



**Universidad
Andrés Bello®**

UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO

Escuela de Obras Civiles

Ingeniería En Construcción

**“Comparación de una vivienda mediante el sistema constructivo tradicional
vs. modular; y los posibles beneficios del sistema modular”**

Memoria para optar al título de Ingeniero en Construcción.

Autor:

Nicolás Jiménez Torreblanca

Profesor Guía:

Milenko Ogaz Carrasco

Fecha:

Diciembre, 2017

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. RESUMEN	5
1.1 Abstract	5
2. INTRODUCCIÓN	6
3. OBJETIVOS	7
3.1 Generales:	7
3.2 Específicos:	7
4. HIPÓTESIS	7
5. ALCANCE	8
6. METODOLOGÍA	8
7. MARCO TEÓRICO	9
7.1 Casas modulares: un poco de historia.....	9
7.2 El desarrollo de la construcción modular en Chile	10
7.3 Viviendas Modulares: Ventajas y desventajas.	12
7.4 Albañilería Armada: definición, ventajas y desventajas.	13
7.5 La Productividad	15
7.5.1 Indicadores de Productividad.	15
7.6 Productividad Parcial	16
7.7 OSB Standard y sus características físicas y mecánicas.	17
8. DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA	18
9. DESCRIPCIÓN DE LAS VIVIENDAS	21
9.1 Construcción Modular	21
9.2 Construcción tradicional	25
10. COMPARACIÓN DE SISTEMA MODULAR VS. TRADICIONAL	29
10.1 Sistema constructivo	29
10.2 Económico	30
10.3 Mano de obra	32
10.4 Tiempo	36
10.5 Productividad.....	39
11. CONCLUSIONES	41
12. BIBLIOGRAFÍA	43
13. ANEXOS	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Comparación de resistencias mecánicas de sistemas constructivos.....</i>	18
Tabla 2. <i>Comparación sistemas constructivos.....</i>	29
Tabla 3. <i>Comparación de valores de construcción de viviendas tradicional y modular.....</i>	31
Tabla 4. <i>Cantidad de mano de obra por partidas y sistemas constructivos.....</i>	33
Tabla 5. <i>Declaración de remuneraciones y totales por partida de sistemas constructivos.....</i>	35
Tabla 6. <i>Productividad del tiempo en la ejecución de la obra gruesa de ambos sistemas constructivos.....</i>	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Gráfico comparativo de tiempo empleado en construcción de vivienda.</i>	37
Figura 2. <i>Resumen explicativo de reducción de tiempo.</i>	38
Figura 2: <i>Gráfico comparativo de valores de partidas en UF de ambos sistemas constructivos.</i>	31
Figura 4. <i>Gráfico cantidad de mano de obra por partidas Vs. Días.</i>	33

1. RESUMEN

Los procesos constructivos de edificios y/o viviendas deben necesariamente adaptarse a la sociedad que hoy los integra y participar en el mundo del momento histórico en el cual se sitúan. La estandarización de la vivienda es un proceso que consiste en elaborar productos y procesos que posean características similares para fabricar modelos repetidos que cumplan una misma función, con la finalidad de simplificar y reducir el costo de producción de materiales, los cuales a partir de esto pueden ser fabricados industrialmente. Estos procesos se verán facilitados usando la prefabricación modular que consiste básicamente en la producción fuera de su destino, un montaje simple, preciso y no laborioso que en conjunto conforman un todo o una parte de la producción. Con esto trataremos de comprobar mediante una comparación de dos viviendas que poseen ambas el mismo metraje, y en ambas ha habido una equivalencia de materialidades en el caso que puedan ser utilizadas, pero una construida modularmente y otra de manera tradicional, que mediante la construcción modular obtendremos un ahorro tanto económico como de tiempo.

1.1 Abstract

The construction processes of buildings and / or houses must necessarily adapt to the society that today integrates them and participate in the world of the historical moment in which they are located. The standardization of housing is a process that consists of developing products and processes that have similar characteristics to manufacture repeated models that fulfill a same function, in order to simplify and reduce the cost of production of materials, which from this can be manufactured industrially. These processes will be facilitated using modular prefabrication that basically consists of production outside its destination, a simple, precise and non-laborious assembly that together make up a whole or a part of the production. With this we will try to check by a comparison of two houses that both have the same footage, and in both there has been an equivalence of materiality's in the case that

they can be used, but one built modularly and another in a traditional way, than through modular construction we will obtain both economic and time savings.

2. INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene por objetivo comprobar que el sistema de construcción modular nos otorga un ahorro tanto económico, como de tiempo de ejecución de una vivienda habitacional, comparando la misma vivienda, pero construida de manera tradicional, es decir, de ladrillo y cemento.

Los procesos constructivos que hoy en día a Chile se están gestando deben necesariamente adaptarse a la sociedad que hoy los integra, es decir, cuando se comienza a dar preferencia a la fabricación de uno o más componentes por fuera del lugar de trabajo obtenemos un mayor beneficio en calidad y la vez aumentando la productividad en tiempo de ejecución, y de inversión económica a realizar a través de la modulación y estandarización.

La producción fuera del destino definitivo en donde se ubicará una vivienda a través del montaje simple, preciso y de manera no laboriosa en conjuntamente formando un todo precisa de aspectos importantes a analizar que van desde el diseño y la geometría de este, el grado de prefabricación, y la materialidad del cual este edificado, es por esto que en esta investigación se abordara de manera comparativa, el costo y el tiempo de ejecución de un proyecto de vivienda habitacional unifamiliar, en el que a través de un análisis de precio unitario entre ambas formas de construir, serán comparados y se determinara el grado de productividad de forma cuantitativa, desprendiéndose de esta las posibles ventajas que nos brinda construir de forma modular.

Además se analizaran aspectos importantes que permitirán corroborar nuestra hipótesis, aspectos como la mano de obra, que es un factor determinante al momento de realizar una evaluación económica, el tiempo de ejecución de las tareas, que va ligado de manera directa con la mano de obra, la determinación de las cuadrillas de trabajo que permitirán programar un avance adecuado, y

determinar donde existe una mayor productividad en estas tareas para junto a todos estos factores, verificar la veracidad de la hipótesis propuesta en esta tesis

3. OBJETIVOS

3.1 Generales:

- Comprobar el costo total entre una vivienda construida modularmente vs. una tradicional.

3.2 Específicos:

- Cuantificar los valores de las viviendas construidas de forma modular vs. Tradicional
- Establecer la cantidad de mano de obra, el costo asociado a cada una y el tiempo para cada sistema constructivo.
- Comprobar la productividad para avalar la hipótesis propuesta.

4. HIPÓTESIS

Si bien la construcción tanto modular, cómo la de forma tradicional en albañilería armada poseen estándares de calidad, hoy en día la construcción modular toma protagonismo debido a su costo y al tiempo de ejecución comparándola con la de forma tradicional. Es por esto que se ha propuesto la construcción modular y en este caso con planchas modulares de OSB, cómo la alternativa más rápida, eficiente y económica respecto a la construcción tradicional en Chile.

5. ALCANCE

La siguiente tesis busca determinar y corroborar la productividad económica y el tiempo empleado de una vivienda construida modularmente versus la construcción de una vivienda de similar metraje de forma tradicional, es por esto que mediante una comparación se estimará el valor de los materiales y las soluciones constructivas utilizadas para ambos casos, además se estimará el tiempo de cada una de las partidas que permitirá estructurar las viviendas, mediante el uso de carta Gantt, la cual tiene como objetivo mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o partidas a lo largo de un total de tiempo determinado.

6. METODOLOGÍA

- Para la siguiente investigación se ha procedido en la recopilación de información de diversas fuentes de internet relacionadas con el tema, siendo citadas las ideas expuestas de sus autores, así como también el parafraseo de estos.
- Para la descripción de las viviendas se utilizaron marcas comerciales en la utilización de materialidad de estas, que poseen características propias, consultadas a través de internet en las páginas de proveedores de dichos materiales.
- Para los análisis de precios unitarios, el valor comercial de cada uno de los materiales, han sido consultados a través de una cadena chilena de comercios de construcción, ferretería y mejoramiento del hogar llamada Sodimac, y para ambas viviendas se utilizó la misma materialidad en el caso de poder emplearse.
- Los precios estimativos y reales expuestos en la siguiente tesis están referenciados en Unidad de Fomento (UF) ajustado al promedio actual del presente año. (Veintiséis mil quinientos noventa y tres pesos) con la finalidad de servir a futuro a la comunidad.

