incorpora una barrera de vapor fijada al entramado de Wood Frame, seguida por el emplacado con placas de yeso de 12,5 mm.

En zonas húmedas (baños, cocina) se emplean placas resistentes a la humedad, y en áreas de mayor exposición (duchas) se colocan placas cementicias tipo Superboard. Todas las juntas se sellan con sellador poliuretánico.

10. Revestimiento de baño y cocina

En esta etapa se ejecutan exclusivamente los **revestimientos cerámicos** de baño y cocina, con su correspondiente nivelación y sellado.

11. Colocación de pisos

Se instalan los pisos de acuerdo con las especificaciones y preferencias del cliente, asegurando juntas de dilatación y continuidad de niveles.

12. Pintura interior completa

El baño recibe pintura látex resistente a humedad; el resto del módulo, látex común. Los colores son de acuerdo a las especificaciones elegidas por el cliente.

Se inspecciona continuidad de película y terminación final.

13. Amoblamiento completo

Incluye:

- colocación de artefactos sanitarios,
- instalación de griferías,
- colocación de mesada, bajo mesada y alacena,

- instalación de accesorios y mobiliario fijo.

14. Colocación de siding y zinguerías faltantes

Finalmente, se coloca el revestimiento exterior en siding, que puede ser chapa prepintada (acanalada o trapezoidal) o fibrocemento símil madera, de acuerdo a las preferencias pautadas del cliente, controlando fijaciones y remates finales.



Imagen 28: Diferentes opciones de siding. Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presentan imágenes del interior del módulo, con el propósito de observar las terminaciones finales del mismo:



Imagen 29: Vista axonométrica 1. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 30: Vista axonométrica 2. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 7 – Esquema de trabajo

Para una producción inicial de **dos módulos cada dos meses**, se considera necesaria la siguiente dotación mínima de personal:

- **Equipo 1:** Compuesto por **tres herreros**, encargados del armado de la estructura metálica.
- **Equipos 2 y 3:** Integrados por **tres ensambladores generales** cada uno, responsables de cerramientos, colocación de cerámicos, montaje de mobiliario y terminaciones. De estos seis operarios, tres se dedicarán a un módulo y los tres restantes al otro, por lo que deberán estar capacitados para desempeñarse en múltiples rubros de obra.
- **Capataz:** Responsable del cumplimiento del cronograma y de la supervisión general de los trabajos en planta.
- **Encargado general y apoyo logístico:** A cargo de la coordinación, traslado y montaje de los módulos. En una primera etapa, esta función podrá ser asumida por el propietario de la fábrica.

	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5		
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
Módulo 1																			
Módulo 2																			
Módulo 3																			
Módulo 4																			

■ Equipo 1: Soldadores
■ Equipo 2: Ensambladores
■ Equipo 3: Ensambladores

Tabla 3: Distribución mensual de los equipos.

Durante las **ocho semanas de fabricación** de cada módulo, el **Equipo 1** interviene en las primeras **dos semanas**, correspondientes al armado de la estructura metálica. Posteriormente, el trabajo es continuado por el **Equipo 2** o **Equipo 3**, quienes completan la construcción y las terminaciones finales.

Con este esquema de trabajo, se garantiza que **dos equipos operen en simultáneo** de manera continua, manteniendo un ritmo constante de producción mensual.

A continuación, se mostrará un resumen de los rubros con el tiempo que lleva cada uno.

RUBRO	Cant. Días	Cant. Horas	Operarios
1. Fabricacion de apoyos	2	16	3
2. Corte y armado de la estructura metálica	12	96	3
3. Encofrado e instalaciones	0,5	4	3
4. Vaciado contrapiso y llaneado	0,5	4	3
5. Panelizacion y techo	4,5	36	3
6. Emplacado exterior completo	2	16	3
7. Instalaciones	4	32	3
8. Zinguerias de vano y aberturas	2	16	3
9. Emplacado completo interior	3	24	3
10. Revestimiento baño y cocina	3	24	3
11. Colocacion piso	3	24	3
12. Pintura interior completa	2	16	3
13. Amoblamiento completo	3	24	3
14. Colocacion siding y zinguerias faltantes	3	24	3

Tabla 4: Demanda de tiempos y operarios por rubros de trabajo.



La **producción completa de cada módulo** demanda aproximadamente **43,5 días hábiles efectivos de trabajo**, equivalentes a unas **ocho semanas corridas**. Este plazo se calcula considerando una **jornada laboral de lunes a viernes de 8 horas diarias**, y los **sábados de 4 horas**, lo que permite un aprovechamiento sostenido de la capacidad productiva sin comprometer la organización del personal.

Dado que el **plazo total de entrega comprometido es de 60 días corridos**, se dispone de un **margen operativo de alrededor de 3,5 días hábiles** (aproximadamente una semana calendario), destinado a absorber posibles imprevistos vinculados a demoras en el suministro de materiales, mantenimiento de equipos o reprogramaciones internas.

Este margen también contempla el **tiempo necesario para la logística final**, que incluye la preparación para el traslado, la carga sobre el carretón y la **instalación del módulo en sitio**, permitiendo mantener la previsibilidad en los plazos de entrega comprometidos con el cliente.



Capítulo 8 - Transporte y montaje en sitio

El transporte y montaje de los módulos constituye una etapa clave dentro del sistema productivo, dado que las dimensiones de las unidades exceden los límites establecidos por la normativa vial vigente. Esta fase requiere una planificación cuidadosa tanto en lo logístico como en lo técnico, garantizando la integridad estructural del módulo durante su manipulación y traslado.

Transporte del módulo

Una vez finalizada su fabricación, el módulo es cargado sobre el semirremolque carretón mediante la asistencia de la grúa pórtico instalada en planta. Posteriormente, se procede a su traslado mediante camión hasta el sitio de emplazamiento.

De acuerdo con la Ley Nacional de Tránsito N.º 24.449 y el Decreto Reglamentario N.º 779/95 (Anexo R), los límites máximos para circular sin autorización especial son:

- **Ancho:** 2,60 m
- **Altura:** 4,30 m
- **Largo:** entre 18,6 m y 20,5 m, según el tipo de vehículo

Dado que las dimensiones del módulo (3,5 m de ancho) superan el límite permitido para transporte convencional, se considera una **carga indivisible sobredimensionada**. Por tal motivo, el traslado requiere la gestión de permisos especiales ante los organismos competentes (Vialidad Nacional o Provincial) y la **circulación acompañada por un vehículo de apoyo o escolta**, conforme a la normativa vigente para este tipo de transporte especial.

Gestión del permiso

Las autoridades competentes para la emisión de permisos son:

- **Dirección Nacional de Vialidad**, para rutas nacionales.
- **Dirección de Vialidad Provincial del Chaco**, para rutas provinciales.

El trámite incluye:

1. Presentar las dimensiones y peso total del conjunto (módulo + carretón).
2. Justificar la indivisibilidad de la carga.
3. Acompañar documentación del vehículo, seguro, croquis del módulo e itinerario propuesto.
4. Abonar la tasa correspondiente.
5. Señalizar correctamente el transporte con carteles, balizas y banderolas reflectantes.

En la provincia del Chaco, el permiso se tramita conforme a la **Ley N.º 3.078**, que establece rutas específicas, horarios de baja circulación y limitaciones de velocidad.

Servicio de transporte especializado

Para la ejecución de esta etapa, se considera la contratación de una empresa especializada. En este caso, la firma **Bertoncini S.A.** (Resistencia, Chaco) cotizó el traslado de un módulo

habitacional a una distancia de **100 km**, con los siguientes valores de referencia al día de la fecha 15/10/2025:

- Transporte en carretón: **\$450.000 + IVA (21%)**.
- Servicio de grúa para carga y descarga: **\$2.000.000 + IVA (21%)**.
- Seguro por accidentes en transporte, carga y descarga: **\$98.784**.

El servicio incluye hasta **tres horas adicionales** para tareas de posicionamiento y nivelación en sitio, así como la **gestión completa de permisos, escolta y señalización vial**, de acuerdo con la normativa de transporte sobredimensionado.

Dado que la planta cuenta con una **grúa pórtico propia** para realizar la carga inicial, solo se requiere el servicio de grúa en el punto de destino para la descarga y montaje del módulo. Estos valores permiten establecer una **referencia económica realista** para el traslado dentro de un radio operativo de 100 km, pudiendo realizarse una extrapolación lineal de costos para distancias mayores.

Sistema de izaje del módulo

Para el izado y carga de los módulos sobre el carretón, se emplea un sistema diseñado para **minimizar deformaciones estructurales y distribuir adecuadamente los esfuerzos**.

El sistema se compone de **cuatro caños pasantes de 100 × 50 mm y 2 mm de espesor**, con tapas soldadas en sus extremos, que atraviesan el módulo mediante aberturas previstas en el diseño estructural. A estos caños se fijan **eslingas en “U”** que se conectan a una **puntal de izaje de 6 m de longitud**, conformada por un perfil **IPE 140 reforzado con platabandas laterales**, que trabaja principalmente a compresión (verificada según CIRSOC 301).

