

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil



**ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA
INDUSTRIALIZACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL
SEGUNDO PISO DE VIVIENDAS**

PABLO ANDRÉS RAMÍREZ BÁSCOLI

INFORME DE PROYECTO DE TÍTULO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

Profesor Guía

Sr. Guillermo Bustamante Laissle

Profesor Informante

Sr. Felipe González Monsalve

Concepción, Mayo 2016



RESUMEN

Actualmente la industria de la construcción, es un campo que se ha vuelto más competitivo buscando permanentemente optimizar y mejorar sus procesos, pero a su vez éstos aún se consideran y se destacan por ser una labor artesanal condicionada por la mano de obra. De esta forma los segundos pisos de las viviendas unifamiliares se han convertido en una etapa fundamental para el buen desarrollo de un proyecto, pues en una misma área se pueden obtener una mayor cantidad de metros cuadrados edificados. Es así como la labor se desempeña de manera artesanal, se es difícil cuantificar la cantidad de materias primas necesarias, y esto genera pérdidas producto del proceso propio.

El objetivo principal es realizar un estudio y evaluación de las distintas alternativas para industrializar el proceso constructivo de los segundos pisos de las viviendas, y a su vez, verificar si es factible su implementación para mejorar el proceso constructivo.

Para el desarrollo del estudio fue necesario realizar un levantamiento del proceso constructivo actual de la estructura global del segundo piso de las viviendas.

A su vez se evaluaron distintas alternativas para industrializar el proceso, estudiando principalmente alternativas de paneles prefabricados, entre ellas Paneles prefabricados de Metalcon, Paneles SIP y Paneles Prefabricados de Madera. Se verificó su certificación y se realizó una valorización de la estructura global del segundo piso, además se generó una programación en un software de ingeniería para ver la reducción/aumento de tiempo de la obra producto del proceso industrializado, sumado a esto se sugirieron mejoras al proceso general.

Una vez realizado esto se demostró que a nivel de costos directos en casos puntuales se presentaron mejoras y potenciales ahorros, mientras que en costos indirectos todos presentaron ahorros siendo el más significativo el ahorro de 27 días hábiles. Finalmente la alternativa que más genera ahorro es la alternativa de paneles SIP, el cual mejora en un 6,8% los costos generales de la construcción del segundo piso de las viviendas.



ABSTRACT

Nowadays in the construction industry, it is a field has become more competitive searching permanently optimize and improve their process, but at the same time are still considered and highlight for being an artesanal job conditioned by workers. In this way second floors of houses has become a fundamental stage for the good development of a project, in one same area is possible obtain a greater amount of built square meters.

This is how the work is handmade way, it is too difficult quantify the amount of raw materials, and this generates losses in the own process. The main objective is perform a study and evaluation of the different alternatives for industrialize the construction process in houses second floors and, at this time verify if it is feasible their implementation for improve the construction process.

For the develop of this study it was necessary make a rise of actual constructive process of the global structure of the second floor in houses.

At this time it was evaluate different alternatives to industrialize the process, studying mainly pre-fabricated panels, between them pre-fabricated of "metalcon", panels "SIP" and pre-fabricated panels of wood. It was verify his certification and made a valuation of the global structure of the second floor, also it was generated a programation in an engineering software to saw the reduction/increase of time of the work in the industrialized process, added to this were suggested improvements to the general process.

Once done that it was proved the level of direct costs in specific cases there were potentials improves and savings, while in another indirect savings every shows saving being the most significant saving of 27 days. Finally the choice which generate more saving is panels "SIP", this improve in a 6.8% in general cost of the construction of second floors in houses.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi familia, novia e hijo, padres y hermanas.

A la vez quiero extender mis agradecimientos a mis amigos y compañero que estuvieron presente para apoyar en los momentos más difíciles.

A los profesores del departamento de Ingeniería de la UCSC, que en todo momento entregan su apoyo y enseñanzas. Específicamente quiero agradecer al Profesor Guillermo Bustamante Laissle, quien fue mi profesor guía y siempre estuvo atento a prestar ayuda cuando lo necesitaba.

Quiero extender mis agradecimientos a Francisco González Puentes, Gerente de Desarrollo de Constructora AITUE, quien siempre estuvo atento a prestar ayuda cuando lo necesite y acompañó durante el desarrollo de la presente memoria dentro de la Constructora.

Finalmente este Proyecto de Título va dedicado a mi familia, principalmente mi hijo Matías, quien fue y es mi pilar principal para nunca bajar los brazos.

Y un agradecimiento general a todas aquellas personas que de una u otra forma me acompañaron durante este proceso.



ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1.....	1
INTRODUCCION Y OBJETIVOS	1
1.1. Presentación del Tema.....	1
1.2. Objetivos Generales.....	2
1.3. Objetivos Específicos	2
1.4. Justificación del Problema.....	3
1.5. Delimitación del Problema.....	3
1.6. Alcances	3
1.7. Hipótesis.....	4
CAPITULO 2.....	5
MARCO TEORICO	5
2.1. Descripción General.....	5
2.2. Descripción de materiales usados en la actualidad.....	10
2.2.1. Descripción general del Metalcon	10
2.2.2. Descripción general de Oriented Strand Board (OSB).....	12
CAPITULO 3.....	13
SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA	13
3.1. Situación actual y proyección futura de la construcción de viviendas en Chile.....	13
3.2. Situación actual de la construcción de viviendas en Chile a nivel regional.	18
3.3. Descripción del Proyecto Inmobiliario	21
3.4. Proceso Constructivo de la Estructura.....	24
CAPITULO 4.....	27
DESARROLLO DE LA SOLUCION.....	27
4.1. Recolección de datos	27
4.2. Alternativas a evaluar para el estudio.	35
4.3. Costos Directos.....	40
Análisis de Productividad.....	40
4.3.2. Análisis de Alternativas	43
4.4. Análisis de Costos Indirectos.....	57



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

CAPITULO 5.....	59
ANALISIS DE RESULTADOS.....	59
5.1. Costos Directos.....	59
5.2. Costos Indirectos.....	59
5.3. Recomendaciones.....	63
CAPITULO 6.....	67
CONCLUSIONES.....	67
6.1. Conclusiones Generales.....	67
6.2. Ventajas.....	69
6.3. Desventajas.....	69
CAPITULO 7.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	70
7.1. Bibliografía.....	70
7.2. Linkografía.....	71
Anexos.....	72



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Perfil de Metalcon Omega. Utilizado en techumbre.....	11
Tabla 2. Perfil de Metalcon. Utilizado en muros estructurales.	12
Tabla 3. Perfil de Metalcon. Utilizado en muros estructurales.	12
Tabla 4. Tableros OSB. Utilizado como revestimiento de muros estructurales.....	12
Tabla 5. Detalle de Proyectos en ventas, en el Gran Concepción	20
Tabla 6. Análisis de Costos, estructura segundo piso	27
Tabla 7. Perdidas de materias primas.	28
Tabla 8. Recurso N°1, Cuadrilla de Metalcon.....	29
Tabla 9. Recurso N°2, Cuadrilla Metalcon..	30
Tabla 10. Recurso N°3, Cuadrilla Metalcon..	31
Tabla 11. Recurso N°1, Cuadrilla Carpinteros.....	32
Tabla 12. Recurso N°2, Cuadrilla Carpinteros.....	33
Tabla 13. Recurso N°3, Cuadrilla Carpinteros.....	34
Tabla 14. Productividades según alternativa.....	40
Tabla 15. Tiempo proceso constructivo segundo piso.....	40
Tabla 16. Ahorro Total, Programación Actual de Obra.....	57
Tabla 17. Cuadro Resumen, Mano de Obra.	60
Tabla 18. Comparativo de Costos Totales, Alternativas Sin Revestimiento.	61
Tabla 19. Comparativo de Costos Totales, Alternativas Con Revestimiento.	61



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

Tabla 20. Comparativo Costos Totales, Alternativa Con Revestimiento y Aislación.....	62
Tabla 21. Ahorro Total, Programación de Obra según recomendaciones.	63
Tabla 22. Costo Mano de Obra, según productividades y recomendaciones.....	64
Tabla 23. Comparativo Costos Totales, Alternativas Sin Revestimiento según recomendaciones.....	65
Tabla 24. Comparativo Costos Totales, Alternativa Con Revestimiento según recomendaciones.....	66
Tabla 25. Comparativo Costos Totales, Alternativa Con Revestimiento y Aislación según recomendaciones.....	66



ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 1.Venta Nacional de Viviendas, en miles de viviendas	14
Grafico 2.Venta Nacional de Viviendas, en millones de UF.	16
Grafico 3.Proyecciones de Venta Nacional de Viviendas.	17
Grafico 4.Venta Regional de Viviendas según comuna.	19
Grafico 5.Estimación en meses para agotar stock de ventas en el Gran Concepción.-	20
Grafico 6. Producción Recurso N°1, Cuadrilla Metalcon.	29
Grafico 7. Producción Recurso N°2, Cuadrilla Metalcon.....	30
Grafico 8. Producción Recurso N°3, Cuadrilla Metalcon.....	31
Grafico 9. Producción Recurso N°1, Cuadrilla Carpinteros..	32
Grafico 10. Producción Recurso N°2, Cuadrilla Carpinteros..	33
Grafico 11. Producción Recurso N°3, Cuadrilla Carpinteros..	34
Grafico 12. Comparativo Alternativas Sin Revestimiento.....	46
Grafico 13.Comparativo Alternativas con Revestimiento [1/2].....	50
Grafico 14. Comparativo Alternativas con Revestimiento [2/2].....	54
Grafico 15.Comparativo Alternativas con Revestimiento y Aislación.....	56



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Panel estructural de OSB y poliestireno expandido de alta densidad.	7
Figura 2. Estructura compuesta por paneles estructurales de Metalcon. -	8
Figura 3. Tipos de perfiles estructuras de Metalcon. -	10
Figura 4. Esquema tipo de techumbre de estructura de Metalcon con su respectiva aislación y revestimiento	10
Figura 5. Esquema tipo de muros de estructura de Metalcon con su respectiva aislación y revestimiento.	11
Figura 6. Ubicación del Proyecto San Andrés del Valle III.	21
Figura 7. Vivienda Modelo Tipo B, Rapel.	22
Figura 8. Primer Nivel Vivienda Tipo B, Rapel.	23
Figura 9. Segundo Nivel Vivienda Tipo B, Rapel.	23
Figura 10. Detalle Panel SIP.	35
Figura 11. Cercha Madera.	36
Figura 12. Panel Prefabricado de Metalcon.	36
Figura 13. Muros Estructurales exteriores e interiores.	37
Figura 14. Cercha Madera.	38
Figura 15. Paneles y Cerchas de Metalcon.	38
Figura 16. Estructura Panel Prefabricado Compatible.	39
Figura 17. Ritmico de Obra Modelado en Project	58



CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Presentación del Tema.

El proceso constructivo de los segundo pisos de viviendas se ha transformado en un tema indispensable a la hora de realizar una programación y/o análisis económico dentro de un proyecto inmobiliario, ya que de acuerdo a las exigencias estructurales o de terminaciones, es como un proyecto puede resultar ser más económico que otro. Siguiendo la misma línea es que se busca edificaciones de más de un nivel, con el fin de optimizar el uso del suelo para un proyecto designado.

Dado lo anterior, se busca industrializar los procesos constructivos. En el caso del presente proyecto de título, se hace énfasis en el proceso de los segundo pisos de viviendas, de manera de obtener un trabajo de alta calidad y estandarizado a bajo costo dentro de los requerimientos.

Como parte del estudio se realizó un levantamiento del caso actual de la empresa, lo que requirió obtener rendimiento de trabajadores, del uso de las materias primas, tiempos de montaje y un exhaustivo análisis de costos, para luego contrastar con las alternativas de industrialización a evaluar considerando los costos, tiempos de montaje y rendimiento de trabajadores, estos últimos sugeridos por los proveedores y otros levantados en pilotos de la edificación de un segundo piso. También se realizó una programación de la obra en el software Project, con la finalidad de ver el potencial ahorro en tiempo asociado al proceso industrializado y sus nuevas productividades, a su vez generar mejoras en la programación de ésta para optimizar la obra global y el proyecto en desarrollo.

Se demostrará que existen variaciones significativas y otras no tanto, en cuantos a costos directos e indirectos a la hora de implementar estos procesos industrializados en la construcción y montaje de la estructura global del segundo piso. Además, se mostrarán los ahorros en tiempo del proceso en estudio, los cuales ayudarán a disminuir los tiempos globales de los proyectos inmobiliarios.



1.2. Objetivos Generales

Realizar un estudio y evaluación de distintas alternativas para la industrialización del proceso constructivo del segundo piso de viviendas, en el proyecto inmobiliario San Andrés del Valle III, ubicados en la Comuna de Talcahuano, Octava Región del Biobío.

1.3. Objetivos Específicos

- Realizar levantamiento e identificar el proceso actual de la construcción del segundo piso de las viviendas en Constructora AITUE.
- Determinar el costo de construcción del proceso constructivo actual del segundo piso de las viviendas.
- Levantamiento de alternativas para industrializar el proceso constructivo de los segundos pisos de viviendas.
- Evaluación económica de las alternativas para la industrialización.
- Validación de resultado y realización de cuadros comparativos.
- Evaluación de riesgos de las alternativas a industrializar.
- Análisis de programación de la obra en Software Project.
- Establecer si es factible la implementación de la industrialización en la construcción de segundos pisos de viviendas.