- Para poder realizar la comparación entre ambas viviendas y de materialidades distintas, se realizó la investigación de sus propiedades tanto físicas como mecánicas, pudiendo así determinar que ambas cumplen con las normas, NCh 352/1 Of 2000 Aislación acústica, Construcciones de uso habitacional – requisitos mínimos y ensayos, la norma NCh 853 Of 91 Acondicionamiento térmico.

7. MARCO TEÓRICO

7.1 Casas modulares: un poco de historia

Las casas prefabricadas, modulares o Mobile Homes (cómo se les conoce en EE. UU) son relativamente nuevas en el mundo hispano, aun así, éstas llevan ya varias décadas siendo una solución alternativa y muy efectiva. La historia de las casas modulares está ligada a las casas rodantes que surgieron en la primera mitad del siglo XX en Norte América, que con el tiempo fueron distanciándose de esos modelos haciéndose más grandes y habitables, asemejándose cada vez más a lo que es una vivienda tradicional, pero manteniendo las ventajas de las casas modulares.

Fue en los años 50 cuando se comienza a crear lo que hoy se conoce como casas prefabricadas o casas modulares tal como hoy en día se conoce, las cuales tienen su construcción en grandes fábricas y que son transportadas finalmente hasta el lugar donde van a quedarse. Estas casas estaban pensadas para poder moverlas de sitio “fácilmente” cada poco tiempo para familias que debían cambiar de ubicación ya sea por trabajo o simplemente aventureros, ya que se mantenían sobre un gran soporte con ruedas, que permitiera engancharlas a un camión de arrastre en el caso de metrajes mayores o simplemente al propio vehículo cuando se trataban de casas pequeñas.

En un principio la materialidad de estas viviendas comenzó siendo el aluminio y la chapa, que asemejaban un estilo “casa rodante”, hasta evolucionar lo que es hoy en día el PVC, los paneles térmicos, y otros tipos de materiales mucho más seguros y aislantes, sobre todo para soportar los fenómenos climáticos extremos.

En la década de los 70 estas casas lograron su máximo apogeo, y es allí en donde se comienza a dejarlas estáticas en una parcela determinada, tomando conciencia que estas casas podían cumplir la misma función que una casa tradicional de ladrillo y cemento. Fue así cómo se comenzó a utilizar una materialidad más resistente, y cada vez se construían modelos más amplios que en sus inicios. Debido a esto las empresas decidieron construir casas que directamente estuvieran destinadas a ese fin, ya que con ello supone una mayor seguridad para la casa al no ser movable, y dar un paso más allá situando la vivienda modular en cimientos como los de casas tradicionales. Cabe destacar que, en el año 1980, el congreso de los Estados Unidos, admite cambiar el nombre de casa móvil a casa prefabricada.

A partir de los 70, las casas modulares comenzaron a extenderse a otros países, como Canadá, Reino Unido, Alemania, España e Israel. El resto de los países ha tenido una demanda significativa a medida que va pasando el tiempo dado el difícil acceso a la vivienda, y el mejor precio de este tipo de hogares, ajustándose a un tiempo de fabricación mucho menos que el tradicional.

7.2 El desarrollo de la construcción modular en Chile

Como un mercado nuevo la construcción modular llegó a Chile hace unos 25 años cuando solo existía una industria relativa a ello. En la actualidad, el mercado lo lidera las construcciones provisionales modulares destinadas a la industria de la construcción y la minería existiendo una gran variedad de empresas dedicadas a este rubro, tanto en la región metropolitana como a lo largo del país.

El auge en construcción modular se da principalmente gracias al fácil transporte y la facilidad y control del montaje, por esto que las industrias apuntan principalmente a la elegibilidad y la flexibilidad para poder realizar cambios, sumado esto a la posibilidad de construir en zonas de difícil acceso y con condiciones climáticas desfavorables, la construcción a partir de módulos que pueden ser montados hace aun mayor el interés.

Por otra parte, “el diseño modular que consiste en desarrollar el proyecto en base a una trama o retícula con un módulo que se repite” (Emb Construcción) ha sido estandarizado por algunos rubros justamente por su flexibilidad y tiempo de ejecución, “se privilegia estructuras mucho más transparentes, donde las soluciones de marcos rígidos o columnas con losas planas o con capitel entregan grandes espacios libres y con una cuadrícula donde se disponen los elementos verticales que permiten tener una regularidad que facilita las personalizaciones del diseño interior o funcionalidad de los espacios” (René Lagos, Engineers) pese a esto, en la actualidad la industria de la construcción aún es un tema flemático, pero que no implica que no se hayan hecho innovaciones, cómo estandarización de los proyectos y soluciones constructivas más eficientes lo que ha mejorado la calidad y velocidad de las respuestas solicitadas.

Pese a que la demanda de viviendas de tipo unifamiliar ha ido en aumento en donde las soluciones constructivas se adaptan al crecimiento de la familia esto ha permitido que los procesos y los materiales se industrialicen, disminuyendo de manera paulatina el tiempo de ejecución a medida que se va introduciendo más en el mercado modular.

De todo lo expresado anteriormente, hay que destacar que la construcción modular no posee normas especiales, pero sí deben cumplir la normativa para los materiales y las estructuras en si (EMB construcción, diciembre 2014)

7.3 Viviendas Modulares: Ventajas y desventajas.

Cómo ya se ha expuesto anteriormente, las casa modulares se están convirtiendo en una alternativa real a la vivienda tradicional de albañilería, dado el alto costo de su construcción y la poca disponibilidad económica que se posee para este fin. Una vivienda modular es más económica que una tradicional y este factor económico es de suma importancia para la toma de decisiones.

A continuación, se abordará el por qué aún no se extiende de manera más masiva este tipo de construcciones dando a conocer sus ventajas y desventajas. Se aborda el tema de acuerdo al libro Arquitectura modular de Héctor H. Zorrilla.

- **Ventajas:**

- El precio, el valor de estas viviendas modulares puede variar mucho, según su materialidad, las terminaciones y las dimensiones que se escoja para construir. El valor total de la vivienda construida puede ser entre un 30 y un 50% más bajo que la misma vivienda construida de manera tradicional.
- La materialidad de la vivienda modular suele ser de materiales resistentes a los climas extremos, ya que van protegidos por paneles y pinturas especiales que aseguran su mantenimiento frente a la corrosión y otros agentes. A la vez, debido a su aislación tanto térmica cómo acústica, existe una disminución en gastos de calefacción o aire acondicionado que nos permitan acondicionar la temperatura de la vivienda.
- Rapidez de construcción; es otra de las grandes ventajas de estas viviendas que, al estar formada por módulos, que van encajados y ensamblados el tiempo de preparación es mucho menor.

- Menor desecho de residuos, al no existir un exceso de materialidad al momento de proyectar la construcción de una casa modular, las empresas detallan el presupuesto final de la vivienda, no habiendo una variación de este que implique un exceso de materialidad y un aumento del valor total.
- **Desventajas:**
- Si bien el precio bajo es una ventaja de estas viviendas, también es necesario analizar su diseño y dimensiones, normalmente existen viviendas “patrones” que ya se encuentran planeadas, lo que su ejecución es más económica, pero si el diseño no se ajusta a los gustos del usuario, la vivienda eleva más sus gastos debido a que se deben fabricar los módulos a la medida que el usuario eligió.
 - La materialidad que se elija para las instalaciones de luz, agua y gas, deben ser de máxima calidad, ya que en el caso de filtraciones o malas instalaciones están podrían deteriorar la estructura de la vivienda, encareciendo el valor de la vivienda.
 - Una de las desventajas que ha tomado mucho auge en nuestro país es el financiamiento. Encontrar un banco que nos otorgue un crédito para este tipo de viviendas se ha hecho más difícil, con la excusa de que las viviendas carecen de valor hipotecario.