Desde esta viga intermedia, parten nuevas eslingas hacia un **puntal transversal IPE 140 de 3,9 m**, la cual transmite la carga hacia el gancho de la grúa mediante otro juego de eslingas. Las capacidades seleccionadas para las eslingas son:

- Primer tramo: **3 toneladas (en “U”, 6 toneladas efectivas)**.
- Segundo tramo: **8 toneladas (en “U”, 16 toneladas efectivas)**.
- Tramo superior: **10 toneladas (Doble eslinga en “U”, 40 toneladas efectivas)**.

Este conjunto de elementos permite un **izaje equilibrado desde la base del módulo**, evitando torsiones o esfuerzos localizados que puedan comprometer su integridad estructural, ya que este tiene un peso estimado de **8,8 toneladas**. Los detalles geométricos y verificaciones de cálculo se presentan en el **Anexo de Cálculos Estructurales**.

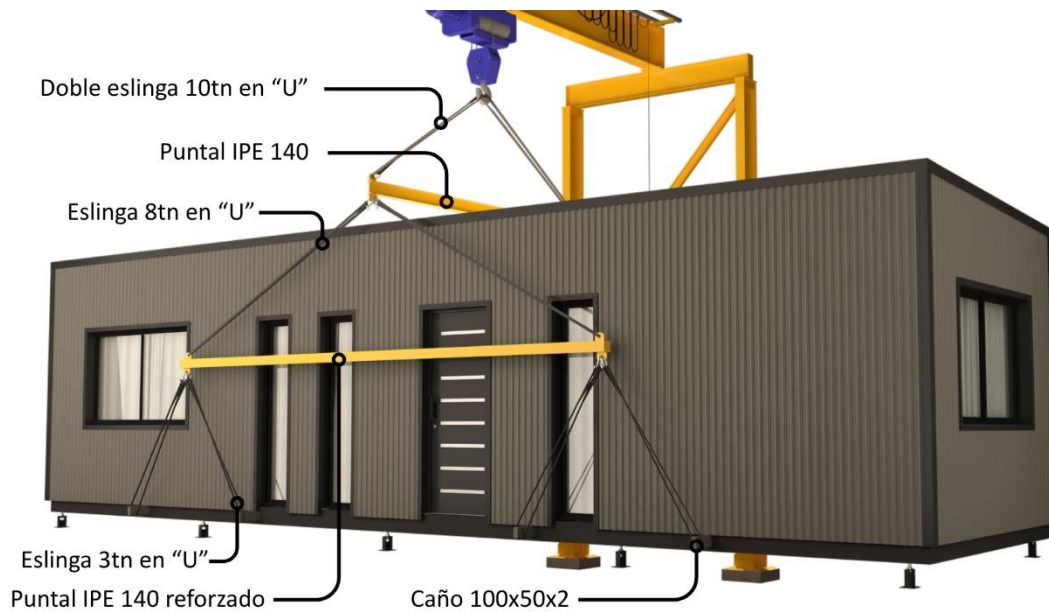


Imagen 31: Vista general del izado del módulo. Fuente: Elaboración propia.

Montaje en sitio

Una vez en destino, el **montaje del módulo** se ejecuta en aproximadamente **una jornada de trabajo**, empleando una **grúa móvil de al menos 10 toneladas de capacidad**, apta para realizar maniobras de descarga, giro y posicionamiento con precisión.

El módulo se coloca sobre los **dados o bases previamente ejecutadas**, asegurando su nivelación y alineación antes de proceder al retiro del equipo de izaje.

Para garantizar la correcta operación del montaje, el sitio de emplazamiento debe cumplir **condiciones mínimas de accesibilidad y maniobrabilidad**, permitiendo el ingreso y posicionamiento tanto del **camión carretón** como de la **grúa**. Es indispensable contar con un **terreno firme y nivelado**, libre de obstrucciones, zanjas o cables aéreos, y con un espacio despejado suficiente para el despliegue de estabilizadores de la grúa.

Asimismo, previo al traslado, debe verificarse la **factibilidad de acceso** desde la planta hasta el sitio, considerando **restricciones físicas** como la **altura de semáforos o tendidos eléctricos**, la **presencia de ramas bajas**, el **estado de los caminos rurales** y los **radios de giro reducidos** que puedan limitar las maniobras del transporte sobredimensionado. Este relevamiento previo resulta esencial para evitar demoras o contingencias durante la descarga.

Finalmente, una vez posicionado el módulo, se realiza la **conexión de las instalaciones cloacales** (pozo absorbente, cámara séptica o biodigestor, según corresponda), completando así el proceso de instalación y habilitando la unidad para su ocupación inmediata.

Capítulo 9 - Estudio económico

En el siguiente análisis se evaluará la rentabilidad mensual de la fábrica de módulos habitacionales, considerando los costos directos e indirectos asociados a la producción de dos módulos de 42 m² cada dos meses, o sea, un módulo mensual para simplificar.

Además, se estima el tiempo de recuperación de la inversión inicial realizada para el acondicionamiento del galpón y la adquisición de herramientas y equipos.

La planta se encuentra en funcionamiento con un total de ocho personas en actividad, de las cuales seis se desempeñan directamente en tareas de producción, uno cumple funciones de capataz o encargado de obra, y el propietario (quien también trabaja de forma activa).

Costos Directos de Producción

1. Mano de obra

- 6 operarios + 1 capataz.
- Costo horario del operario según escala UOCRA (agosto 2025): \$5.000.
- Costo horario de aportes por operario: \$5.000.
- Jornada 44 horas semanales.

Total mensual: \$12.320.000.

2. Materiales del módulo

- Materiales sin IVA: **\$20.683.759.**
- Crédito fiscal por IVA (21%): **\$4.343.589.**

Costos Indirectos / Gastos Generales de Fábrica

1. Infraestructura

- Alquiler del galpón industrial: **\$4.550.000** (estimado del análisis del capítulo 3).
- Servicios (luz, agua, otros): **\$550.000.**

2. Gastos administrativos y operativos

- Publicidad y promoción: **\$350.000.**
- Movilidad del propietario: **\$80.000.**
- Gastos del vehículo (patente, seguro, etc.): **\$250.000.**
- Viáticos para operarios: **\$250.000.**
- Extras para producción: **\$500.000.**
- Honorarios del contador: **\$350.000.**

3. Sueldo del propietario (administración)

- **\$2.450.000** mensuales.

4. Indumentaria del personal

La indumentaria se renueva cada 6 meses, pero para efectos del cálculo económico se mensualiza:

- Costo mensual sin IVA: **\$125.482.**
- IVA crédito: **\$26.351.**

Costo operativo mensual y crédito fiscal

- Costo operativo total mensual (sin IVA): **\$42.584.723**
- Crédito fiscal IVA mensual: **\$4.369.940**

Ingresos y estructura impositiva

El precio de venta del módulo habitacional, sin incluir el IVA, es de **\$55.873.303**, mientras que el IVA correspondiente (10,5 %) equivale a **\$5.866.697**, resultando un **precio total de \$61.739.999**.

Por lo tanto, el IVA neto a pagar al fisco resulta de la diferencia entre el débito fiscal y el crédito fiscal, es decir, **\$1.496.756**.

Estos valores se determinaron a partir de un **costo de referencia de 1.050 USD/m²**, equivalente a **\$1.470.000 por m²**, según el tipo de cambio adoptado (**1 USD = \$1.400**).

El precio se **considera** competitivo frente a los sistemas constructivos tradicionales, garantizando al mismo tiempo la **rentabilidad del proceso productivo** y la **cobertura de los costos operativos, impositivos y de mantenimiento de planta**.

En cuanto al impuesto a las ganancias, de acuerdo con la escala vigente de la AFIP para el período fiscal 2025, el impuesto a las ganancias para sociedades se determina mediante una alícuota progresiva en función de la utilidad anual. Considerando una ganancia neta mensual estimada de **\$11.917.306**, equivalente a **\$143.007.674 anuales**, la empresa se ubica dentro del **segundo tramo de la escala**, resultando un impuesto total anual aproximado de **\$37.818.323**. Esto equivale a un **promedio mensual de \$3.151.508**, lo que representa una **tasa efectiva del 26,4 %** sobre la utilidad antes de impuestos.

Resultado neto mensual

Considerando todos los conceptos anteriores, la utilidad neta mensual que genera la venta de dos módulos cada dos meses, asciende a **\$8.765.799**.

Este valor corresponde a la ganancia efectiva, luego de descontar los costos operativos, el IVA a pagar y el impuesto a las ganancias.

El **margen neto sobre las ventas** es del **15,7 %**, lo que representa una rentabilidad aceptable para este tipo de emprendimientos industriales.

Costos de puesta en marcha

Además de la inversión en equipamiento, es necesario contemplar un costo inicial asociado a la puesta en marcha de la planta antes de iniciar la producción efectiva. Este incluye:

- Un mes de alquiler de la nave industrial: **\$4.550.000**
(período destinado a instalación, organización interna y adecuación operativa).
- Capacitación del personal durante un mes: **\$2.800.000**
equivalente a 7 operarios capacitándose de lunes a viernes, 4 horas diarias, para estandarizar procedimientos, entrenar en seguridad industrial y garantizar el correcto manejo de herramientas y procesos.

Estos valores representan costos necesarios para que la planta pueda iniciar la producción en condiciones seguras y eficientes.