1.4. Justificación del Problema

El problema se presenta de la necesidad de optimizar el proceso constructivo de los segundos pisos de las viviendas del proyecto denominado San Andrés del Valle III, para optimizar de la manera más eficiente posible la construcción de los segundo pisos y eliminar la variabilidad en el proceso generado por la mano de obra, buscando mejorar el control de las materias primas y las pérdidas asociadas; es así que se hace imperativo industrializar el proceso. Por otra parte, se mejorarán los tiempos de construcción y montaje, aumentado aún más los estándares de calidad.

1.5. Delimitación del Problema

La información, análisis y resultados desarrollados dentro del presente proyecto de título, se realizó en base a la Vivienda Tipo B denominada RAPEL, del proyecto inmobiliario San Andrés del Valle III, de la comuna de Talcahuano, desarrollado por la Constructora AITUE.

1.6. Alcances

- El análisis comparativo se realizó en base a una estructura confeccionada de Metalcon, revestida en OSB.
- Está dirigido a edificaciones de uso habitacional.
- Se realiza de manera específica para vivienda de dos pisos.
- EL proceso Industrial permite desarrollar los elementos estructurales de una vivienda, tales como:
 - Muros soportantes.
 - Muros Divisorios
 - Techumbres.
- El análisis de la programación de la obra, se realizó a partir de un rítmico de obra facilitado por la Constructora AITUE.



1.7. Hipótesis

Los resultados obtenidos a partir de los estudios realizados, demostrarán si es viable o no concretar la implementación de procesos industriales dentro de la construcción de segundos pisos de viviendas.

Por lo tanto, es necesario realizar los estudios técnicos y de factibilidad económica, para luego analizar los datos obtenidos y comparar con los procesos actuales que se utilizan en obra a diario.

De no obtener los resultados esperados para la implementación del proceso industrial en la construcción de segundos pisos de viviendas en algunos de los estudios realizados, se deberá rechazar la implementación.

En etapas posteriores, se podría constituir una nueva veta de investigación extensible a mejorar y/o encontrar las falencias del estudio realizado.



CAPÍTULO 2. MARCO TEORICO

2.1. Descripción General

Los vestigios más antiguos en la construcción de viviendas, en donde el hombre al abandonar los refugios naturales, se obligó a construir su propia habitación para sobrevivir, las cuales solo eran de un nivel. En sus inicios las materias primas que destacaron en el proceso constructivo fueron la piedra y la paja.

Posteriormente, con la evolución del hombre evolucionaron sus viviendas, se fueron modificando llegando a ascender a dos o más niveles, siendo el primero de piedras y el segundo piso fabricado de madera. Este último material era de mayor accesibilidad y su instalación era de menor tiempo, lo que indica que el hombre empezó a ver la necesidad de disminuir los tiempos de construcción.

Luego, con el pasar de los años, las técnicas constructivas empezaron a mejorar y aparecieron nuevos materiales, desde los cuales obtuvieron derivados. Es así como el yeso, uno de los más antiguos materiales empleado en construcción, procedió a crear el mortero o cemento, el cual mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo denominada hormigón. Por otra parte se comenzó a trabajar el hierro, un material que posee la propiedad de poder ser forjado. Ambos materiales más la madera mencionada anteriormente, son hasta el día de hoy de gran relevancia, ya que un gran número de construcciones ya sean de viviendas o estructuras con otros fines, son construidos gracias a estos materiales.

Así, los materiales más utilizados son cada vez en mayor medida hierro o derivados de éste y hormigón armado, sobre todo en áreas urbanas. La mayoría de las veces se combinan entre sí. Esto conllevaba una gran demanda de tiempo y de mano de obra dado el tiempo para alcanzar la resistencia requerida para las viviendas, todo esto hacía de la construcción un proceso lento. Con el pasar del tiempo se buscó optimizar los tiempos de construcción y sus procesos, llegando a mezclar más materiales en la construcción de



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA

viviendas, en donde los segundos pisos ya no era de Hormigón Armado ni Albañilería, dando paso a la edificación en madera con distintos recubrimientos para cumplir con los requerimientos de los usuarios.

Posterior a esto, se consideraron otros parámetros los cuales buscan la mejora en las viviendas, es por ello que se empezó a controlar más la regulación de la temperatura del aire, la luz, los niveles de sonido, la humedad, los olores, la velocidad del aire, y otros factores que afectan a la comodidad del hombre.

La historia de la construcción se caracteriza por una serie de tendencias; Uno de ellos es el aumento de la durabilidad de los materiales utilizados; Otra es la búsqueda de edificaciones de mayor altura y cada vez más espacio, lo que fue posible gracias al desarrollo de materiales más resistentes y por el conocimiento de cómo se comportan los materiales gracias a diversos estudios, ensayos y análisis.

En la actualidad, la construcción de los segundos pisos de viviendas son paneles fabricados en terreno a través de materias primas derivadas del Hierro y el Zinc, como lo es el Metalcon, aleación entre el hierro y el zinc el cual da origen al acero galvanizado o madera, cada cual con características propias, los cuales se realizan manualmente lo que implica una labor artesanal realizada por personal calificado, pero al ser un proceso artesano conlleva un sin número de errores asociados en la geometría de la construcción de los paneles estructurales, lo que hace que cada uno sea distinto del otro.

Es así como se detecta también la necesidad de implementar una nueva modalidad en la construcción-producción de los segundos pisos de viviendas, que supone el desarrollo desde técnicas constructivas tradicionales hacia nuevos sistemas y procesos de base industrial, como en cualquier otro campo de la actividad humana, es un proceso que tarde o temprano se debía recorrer, impulsado por factores exógenos como lo son;

- Crecimiento de la Población
- Avances técnicos y tecnológicos
- Nuevos materiales
- Circunstancias ambientales
- Factores económicos



En la actualidad, para concebir un segundo piso estructural se utiliza paneles prefabricados estructurales, los cuales pueden ser de:

Madera, esto es en la conformación de paneles estructurales, que están fabricados, en base a dos tableros de OSB pegados con un adhesivo estructural mono componente aplicado en caliente a un poliestireno de alta densidad. Es así como un sistema constituido por listones o bastidores de madera provenientes de fábrica y ensamblados, conformaban un armazón o caja de construcción, lo que permitió la construcción de viviendas de una, dos o tres plantas, a bajo costo, y en plazos cortos de tiempo, en relación con las técnicas manuales.



Figura 1. Panel estructural de OSB y poliestireno expandido de alta densidad.
Fuente: Tecno Panel.

Otro de los materiales altamente utilizados es el Metalcon, un sistema constructivo compuesto por perfiles de acero galvanizado para distintas aplicaciones estructurales, de tabiques divisorios y construcción de cielos. Las propiedades y ventajas del sistema Metalcon permiten una solución constructiva modular y de fácil ampliación. Esta estructura de gran resistencia y durabilidad, además nos permite agregar en su interior los elementos de aislación tanto de humedad como también térmica y acústica, obteniendo de esta forma un muro de muy buenas características estructurales y condiciones de serviciabilidad. Su función principal es transmitir las cargas superiores hacia el piso y absorber las cargas laterales producto de sismos y/o vientos. Esta estructura se compone de montantes, canales, arriostamiento, estabilizadores, vigas, refuerzos y anclajes. Todos

estos elementos adecuadamente vinculados entre sí, conforman los paneles Estructurales Metalcon.

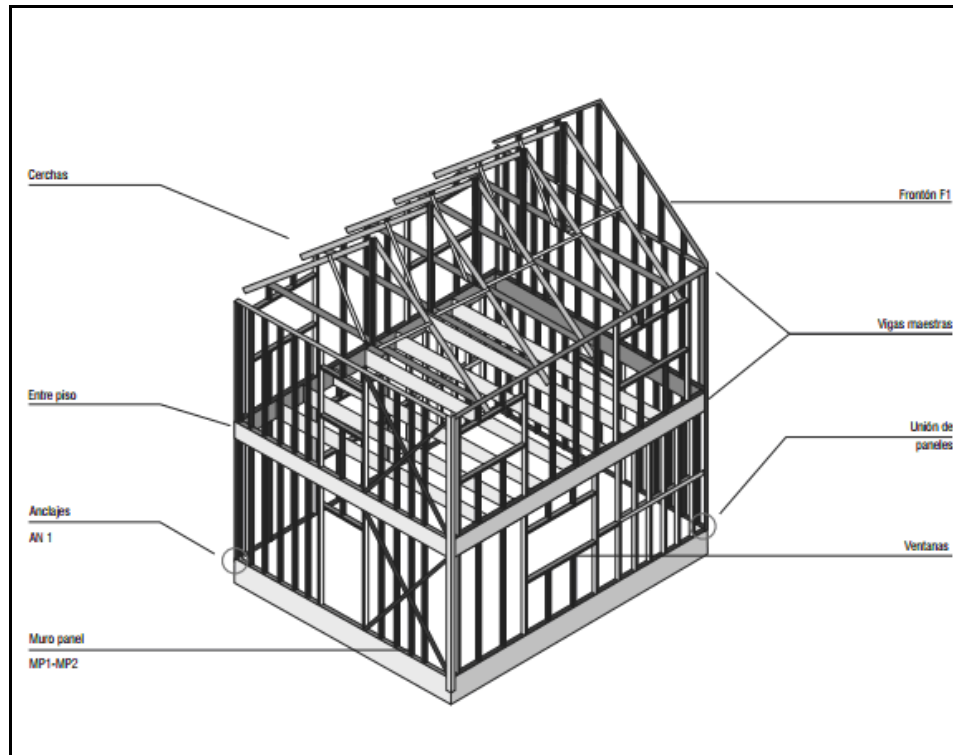


Figura 2. Estructura compuesta por paneles estructurales de Metalcon.-
Fuente: Cintac.-

Este elemento como material y su proceso de elaboración es propicio para una producción edificatoria industrializada, ya que se puede elaborar de forma previa o prefabricada elementos auto resistente y estructural, para posteriormente ser ubicados en obra, mediante técnicas y sistemas de ensamblaje.

Realizando un análisis comparativo con países desarrollados como Estados Unidos, Canadá y España, con los más altos ingresos per cápita del mundo, y que a la vez han desarrollado numerosos avances tecnológicos, ya que hace muchos años que optaron por sistemas constructivos basados en estructuras de madera, revestidos exteriormente por tableros estructurales e interiormente con yeso cartón. Se estima que alrededor del 95% de las viviendas se construyen con estos sistemas, dado su menor costo, mayor rapidez de construcción, excelentes características de habitabilidad y resistencia a las variaciones de temperatura que enfrentan. Utilizándose, incluso, para edificaciones de más de dos pisos.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA

Chile no ha estado ajeno a estos avances, ya que hoy en día existen empresas que edifican viviendas de estilo americano o canadiense. Así es, como es posible ver construcciones en serie, cuya estructura es madera de pino y revestidas con OSB y siding vinílico, es por esto que muchas empresas constructoras han incorporado alternativas distintas al cemento, ladrillos o bloques. Pensando a una mayor productividad y menor costo.

A lo anterior debemos agregar, y considerar como factor importante el innegable potencial forestal que posee nuestro país, con cerca de 16 millones de hectáreas de bosques y de los cuales alrededor de 13,5% se destinan a la producción maderera, algunos empresarios, siguiendo el ejemplo de países más desarrollados, han apostado por incentivar el consumo de este producto, como una alternativa a los materiales de construcción.

Varios estudios buscan optimizar la producción y construcción de los segundos pisos, buscando industrializar el proceso constructivo, incluyendo paneles fabricados bajo altos estándares de calidad, gracias a un proceso industrial, los cuales al ser fabricados por un procedimiento industrializado entrega paneles de iguales características físicas (geométricas) y técnicas.

Otro punto relevante para considerar realizar el estudio, es el costo asociado a la producción en serie de los paneles estructurales, ya que esto conlleva un tiempo acotado en la implementación en terreno, considerando que los tiempos de construcción son limitados dentro de un proyecto inmobiliario, y el retraso en las etapas constructivas tienen un alto costo asociado.

La prefabricación es un método industrial de producción de elementos o partes de una construcción en planta o fábrica y su posterior instalación o montaje en la obra. La aparición masiva de este sistema recibe su gran impulso debido a la mayor necesidad de construir viviendas de una forma numerosa, barata y rápida, necesidades originadas por la explosión demográfica. Esta técnica, que ha tenido un enorme desarrollo a nivel mundial, presenta claras ventajas cuando se requiere utilizar elementos repetitivos e industrializar las faenas de construcción y mejorar su productividad.

2.2. Descripción de materiales usados en la actualidad

2.2.1. Descripción general del Metalcon

El Metalcon Estructural, es un moderno sistema constructivo en el cual, los muros perimetrales, techumbres y todos los elementos estructurales de construcción son fabricados utilizando una familia de perfiles de acero galvanizado de bajo espesor y alta resistencia, unidos entre sí por medio de tornillos auto perforantes, éstos presentan un gran resistencia estructural, resistencia a la corrosión, incombustible e indeformable.

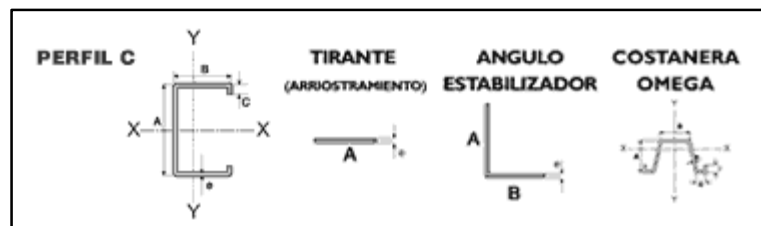


Figura 3. Tipos de perfiles estructuras de Metalcon.-
Fuente: Cintac.-

El Metalcon estructural permite una amplia gama de revestimientos exteriores: tableros estructurales de madera, paneles de fibrocemento, estuco sobre malla metálica, siding plástico, enchape de ladrillo, etc. Como aislación térmica en el interior de los muros, es posible usar lana de vidrio o poliestireno expandido, de muy fácil instalación, ya que, al no requerir los muros de cadenetas, permite instalar los rollos o planchas de aislación en forma completa, sin requerir cortes.