7.4 Albañilería Armada: definición, ventajas y desventajas.

La albañilería armada es aquella que utilizará acero como refuerzo de muros junto con los bloques de ladrillos de arcilla, mecanizados, cuyo diseño estructural facilitará la inserción de los refuerzos para darle una mayor flexibilidad a la estructura. Principalmente los refuerzos consisten en tensores que actuarán como refuerzos verticales, y estribos en refuerzos horizontales.

Los ladrillos son colocados de forma traslapada, utilizando un mortero de cemento y arena, con proporciones 1:4. Para el desarrollo de este tipo de construcción se utilizan principalmente materiales pétreos, tales como: bloques de cemento, ladrillos de arcilla, varillas de acero, piedras, áridos para mortero, y otros similares.

Dentro del sistema constructivo, podemos encontrar más de 30 partidas o secuencias constructivas, que van desde; obras provisionales, nivel trazo y replanteo, excavaciones de zanjas, hasta las instalaciones sanitarias, de luz, agua y gas.

- **Ventajas:**

- Una de las mayores ventajas que posee la albañilería armada es su alta resistencia al fuego, ya que esta usa materiales incombustibles como los ladrillos de arcilla y el mortero de cemento.
- Debido a su fácil colocación no requiere encofrados o bien llamados moldajes que nos permitan seguir una forma determinada, por ende, demanda poca cantidad de mortero en su colocación.
- Su construcción requiere de instrumentaria de tipo más convencional.

- **Desventajas:**

- Los espesores de los muros son de suma importancia, esto conlleva en la selección del tipo de ladrillo, ya que, en espesores muy grandes, este les resta áreas a los ambientes de la vivienda.
- No es posible realizarle modificaciones futuras (una vez terminada la obra) a los muros de carga o estructurales. Esto no quiere decir que no se puedan realizar ampliaciones a la vivienda.
- Este sistema constructivo requiere mano de obra calificada, la cual debe poseer mayor experiencia para evitar pérdidas mayores. A su vez, requiere mayor control de obra y plantear un seguimiento constante.
(Albañilería Armada y Confinada, Richard Raymundo Gamarra)

7.5 La productividad

La productividad se podría definir en términos más prácticos cómo; la comparación del resultado obtenido con el esfuerzo demandado en la realización de dicho resultado. Está asociada a una transformación o a un proceso en el que entran recursos necesarios para producir algo, ya sea un material, un bien, un servicio, y posteriormente, a través de este proceso podremos obtener el producto o servicio demandado.

7.5.1 Indicadores de Productividad.

Los indicadores consisten en expresiones cuantitativas que representan una información obtenida a partir de la medición y evaluación de una estructura de producción, de los procesos que la componen y/o de los productos resultantes. La medición y la evaluación se refieren a la identificación de datos e informaciones y al establecimiento de criterios, especificaciones o valores de comparación entre los resultados obtenidos y estándares o metas definidas. (Souza et al. 1994)

Para lo que confiere a esta tesis, los indicadores de productividad según Souza son, los que miden el desempeño de los procesos a través de relaciones elaboradas a partir de los recursos utilizados y los respectivos resultados alcanzados. Ahora bien, también existen otra clasificación de estos indicadores que se subdividen en globales y específicos, que de acuerdo a según su alcance de los datos usados para el cálculo.

Los indicadores de desempeño global, estos indicadores sirven para tomar decisiones de carácter estratégico dentro de una empresa y para mostrar el grado de competitividad de la misma. Asimismo, estos indicadores permiten situar a la empresa en el sector o rubro al que pertenece y compararla con sus competidores directos. A forma de ejemplo de indicadores globales tenemos hh/m^2 , Plazo

real/Plazo previsto, etc. Los indicadores de desempeño específico, estos indicadores nos proporcionan información de manera individual sobre procesos, estrategias, y/o prácticas gerenciales que nos ayudan a tomar decisiones sobre las características de los procesos en términos operacionales.

7.6 Productividad Parcial

Se le denomina productividad parcial cuando se estudia una relación aislada entre el producto producido y cada uno de los factores que se deseen estudiar, permaneciendo el resto de esta constante. En el caso de las materias de producción, podemos distinguir las materias primas, los productos semielaborados, los productos elaborados, y los materiales auxiliares que nos permiten crear el producto. Para la productividad de trabajo sería el cociente de la producción entre la mano de obra, está sería una medida parcial de productividad, ya que únicamente se está teniendo en cuenta el insumo humano.

Este tipo de análisis de productividad tiene la ventaja que nos permite una realización de comparaciones entre empresas o en este caso de viviendas, ya que podemos obtener los datos a nivel de construcción unitaria.

Matemáticamente es posible calcular esta productividad de acuerdo a la siguiente formula.

Fórmula matemática para el cálculo de productividad parcial.

$$\textit{Productividad relacionada con materia prima} = \frac{\textit{Producto obtenido}}{\textit{materiales}}$$

Fuente: *Elaboración Propia.*

7.7 OSB Standard y sus características físicas y mecánicas.

Los tableros OSB son producidos en Chile, con una alta tecnología por Lousiana Pacific. Estos son ampliamente utilizados en el mundo en construcciones de tipo habitacional y comercial aplicados a techumbre, muros y pisos. Están formados por hojuelas rectangulares de madera, dispuestas en capas perpendicularmente unas con otras las cuales son mezcladas con ceras y adhesivos para posteriormente ser sometidas a altas temperaturas y presiones, dando origen a los tableros y otorgándole resistencia y rigidez. Estas características son fundamentales para obtener la certificación como tablero estructural para viviendas por la entidad internacional APA, los cuales certifican más del 95% de los tableros estructurales para países desarrollados como EE.UU. y Canadá. (Catalogo Técnico, Building Products 2016)

En el caso de Chile, los tableros cuentan con certificaciones de distintas entidades nacionales, como lo son el Instituto de investigación y ensayos de materiales de la Universidad De Chile (IDIEM), Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile (DICTUC), Laboratorio de investigación de materiales de la Universidad de Santiago (LIMUS). Los que han realizado ensayos de flexión, corte, compresión, impacto. Ensayos de resistencia al fuego, con certificaciones para configuraciones F-15, F-30, F-60.

Con respecto a las propiedades físico-mecánicas de los tableros OSB, se le han elaborado diferentes ensayos, que permiten conocer y determinar más sobre sus propiedades, entre ellos está: tracción paralela y perpendicular, compresión paralela y perpendicular, flexión estática en ambos sentidos, cizalle o corte en paralelo y perpendicular, contenido de humedad, densidad, hinchamiento, expansión lineal paralela y perpendicular, durabilidad de la unión y unión interna. De acuerdo a estos ensayos, es posible diferenciar la siguiente tabla de contenidos en las cuales están especificadas sus resistencias mecánicas

Tabla 1. Comparación de resistencias mecánicas de sistemas constructivos.

Tabla de comparación		
	Albañilería Armada	Tableros OSB
Aislación Térmica	x	x
Aislación Acústica	x	x
Resistencia al fuego	x	x
Resistencia a la humedad	x	
Norma sísmica	x	x

Fuente: elaboración propia

Respecto a sus propiedades físicas, debido a que en un 70% está compuesto de madera, es higroscópico y el cambio de su contenido de humedad provocara cambios en sus dimensiones, por lo tanto al tener un 1% de cambios fluctuantes en su contenido de esta, provocara una disminución o un aumento en sus dimensiones. Por esto es que el tablero debe acondicionarse previamente a su instalación, a las condiciones de humedad presentes en el ambiente en donde vaya a efectuarse su instalación y correspondientemente a las posibles condiciones climáticas que en el momento estén incurriendo.

La información bibliocontenida en dicha tabla fue investigada de acuerdo a la norma ENV 12872 de propiedades físicas en el anexo climatológico además se consulto la NCh 1198 propiedades físico y mecánicas de pieza de pino radiata ya que al contener planchas de esta, también se acondicionan a dichas normas, pero no siendo utilizadas como un elemento en sí.

8. DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA

- Estandarización:

La estandarización en las medidas de una vivienda consiste principalmente en la elaboración de productos y de procesos que posean características similares con la finalidad de simplificar el trabajo en obra y poder reducir los costos de la

producción que conllevan, de esta manera pudiendo ser contruidos de manera industrial.

- Modulación

El diseño modular es el diseño basado en la modulación reticular de espacios que permitan optimizar el tiempo de construcción y debido a que son transportables, desarmables y reorganizables permiten impulsar múltiples funcionalidades y su reutilización al generar un nuevo uso diferente al que fueron fabricados. (Casiopedia, PUCV)

Los sistemas modulares se caracterizan por lo siguiente:

- Ser funcionalmente en módulos discretos escalables, reutilizables y autónomos.
- Rigurosidad de las interfaces o uniones modulares bien definidas incluyendo descripciones de las orientaciones y la función de cada módulo.
- Facilidad en el cambio logrando transparencia tecnológica acudiendo a la industrialización de los procesos.

Junto con una reducción de los costos de obra ya que existe una menor mano de obra especializada y con ello un menor aprendizaje, una mayor libertad de diseño, y una mayor modificación de proyectos al momento de ensamblar ya que solamente con la conexión de módulos es posible el incremento o ampliación

- Modulo Básico:

El modulo básico es el fundamental, corresponderá a la medida estándar de presentación del material del cual estará compuesta la vivienda que es posible encontrar en el mercado y para su futura ensamblaje.

- Tecnopanel SIP (OSB Standard):

El panel SIP muro, es una solución de muros estructurales y perimetrales de una vivienda, el cual permite una construcción de una vivienda de hasta tres pisos.

Además de su función estructural, es aislante ofreciendo una resistencia térmica, resistencia estructural, facilidad y rapidez de instalación.

Este está conformado por dos placas de OSB Standard las cuales revisten una espuma de poliestireno expandido los que mediante adhesión prensado con emulsión de poliuretano le permite una adherencia que le confiere una resistencia mecánica al conjunto, más sólida que una estructura de configuración similar de madera.

El núcleo de poliestireno expandido cumple con la NCH 1070, elaborado con Styropor F, que posee aditivo ignífugo, lo que le confiere a la espuma la propiedad de retardación de llama y lo hace difícilmente inflamable. Según sus características es Auto extingible de acuerdo a lo especificado en la norma ASTM D 4986 - 95 y además difícilmente inflamable (Grupo B1) de acuerdo a la norma DIN 4102. Respecto a la aislación térmica posee excelentes condiciones gracias al núcleo de poliestireno.

- Perfil Metalcon

Corresponde a un sistema constructivo que posee como marca central METALCON, está compuesto principalmente por perfiles de acero galvanizado para uso en aplicaciones estructurales de tabiquería divisoria y en la estructuración de cielos. Las ventajas de estos perfiles es que permite construir de forma modular además de una fácil aplicación. (Catalogo técnico, CINTAC)

- Planchas Yeso-Cartón

Para el desarrollo de este estudio se utilizará el nombre comercial de VOLCANITA, el cual está compuesto en su interior por yeso y aditivos especiales revestido por ambas caras de cartón, según la coloración de esta corresponde la resistencia que posee. En este caso se utilizarán planchas de yeso cartón RH la cual es resistente a la humedad y su coloración es de color verde.

- Muros Volcometal

Es una solución basada en una estructura de perfiles metálicos de fierro galvanizado que conforman una estructura resistente. En su interior posee planchas de madera y Volcanita por ambos lados, y en su núcleo está relleno de productos de lana mineral o lana de vidrio mejorando sustancialmente las condiciones acústicas y térmicas del conjunto. Gracias a su buen nivel de terminaciones y sus buenas resistencias tanto termo-acústicas tanto como su fácil montaje, hacen que este material sea una solución muy conveniente para la construcción modular o prefabricada.

9. DESCRIPCIÓN DE LAS VIVIENDAS

9.1 Construcción Modular

Para la realización de esta tesis, se considerará la construcción de una vivienda modular de $41,06 \text{ m}^2$ que cuenta con dos habitaciones dormitorios, baño, y cocina conectada a comedor con sala, las especificaciones técnicas contenidas para este tipo de vivienda, son consultadas con la empresa Rentech, que se encarga de construir viviendas modulares de distinta materialidad, en este caso se decidió utilizar los paneles OSB o bien conocidas por el nombre comercial "SIP" tendrá las siguientes descripciones.

- Fundaciones

Para la cimentación de esta vivienda se utilizará hormigón sobre 170 kg/m^3

La solución de sobre cimentación será Pilotes de pino impregnado 6 a 7" con mínimo 15 cm sobre el terreno en punto más desfavorable y máximo 60 cm.

- Estructura de pisos

Se considera estructura principal perimetral en f perfil canal de 150x50x3mm con vigas secundarias de pino impregnado de 2 x 6", Sobre esto se considera plancha terciado estructural de 18mm listo para recibir revestimiento piso

- Estructura de muros

No se considera estructura adicional, ya que los paneles SIP son estructurales. Se considera perfiles tipo Metalcon 60/085 en uniones de paneles. Para muros interiores se considera muros tipo Volcometal con perfiles estructurales 60/085.

- Estructura de techumbre

No se considera estructura adicional, ya que los paneles Techopol son autosoportantes.

- Cubierta

La cubierta a considerar para esta vivienda es POL PANEL 1000 con pintura de fábrica de color gris.

- Revestimiento

-Muros exteriores: Revestimiento exterior en Smart Panel color a elección o según elevaciones.

-Muros Perimetrales: Se considera OSB del Panel SIP forrado con volcanita de 10mm, enlucido y pintado.

-Muros Interiores: Volcanita ST 15mm enlucido y pintado, en áreas Húmedas Volcanita RH 15mm.

-Muros de baños: Se consulta revestimiento cerámico completo en sector de baños y cocina. Cerámica 30x60 blanca.

- Revestimiento de cielo

Se considera una terminación interior de TechoPol forrado con volcanita de 10mm espesor, enlucido y pintado con Látex color blanco

- Revestimiento de piso

Sobre la placa terciada de 18 mm se considera piso flotante de 7 a 8 mm en áreas comunes. Para áreas húmedas de baños se considera sobre la placa de terciado 5 cm de hormigón liviano y revestimiento de Porcelanato.

- Aislamiento térmica y acústica

Cielo: Techo Pol 100mm

Piso: Placa Terciado Estructural 18mm+ Barrera humedad + Lana mineral 80mm

Muros Perimetrales: Paneles SIP con 60mm Poliestireno expansivo de 15kg/m³

Muros Interiores: Lana Mineral 50mm

- Puertas y ventanas

Puertas y Ventanas Marcos: en pino finger o trupán.

Puertas Acceso: Puerta Estructura metálica con enchape madera 90x225

Puertas Interiores: Batiente MDF modelo sinfonía o similar de 200 cm altura

Ventanas: Ventanas en aluminio Simple.

- Quincallería

Marca Yale modelo Toscana

- Artefactos sanitarios

Baños con artefactos marca Fanaloza, WC, línea valencia o similar de color blanco. Tinas esmaltadas marca Metalamerica, según planos de arquitectura. Vanitorios de estructura de trupán de 15mm forrados con lamina top Lamitech con cubeta de sobre poner de losa MK. Grifería marca nacional.

- Sistema eléctrico

Será embutido en Tubo Conduit de 16mm, con artefactos blancos o anodizados marca bticino línea modus y sistema de seguridad diferencial. Se consideran focos empotrados con ampolletas tipo LED.

- Red Agua Caliente

Se contempla cañería de PPR (poli-fusión) para alimentar cocina y baños. Se considera Termo eléctrico, con capacidad dependiendo de la metricidad de la vivienda

- Alcantarillado

Se contempla la red de alcantarillado interior en PVC hasta el borde de los módulos.

9.2 Construcción tradicional

La vivienda construida de forma tradicional, es decir, de albañilería armada tiene una dimensión total de 41 m^2 y que consta de tres habitaciones dormitorio, un baño, cocina independiente de living y comedor, dichas EETT son de elaboración propia, basándose en proyectos anteriormente realizados en mi vida cómo estudiante en la universidad. Posee las siguientes descripciones.