Costo total de puesta en marcha: \$7.350.000

Recuperación de la inversión inicial

La inversión inicial destinada al equipamiento, adecuación del galpón y puesta en marcha asciende a:

- Equipamiento y herramientas: **\$70.000.000**
- Capacitación + mes de alquiler: **\$7.350.000**

Inversión total: \$77.350.000

Teniendo en cuenta la ganancia neta mensual de **\$8.765.799**, el tiempo estimado de recuperación de la inversión se obtiene dividiendo la inversión inicial por la utilidad mensual:

$77.350.000 / 8.765.799 = 8,82$ meses, aproximadamente 9 meses.

En consecuencia, la inversión se recupera aproximadamente en **nueve meses**, suponiendo un ritmo de trabajo constante y la venta mensual de un módulo.

Análisis de Rentabilidad Financiera (VAN y TIR)

Con el fin de determinar la viabilidad económica del proyecto y compararlo con alternativas de inversión financiera de alta liquidez y rendimiento local, se procedió al cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Para este análisis se proyectó un flujo de fondos a 12 meses. Como tasa de descuento (costo de oportunidad), se tomó como referencia el rendimiento anual de la cuenta remunerada de **MercadoPago**, que actualmente ofrece una Tasa Efectiva Anual (TEA) del **26,3 %**, lo que equivale a una tasa mensual del **1,97 %**.

Valor Actual Neto (VAN)

El VAN representa el valor presente de los flujos de caja futuros menos la inversión inicial, descontados a la tasa de interés de oportunidad.

$$VAN = - Inversión\ inicial + \sum_n^{12} \frac{Flujo\ de\ caja}{(1 + tasa\ mensual)^n}$$

Considerando la inversión de \$77.350.000 y el flujo mensual constante de \$8.765.799 descontados al 1,97% mensual, se obtuvo el siguiente resultado:

VAN = \$15.552.022

Dado que el **VAN es positivo**, se confirma que el proyecto es económicamente superior a la inversión de referencia. La ejecución del proyecto genera una riqueza adicional de más de 15,5 millones de pesos por encima de lo que se obtendría colocando el capital en la alternativa financiera antes mencionada.

Tasa Interna de Retorno (TIR)



La TIR representa la rentabilidad intrínseca del proyecto, independientemente de las tasas externas. Se calculó la tasa que iguala el VAN a cero:

- **TIR Mensual: 5,08 %**
- **TIR Anualizada: 81,21 %**

Conclusión del análisis económico

La evaluación financiera confirma la robustez del proyecto. La Tasa Interna de Retorno anual (81,21 %) supera por un amplio margen la tasa de referencia de MercadoLibre (26,3 %). La rápida rotación del capital y el margen de ganancia operativa permiten absorber costos de oportunidad elevados y aun así ofrecer un rendimiento superior, validando la conveniencia de la inversión productiva frente a la financiera.

Resumen del análisis:

\$/hr.operario	\$	5.000
\$/hr.de aporte	\$	5.000
Cantidad de operarios por mes		7

IVA Materiales	21,0%
IVA Venta	10,5%

Precio de venta por m2	\$	1.470.000
------------------------	----	-----------

Inversión inicial	\$	77.350.000
-------------------	----	------------

BALANCE		IVA	
Operarios + Aportes	\$ 12.320.000	-	
Materiales (sin IVA)	\$ 20.683.759	\$ 4.343.589	Crédito
Alquiler Galpón	\$ 4.000.000	-	
Publicidad	\$ 350.000	-	
Movilidad del propietario	\$ 80.000	-	
Sueldo del propietario	\$ 3.000.000	-	
Patente, seguro, etc.	\$ 150.000	-	
Mantenimiento camioneta	\$ 100.000	-	
Extras para la producción	\$ 500.000	-	
Servicios de luz, agua, etc.	\$ 550.000	-	
Contador	\$ 350.000	-	
Viáticos para los operarios	\$ 250.000	-	
Ropa para los operarios (sin IVA)	\$ 125.482	\$ 26.351	Crédito
Precio de venta (sin IVA)	\$ 55.873.303	\$ 5.866.697	Debito
Tratamiento del IVA	\$ 1.496.756	-	
Sub total	\$ 13.417.306	-	
Impuesto a las ganancias (27%)	\$ 3.151.500	-	

TOTAL	\$	8.765.799
--------------	----	-----------

Porcentaje de ganancia	15,7%
-------------------------------	-------

Tabla 3: Resumen del balance mensual de la fábrica.



Capítulo 10 - Ventajas laborales y de control de calidad

El sistema de producción en fábrica presenta **ventajas significativas** frente a la construcción tradicional en obra:

- **Mejores condiciones laborales:** en el contexto regional del NEA, las condiciones de trabajo en obra a la intemperie suelen ser particularmente desfavorables. La exposición prolongada a altas temperaturas, humedad elevada, lluvias que frenan el avance de la obra y presencia de insectos —incluidos mosquitos transmisores de enfermedades como el dengue— representa un factor de riesgo tanto para la salud como para la continuidad de las tareas. La producción en planta, en cambio, elimina estos condicionantes ambientales, ofreciendo un entorno laboral más seguro y estable.
- **Entorno más seguro y ordenado:** la planta permite controlar iluminación, ventilación, higiene y disposición de herramientas y materiales, reduciendo accidentes y facilitando el trabajo en altura o la manipulación de cargas.
- **Eficiencia y capacitación:** los procesos estandarizados permiten optimizar tiempos de fabricación, minimizar errores y capacitar al personal de manera más efectiva. La repetición de tareas facilita la especialización y mejora la productividad sin comprometer la calidad.
- **Calidad asegurada:** trabajar en un ambiente controlado permite supervisar con precisión materiales, medidas y terminaciones. Esto asegura uniformidad entre los módulos, correcta instalación de aislaciones, revestimientos y sistemas eléctricos o sanitarios, reduciendo retrabajos y aumentando la durabilidad del producto.
- **Impacto económico positivo:** la reducción de desperdicios y errores disminuye los costos de producción y asegura que los módulos cumplan con las especificaciones técnicas y normativas, evitando problemas posteriores en obra y mejorando la competitividad del sistema modular frente a la construcción tradicional.

En conjunto, estas ventajas consolidan un entorno laboral seguro y eficiente, al mismo tiempo que garantizan un producto final de alta calidad, confiable y estandarizado.

Capítulo 11 - Evaluación de la Aceptación Social del Sistema Modular

Con el objetivo de evaluar la **aceptación sociocultural** del sistema modular propuesto, se realizó una **encuesta de percepción** dirigida a potenciales usuarios de distintos perfiles etarios y ocupacionales. El instrumento, cuyos ítems se detallan en el **Anexo de Encuesta**, indagó sobre el nivel de conocimiento de las viviendas modulares, la percepción sobre su competitividad económica, confort, durabilidad y disposición a habitar una unidad de este tipo frente a los sistemas constructivos tradicionales.

Características de la muestra

La encuesta fue respondida por **50 personas**, conformando una muestra voluntaria de carácter exploratorio. Si bien no se trata de una muestra estadísticamente representativa de la población general, su tamaño y diversidad permiten obtener **tendencias válidas** sobre la percepción social del sistema modular y el perfil de potenciales usuarios.

El análisis demográfico revela un público predominantemente joven y activo. El **58%** de los encuestados se concentra en el rango etario de **27 a 29 años**, siendo los 27 años la edad más frecuente (24%).

En cuanto a la distribución por género, se observa una ligera mayoría masculina, con un **54.2%** de hombres y un **45.8%** de mujeres. Un dato crucial para el modelo de negocio es la situación de convivencia: el **51%** de la muestra indicó que **vive solo**. Si bien el resultado muestra una paridad con quienes viven acompañados, el hecho de que **la mitad del mercado potencial** requiera soluciones habitacionales para una sola persona valida fuertemente la pertinencia de módulos individuales o tipo "monoambiente", diseñados para la independencia y la funcionalidad.

Nivel de conocimiento sobre el sistema modular

La barrera de entrada por desconocimiento tecnológico es baja. El **96%** de los participantes manifestó tener alguna noción sobre las viviendas modulares. Específicamente, el **68%** calificó su conocimiento en un nivel medio-alto (opciones 3 y 4), y un **28%** afirmó tener un conocimiento pleno. Esto sugiere que el mercado objetivo ya está educado sobre el concepto y listo para recibir propuestas concretas.

Percepción sobre el tiempo de ejecución

La rapidez de ejecución se confirmó como el atributo más potente de la propuesta. Ante el planteo de un plazo de obra de 60 días, el **68%** de los encuestados se mostró "totalmente de acuerdo" (opción 5) en que esto representa una ventaja significativa frente a la construcción tradicional. Solo un **4%** (2 personas) no percibió este factor como determinante, evidenciando un consenso casi absoluto sobre el valor del ahorro de tiempo.

Percepción sobre el precio

Respecto al costo estimado de **1.050 USD/m²**, la recepción fue mayoritariamente positiva. El **90%** de las respuestas se ubicaron en el rango de aceptación (opciones 3 a 5). Aunque la opinión está más dividida que en el factor tiempo —con un **32%** en la opción 4 y un **30%** en la opción 3—, el rechazo al precio fue marginal (10%), situando al producto dentro de los valores de mercado aceptables.