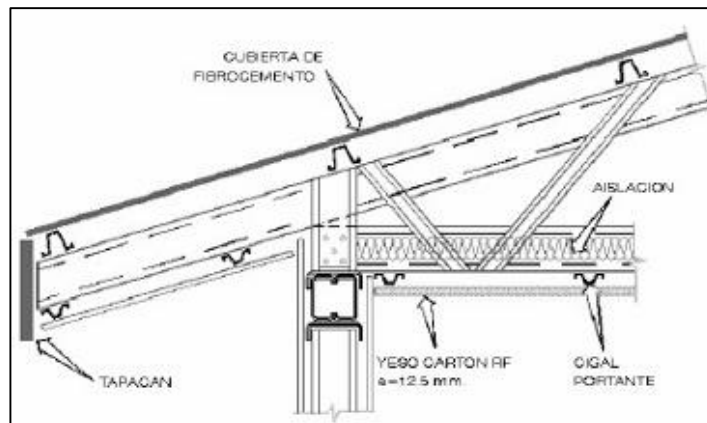


Figura 4. Esquema tipo de techumbre de estructura de Metalcon con su respectiva aislación y revestimiento.- Fuente: Cintac

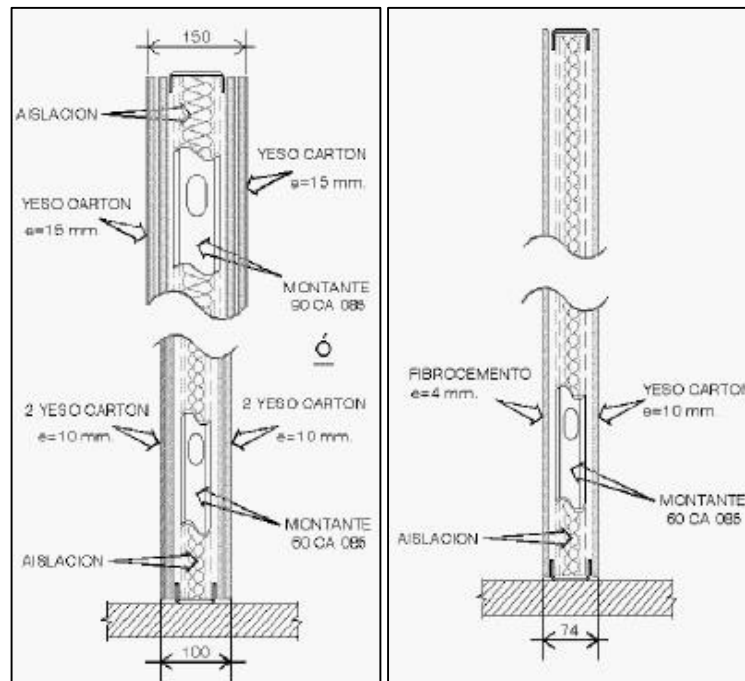


Figura 5. Esquema tipo de muros de estructura de Metalcon con su respectiva aislación y revestimiento.- Fuente: Cintac.-

Características cuantitativas y/o cualitativas

Si es diseñado adecuadamente resiste perfectamente la acción del fuego, con la ventaja de que al ser incombustible no incorpora carga combustible adicional.

Al ser estructuralmente superior, tiene una de las mayores relaciones de resistencia a peso en comparación con otros materiales. Permite salvar grandes espacios o luces sin ningún problema, entregando una gran flexibilidad al diseño.

Perfiles utilizados en el proyecto inmobiliario estudiado.

Los perfiles utilizados en la construcción de la vivienda tipo B del proyecto inmobiliario en estudio, para todos sus componentes estructurales es el siguiente:

Tabla 1. Perfil de Metalcon Omega. Utilizado en techumbre. Fuente: Cintac.-

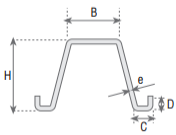
	Nomenclatura	Alma H [mm]	Ala B [mm]	Atiesador C + D [mm]	Espesor e [mm]	Pesos [kg/m]	Largos [m]
		40 OMA085	40	35	15+8	0,85	0,98

Tabla 2. Perfil de Metalcon. Utilizado en muros estructurales. Fuente: Cintac.-

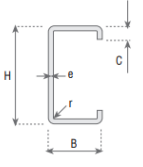
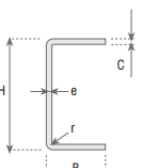
	Nomenclatura	Alma H [mm]	Ala B [mm]	Atiesador C [mm]	Espesor e [mm]	Pesos [kg/m]	Largos [m]
	60 CA085	60	38	6	0,85	0,96	2,4 - 6,0
90 CA085	90	38	12	0,85	1,23	2,4 - 6,0	

Tabla 3. Perfil de Metalcon. Utilizado en muros estructurales. Fuente: Cintac.-

	Nomenclatura	Alma H [mm]	Ala B [mm]	Espesor e [mm]	Pesos [kg/m]	Largos [m]
	62 C085	62	25	0,85	0,72	6
92 C085	92	30	0,85	1	6	

2.2.2. Descripción general de Oriented Strand Board (OSB)

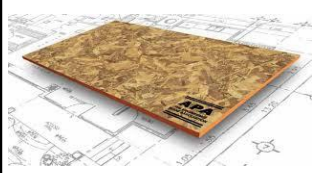
Oriented Strand Board, es un tablero formado por hojuelas de madera, orientadas en 3 capas perpendiculares entre sí, mezcladas con adhesivos fenólicos y de poliuretano prensados a alta temperatura y presión.

Esta tecnología es muy eficiente en el uso de los recursos y como tablero es uno de los principales componentes estructurales que permiten la construcción de viviendas en países desarrollados, se ha denominado Construcción Energitérmica Asísmica (C.E.A.) por los diversos beneficios que conlleva su uso.

El panel utilizado en la construcción de la vivienda tipo B del proyecto inmobiliario en estudio, como recubrimiento en la estructura perimetral es el siguiente:

Tabla 4. Tableros OSB. Utilizado como revestimiento de muros estructurales.-

Fuente: LP Building Products.-

	Nomenclatura	Alto [m]	Ancho [m]	Espesor [mm]	Pesos [kg]
	OSB 11,1	2,44	1,22	11,1	22,8



CAPÍTULO 3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1. Situación actual y proyección futura de la construcción de viviendas en Chile.

La construcción siempre se ha destacado por ser, dentro de la economía, una de las áreas con mayores variaciones, concentrándose sus periodos más bajos durante crisis o desaceleraciones económicas y teniendo aumentos cuando estas cesan o bien agentes externos como el crecimiento poblacional hacen aumentar la demanda de viviendas. Hace ya un par de años la demanda de viviendas aumento considerablemente dado al mencionado crecimiento de la población y una mejora en la economía nacional, por lo mismo las personas buscan por un lado adquirir bienes y por otra parte las que ya poseen una, cambiarlo por una mejor.

En el último año las ventas de viviendas presentaron un crecimiento, superando de manera significativa los pronósticos; sin embargo las proyecciones de la industria para este 2016, no son las mejores.

El crecimiento de inversión en construcción tendrá un margen que va desde un escenario pesimista de -1,9%, a uno optimista de 2,1%. *Revista EMB. Proyecciones 2016 para el sector de la Construcción (2016).* <http://www.ebm.cl/articulo>.

Destacar que el IVA a la construcción y las exigencias al financiamiento generarán una ralentización de la demanda.

Los segmentos más dinámicos serán la construcción de vivienda pública, (US\$ 2.600 millones) que aumenta los subsidios a la demanda de vivienda. En cambio, la construcción de vivienda privada y las concesiones de obras de infraestructura se volverán a contraer este año.

El tiempo de venta hasta agotar el stock en construcción de casas, refleja un fuerte incremento en los últimos períodos. En contrapartida, el tiempo para vender departamentos continúa su tendencia decreciente.



Por otro lado, al tercer trimestre de 2015, la evolución del mercado inmobiliario nacional superó, de manera significativa, las previsiones anunciadas durante el 2º trimestre del mismo año. Entre enero y septiembre se registró una cifra de ventas de 58.000 unidades en todo el país, lo cual equivale a un aumento de 20,4% en comparación con el año anterior. La firma de promesas de venta de viviendas nuevas se aceleró notablemente dado que durante el presente año se acogen al beneficio tributario y, por tanto, no pagan IVA según la nueva reforma tributaria. Este hecho motivó que tanto familias como inversionistas adelantaran la decisión de comprar una vivienda.

Según tipo de vivienda, como viene siendo habitual en los últimos años, el mercado de departamentos exhibió mejor desempeño que el mercado de casas, alcanzando una cifra de ventas de 43.000 unidades al mes de septiembre, lo que representa un aumento de 28,5% frente a su similar de 2014. El mercado de casas, por su parte, totalizó una cifra de ventas de 15.000 unidades entre enero y septiembre, lo cual supone un modesto incremento de 2% frente al año previo. *Cámara Chilena de la Construcción (2015)*.

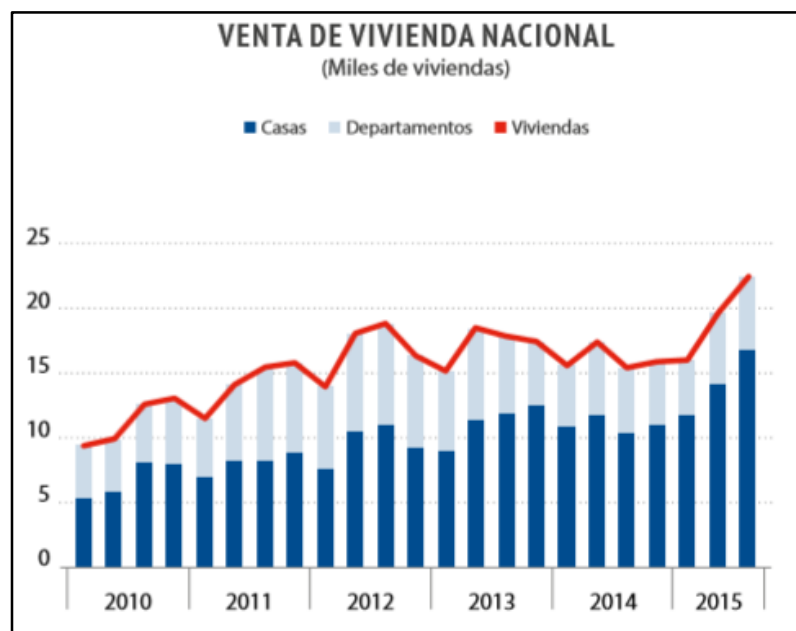


Grafico 1. Venta Nacional de Viviendas, en miles de viviendas.-Fuente: CChC



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA

Si bien las comparaciones interanuales resultan notablemente elevadas, se debe considerar que el año 2014 supone una base de comparación no tan exigente ya que el mercado inmobiliario registró en ese año un descenso de 7% con respecto a 2013.

En lo que respecta al valor de las ventas, el monto total transado en los 3 primeros trimestres de 2015 alcanzó a 178 millones de UF, lo que representa un aumento de 26% en comparación con su símil de 2014. Esta variación es ligeramente superior a la registrada según unidades comercializadas, razón por la cual existió un efecto precio de casi 6% en el mercado inmobiliario nacional. Tal como ocurre con la comercialización según unidades, el valor de las ventas mostró mejor desempeño en el mercado de departamentos en comparación con el de casas. En el primer caso, el monto total transado a septiembre alcanzó a 125 millones de UF, lo cual implica un incremento anual de 32,9%. En el segundo caso, el valor de la venta de casas totalizó 53 millones de UF, lo que supone un aumento anual de 12,3%. De esta manera, en ambos mercados existió efecto precio en la venta de viviendas: de 4,4% en departamentos y de 10,3% en casas.

Por su parte, la oferta de viviendas a nivel nacional promedió 83.500 unidades en los nueve primeros meses del año, lo que supone un incremento de 14,7% frente a su símil del año anterior. Se debe destacar que, durante el tercer trimestre se evidenció un ingreso masivo de proyectos inmobiliarios a la oferta, concentrado casi exclusivamente en departamentos. Nuevamente, la reforma tributaria aparece como el principal factor explicativo de esta evolución, ya que las viviendas cuyo permiso de edificación se apruebe antes de 2016 se acogen al beneficio fiscal y no pagarán IVA.

Según tipo de vivienda, la oferta de departamentos promedió 67.000 unidades entre enero y septiembre, lo cual implica un incremento de 18,1% frente al año anterior. Por otra parte, en el mercado de casas la oferta alcanzó a 16.500 unidades, ubicándose 2,6% por sobre el nivel promediado el año previo. *Cámara Chilena de la Construcción, Indicadores (2015)*.