- Cimientos

Se utilizará hormigón de 170 kg/cem/ m^3 , con armaduras.

- Sobrecimiento

Nivel superior a no menos de 7 cm sobre la solera o solerilla de la calle o pasaje más cercano a la vivienda. De 15.4 cm de ancho por 20 cm de altura. Armadura según planos de cálculo. Hormigón clase H-18. Superficie exterior de hormigón visto, sin estucar.

- Muros

Los muros de la vivienda estarán compuestos de ladrillos hechos a máquina, de aproximadamente 15,4x31x9,4 cm, tipo Santiagote. Deberá cumplir el aislamiento acústico y térmico requerido. La albañilería será con

cantería rehundida por ambas caras. Aplomado y con mejor cara por lado exterior.

- Cadenas, vigas y losas de hormigón

Hormigón grado H-18 con hormigón a la vista, sin estuco. Hormigón premezclado vibrado a través de inmersión mecánico.

- Sobretabique

Estará conformado por 3 planchas de yeso cartón de 15 mm de espesor. Siendo en total 45 mm, además madera impregnada de acuerdo a norma NCh 819

- Cerchas

Cerchas prefabricadas de pino insigne, con conectores de acero. Según norma NCh 819.

- Frontones

Prefabricados de pino insigne de 1 ½" x 2". Madera impregnada conforme a norma NCh 819

- Cubierta

De teja asfáltica Ct-20 de color Brown, colocadas sobre tablero estructural de OCB con un complemento de fieltro asfáltico.

- Revestimiento de frontones

Con planchas lisas de fibrocemento de 3.5mm de espesor. Las uniones entre planchas se cubrirán con tablas de pino cepillado de ¾"x 3.

- Aislación térmica

Se consulta fibra de vidrio de 80 mm, papel a una cara colocado sobre entramado de madera.

- Estuco

Sobre albañilería de baño y cocina.

- Revestimiento de piso

Sobre el cimientado de hormigón se considera piso flotante de 7 a 8 mm en áreas comunes. Para áreas húmedas de baños se considera sobre el cimientado revestimiento de Porcelanato.

- Revestimiento de cielo

Se considera una terminación interior de volcanita de 10mm espesor, enlucido y pintado.

- Ventanas

Marcos de aluminio, línea económica. Espesor de vidrios según tamaños. En baño se colorea vidrio catedral semilla.

- Tabiques interiores

Panel Volcopanel básico y línea económica de 55 mm de espesor, conformado por 2 planchas de yeso cartón de 10 mm de espesor cada una, separadas por estructura de Honeycomb de papel. En el caso del tabique sanitario en cocina y baños se consulta Volcanita RH.

- Revestimiento interior de muros

Excepto en cocina y baños, la superficie de tabique esta enlucida con yeso, el interior de baño y cocina está revestido de cerámico blanco de aproximadamente 20x30 cm.

- Quincallería

Puertas con 3 bisagras de acero pomel de 3x3" cada una, cerraduras embutidas de tipo económica topes de goma atornillados al piso, cerradura económica para reja exterior.

10. COMPARACIÓN DE SISTEMA MODULAR VS. TRADICIONAL

10.1 Sistema constructivo

Tabla 2. Comparación sistemas constructivos

	Construcción Modular	Construcción Tradicional
Cómo es	En el proceso de construcción se utilizan elementos prefabricados, se producen en fábrica, y se transportan a la obra, con la mayor parte de las instalaciones integradas.	La mayor parte de los elementos que se utilizan están contruidos totalmente en la obra.
Porque	<ul style="list-style-type: none">- Producción simultánea en la fábrica con un rendimiento de modulación hasta un 50% más rápido- Controles de calidad exhaustivos en el proceso de fabricación- Módulos llegan a obra hasta 95% completos, para su posterior montaje.	<ul style="list-style-type: none">- Construcción lineal requiere que cada paso esté terminado antes de comenzar el próximo- Inclemencias por el clima y el rendimiento laboral inconsistentes pueden afectar la calidad- En toda construcción se producen fechas improductivas en el calendario dependiendo de las condiciones climáticas

Fuente: *VipreHome y Arquitecto asociado.*

10.2 Económico

Para la comparación económica que se realizó entre ambas viviendas, tanto modular como tradicional, se estimó el valor de la siguiente manera. En la vivienda tradicional se realizó un análisis de precios unitarios de acuerdo a las especificaciones técnicas descritas ya anteriormente, y sobre el plano de arquitectura adjunto en los anexos de esta tesis adjuntos en el cd. Las cantidades de cada materialidad están cubiertas de acuerdo al metraje que posee la vivienda y son utilizados en ambas en cuando sea posible la utilización de dicho material. En modo de ejemplo se utilizó para ambas viviendas el mismo tipo de piso laminado de 7 a 8 mm, una sobre la placa de terciado en su revestimiento anterior, y en el cemento en el caso de la vivienda tradicional.

En el caso de las terminaciones, se utilizó la misma materialidad de acuerdo al posible uso en cada caso, en modo de ejemplo se utilizaron los mismos modelos de ventanas, guardapolvos y pinturas.

Para el caso de la vivienda modular, los costos directos de construcción fueron proporcionados por la empresa constructora de viviendas modulares “Rentech”, la cual entregó toda la información de los costos de cada partida con una cotización final del proyecto, adjunto en los anexos de esta tesis.

En el cuadro comparativo de valores que se presenta a continuación, se comparan las partidas en común que poseen ambos modelos constructivos, y así poder ir estimando partida por partida el porcentaje de ahorro de una con la otra. Además en cada caso está agregado el costo de la mano de obra para cada partida y que están expuestos en las tablas siguientes. Los valores que se exponen en la siguiente tabla, están en unidad de fomento aproximada a \$27000

Tabla 3. Comparación de valores de construcción de viviendas tradicional y modular

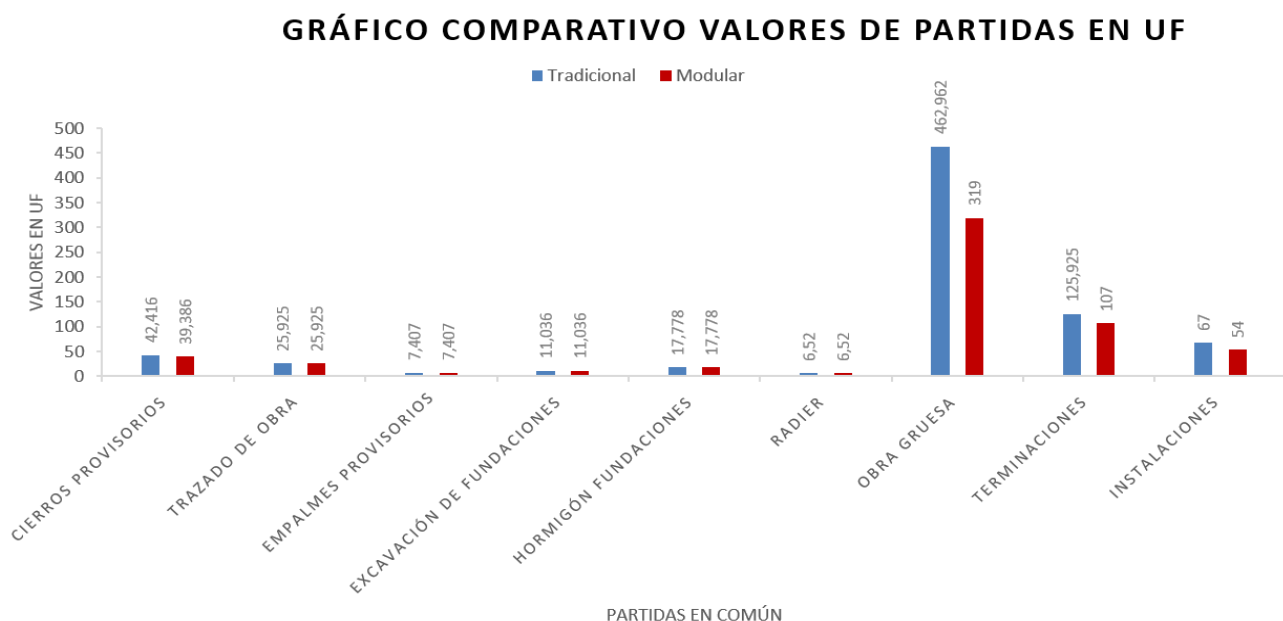
Cuadro comparativo valores de partidas en UF			
	Tradicional	Modular	% de ahorro
Cierros Provisorios	42,416 UF	39,386 UF	4,80%
Trazado de obra	25,925 UF	25,925 UF	0
Empalmes provisorios	7,407 UF	7,407 UF	0
Excavación de fundaciones	11,036 UF	11,036 UF	0
Hormigón Fundaciones	17,778 UF	17,778 UF	0
Radier	6,52 UF	6,52 UF	0
Obra Gruesa (Albañilería/OSB)	462,962 UF	319 UF	31%
Terminaciones	125,925 UF	107 UF	15%
Instalaciones	67 UF	54 UF	19%
Total neto	766,969 UF	588,052 UF	23%
IVA	145,72 UF	111,73 UF	
Total	912,689 UF	699,782 UF	23%