Confianza estructural y confort

A pesar de tratarse de un sistema constructivo no tradicional (sistema mixto de estructura metálica + *Wood Frame*), la desconfianza estructural es mínima. Solamente un encuestado (**2%**) manifestó desconfianza total. Por el contrario, la suma de las opciones de confianza media y alta (3, 4 y 5) alcanzó el **88%**, demostrando que el mercado local está maduro para la adopción de la construcción en seco.

Aspectos más valorados

Al consultar sobre los aspectos más valorados (elección múltiple), la tendencia fue clara:

- **Rapidez de entrega:** Seleccionada por el **66%** de los usuarios.
- **Precio final:** Seleccionada por el **46%**.

Estos factores superaron ampliamente al confort térmico/acústico (24%) y la estética (10%), confirmando que la propuesta de valor debe centrarse en la **eficiencia y la economía**.

Disposición a habitar una vivienda modular

Como conclusión final, se verificó una alta deseabilidad social del producto. El **52%** de la muestra expresó la máxima disposición posible (opción 5) a habitar una vivienda de estas características. Si se considera la totalidad de respuestas favorables (opciones 3, 4 y 5), la aceptación asciende al **94%**, validando la viabilidad comercial del proyecto desde la perspectiva del usuario final.

Conclusión de la evaluación

En síntesis, los resultados confirman que el sistema modular no solo es **viable técnica y económicamente**, sino también **aceptado socioculturalmente**.

La población encuestada valora especialmente la **rapidez**, el **precio competitivo** y la **confiabilidad estructural**, lo cual respalda su potencial de implementación en el contexto regional.

Estos resultados permiten inferir una **deseabilidad real del producto** y refuerzan su pertinencia como una **innovación tecnológica, organizativa y social**, alineada con las demandas contemporáneas de eficiencia, sustentabilidad y accesibilidad habitacional.

Capítulo 12 - Conclusiones y recomendaciones

El estudio desarrollado permite concluir que el sistema modular propuesto presenta una **viabilidad técnica, organizativa y económica aceptable**, siempre dentro de las **condiciones, supuestos y parámetros de producción contemplados en este trabajo**. El sistema constructivo mixto —estructura metálica y paneles tipo Wood Frame— demostró ser compatible con un esquema de prefabricación en planta, permitiendo la producción seriada de unidades habitacionales con un nivel adecuado de terminación, eficiencia en tiempos y control de calidad.

El **costo final** determinado para el módulo, considerando el precio de referencia de **\$1.540.640 por m² (equivalente a 1.100 USD/m²)**, incluye el módulo completamente terminado, el traslado hasta 100 km, el seguro del transporte y el servicio de grúa para la descarga en el sitio. Este valor constituye un parámetro competitivo en comparación con la construcción tradicional, especialmente cuando se considera que el cliente recibe un producto terminado, con instalaciones pre armadas, menor tiempo de obra y mayor previsibilidad económica. Se señala que el componente más costoso de la logística es el servicio de grúa móvil, cuyo valor es aproximadamente **4,4 veces superior** al costo de traslado del módulo. Por ello, en los casos que el sitio de emplazamiento disponga de un servicio local de grúa, el costo por metro cuadrado puede reducirse, mejorando la competitividad global del sistema.

Desde el **punto de vista operativo**, el estudio estableció que el módulo puede fabricarse en aproximadamente 43,5 días de producción efectiva, lo que permite un esquema inicial de **dos módulos cada dos meses**. Este ritmo fue adoptado como hipótesis de producción para todas las evaluaciones económicas y organizativas. Bajo este esquema hipotético, se analizaron costos, tiempos y requerimientos de personal; sin embargo, variaciones en la escala productiva, mejoras en procesos o incorporación de maquinaria adicional podrían modificar estos valores. Del mismo modo, los costos utilizados corresponden al momento del estudio y no incorporan proyecciones inflacionarias, fluctuaciones del tipo de cambio, variaciones de precios de materiales o escenarios económicos alternativos, constituyendo así una **aproximación simplificada** para efectos académicos.

La **localización** de la planta y las características de la nave industrial constituyen factores determinantes para el funcionamiento del sistema productivo. Se requiere una altura útil adecuada, superficie suficiente para maniobras internas, accesos libres para camiones y disponibilidad de servicios básicos (energía eléctrica, agua y sanitaria). El análisis de las posibles locaciones permitió identificar distintas alternativas viables, cada una con ventajas y limitaciones en términos de superficie disponible, accesibilidad, prestaciones y potencial de expansión futura. En este marco, y con el objetivo de trabajar sobre un escenario concreto y realista, se adoptó una de las alternativas analizadas como referencia para el estudio económico, priorizando la previsibilidad operativa y logística en el corto plazo. Este análisis pone de manifiesto que la elección de la nave no es una decisión neutra, sino un factor estratégico que incide directamente en la eficiencia operativa, los costos y la escalabilidad del proyecto.

El **transporte** del módulo continúa siendo un aspecto crítico debido a que sus dimensiones exceden los límites permitidos por normativa, lo que exige gestionar permisos especiales, señalización correspondiente, itinerarios autorizados y verificación previa de obstáculos urbanos o rurales como ramas, cables, radios de giro o condiciones del camino. La inclusión de una empresa como Bertoncini S.A. para la logística integral simplifica la gestión, aunque no reemplaza la necesidad de realizar un análisis de factibilidad de ruta previo a cada traslado.

Desde el punto de vista **sociocultural**, la encuesta realizada —basada en una muestra de **50 personas**— mostró un nivel de aceptación alto: más del 90% de los consultados manifestó predisposición positiva hacia habitar un módulo similar al propuesto. Si bien no se trata de una muestra estadísticamente representativa, sí aporta información valiosa respecto del público objetivo real, validando la pertinencia del producto en términos de percepción social, confianza estructural, confort y competitividad económica. Los encuestados valoraron especialmente la rapidez de entrega, el precio competitivo y la durabilidad del sistema, atributos que coinciden con las principales fortalezas del proceso industrializado.

El sistema modular no busca reemplazar los métodos constructivos tradicionales, sino integrarse como una **alternativa complementaria**, especialmente útil en contextos de alta demanda, restricciones económicas o necesidad de acortar tiempos de obra. Su fortaleza radica en la capacidad de producir con control de calidad, bajo condiciones laborales favorables y con flexibilidad para adaptarse a distintas tipologías funcionales: viviendas, oficinas, módulos sanitarios, aulas, stands o alojamientos temporales.

En síntesis, considerando todas las hipótesis y limitaciones asumidas, el proyecto demuestra que la fabricación de módulos habitacionales constituye una solución técnicamente sólida, económicamente competitiva y socialmente aceptada. Se recomienda avanzar con una fase operativa inicial de baja escala, monitorear costos y tiempos reales, fortalecer los procesos de control de calidad y evaluar la incorporación progresiva de mejoras productivas y variantes tipológicas. Bajo una planificación adecuada y con la infraestructura necesaria, el sistema modular propuesto posee un alto potencial para consolidarse como una alternativa eficiente, versátil y escalable dentro del panorama constructivo regional.

Anexo

Determinación de la acción del viento

Dado que se trata de una **construcción liviana**, la acción del viento constituye una de las solicitaciones más relevantes para el diseño estructural del módulo. Su efecto debe considerarse tanto en la **verificación de la estabilidad global** como en los **chequeos de deslizamiento y volcamiento** del conjunto.

La **fuerza total del viento** fue determinada mediante el software **CYPE 3D**, considerando las combinaciones de carga correspondientes según el **Reglamento CIRSOC 102/201-2005** y aplicando las envolventes de las tensiones sobre el terreno. El valor resultante de la acción horizontal del viento fue de **46 kN**, actuando perpendicularmente al lado mayor del módulo.

A continuación, se detallan las verificaciones correspondientes.

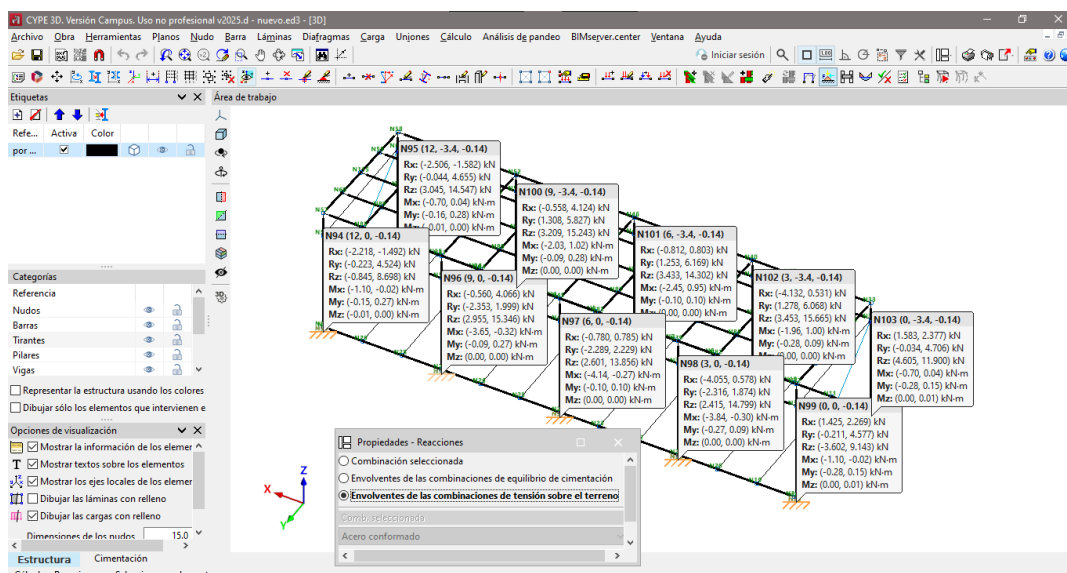


Imagen 32: Reacciones en los apoyos. Fuente: Software Cype3D.