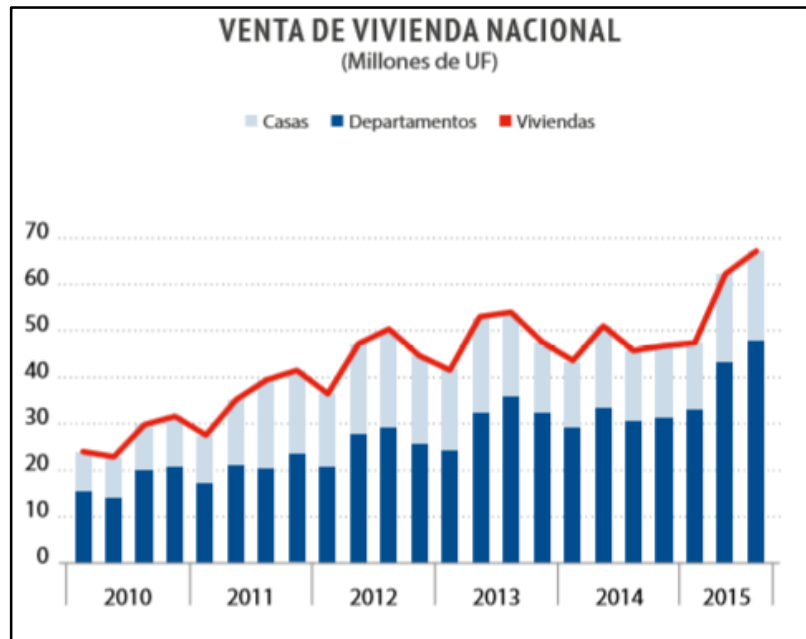


Gráfico 2. Venta Nacional de Viviendas, en millones de UF.- Fuente: CChC.

Dados estos antecedentes, estimamos que durante 2015 la venta de viviendas a nivel nacional registró un avance de 16,9% en comparación con 2014, alcanzando un total de 74.802 unidades comercializadas en el año.

Para 2016 se espera que la demanda por vivienda mantenga cierto grado de fortaleza. Es por ello que se estiman cifras de venta de 63.564 unidades a nivel nacional. Si bien ello supondría variaciones anuales negativas de -15% y -17,5% respectivamente, en cuanto a la evolución futura de los fundamentos de demanda, se considera que las condiciones financieras siguen siendo el principal riesgo para la actividad sectorial. En concreto, se espera que el acceso al crédito hipotecario se mantenga restrictivo durante el próximo año, lo cual estaría fundamentado en el mayor riesgo asociado a los clientes. Junto a ello, es evidente que las entidades bancarias están reduciendo la razón deuda-garantía, otorgando cada vez menos créditos por 80% o más del valor de la vivienda. Esto supone una limitación importante para una porción significativa de los hogares que no cuenta con ahorro suficiente para pagar un pie de 20% o más. Adicionalmente, el cambio de normativa sobre provisiones bancarias tendrá como consecuencia un encarecimiento del crédito para los hogares de menos recursos.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA

Otro factor es, evidentemente, la reforma tributaria y el consiguiente encarecimiento de los precios de las viviendas sujetas a pago de IVA, lo cual repercutiría negativamente sobre las posibilidades de comprar una vivienda. *Factor Inmobiliario. Perspectivas Inmobiliarias (2016)*.

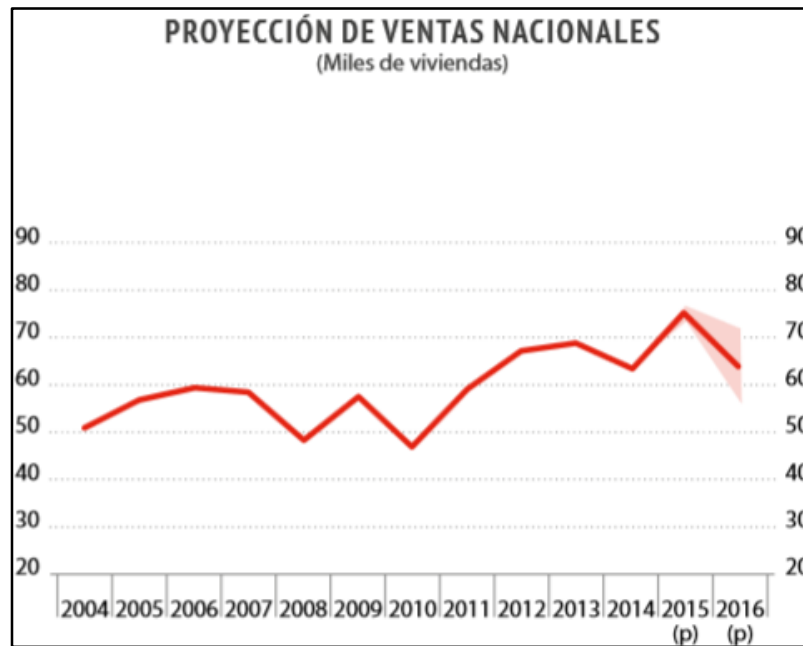


Grafico 3. Proyecciones de Venta Nacional de Viviendas. -Fuente: CChC.



3.2. Situación actual de la construcción de viviendas en Chile a nivel regional.

A nivel regional, en el rubro inmobiliario esperamos un menor ritmo, lo cual nos hace proyectar que la inversión inmobiliaria disminuiría en cerca de un 15%.

Si bien el presupuesto del Minvu en el Biobío crecerá un 13%, esto obedece principalmente a los pagos a realizar por el subsidio DS 116. Lo mismo sucede con los subsidios destinados a familias vulnerables, que se incrementarán significativamente en relación al 2015, lo que sólo representa una recuperación de los niveles de periodos anteriores, que han estado en torno a los 4 mil 300 subsidios.

Con todo lo anterior, se pronostica para nuestra región un crecimiento para el año 2016 en torno al 3% nominal en la inversión en construcción total. *Minvu (2016)*

Según especialistas consultados de los distintos rubros de la construcción, en 2016 la inversión del sector estará prácticamente estancada en la Región por los siguientes factores: menor actividad de la economía; incertidumbre por reformas estructurales; problemas de provisión de suelo urbano; encarecimiento de la construcción por temas regulatorios y alza del dólar; y crecientes restricciones bancarias para créditos hipotecarios y financiamiento de proyectos.

Es así como se proyecta que en 2016 la desaceleración y contracción económica frenarán fuerte la actividad.

En un plano más actual, un explosivo crecimiento de compras en blanco y verde está teniendo el mercado inmobiliario del gran Concepción, ya que el 86% de las casas y el 75% de los departamentos han sido adquiridos bajo dicha modalidad.

Concepción lideró las ventas de departamentos con un 60% de participación (1.083 unidades), subiendo en un 73% respecto al período anterior. Le sigue San Pedro de la Paz con un 21% de participación (386 unidades), con un aumento de un 26% respecto al período anterior. En el mercado de las casas Coronel tuvo la mayor participación en las ventas con 44% (628 unidades), aumentando un 183% respecto al período anterior. Le sigue San Pedro de la Paz con un 19% de participación (273 unidades), con un aumento

de un 34% con respecto al período anterior. *Informe de Coyuntura Inmobiliaria INCOIN (2016).*

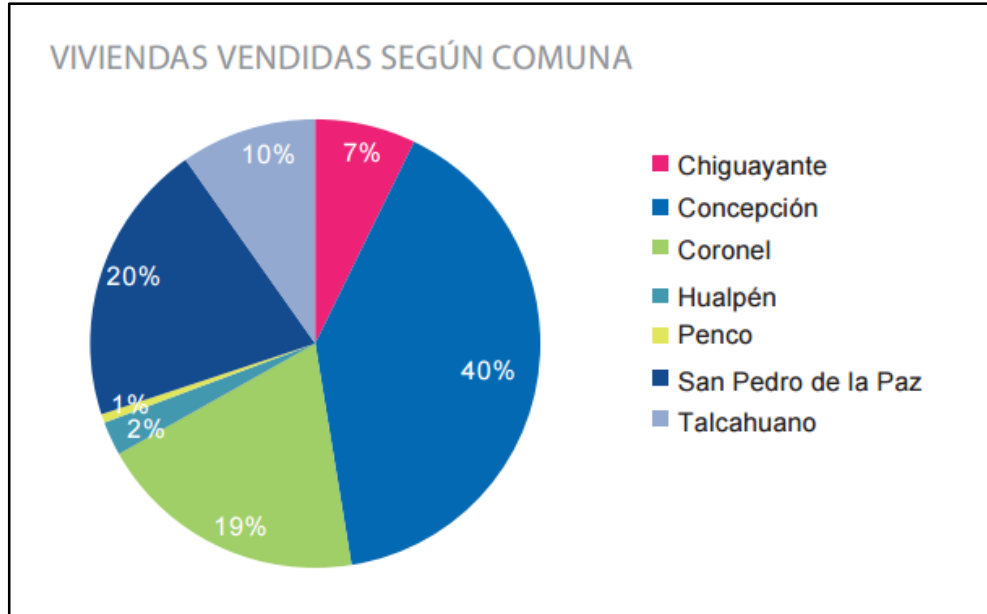


Grafico 4. Venta Regional de Viviendas según comuna.-

Fuente: Informe de Coyuntura Inmobiliaria INCOIN

Las unidades ofertadas alcanzan las 7.336 unidades, mostrando un aumento de 15% respecto del período anterior y un 15% respecto al mismo período del año 2014. La oferta de departamentos alcanza las 4.481 unidades, lo que representa un aumento de un 2% en relación al período anterior y de un 5% al compararlo con el mismo período del año anterior. La oferta se distribuye en 120 proyectos en venta, un 5% más que el período anterior. La oferta de casas alcanza las 2.855 unidades, lo que representa un alza de un 47% en relación al período anterior, y un aumento de un 35% al compararlo con el mismo período del año anterior. Se registraron 106 proyectos de casas presentando una subida de un 10% con respecto al período anterior.

En el Gran Concepción el promedio en los meses para agotar stock es de 12 meses, disminuyendo un 10% respecto al periodo anterior. El mayor aumento fue en Chiguayante con un 11% más en relación al periodo anterior (14 meses). La mayor caída fue en Talcahuano con un 23% menos que el periodo anterior (8 meses). Los meses para agotar stock van desde los 6 meses en Coronel a los 40 meses en Penco.

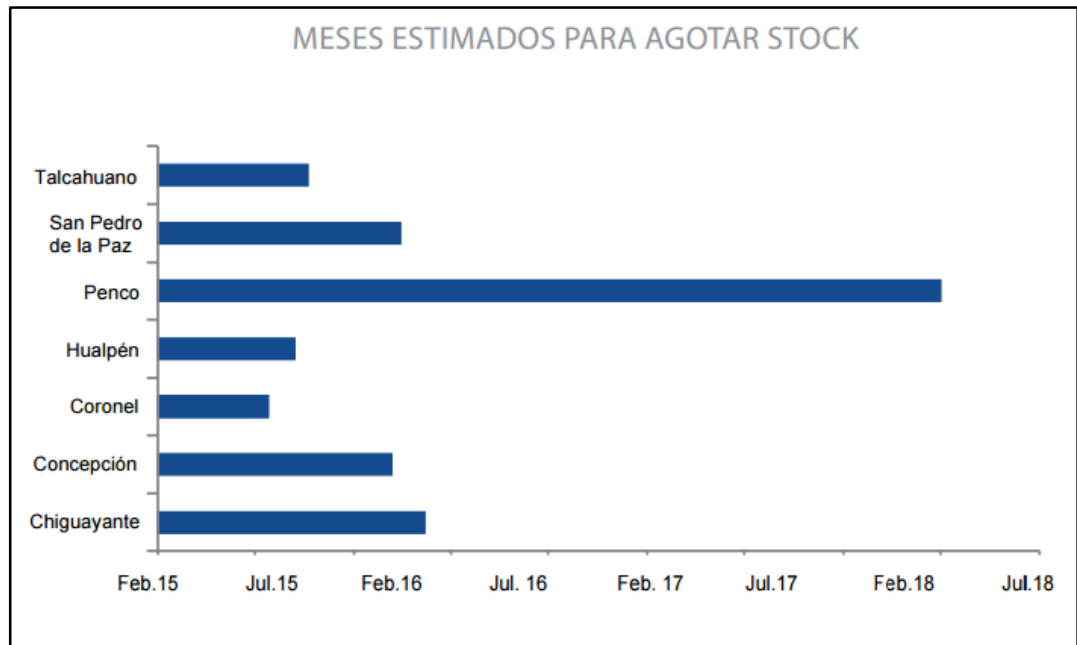


Grafico 5.Estimación en meses para agotar stock de ventas en el Gran Concepción.-

Fuente: Informe de Coyuntura Inmobiliaria INCOIN

Tabla 5.Detalle de Proyectos en ventas, en el Gran Concepción.-

Fuente: Informe de Coyuntura Inmobiliaria INCOIN

COMUNA	PROYECTOS EN VENTA	STOCK OFERTADO	UNIDADES VENDIDAS	SUP. UTIL EDIF.(M2)	VALOR UNITARIO (UF/M2)
CHIGUAYANTE	31	650	234	79,2	33,2
CONCEPCIÓN	88	3.024	1.299	59,1	39,7
CORONEL	16	1.091	628	64,1	19,3
HUALPÉN	10	206	79	56,6	35,7
PENCO	1	130	20	55,0	23,5
SAN PEDRO DE LA PAZ	59	1.675	659	70,6	33,6
TALCAHUANO	21	560	316	71,7	33,1

3.3. Descripción del Proyecto Inmobiliario

El Proyecto Inmobiliario denominado San Andrés del Valle III, se encuentra ubicado en Calle Parques de Carriel, Sector Ex Fundación Carriel Sur, Comuna de Talcahuano, Octava Región del Biobío.