Fuente: *Elaboración Propia.*

De acuerdo con la información obtenida de la siguiente tabla se ha podido comprobar que en su totalidad existe un 23% de ahorro total en la construcción de la vivienda modular vs la vivienda tradicional. Los principales factores que afectan a este resultado son los costos en obra gruesa de cada uno, y el costo de la mano de obra.

De manera más explicativa el siguiente gráfico representa los costos asociados a cada partida, comparando ambos sistemas constructivos.

Figura 4: Gráfico comparativo de valores de partidas en UF de ambos sistemas constructivos.



Fuente: *Elaboración Propia*

10.3 Mano de obra

Para la siguiente comparación de mano de obra, se elaboró la siguiente tabla en donde se especifican las cuadrillas de trabajo por partida y el tiempo (en días) utilizadas en cada una de las secuencias para los distintos sistemas de construcción. Además, cabe señalar, que las cantidades de trabajadores utilizados para el sistema tradicional son consideradas por la cantidad de m^2 que posee la vivienda, usando una cantidad referencial otorgada por la página ChileCubica, en

donde se estiman las cantidades de personas a trabajar por metro cuadrado y sus respectivos rendimientos.

Para el caso del sistema modular, la cantidad de trabajadores corresponde a la que se utiliza en la empresa Rentech, para el montaje de la vivienda a estudiar

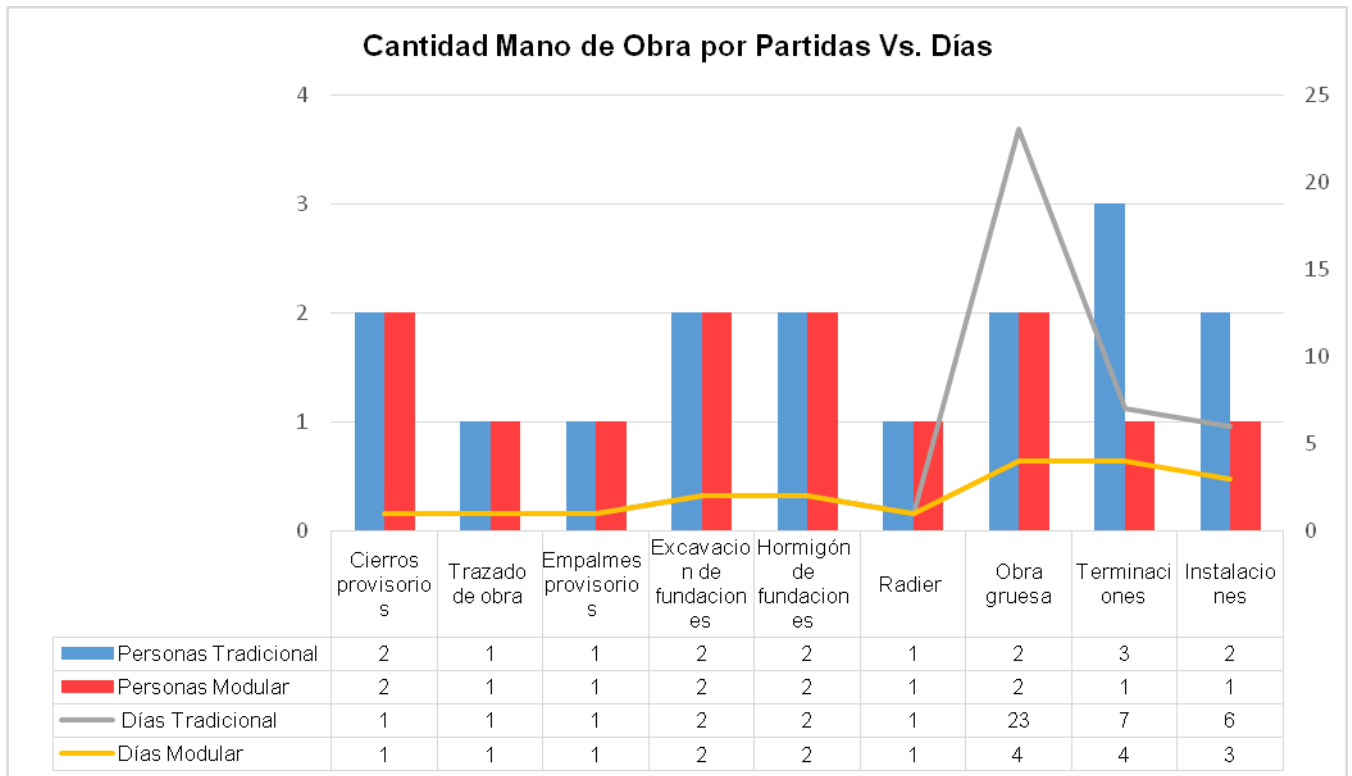
Tabla 4. Cantidad de mano de obra por partidas y sistemas constructivos.

Mano de obra por partidas			
	Tradicional	Modular	Tiempo (días) Trad/Mod
Cierros Provisorios	2 personas	2 personas	1/1
Trazado de obra	1 personas	1 persona	1/1
Empalmes provisorios	1 persona	1 persona	1/1
Excavación de fundaciones	2 personas	2 personas	2/2
Hormigón Fundaciones	2 personas	2 personas	2/2
Radier	1 persona	1 persona	1/1
Obra Gruesa (Albañilería/OSB)	2 personas	2 personas	23/4
Terminaciones	3 personas	1 persona	7/4
Instalaciones	2 personas	1 persona	6/3

Fuente: *Elaboración Propia*

De acuerdo a la siguiente información, se elaboró un gráfico comparativo, que permite entender y relacionar la cantidad de mano de obra utilizada en cada partida, con el tiempo de ocupación de cada una y para cada partida.

Figura 5. Gráfico cantidad de mano de obra por partidas Vs. Días



Fuente: *Elaboración Propia*

Una vez teniendo definida las cantidades de cuadrillas y la ocupación en días de cada trabajador, se prosiguió a la elaboración de la siguiente tabla en donde está especificado el valor de la mano de obra respecto al rendimiento de ocupación de cada uno. Los rendimientos para la vivienda tradicional son referenciados por la página ChileCubica y para el caso de la vivienda modular son especificados los valores por la empresa constructora de viviendas modulares Rentech.

Tabla 5. Declaración de remuneraciones y totales por partida de sistemas constructivos.