Verificación al deslizamiento:

$$W = 46 \text{ kN}$$

$$D = 85 \text{ kN (peso del módulo)}$$

$$\mu = 0,3 \Rightarrow \text{Coeficiente de rozamiento Acero-H}^\circ \text{ proporcionado por el ACI 318-19.}$$

$$F.S. = 1,5 \Rightarrow \text{Factor de seguridad para el deslizamiento.}$$

$$\text{Planteando el equilibrio: } 1,5 * W = P_{\text{módulo}} * \mu + H_{\text{total}}$$

$$1,5 * 46 \text{ kN} = 85 \text{ kN} * 0,3 + H_{\text{total}} \Rightarrow H_{\text{total}} = 43,5 \text{ kN}$$

Dado que el módulo se apoya en **10 puntos**, la fuerza de corte por apoyo resulta:

$$H_{apoyo} = 4,35 \text{ kN}$$

Por lo tanto, cada apoyo deberá resistir aproximadamente **4,5 kN al corte**.

Verificación al volcamiento:

$$W = 46 \text{ kN}$$

$$D = 85 \text{ kN} \text{ (peso del módulo)}$$

$F.S. = 2 \Rightarrow$ Factor de seguridad para el volcamiento.

Considerando el equilibrio de momentos respecto al borde de vuelco:

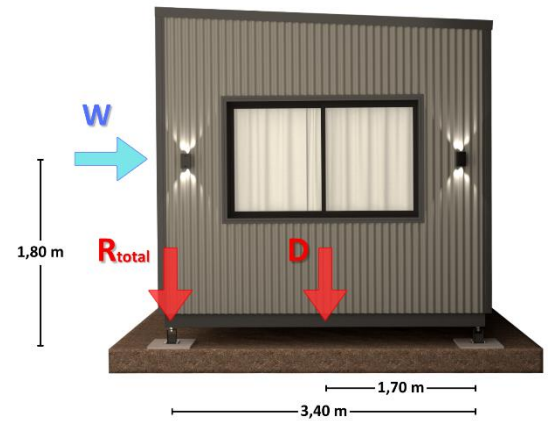


Imagen 33: Fuerzas actuantes para verificación al volcamiento. Fuente: Elaboración propia.

$$2 * W * 1,8 \text{ m} = P_{\text{módulo}} * 1,7 \text{ m} + R_{\text{total}} * 3,4 \text{ m}$$

$$2 * 46 \text{ kN} * 1,8 \text{ m} = 85 \text{ kN} * 1,7 \text{ m} + R_{\text{total}} * 3,4 \text{ m} \Rightarrow R_{\text{total}} = 6,2 \text{ kN}$$

Si se dispone de **5 apoyos por lado**, la tracción por apoyo resulta:

$$V_{apoyo} = 1,24 \text{ kN}$$

Por lo tanto, cada apoyo deberá resistir una **fuerza de extracción de 1,24 kN**.

Sistema de anclaje propuesto

Para garantizar la estabilidad ante las acciones horizontales y de vuelco, se propone que **cada apoyo esté fijado mediante 4 bulones de Ø8 mm con anclaje químico** a dados de **40 × 40 cm de base y 20 cm de altura**, embebidos en el terreno.

Esta disposición permite absorber las solicitaciones de **corte y tracción**, asegurando la **estabilidad global del módulo** frente a las acciones de viento en las condiciones más desfavorables.



Imagen 34: Vista del apoyo + dado de hormigón. Fuente: Elaboración propia.

Sistema de izaje:

Eslingas inferiores:

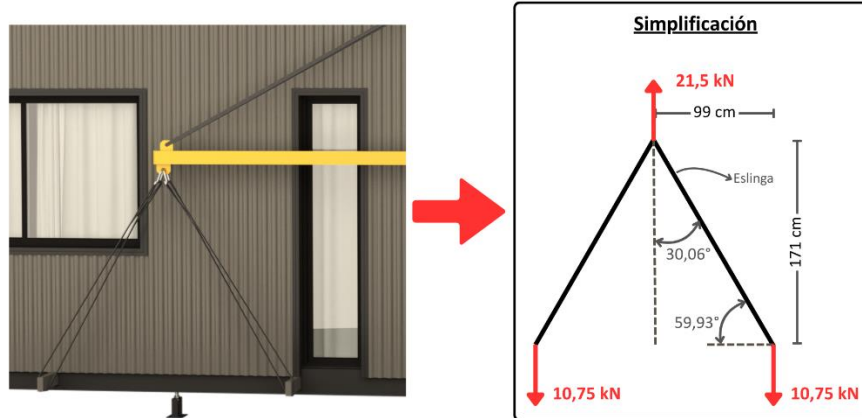


Imagen 35: Sistema de Fuerzas actuantes en las eslingas inferiores. Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Esfuerzo eslinga: } \frac{10,75 \text{ kN}}{\sin(59,93^\circ)} = 12,42 \text{ kN (tracción)}$$

Usando un F.S. $\cong 4$, adoptamos una **eslinga de capacidad 3 tn** dispuesta en “U” (6 tn de capacidad en total).

Puntal y eslingas intermedias:

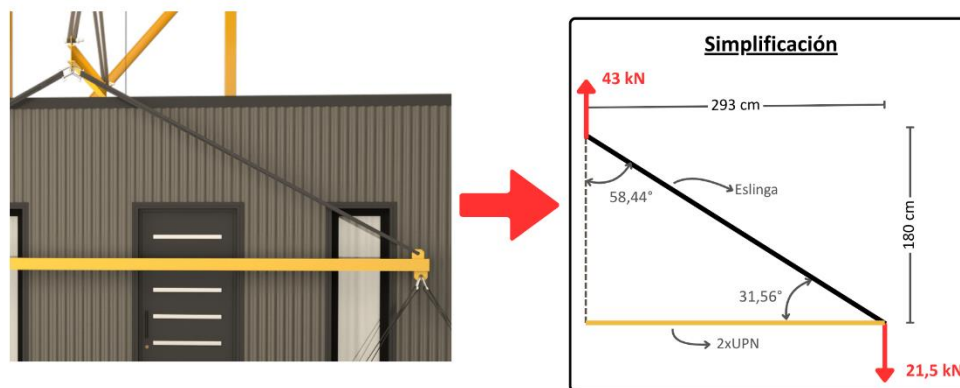


Imagen 36: Sistema de fuerzas actuantes en eslingas y puntal intermedios. Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Esfuerzo eslinga: } \frac{21,5 \text{ kN}}{\sin(31,56^\circ)} = 41,07 \text{ kN (tracción)}$$

Usando un F.S. $\cong 4$, adoptamos una **eslinga de capacidad 8 tn** dispuesta en “U” (16 tn de capacidad en total).

$$\text{Esfuerzo puntal: } 41,07 \text{ kN} * \cos(31,56^\circ) = 35 \text{ kN (compresión)}$$

Verificación punta IPE 140 compuesta a compresión con platabandas laterales:



Imagen 37: Vista del puntal compuesto. Fuente: Elaboración propia.

La resistencia de la columna estará controlada por el eje con mayor esbeltez (λ), que es el eje con el **menor radio de giro**.

Elemento	Propiedad	Valor
IPE 140	Altura (h)	14,0 cm
	Espesor del alma (e)	0,47 cm
	Ancho del ala (b)	7,3 cm
	Espesor del ala (e1)	0,69 cm
	Área (A_{IPE})	16,4 cm ²
	Inercia I_y	35,6 cm ⁴
Platabandas (2 unidades)	Altura (h_{pl}), igual al IPE	14,0 cm
	Espesor (t_{pl})	0,69 cm
	Área de 1 platabanda	9,66 cm ²

Tabla 4: Propiedades de los elementos del puntal.