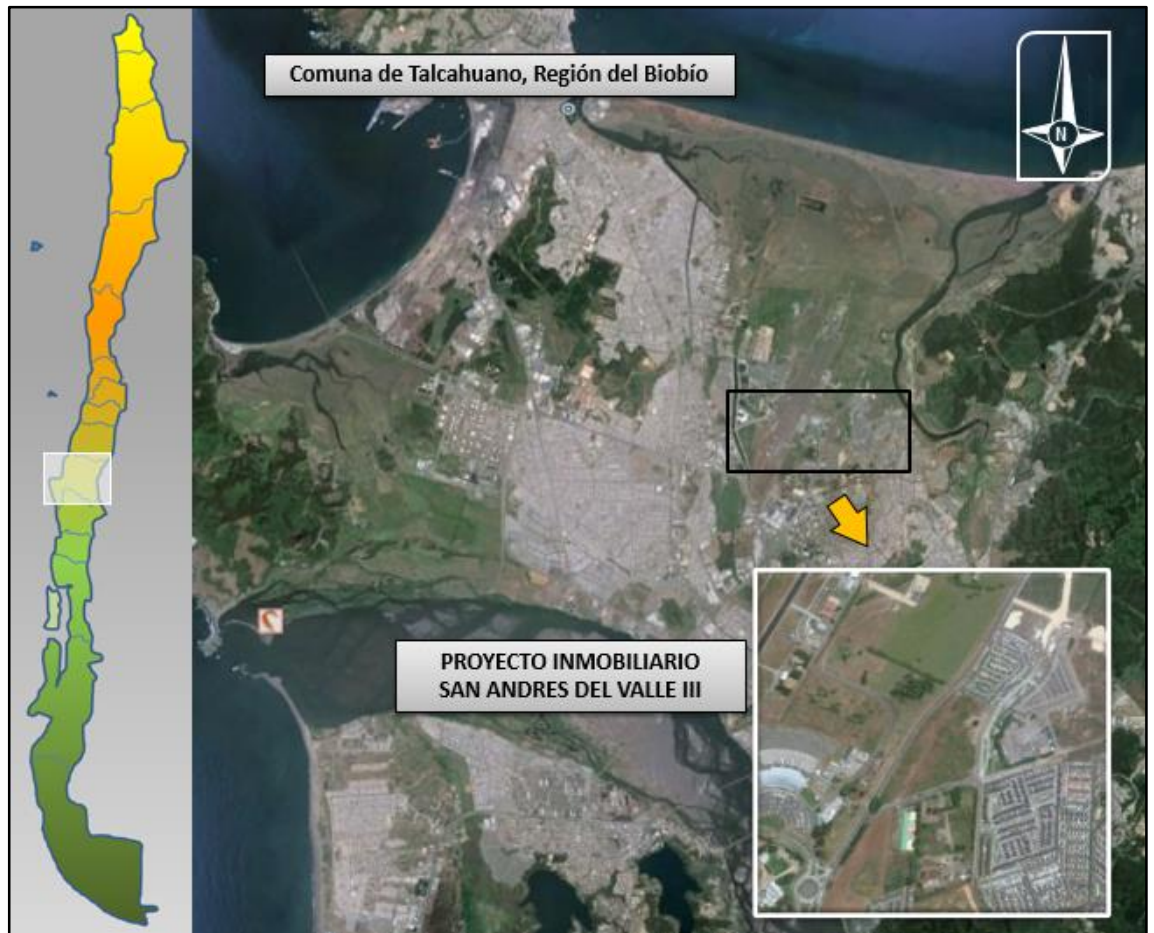


Figura 6. Ubicación del Proyecto San Andrés del Valle III.-Fuente: Google Earth.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA

El modelo vivienda ah analizar, es la vivienda Tipo “B” Rapel., cuyas características son las siguientes:

- Primer Piso: Albañilería Confinada, con divisiones en tabiquería ligera de Metalcon.
- Segundo Piso: Estructura de Metalcon, con revestimiento de OSB.
- Número de Dormitorios: 3 dormitorios.
- Numero de Baños: 3 Baños
- Superficie Edificada: 103,78 m²
- Desde UF 3.943.-



Figura 7. Vivienda Modelo Tipo B, Rapel.- Fuente: Constructora AITUE.



Figura 8. Primer Nivel Vivienda Tipo B, Rapel.-Fuente: Constructora AITUE.



Figura 9. Segundo Nivel Vivienda Tipo B, Rapel.- Fuente: Constructora AITUE.



3.4. Proceso Constructivo de la Estructura.

Se ha mencionado en los capítulos anteriores que el proceso constructivo se realiza de manera artesanal realizado por una mano de obra calificada, pero aun así sigue siendo un proceso que conlleva una diferenciación entre partes que deberían ser iguales. Si bien existen patrones y un procedimiento dentro de la elaboración, fabricación y montaje de la estructura, cada una difiere de la otra a causa.

El proceso de edificación y montaje de la estructura parte por el dimensionamiento y corte de las piezas de Metalcon, la cual es realizada por un maestro. Éste gracias al conocimiento de los planos estructurales, realiza los cortes simultáneos de las mismas piezas mientras otro maestro las ensambla entre sí, y así se comienza a confeccionar las piezas principales de la estructura, como cerchas, pies derechos y montantes, además edifican a mano los elementos de arriostre de la estructura.

Lo anterior conlleva una gran pérdida de material producto de los tramos de perfiles que no se puede reutilizar, además de una pérdida asociada al tiempo de confección de los paneles estructurales sobre la marcha de la obra.

De una manera más simple, el maestro corta y ensambla los perfiles para luego a mano alzada desde un primer nivel subir la cercha fabricada hacia el segundo piso, y los muros estructurales son construidos de manera in-situ sobre la losa de la vivienda.

Esto provoca que cada vivienda tenga dimensiones distintas en cuanto a muros perimetrales, ventanas y puertas, si bien estas variaciones son milimétricas, obligan a los procesos sucesivos como el revestimiento de los muros a realizarlos de manera artesanalmente debiendo presentar y acotar cada placa para que cubra de manera óptima los espacios a revestir.

La secuencia constructiva más detallada se presenta en el siguiente esquema, destacando las actividades relevantes del proceso constructivo.



Actividades Relevantes dentro del proceso constructivo del segundo nivel.





UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

Las alternativas que se evaluarán, absorben las pérdidas asociadas a la confección de los muros estructurales y asegurarán un panel de iguales dimensiones entre sí, creando un proceso industrializado en la construcción de las viviendas, eliminando la elaboración y fabricación de los paneles, reduciendo el proceso constructivo solo al montaje de la estructura.



CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

4.1. Recolección de datos

Se realizó un levantamiento de datos en terreno, con la finalidad de conocer el proyecto y el proceso constructivo actual de la edificación de los segundos pisos de las viviendas, en específico de la vivienda tipo B. Se levantó un catastro de las materias primas utilizadas, los tiempos de edificación (ver anexo) y las actividades relevantes del proceso constructivo. Por otra parte, se tuvo acceso a los planos estructurales y arquitectónicos de la vivienda en estudio.

Finalmente, se accedió a la documentación de la descripción de las materias primas asignadas a cada vivienda, presupuesto y al rítmico de obra, con ello se contrastaron los datos levantados en terreno y se verificó su asignación.

Lo primero que se observó en cuanto a presupuesto es que existen diferencias entre lo presupuestado y los costos reales asignados a las viviendas en el proceso constructivo, teniendo una variación de un 2% como se ve a continuación:

Tabla 6. Análisis de Costos, estructura segundo piso.- Fuente: Elaboración Propia

Análisis de Costos		
Descripción	Tipo	Valor
Estructura Metalcon	Presupuesto Programado	\$ 1.649.961
Revestimiento Exterior	Presupuesto Programado	\$ 344.911
Total		\$ 1.994.872
Estructura Metalcon	Presupuesto Real	\$ 1.694.035
Revestimiento Exterior Ajustado	Presupuesto Real	\$ 335.174
Total		\$ 2.029.209



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

El presupuesto programado, corresponde a los costos asignados a proyecto a nivel de materias primas por Constructora AITUE.

El presupuesto real, corresponde a los costos contrastados con las materias primas entregadas por bodega a la cuadrilla de trabajadores.

Del catastro de materias primas se observó que existen pérdidas asociadas al proceso constructivo actual de los segundos pisos, tanto en la estructura de Metalcon como del revestimiento en OSB, las cuales deben ser absorbidas por la empresa constructora. Los costos y pérdidas asociadas al proceso constructivo son:

Tabla 7. Pérdidas de materias primas.- Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro	Costo Real Materias Primas	Costo sin Pérdidas de Materias Primas	Porcentaje Pérdida
Sin Revestimiento	\$ 1.114.435.-	\$ 1.067.254.-	(-) 4,23%
Con Revestimiento	\$ 1.312.130.-	\$ 1.242.794.-	(-) 5,28%

Finalmente, se realizó una medición de tiempo para el proceso constructivo de los segundos pisos de las viviendas tipo B “Rapel”, cabe mencionar que el proceso constructivo se lleva a cabo con una cuadrilla de 3 trabajadores (Recursos) para la estructura de Metalcon y otra cuadrilla de Carpinteros de iguales características para el revestimiento exterior. En la asignación de los tiempos, estos se separaron en 3 designaciones; Tiempos de Producción, Tiempo No Disponible y Tiempo perdido como se ve a continuación.



Cuadrillas de Metalcon, Estructura Global Segundo Piso.

Tabla 8. Recurso N°1, Cuadrilla de Metalcon. Fuente: Elaboración Propia.

Resumen Recurso N° 1			
Tiempos	Día N°1	Día N°2	Día N°3
Tiempo Producción [horas]	6:20	6:45	7:00
Tiempo Producción [%]	69,1%	73,0%	75,0%
Tiempo No Disponible [horas]	1:45	2:00	1:45
Tiempo No Disponible [%]	19,1%	21,6%	18,8%
Tiempo Perdido [horas]	1:05	0:30	0:35
Tiempo Perdido [%]	11,8%	5,4%	6,3%
Tiempo No Producción [horas]	2:50	2:30	2:20
Total	9:10	9:15	9:20

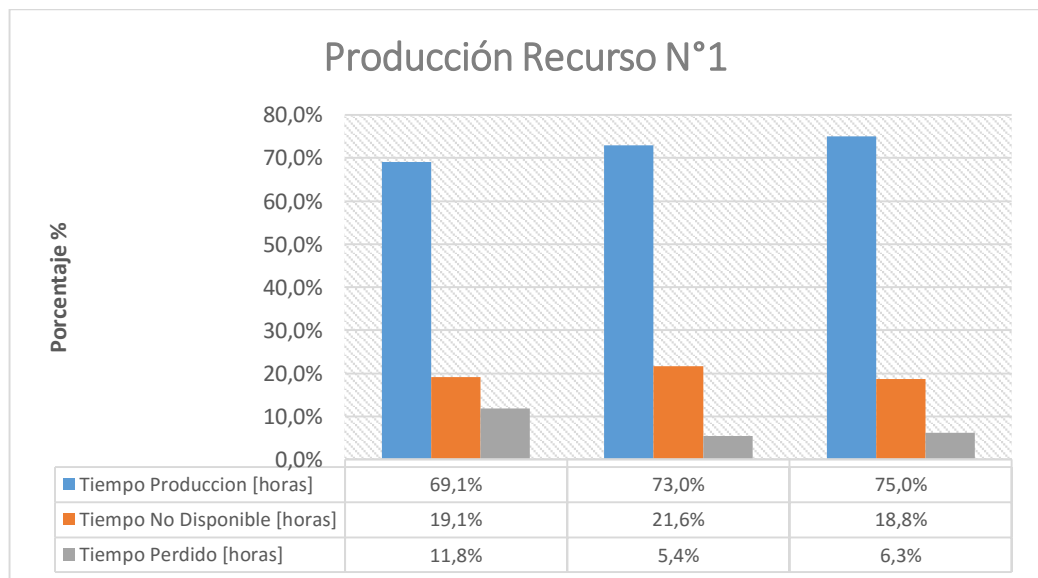


Grafico 6. Producción Recurso N°1, Cuadrilla Metalcon. Fuente: Elaboración Propia.



Tabla 9. Recurso N°2, Cuadrilla Metalcon. Fuente: Elaboración Propia.

Resumen Recurso N° 2			
Tiempos	Día N°1	Día N°2	Día N°3
Tiempo Producción [horas]	7:05	7:40	6:45
Tiempo Producción [%]	75,2%	82,1%	71,7%
Tiempo No Disponible [horas]	2:00	1:15	1:35
Tiempo No Disponible [%]	21,2%	13,4%	16,8%
Tiempo Perdido [horas]	0:20	0:25	1:05
Tiempo Perdido [%]	3,5%	5,0%	11,5%
Tiempo No Producción [horas]	2:20	1:40	2:40
Total	9:25	9:20	9:25

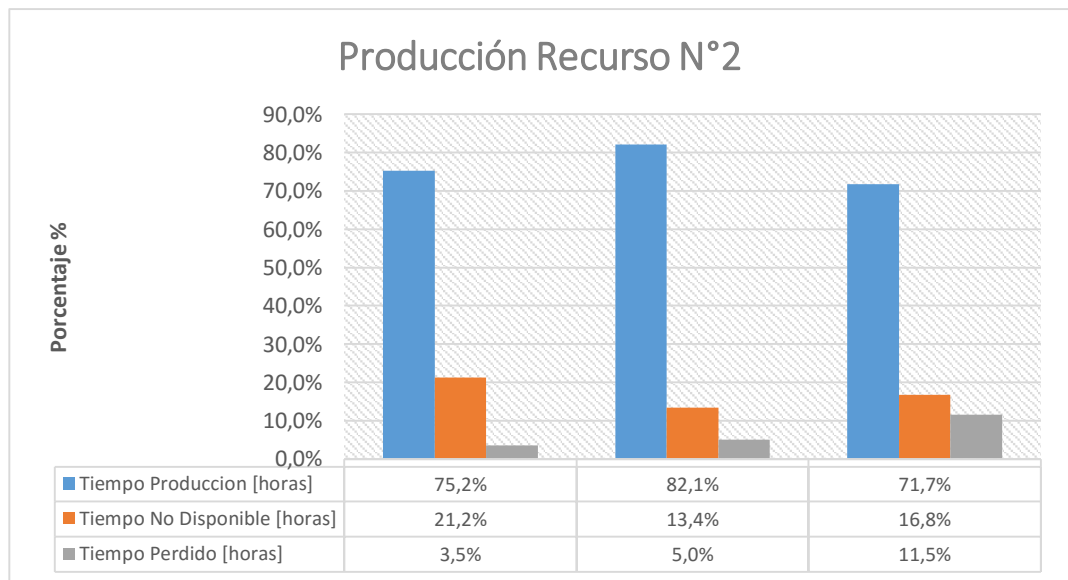


Grafico 7. Producción Recurso N°2, Cuadrilla Metalcon. Fuente: Elaboración Propia.