Declaración de remuneraciones				
			Total x partida	
Ocupación	x mes bruto	x mes liquido	Tradicional	Modular
Jornal (J)	\$ 240.000	\$ 285.600	\$ 57.120	\$ 57.120
Ayudante (A)	\$ 270.000	\$ 321.300	\$ 771.120	\$ 771.120
Concretero (C)	\$ 350.000	\$ 416.500	\$ 325.000	\$ 325.000
Maestro 1° (M)	\$ 650.000	\$ 773.500	\$ 2.062.667	\$ 618.800
Gasfiter (G)	\$ 750.000	\$ 892.500	\$ 178.500	\$ 89.250
Electricista (E)	\$ 750.000	\$ 892.500	\$ 208.250	\$ 119.000
Pintor (P)	\$ 600.000	\$ 714.000	\$ 166.000	\$ 98.000
Trazador (T)	\$ 950.000	\$ 1.130.500	\$ 699.975	\$ 699.975
			Total \$	\$ 4.468.632
			Total, UF	165,505
				102,899

Fuente: *Elaboración Propia*

Cómo se puede ver desde la tabla, existe un ahorro de mano de obra significativo, que corresponde al 37.8% del sistema modular respecto a la tradicional. Esto se ve influenciado dado que los tiempos de utilización en mano de obra son menores en la vivienda modular debido a su producción fuera de obra.

Junto con esto, se puede observar de la tabla 5 con respecto a la obra gruesa, albañilería y paneles OSB respectivamente, que se posee un 17,39% de ahorro

uno respecto del otro. En el apartado de las conclusiones de esta tesis, será abordado de manera más detallada los porcentajes de ahorro de cada uno de los ítems comparativos

10.4 Tiempo

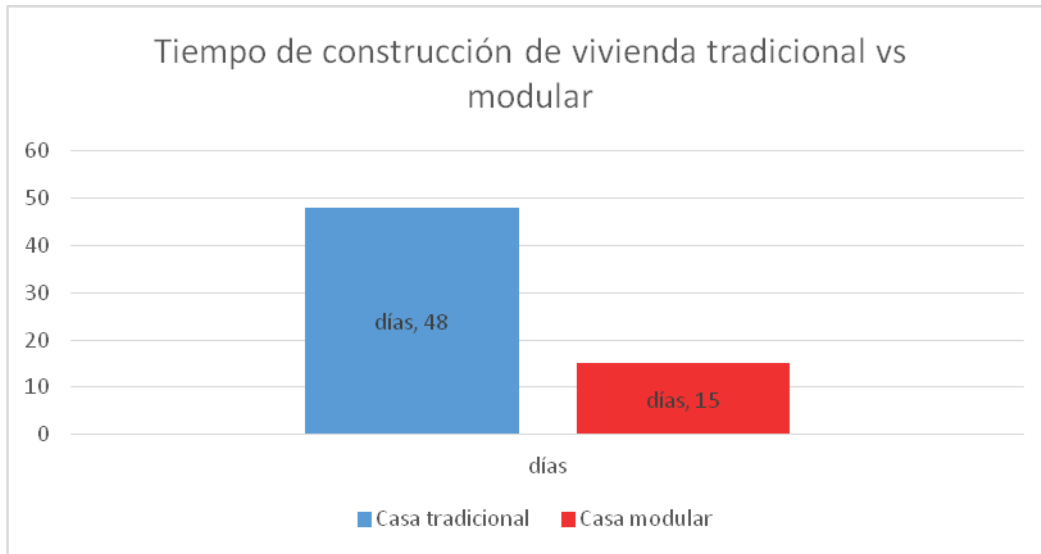
El tiempo de ejecución de una obra es fundamental debido a la incidencia directa en el costo de la mano de obra, mientras más tiempo dure la ejecución de un proyecto, más serán los gastos que se tendrán que realizar. Por tanto, una buena planificación junto con determinar la cantidad de trabajadores necesarios será fundamental para minimizar los plazos y maximizar los recursos.

Existen varias etapas que determinarán el tiempo en que se tendrá una vivienda ejecutada y lista para su ocupación. Según la Cámara Chilena de la Construcción (CCHC) el tiempo aproximado que permitan determinar el plazo y que son válidos para ambos sistemas constructivos tanto modular como tradicional son:

- Búsqueda de banco: en el caso de no poseer el dinero suficiente para poder costear la construcción o compra de una vivienda, este sería uno de los primeros pasos que paralelamente a la búsqueda de un arquitecto, se deben realizar. En esta etapa se espera un tiempo de 1 a 2 meses.
- Búsqueda de arquitecto: esta etapa funciona paralelamente a la búsqueda de un banco, inclusive puede ser antes ya que en ocasiones el banco solicita previsiones de costos aproximados basados en el precio de construcción por metro cuadrado. Esta etapa tiene un periodo aproximado de 1 mes.
- Compra de terreno: en muchos casos, se posee el terreno anteriormente a estas etapas, pero en las eventualidades que no, es necesario contar con un terreno ya regularizado y saneado para poder realizar la construcción. El tiempo de duración dependerá de la disponibilidad de cada persona, aproximadamente es una etapa que puede tardar 2 a 5 meses.

- Diseño de arquitectura: dependerá de las necesidades y requerimientos del cliente junto con los criterios del encargado del diseño, aproximadamente tardará 1 mes.
- Permiso de construcción: para la solicitud de permisos de construcción en el departamento de obra de la municipalidad correspondiente, se necesitará que los planos hayan sido visados por un arquitecto de profesión, en la eventualidad que una vez que hayan sido revisados y esta solicitase cambios aproximadamente la etapa tardara de 2 a 3 meses.
- Construcción de la vivienda: esta etapa es la más importante, en donde múltiples factores y un margen de contratiempos determinaran el plazo total. Tanto el sistema constructivo y la materialidad serán un gran determinante. En el sistema tradicional de albañilería, no es posible prefabricar muros con anterioridad, mientras que en un sistema modular es posible realizar paralelamente procesos de obra y en taller, reduciendo así los tiempos de esta etapa. Es aquí en donde esta tesis estimara el tiempo de construcción de cada una de las viviendas, mediante el uso de una carta Gantt adjunta en los anexos de esta tesis para el sistema tradicional, y la información proporcionada por la empresa Rentech para el caso de la vivienda modular.

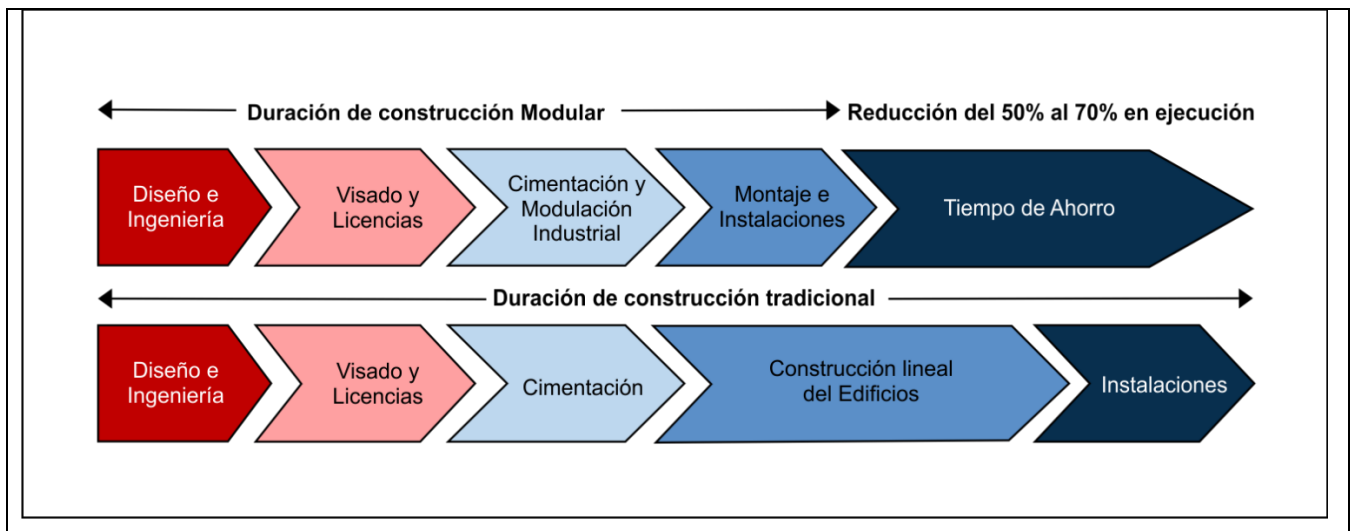
Figura 1. *Gráfico comparativo de tiempo empleado en construcción de vivienda.*



Fuente: *Elaboración Propia.*

Cómo es posible determinar del gráfico, existe un 68.75% de ahorro en el tiempo de ejecución de la obra modular ante la tradicional que básicamente se da por diversos factores, pero el fundamental es contar con las estructuras ya prefabricadas y listas para ensamblar al momento del montaje.