Inercia Eje Débil (I_y):

Para calcular la nueva inercia total $I_{y,total}$, aplicamos el **Teorema de Steiner (o de ejes paralelos)**, teniendo en cuenta las dos platabandas laterales. Resumiendo nos da el siguiente valor:

$$I_{y, total} = 343,9 \text{ cm}^2$$

Radio de Giro Mínimo (r_y)

$$r_y = \sqrt{\frac{I_{y, total}}{A_{total}}} = \sqrt{\frac{343,9 \text{ cm}^4}{35,72 \text{ cm}^2}} = 3,10 \text{ cm}$$

Esbeltez:

$$\lambda_y = \frac{K * L}{r_y} = \frac{1,0 * 600 \text{ cm}}{3,10 \text{ cm}} = 193,55 < 200 \text{ CUMPLE } \checkmark$$

Condición de apoyos: biarticulada ($K=1,0$)

Tensión Crítica Mínima ($F_{cr,y}$):

$$\lambda_{c,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} * \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{193,55}{\pi} * \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{200.000 \text{ MPa}}} \cong 2,09 > 1,5$$

Dado que $\lambda_{c,y} > 1,5$, se aplica la fórmula de Pandeo Elástico (Euler):

$$F_{cr,y} = \frac{0,877}{\lambda_{c,y}^2} * F_y = \frac{0,877}{2,09^2} * 235 \text{ MPa} = 47 \text{ MPa}$$

Resistencia de Diseño Final:

$$P_d = \phi_c * P_n = \phi_c * A_g * F_{cr, min}$$

$$P_d = 0,9 * 35,72 \text{ cm}^2 * 47 \text{ MPa} * 10^{-3} = 151 \text{ kN} > 35 \text{ kN } \checkmark$$

Puntal y eslingas superiores:

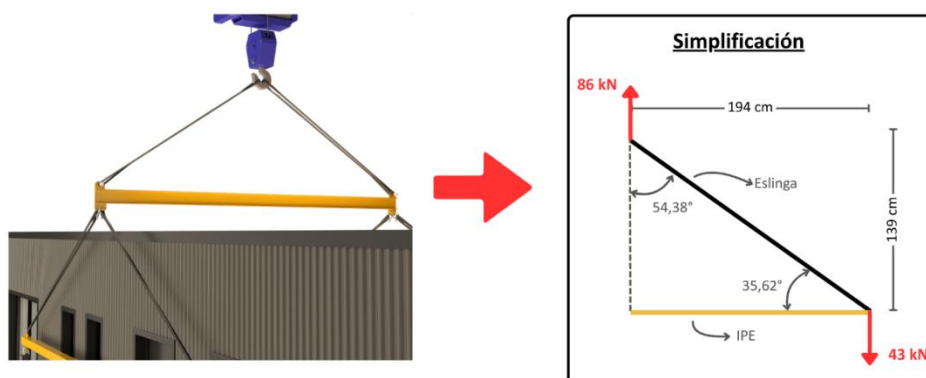


Imagen 38: Sistema de fuerzas actuantes en eslingas y puntal superior. Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Esfuerzo eslinga: } \frac{43 \text{ kN}}{\sin(35,62^\circ)} = 73,83 \text{ kN (tracción)}$$



Usando un F.S. $\cong 4$, adoptamos doble **eslinga de capacidad 10 tn** dispuesta en “U” (40 tn de capacidad en total).

$$\text{Esfuerzo puntal: } 73,83 \text{ kN} * \cos(35,62^\circ) = 60 \text{ kN (compresión)}$$

Verificación puntal IPE 140 a compresión:

La resistencia de la columna estará controlada por el eje con mayor esbeltez (λ), que es el eje con el **menor radio de giro**.

Propiedad	Símbolo	Valor
Área Total	Ag	16,4 cm ²
Radio de Giro Eje X-X	rx	5,64 cm
Radio de Giro Eje Y-Y	ry	2,00 cm

Tabla 5: Propiedades del puntal.

Esbeltez:

$$\lambda_y = \frac{K * L}{r_y} = \frac{1,0 * 390 \text{ cm}}{2,00 \text{ cm}} = 195 < 200 \text{ CUMPLE } \checkmark$$

Condición de apoyos: biarticulada (K=1,0)

Tensión Crítica Mínima (Fcr,y):

$$\lambda_{c,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} * \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{195}{\pi} * \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{200.000 \text{ MPa}}} \cong 2,11 > 1,5$$

Dado que $\lambda_{c,y} > 1,5$, se aplica la fórmula de Pandeo Elástico (Euler):

$$F_{cr,y} = \frac{0,877}{\lambda_{c,y}^2} * F_y = \frac{0,877}{2,11^2} * 235 \text{ MPa} = 46,08 \text{ MPa}$$

Resistencia de Diseño Final:

$$P_d = \phi_c * P_n = \phi_c * A_g * F_{cr, \min}$$

$$P_d = 0,9 * 16,4 \text{ cm}^2 * 46,08 \text{ MPa} * 10^{-3} = 67,97 \text{ kN} > 60 \text{ kN } \checkmark$$

**Cálculo del peso del módulo:**

Elemento	Peso (kg)	
Estructura Metalica	1194	
Pino 2*4"	382	
Osب 11mm	660	
Chapa Sinusoidal prepintada	313,5	
Chapa Sinusoidal CINCALUM 3,5 m	200	
Chapa Sinusoidal CINCALUM 12 m	195	
Contrapiso	3984	
Piso	1031,7	
Ventanas 50x210cm	104	estimado
Ventanas 200x150cm	100	estimado
Puertas internas	70	estimado
Puerta externa	40	estimado
Inodoro	30	estimado
Bidet	25	estimado
Bacha	12	estimado
Mesada cocina	66	estimado
Mueble cocina	205	estimado
Mueble alacena	160	estimado
TOTAL		8772

Tabla 6: Pesos de los elementos principales del modulo.

Encuesta sobre la aceptación social del sistema modular:

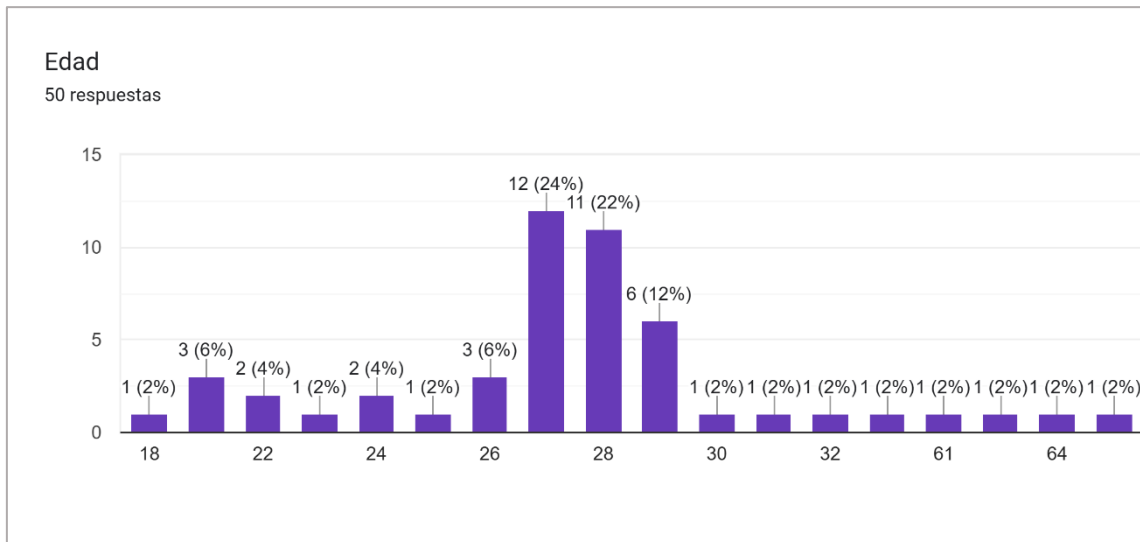


Imagen 39: Pregunta 1. Fuente: Google Forms.

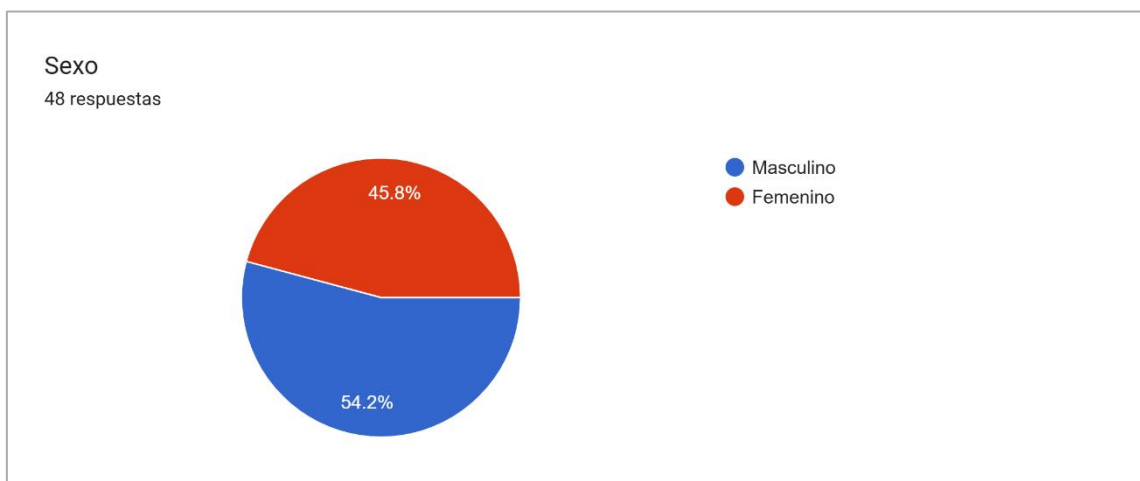


Imagen 40: Pregunta 2. Fuente: Google Forms.