Tabla 10. Recurso N°3, Cuadrilla Metalcon. Fuente: Elaboración Propia.

Resumen Recurso N° 3			
Tiempos	Día N°1	Día N°2	Día N°3
Tiempo Producción [horas]	6:45	7:30	5:50
Tiempo Producción [%]	72,3%	80,4%	61,9%
Tiempo No Disponible [horas]	2:05	1:35	3:00
Tiempo No Disponible [%]	22,3%	17,0%	31,9%
Tiempo Perdido [horas]	0:30	0:15	0:35
Tiempo Perdido [%]	5,4%	2,7%	6,2%
Tiempo No Producción [horas]	2:35	1:50	3:35
Total	9:20	9:20	9:25

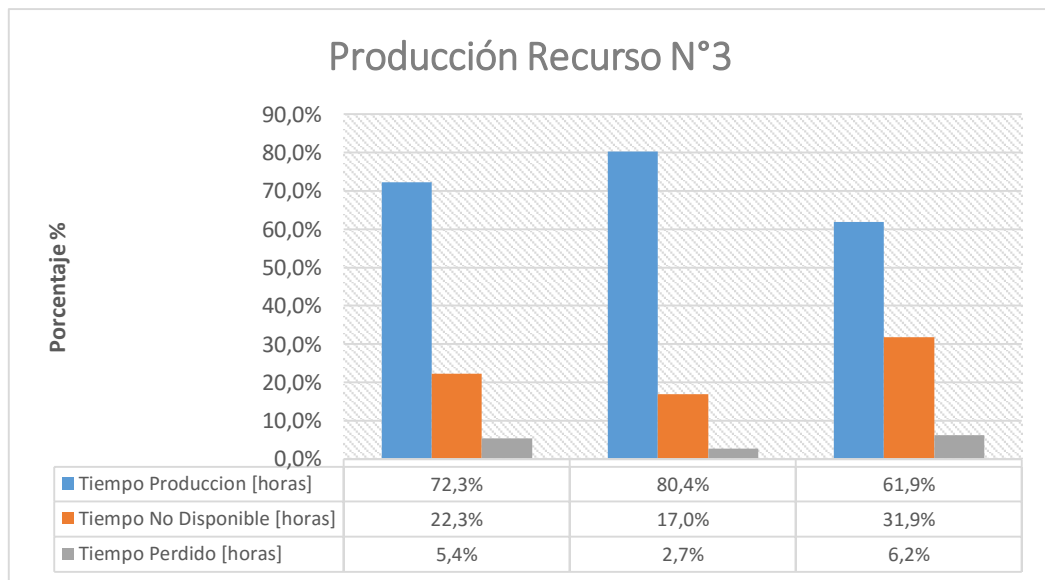


Grafico 8. Producción Recurso N°3, Cuadrilla Metalcon. Fuente: Elaboración Propia.



Cuadrillas de Carpinteros Revestimiento Exterior.

Tabla 11. Recurso N°1, Cuadrilla Carpinteros. Fuente: Elaboración Propia.

Resumen Recurso N°1			
Tiempo	Día N°1	Día N°2	Día N°3
Tiempo Producción [horas]	1:15	6:35	4:00
Tiempo No Disponible [horas]	0:00	1:25	1:05
Tiempo Perdido [horas]	0:00	0:15	0:15
Tiempo No Producción [horas]	0:00	1:40	1:20
Total [horas]	1:15	8:15	5:20

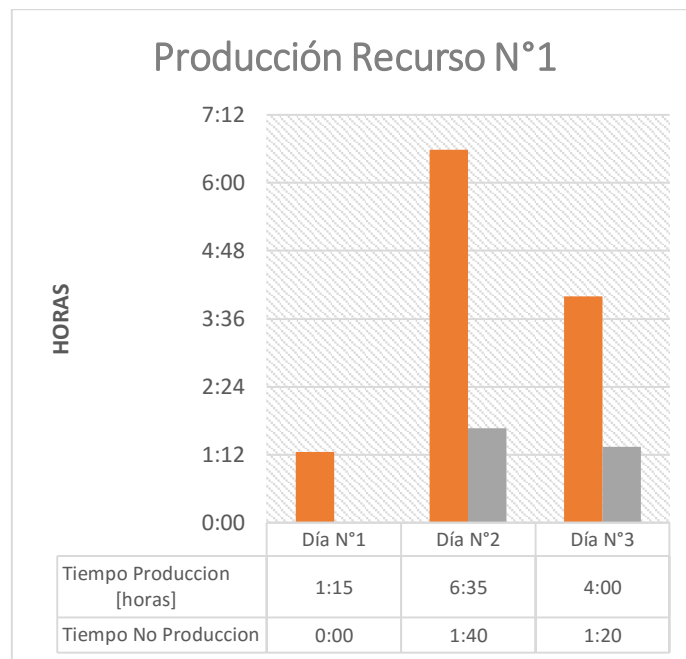


Grafico 9. Producción Recurso N°1, Cuadrilla Carpinteros. Fuente: Elaboración Propia.



Tabla 12. Recurso N°2, Cuadrilla Carpinteros. Fuente: Elaboración Propia.

Resumen Recurso N°2			
Tiempo	Día N°1	Día N°2	Día N°3
Tiempo Producción [horas]	0:20	6:30	4:10
Tiempo No Disponible [horas]	0:00	1:35	1:25
Tiempo Perdido [horas]	0:00	0:15	0:10
Tiempo No Producción	0:00	1:50	1:35
Total	0:20	8:20	5:45

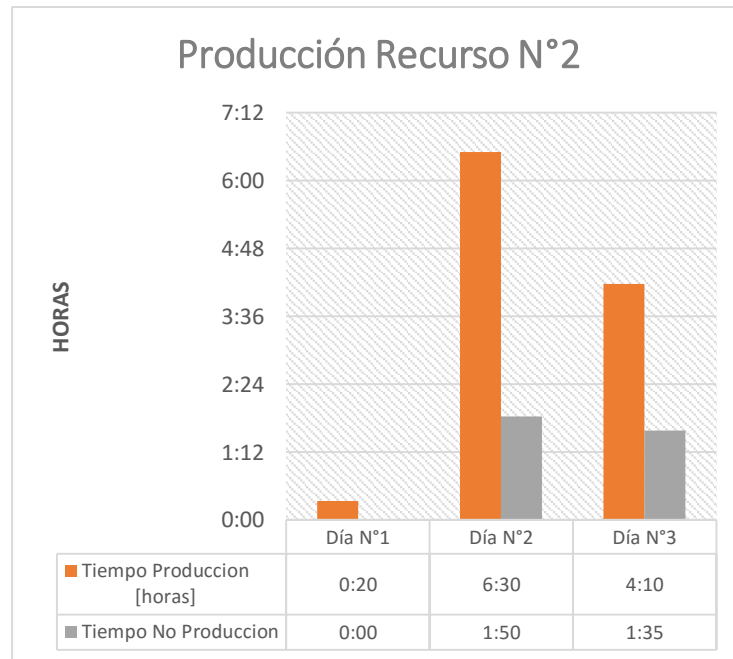


Grafico 10. Producción Recurso N°2, Cuadrilla Carpinteros. Fuente: Elaboración Propia.



Tabla 13. Recurso N°3, Cuadrilla Carpinteros. Fuente: Elaboración Propia.

Resumen Recurso N°3			
Tiempo	Día N°1	Día N°2	Día N°3
Tiempo Producción [horas]	1:15	6:40	4:20
Tiempo No Disponible [horas]	0:00	1:20	1:10
Tiempo Perdido [horas]	0:00	0:25	0:15
Tiempo No Producción [horas]	0:00	1:45	1:25
Total [horas]	1:15	8:25	5:45

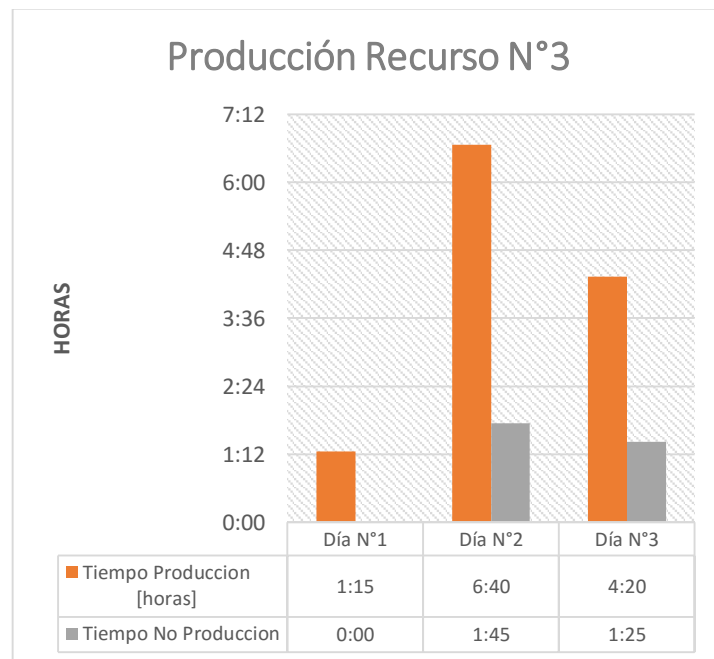


Gráfico 11. Producción Recurso N°3, Cuadrilla Carpinteros. Fuente: Elaboración Propia.

4.2. Alternativas a evaluar para el estudio.

Lo primero que se consideró para industrializar el proceso constructivo fue el uso de paneles prefabricados, tanto para los paneles estructurales, cerchas y paneles no estructurales, y por otra parte se consideraron las materialidades más usadas y que se tiene de fácil acceso en el mercado nacional. Con las consideraciones mencionadas se procedió a evaluar las alternativas presentadas por 5 proveedores de paneles prefabricados, las alternativas consideradas para el estudio son las siguientes:

- Alternativa A, Proveedor Tecno Panel

Muros Estructurales, formados por paneles SIP (Structural Insulated Panel), el cual es un moderno y completo sistema estructural auto soportante usado ampliamente en el campo de la construcción de viviendas principalmente, el cual está formado por tableros de OSB (Oriented Strand Board) y poliestireno de alta densidad.

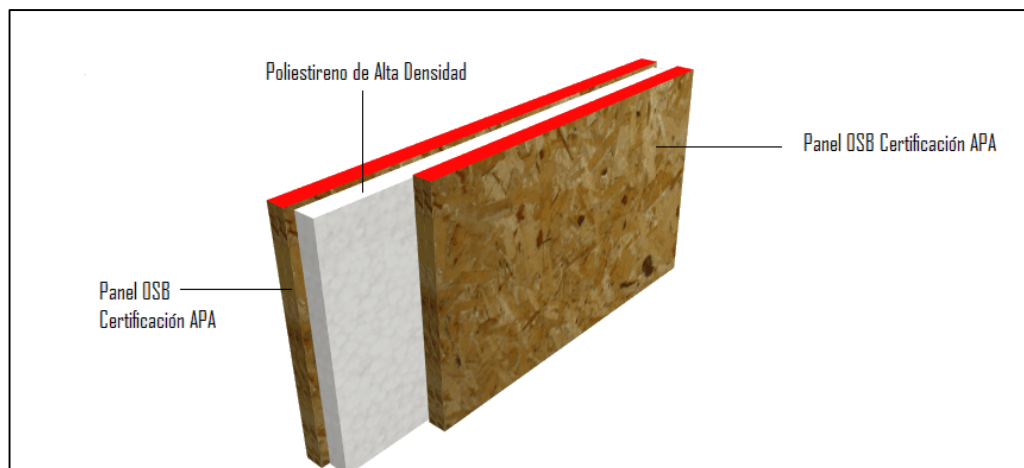


Figura 10. Detalle Panel SIP.-
Fuente: Modo Panel, Paneles Estructurales.

Características del Panel SIP

- Alto: 2,4 mts.
- Ancho: 1,2 mts.
- Espesor placa OSB: 9,5 mm
- Espesor Poliestireno expandido de Alta Densidad de 15 kg/m³, e= 75 mm.



Cercha, consta de Madera de Pino Radiata con uniones de conectores metálicos dentado de acero galvanizado, el cual es impregnado y cuenta con doble secado en cámara.



Figura 11. Cercha Madera.-
Fuente: Tecno Panel.

Características de Cercha

- Largo: 5,68 – 2,78 mts.
- Pendiente: 45°
- Alero: 0,5 mts.
- Ancho Pieza: Variable

Las dimensiones mencionadas son estándar, las cerchas solicitadas se ajustan a la arquitectura de las viviendas.