Figura 2. Resumen explicativo de reducción de tiempo.



Fuente: *Empresa VipeHome y CEPAL.*

Cómo es indica la figura, la reducción de la duración de una construcción modular puede llegar hasta un 70% con respecto a una construcción tradicional según estudios realizados por la CEPAL.

10.5 Productividad

Cómo ya se definio anteriormente, la productividad se refiere a lo que genera un trabajo o un servicio, la producción por cada hora trabajada o cualquier otro indicador de la producción en función del trabajo. Una productividad mayor significa hacer más con la misma cantidad de recursos, o personas.

Como se pudo analizar, la mano de obra para la construcción de cada vivienda es diferente, y es así porque necesitamos realizar más horas de trabajo en la vivienda tradicional que en la modular para lograr su construcción. Aun así la cantidad de trabajadores es mayor en una que en la otra, este hecho comprende una baja productividad respecto a la mano de obra y en la realización de la partida a realizar.

Ambos sistemas constructivos comprenden partidas constructivas similares, utilizando la misma cantidad de mano de obra en las horas hombres establecidos en 8 horas, pero la gran diferencia ocurre en la partida de obra gruesa de ambos sistemas, una en la cual la duración es de 23 días con la mano de obra de 1

maestro y un ayudante, para el caso contrario de la vivienda modular, la duración de esta partida fue de 4 días con la mano de obra de 2 maestros. En ambos casos la producción fue la misma, es decir, ambas viviendas cumplen la misma función, comprenden el mismo metraje, y utilizan la misma cantidad de mano de obra, pero la duración de la partida es diferente. Entenderemos que la gestión del tiempo así como todas aquellas actividades que requieren planificación, organización, se implementan para conseguir un mayor rendimiento por cada unidad de tiempo consumida, es decir, la gestión que se le da al tiempo trata de optimizar cada unidad de tiempo empleada para cumplir con los objetivos es por esto, que si los procesos no son fáciles y laboriosos los objetivos no podrán ser cumplidos, y probablemente se conseguirá una mayor inversión económica de la prevista, y en nuestro caso en particular, las partidas tardaran mucho más que la de una vivienda modular.

Tabla 6. *Productividad del tiempo en la ejecución de la obra gruesa de ambos sistemas constructivos.*

Productividad del tiempo, en la ejecución de la obra gruesa		
	Tiempo	Cant. Mano de obra
Modular	4	2 maestros
Tradicional	23	1 maestro + 1 ayudante

Fuente: *Elaboración Propia*

Por consiguiente, en un cálculo simple calculara la productividad de mano de obra de acuerdo a la producción final, en este caso comprende el total del metraje que es 41 m² para ambas viviendas, una cantidad de trabajadores de 6 y 4 para cada caso respectivamente y los días totales utilizados en completar la ejecución del proyecto

- Productividad Vivienda tradicional:

$$\frac{41 \text{ m}^2}{48 \text{ dias} \times 6 \text{ personas}} = 0,14\text{m}^2 \text{ por día trabajado} \times 100 = 14\%$$

- Productividad sistema modular:

$$\frac{41\text{m}^2}{15 \text{ dias} \times 4 \text{ personas}} = 0,68\text{m}^2 \text{ por día de trabajado} \times 100 = 68\%$$

Del siguiente cálculo realizado, se estableció que el sistema modular posee un 68% de productividad vs. Un 14% del sistema tradicional, habiendo así un delta del 54% a favor del sistema modular que, debido a su variable tiempo de ejecución, se ve directamente favorecido

11. CONCLUSIONES

- I. En primer lugar, económicamente se puede concluir que: las partidas de trabajo de ambos sistemas constructivos fueron analizadas y comparadas de acuerdo a los cálculos que allí se explican, vemos que existe un porcentaje de ahorro significativo en la etapa de obra gruesa, que corresponde a un ahorro económico del 31% en el sistema constructivo modular respecto del sistema tradicional. El cual se ve mayormente afectado debido a la materialidad de uso, la reducción de desechos, y a la elaboración industrializada de los paneles OSB, que nos permite tener una ocupación de la totalidad de la materia prima, no desperdiciando material considerado en la inversión económica. Junto con esto, también se pudo comprobar que tanto en las partidas de terminaciones e instalaciones, comprendemos un ahorro económico del 15 y 19% respectivamente, otorgado gracias a la integración principal de estas partidas, vale decir, tanto las terminaciones como algunas instalaciones, ya vienen integradas al momento del ensamblaje.

Cómo finalidad, se visualiza un porcentaje de ahorro total del 23% en la realización de la vivienda modular, versus la vivienda tradicional.

- II. La mano de obra, es fundamental en la determinación de costos, por ende se pudo comprobar que: no existe una diferencia determinante de ocupación de mano de obra en partidas comunes de ambas viviendas, la ocupación de la hh en cada partida es similar, pero la gran diferencia está en la partida de obra gruesa, en donde la ocupación de mano de obra comprende a 23 y 4 días respectivamente para cada sistema. Esto influenciado principalmente a la elaboración de los paneles OSB en fábrica y luego ensamblados de manera no laboriosa, con mano de obra calificada para esta operación y también a que la albañilería armada, comprende una operación lineal y que requiere terminar ciertas tareas para poder comenzar con otras. Económicamente la mano de obra involucrada en la realización de estas viviendas, presentan un ahorro aproximado del 37% el cual se ve reflejado a la ocupación en días de los trabajadores.
- III. La duración total de la construcción de las viviendas fue determinada a través de una programación, en conjunto con los rendimientos de la mano de obra. Esto entregó una duración total de 48 días para la vivienda tradicional vs 15 días para la vivienda modular, otorgándole una holgura de 33 días a favor de la vivienda modular, lo que representa un porcentaje de ahorro en tiempo aproximado del 68.37%, que
- IV. Productivamente se analizo y comprobó que la vivienda modular presenta un porcentaje más alto que la vivienda tradicional. Principalmente se analizo en la mano de obra, la cual en la partida de obra gruesa para la vivienda modular se utilizó 2 maestros, y para el caso tradicional 1 maestro más 1 ayudante, dando una duración en la partida de 23 y 4 días respectivamente. En la ejecución de esta tarea los maestros de la vivienda modular se mantienen constantemente trabajando, exceptuando las horas

de colación, pero se reducen considerablemente los tiempos muertos, ya que no se necesita esperar que una tarea esté lista para comenzar con la siguiente, pero analizando la productividad en su totalidad, es decir, en la ejecución final del proyecto, relacionando con su cantidad de mano de obra y el plazo en que se ejecuta dicha tarea, los resultados demuestran que el sistema modular es 54% más productivo que el tradicional, influenciado principalmente en la ocupación de la mano de obra en el tiempo.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Building Products. (2016) *Catálogo Técnico*, España.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2012). *Estudios modulares para el desarrollo humano*, Chile.
- Emb Construcción, Carlos Sabat Flores. (2012). *Construcción Modular: Un sistema que gana terreno*, Chile.
- Héctor H. Zorrilla. *Arquitectura Modular*.
- Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, *Casioterapia*. Chile.
- Richard Raymundo Gamarra. *Albañilería Armada y Confinada*.

- René Lagos. (2014). *Construcción Modular en Chile; Buscando la Flexibilidad para EMB*. Chile.
- Souza et al. (1994).
- NCh 352/1 Aislación Acústica, Construcciones de uso habitacional.
- NCh 853 Acondicionamiento Térmico.

13. ANEXOS

Los anexos contenidos en la presente tesis, se encuentran contenidos en el CD de la misma, ya que al poseer un formato mayor, no son posibles contenerlos en el formato de hoja en el cual se encuentra impreso dicho trabajo.

En el CD, apartado ANEXOS, será posible encontrar:

- Plano de la vivienda tanto tradicional como modular
- Planificación rítmica de la vivienda tradicional
- Análisis de precio unitario de la vivienda tradicional
- Cotización de la vivienda Modular