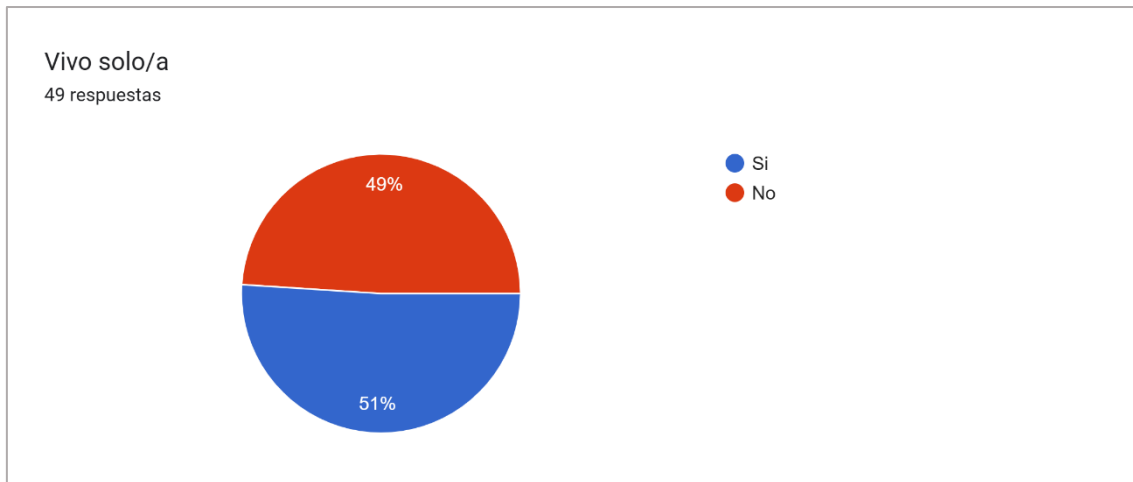


Imagen 41: Pregunta 3. Fuente: Google Forms.

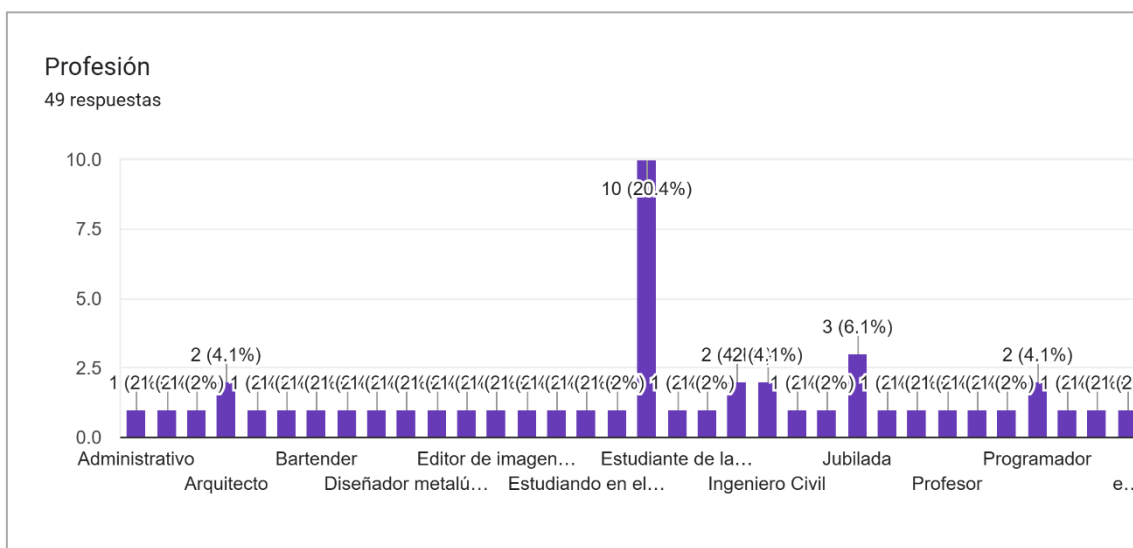


Imagen 42: Pregunta 4. Fuente: Google Forms.

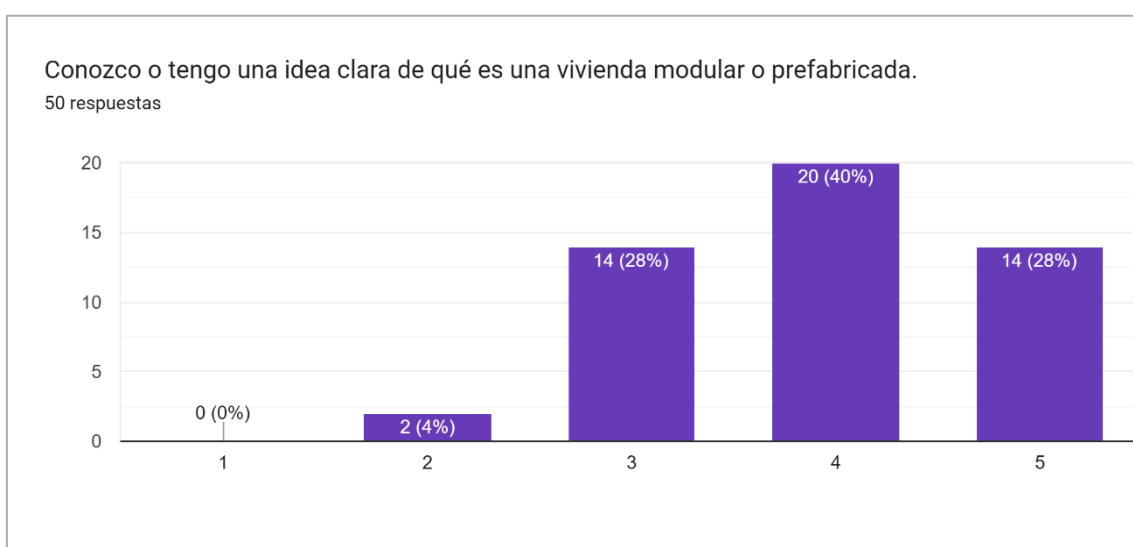


Imagen 43: Pregunta 5. Fuente: Google Forms.

Considero que el tiempo de construcción (60 días) representa una ventaja significativa frente a la obra tradicional.

50 respuestas

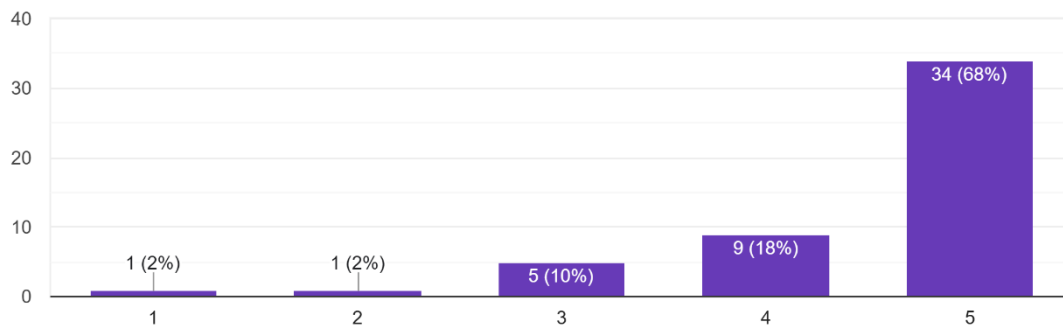


Imagen 44: Pregunta 6. Fuente: Google Forms.

Creo que el precio estimado de una vivienda modular (1050 USD el m²) es competitivo frente a una vivienda tradicional de similares dimensiones.

50 respuestas

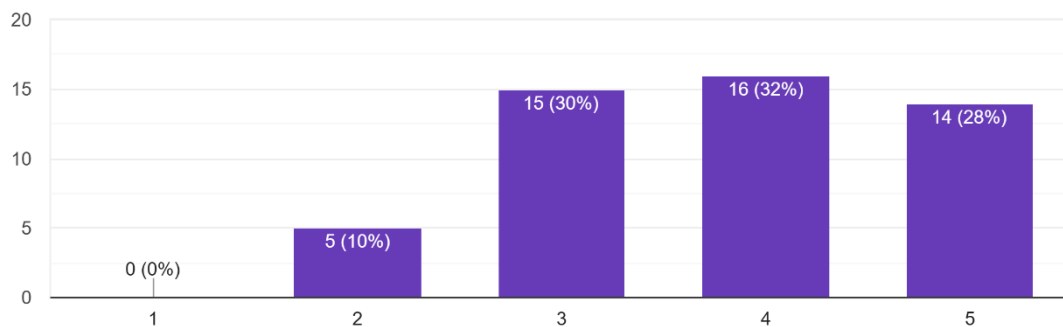


Imagen 45: Pregunta 7. Fuente: Google Forms.

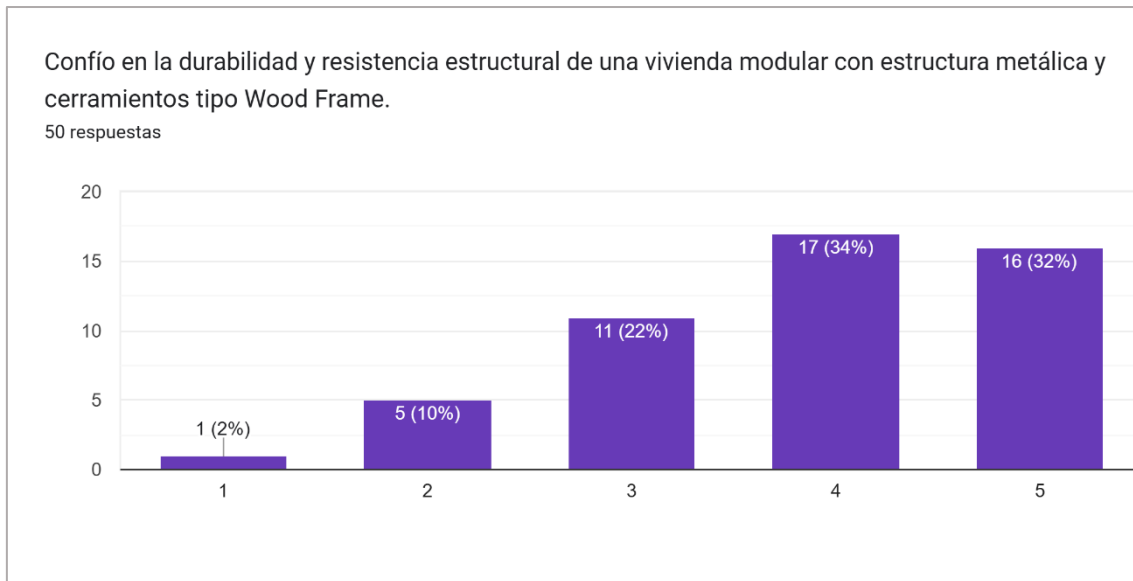


Imagen 46: Pregunta 8. Fuente: Google Forms.