Muros Interiores, constan de paneles de acero estructural galvanizado de 63 mm, con espesor de 0,85 mm., las perforaciones para las instalaciones eléctricas son hechas automáticamente en la fabricación del panel.



Figura 12. Panel Prefabricado de Metalcon.-
Fuente: Tecno Panel.



- Alternativa B, Proveedor Tecno Truss:

Muros Estructurales exteriores e interiores, constan de paneles de acero estructural galvanizado, con espesor de 0,85 mm., las perforaciones para las instalaciones eléctricas son hechas automáticamente en la fabricación del panel.

También está la opción de revestir los paneles de acero galvanizado, cuyo revestimiento será en OSB.



Figura 13. Muros Estructurales exteriores e interiores.-
Fuente: Tecno Truss.

Características del Panel

- Acero galvanizado de 90CA/C/085
- Acero galvanizado de 63CA/C/085
- Espesor OSB: 11,1 mm
- Espaciamiento 400 mm

Cercha, consta de Madera de Pino Radiata con uniones de conectores metálicos dentado de acero galvanizado, el cual es impregnado y cuenta con doble secado en cámara.



Figura 14. Cercha Madera.-
Fuente: Tecno Panel.

Características de Cercha

- Largo: 5,68 – 2,78 mts.
- Pendiente: 45°
- Alero: 0,5 mts.
- Ancho Pieza: Variable

- **Alternativa C y D, Proveedor Easywood y Premad:**

Muros Estructurales exteriores e interiores, constan de paneles de acero estructural galvanizado, con espesor de 0,85 mm., las perforaciones para las instalaciones eléctricas son hechas automáticamente en la fabricación del panel.

También está la opción de revestir los paneles de acero galvanizado, cuyo revestimiento será en OSB.



Figura 15. Paneles y Cerchas de Metalcon.
Fuente: Premad.

Características del Panel

- Acero galvanizado de 90CA/C/085
- Acero galvanizado de 63CA/C/085
- Espesor OSB: 11,1 mm
- Dimensiones según arquitectura hasta un largo de 9 mts. y ancho de 3 mts.

- **Alternativa E, Proveedor Compatible:**

Muros estructurales exteriores, consta de madera Qualimad estructural de primera línea y secada en cámara de alta tecnología, la cual es arriostrada por placas de OSB y herrajes metálicos. Además consta con una membrana hidrófuga Tyvek.



Figura 16. Estructura Panel Prefabricado Compatible.
Fuente: Empresa Compatible.

Características de Panel Qualimad

- Alto: 2,44 mts.
- Ancho: 1,2 mts.
- Espesor Revestimiento OSB: 11,1 mm
- Pieza de Madera: 2" x 4"



4.3. Costos Directos

Análisis de Productividad

Las Productividades fueron sugeridas por los proveedores, salvo la Empresa Compatible que presentó un piloto voluntariamente, en donde se registraron los tiempos de ejecución. Los demás fueron adquiridos por la experiencia de cada proveedor en proyectos similares.

Tabla 14. Productividades según alternativa. Fuente: Elaboración Propia.

Alternativa	Productividad por trabajador [m ² /día]	Trabajadores Sugeridos por Proveedor
Compatible	50	1 Maestro
	25	1 Ayudante
Tecno Panel	25	2 Maestro
	15	2 Ayudante
Tecno Truss	25	2 Maestro
	15	2 Ayudante
Easywood	40	3 Maestro
Premad	30	2 Maestro

- Maestro: Mano de Obra Calificada
- Ayudante: Mano de Obra No Calificada

Tabla 15. Tiempo proceso constructivo segundo piso. Fuente: Elaboración Propia.

Alternativa	Tiempo Proceso Constructivo [días]
Compatible	2,5
Tecno Panel	2
Tecno Truss	2
Easywood	1,5
Premad	3



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

Se realizaron cuadros comparativos para estimar los costos del proceso constructivo a nivel de cuadrillas, según la información de productividades facilitada por los distintos proveedores. En ellos se consideró como base, los costos actuales asociados a la producción de segundos pisos y mediante un análisis matemático se llegó a los potenciales costos que tendría a nivel de trabajadores la implementación de alguna de las distintas alternativas.

4.3.1. Antecedentes Actuales

N° Cuadrillas	2	
M.O. Cuadrilla	3	
Avance	6	Casas/Mes/Cuadrilla
Avance Día	0,3	Casas/Día/Cuadrilla
Productividad	60	m2/Día/Cuadrilla

Costo M.O. Casas	\$ 420.000	\$/Casas
Ingreso	\$ 840.000	\$/Trabajador
Costo Total	\$ 5.040.000	\$/Mes

		Caso Base	Compatible	Tecno Panel	Tecno Truss	Easywood	Premad
Actual/Esperado	\$/Trabajador/Mes	\$ 840.000	\$ 840.000	\$ 840.000	\$ 840.000	\$ 840.000	\$ 840.000
Avance	Casas/Mes/Cuadrilla	6	6	6	6	12	6
Costo Mensual	\$/Mensual/Cuadrilla	\$ 2.520.000	\$ 1.260.000	\$ 2.688.000	\$ 2.688.000	\$ 2.520.000	\$ 1.680.000
Costo Casa	\$/Casa	\$ 420.000	\$ 210.000	\$ 448.000	\$ 448.000	\$ 210.000	\$ 280.000



4.3.2. Análisis de Alternativas

A través de las distintas alternativas se obtuvieron costos de materias primas producto de las cotizaciones enviadas por los proveedores mencionados y el análisis de costo según la productividad. Se llevó a cabo un análisis general entre el caso base (actual) y los potenciales escenarios si se llegara a implementar algunas de las distintas alternativas, ya sean paneles prefabricados estructurales simple, revestidos o con aislación. A continuación se presentan cuadros comparativos para cada una de las alternativas evaluadas, además se presenta de manera gráfica cada variación tanto económica como porcentual, y finalmente se presentan gráficos con potenciales riesgo de cada una de las alternativas, ya sea afectos de humedad o bien estructurales

4.3.2.1. Cuadro Comparativo, Alternativas Sin Revestimiento [1/2].

Tiempo= 3 Días		Base		Tiempo= 2 Días		Alternativa N°1		Tiempo= 1,5 Días		Alternativa N° 2	
Descripción	Costo Directo		Descripción	Costo Directo		Descripción	Costo Directo				
	Materia Prima	Mano de Obra		Materia Prima	Mano de Obra		Materia Prima	Mano de Obra			
Muros Exteriores Muros Interiores Cerchas	Perfiles de Metalcon, sin revestimiento	\$1.114.435.-	\$420.000.-	Muros Exteriores	Perfiles de Metalcon, sin revestimiento	\$398.321.-	\$149.334.-	Perfiles de Acero Galvanizado	\$530.141.-	\$70.000.-	
				Muros Interiores	Perfiles de Metalcon	\$281.114.-	\$74.666.-	Perfiles de Acero Galvanizado	\$366.000.-	\$35.000.-	
				Cerchas	Madera Pino Radiata Impregnado	\$335.372.-	\$149.334.-	Perfiles de Acero Galvanizado	\$370.651.-	\$70.000.-	
				Costaneras Portantes Cielo Anclajes	Perfiles 40OMA085 Portante C.40R Conector AN-90	\$292.496.-	\$74.666.-	Perfiles 40OMA085 Portante C.40R Conector AN-90	\$292.496.-	\$35.000.-	
Sub-Total		\$1.114.435.-	\$420.000.-	Sub-Total		\$1.307.303.-	\$448.000.-	Sub-Total		\$1.559.288.-	\$210.000.-
Total		\$1.534.435.-		Total		\$1.755.303.-		Total		\$1.769.288.-	

4.3.2.2. Cuadro Comparativo, Alternativas Sin Revestimiento. [2/2]

	Tiempo= 3 Días	Base		Tiempo= 3 Días	Alternativa N° 3	
	Descripción	Costo Directo		Descripción	Costo Directo	
		Materia Prima	Mano de Obra		Materia Prima	Mano de Obra
Muros Exteriores Muros Interiores Cerchas	Perfiles de Metalcon, sin revestimiento	\$1.114.435.-	\$420.000.-	Perfiles de Acero Galvanizado	\$444.000.-	\$70.000.-
				Perfiles de Acero Galvanizado	\$444.000.-	\$35.000.-
				Perfiles de Acero Galvanizado	\$372.000.-	\$70.000.-
				Perfiles 40OMA085 Portante C.40R Conector AN-90	\$289.000.-	\$35.000.-
				Sub-Total	\$1.114.435.-	\$420.000.-
	Total	\$1.534.435.-		Total	\$1.759.000.-	

4.3.2.3. Cuadro Comparativo de Riesgos, Alternativas Sin Revestimiento.

		Base	Alternativa N°1	Alternativa N° 2	Alternativa N° 3
		Riesgos	Riesgos	Riesgos	Riesgos
Muros Exteriores Muros Interiores Cerchas	Diferenciación entre dimensiones de un panel y otro	Muros Exteriores	Desnivel de losa	Desnivel de losa	Desnivel de losa
		Muros Interiores	Desnivel de losa	Desnivel de losa	Desnivel de losa
		Cerchas	NA	NA	NA
		Costaneras - Portantes Cielo – Anclajes	NA	NA	NA

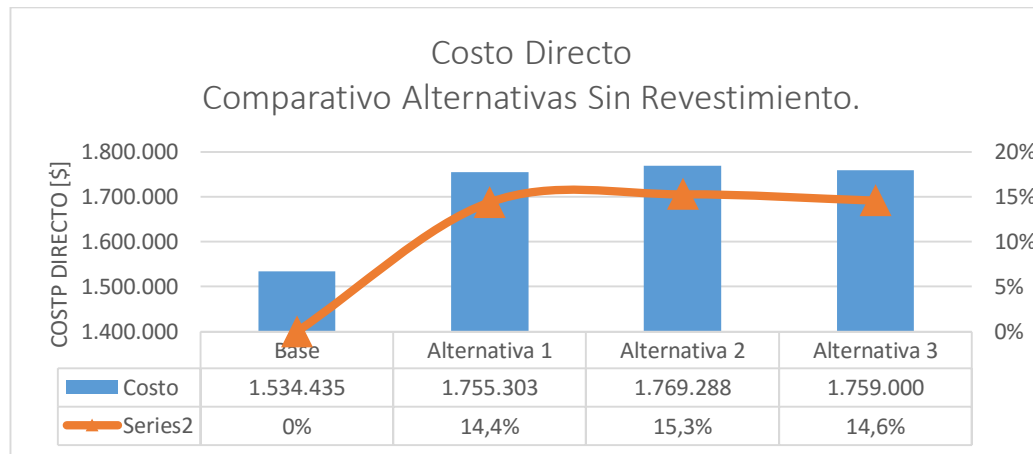


Gráfico 12. Comparativo Alternativas Sin Revestimiento.

4.3.2.4. Cuadro Comparativo, Alternativas Con Revestimiento. [1/4]

	Tiempo= 3,5 Días	Base			Tiempo= 2,5 Días	Alternativa N°1		Alternativa N° 2 (*)	
	Descripción	Costo Directo			Descripción	Costo Directo		Costo Directo	
		Materia Prima	Mano de Obra			Materia Prima	Mano de Obra	Materia Prima	Mano de Obra
Muros Exteriores Muros Interiores Cerchas	Perfiles de Metalcon, con revestimiento en OSB de 11,1 mm	\$1.276.191.-	\$482.833.-	Muros Exteriores	Madera Qualimad Estructural, Prime CMPC, con revestimiento de OSB de 11,1 mm	\$755.322.-	\$84.000.-	\$696.333.-	\$84.000.-
				Muros Interiores	Madera Qualimad Estructural, Prime CMPC	\$364.313.-	\$42.000.-	\$326.526	\$42.000.-
				Cerchas	Madera Qualimad Estructural, Prime CMPC	\$597.527.-	\$42.000.-	\$597.527.-	\$42.000.-
				Costaneras Portantes Cielo Anclajes	Perfiles 400MA085 Portante C.40R Conector AN-90	\$292.496.-	\$42.000.-	\$292.496.-	\$42.000.-
	Sub-Total	\$1.276.191.-	\$482.833.-	Sub-Total		\$2.009.658.-	\$210.000.-	\$1.912.882.-	\$210.000.-
	Total	\$1.759.024.-		Total		\$2.219.658.-		\$2.122.882.-	

4.3.2.5. Cuadro Comparativo, Alternativas Con Revestimiento. [2/4]

Tiempo= 3,5 Días		Base		Tiempo= 2,5 Días		Alternativa N° 3		Alternativa N° 4 (*)	
Descripción	Costo Directo		Materia Prima	Mano de Obra	Descripción	Costo Directo		Costo Directo	
	Materia Prima	Mano de Obra				Materia Prima	Mano de Obra	Materia Prima	Mano de Obra
Muros Exteriores Muros Interiores Cerchas	Perfiles de Metalcon, con revestimiento en OSB de 11,1 mm	\$1.276.191.-	\$482.833.-	Muros Exteriores	Madera Qualimad Estructural, Prime CMPC, con revestimiento de OSB de 11,1 mm y distanciadores de 19 mm	\$988.227.-	\$84.000.-	\$895.973.-	\$84.000.-
				Muros Interiores	Madera Qualimad Estructural, Prime CMPC	\$364.313.-	\$42.000.-	\$326.526.-	\$42.000.-
				Cerchas	Madera Qualimad Estructural, Prime CMPC	\$597.527.-	\$42.000.-	\$597.527.-	\$42.000.-
				Costaneras Portantes Cielo Anclajes	Perfiles 40OMA085 Portante C.40R Conector AN-90	\$292.496.-	\$42.000.-	\$292.496.-	\$42.000.-
Sub-Total		\$1.276.191.-	\$482.833.-	Sub-Total		\$2.242.992.-	\$210.000.-	\$2.112.522.-	\$210.000.-
Total		\$1.759.024.-		Total		\$2.452.992.-		\$2.322.522.-	