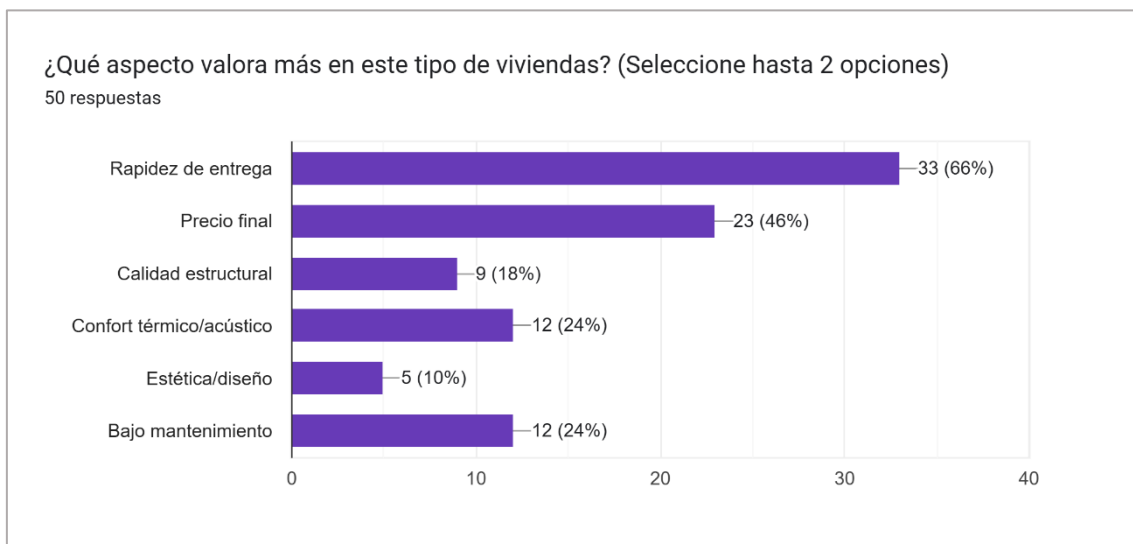


Imagen 47: Pregunta 9. Fuente: Google Forms.

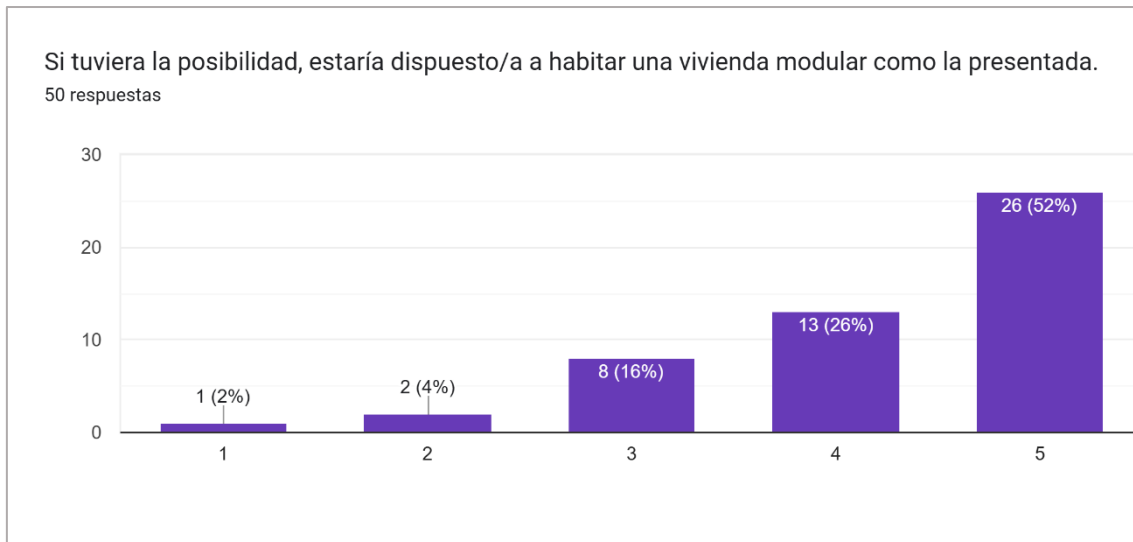
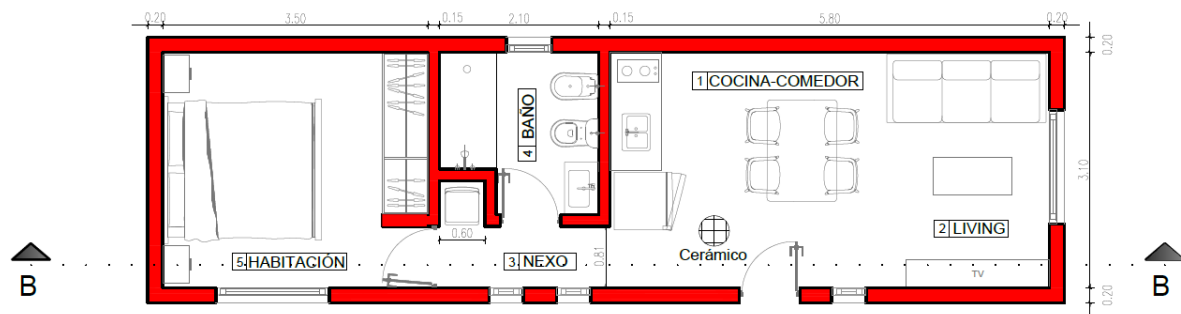


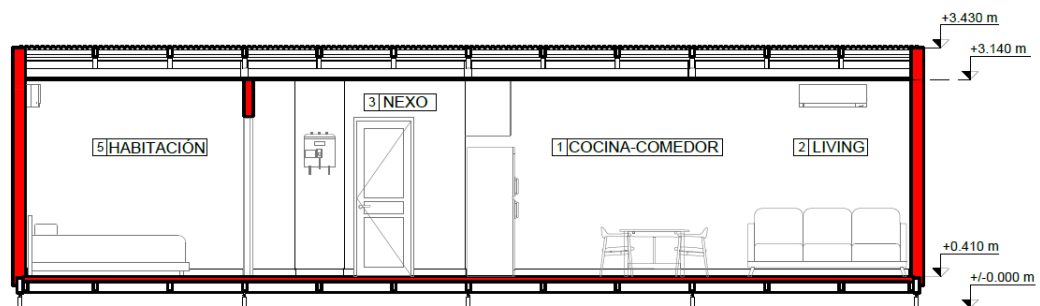
Imagen 48: Pregunta 10. Fuente: Google Forms.



Planos:



PLANTA ARQUITECTÓNICA esc 1:100



CORTE B-B esc: 1:100



VISTA LATERAL DERECHA esc: 1:50



VISTA FRONTAL esc: 1:50



Bibliografía

- Fernández-Ordóñez, D. y Fernández Gómez, J. (2009, abril-junio). Industrialización para la construcción de viviendas. Viviendas asequibles realizadas con prefabricados de hormigón. [Archivo PDF]. Informes de la Construcción, 61(514), pp. 71-79. DOI: 10.3989/ic.09.003
- Balter, J. y Miranda Gassull, V. M. (mayo-octubre 2022). Nuevas tecnologías de construcción prefabricada en el hábitat popular. Análisis socioeconómico y térmico para el caso de Mendoza. [En línea]. AREA, 28(2). Recuperado de https://www.area.fadu.uba.ar/area-2802/balter_gassull2802/
- Mac Donnell, H., y Mac Donnell, H. P. (1999). Manual de construcción industrializada. Revista Vivienda.
- Chandías, Mario E. (2006). Cómputos y presupuestos 21ª edición.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2013). Documento CIRSOC 301: Estructuras de acero para edificios.
- Bertoncini S.A. (2025). *Cotización y asesoramiento técnico sobre transporte y logística de cargas sobredimensionadas*. Comunicación personal, Resistencia (Chaco).
- Pilar, Claudia, Vera, Luis H. y Roibón, María J. (2018) “Diseño, fabricación y montaje de equipamientos urbanos solares. Acercando las energías renovables a la comunidad”. ASADES 2018 - XLI Reunión de Trabajo Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente. Páginas del trabajo publicado: 8.107 a 8.118. ISBN: 978-987-29873-1-2.