4.3.2.6. Cuadro Comparativo de Riesgos, Alternativas Con Revestimiento. [1/2]

Base		Alternativa N°1	Alternativa N° 2 (*)	Alternativa N° 3	Alternativa N° 4 (*)	
Riesgos		Riesgos	Riesgos	Riesgos	Riesgos	
Muros Exteriores Muros Interiores Cerchas	Diferenciación entre dimensiones de un panel y otro	Muros Exteriores	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa. Humedad por almacenamiento	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa. Humedad por almacenamiento	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa. Humedad por almacenamiento	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa. Humedad por almacenamiento
		Muros Interiores	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa. Humedad por almacenamiento	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa. Humedad por almacenamiento	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa. Humedad por almacenamiento	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa. Humedad por almacenamiento
		Cerchas	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa.	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa.	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa.	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa.
		Costaneras Portantes Cielo Anclajes	NA	NA	NA	NA

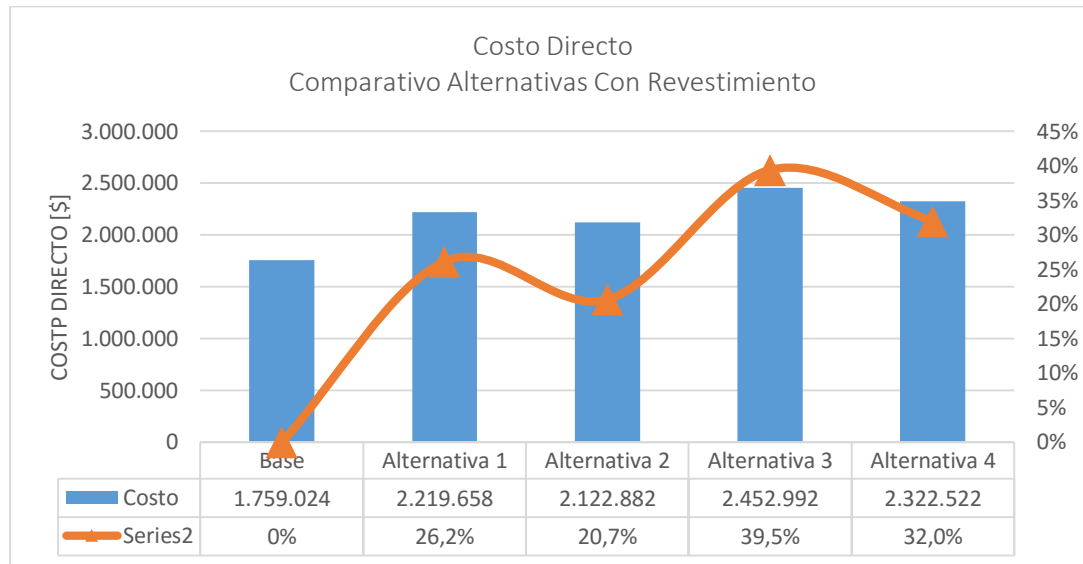


Gráfico 13.Comparativo Alternativas con Revestimiento [1/2].

4.3.2.7. Cuadro Comparativo, Alternativas Con Revestimiento. [3/4]

	Tiempo= 3,5 Días	Base			Tiempo= 2,5 Días	Alternativa N°5		Tiempo= 2,5 Días	Alternativa N° 6	
	Descripción	Costo Directo			Descripción	Costo Directo		Descripción	Costo Directo	
		Materia Prima	Mano de Obra			Materia Prima	Mano de Obra		Materia Prima	Mano de Obra
Muros Exteriores Muros Interiores Cerchas	Perfiles de Metalcon, con revestimiento en OSB de 11,1 mm	\$1.276.191.-	\$482.833.-	Muros Exteriores	Madera MGP/Arauco Estructural, revestimiento de OSB de 11,1 mm	\$623.864.-	\$84.000.-	Madera MGP/Arauco Estructural, revestimiento de OSB de 11,1 mm y distanciadores de 19 mm	\$820.279.-	\$84.000.-
				Muros Interiores	Madera MGP/Arauco Estructural	\$349.403.-	\$42.000.-	Madera MGP/Arauco Estructural	\$442.212.-	\$42.000.-
				Cerchas	Madera MGP/Arauco Estructural	\$706.879.-	\$42.000.-	Madera MGP/Arauco Estructural	\$706.879.-	\$42.000.-
				Costaneras Portantes Cielo Anclajes	Perfiles 40OMA085 Portante C.40R Conector AN-90	\$292.496.-	\$42.000.-	Perfiles 40OMA085 Portante C.40R Conector AN-90	\$292.496.-	\$42.000.-
	Sub-Total	\$1.276.191.-	\$482.833.-	Sub-Total	\$1.972.642.-	\$210.000.-	Sub-Total	\$2.261.866.-	\$210.000.-	
	Total	\$1.759.024.-		Total	2.182.642.-		Total	\$2.471.866.-		

4.3.2.8. Cuadro Comparativo, Alternativas Con Revestimiento. [4/4]

	Tiempo= 3,5 Días	Base		Tiempo= 1,5 Días	Alternativa N°7	
	Descripción	Costo Directo		Descripción	Costo Directo	
		Materia Prima	Mano de Obra		Materia Prima	Mano de Obra
Muros Exteriores Muros Interiores Cerchas	Perfiles de Metalcon, con revestimiento en OSB de 11,1 mm	\$1.276.191.-	\$482.833.-	Perfiles de acero galvanizado, con revestimiento de OSB de 11,1 mm	\$721.444.-	\$70.000.-
				Perfiles de acero galvanizado	\$366.000.-	\$35.000.-
				Perfiles de acero galvanizado	\$370.651.-	\$70.000.-
				Perfiles 40OMA085 Portante C.40R Conector AN-90	\$292.496.-	\$35.000.-
				Sub-Total	\$1.276.191.-	\$482.833.-
Total	\$1.759.024.-		Total	\$1.960.591.-		

4.3.2.9. Cuadro Comparativo de Riesgos, Alternativas Con Revestimiento. [2/2]

		Base	Alternativa N°5	Alternativa N° 6	Alternativa N°7
		Riesgos	Riesgos	Riesgos	Riesgos
Muros Exteriores Muros Interiores Cerchas	Diferenciación entre dimensiones de un panel y otro	Muros Exteriores	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa. Humedad por almacenamiento	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa. Humedad por almacenamiento	Desnivel de losa
		Muros Interiores	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa. Humedad por almacenamiento	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa. Humedad por almacenamiento	Desnivel de losaz
		Cerchas	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa.	Tolerancia de desnivel por metro lineal de +- 2mm por cada 3 metros, en cadena o losa.	Desnivel de losa
		Costaneras Portantes Cielo Anclajes	NA	NA	NA

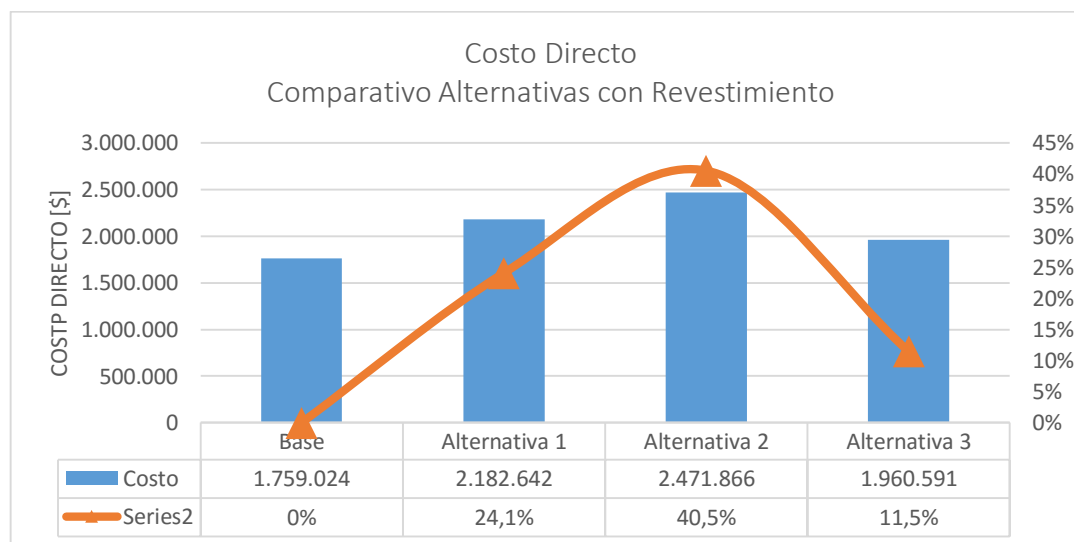


Grafico 14. Comparativo Alternativas con Revestimiento [2/2].

4.3.2.10. Cuadro Comparativo, Alternativas Con Revestimiento y Aislación. [1/1]

	Tiempo= 4 Días			Base			Tiempo= 2 Días			Alternativa N°1			Tiempo= 2 Días			Alternativa N° 2		
	Descripción	Costo Directo		Materia Prima	Mano de Obra	Descripción	Costo Directo		Materia Prima	Mano de Obra	Descripción	Costo Directo		Materia Prima	Mano de Obra			
Muros Exteriores Muros Interiores Cerchas	Perfiles de Metalcon, con revestimiento en OSB de 11,1 mm y Aislación de AislanGlass	\$1.344.636.-	\$508.907.-	Muros Exteriores	Panel SIP. Madera IPV seca cepillada, revestido en OSB de 9,5 mm y polietileno expandido de 7,5 mm	\$565.435.-	\$149.334.-	Muros Exteriores	Panel SIP. Madera IPV seca cepillada, revestido en OSB de 9,5 mm y polietileno expandido de 7,5 mm	\$565.435.-	\$149.334.-	Muros Interiores	Madera Pino Radiata Impregnado	\$225.669.-	\$74.666.-			
				Muros Interiores	Perfiles de Metalcon	\$269.195.-	\$74.666.-	Muros Interiores	Madera Pino Radiata Impregnado	\$335.372.-	\$149.334.-							
				Cerchas	Madera Pino Radiata Impregnado	\$335.372.-	\$149.334.-	Cerchas	Madera Pino Radiata Impregnado	\$335.372.-	\$149.334.-							
				Costaneras Portantes Cielo Anclajes	Perfiles 40OMA085 Portante C.40R Conector AN-90	\$292.496.-	\$74.666.-	Costaneras Portantes Cielo Anclajes	Perfiles 40OMA085 Portante C.40R Conector AN-90	\$292.496.-	\$74.666.-							
	Sub-Total	\$1.344.636.-	\$508.907.-		Sub-Total	\$1.462.498.-	\$448.000.-		Sub-Total	\$1.418.972.-	\$448.000.-		Sub-Total	\$1.418.972.-	\$448.000.-			
	Total	\$1.853.543.-			Total	\$1.910.498.-			Total	\$1.866.972.-			Total	\$1.866.972.-				

4.3.2.11. Cuadro Comparativo de Riesgos, Alternativas Con Revestimiento y Aislación.

		Base	Alternativa N°1	Alternativa N° 2
		Riesgos	Riesgos	Riesgos
Muros Exteriores Muros Interiores Cerchas	Diferenciación entre dimensiones de un panel y otro	Muros Exteriores	Posible ascenso de humedad por capilaridad. Humedad del panel en almacenamiento	Posible ascenso de humedad por capilaridad. Humedad del panel en almacenamiento
		Muros Interiores	Desnivel de losa	Desnivel de losa
		Cerchas	Desnivel de losa	Desnivel de losa
		Costaneras Portantes Cielo Anclajes	NA	NA

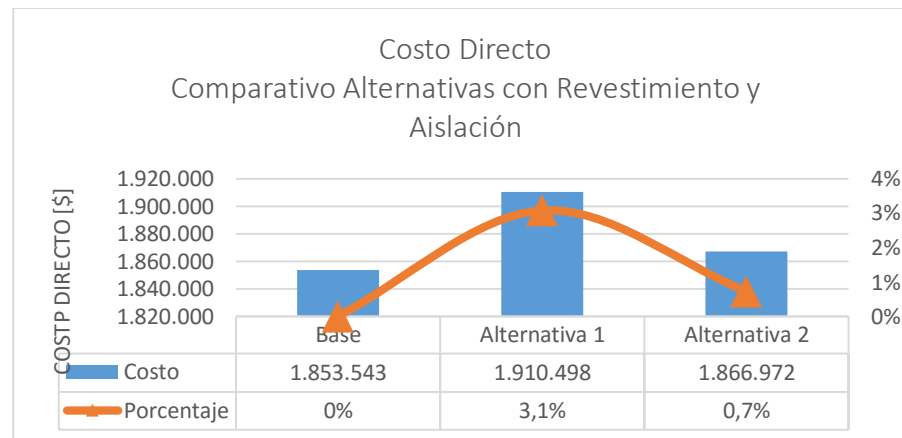


Grafico 15.Comparativo Alternativas con Revestimiento y Aislación.



4.4. Análisis de Costos Indirectos

Como bien sabemos, para el correcto desarrollo de una obra de construcción se necesitan personal indirecto dentro de los procesos de edificación. Por un lado están las personas que interfieren directamente como lo es el maestro y su ayudante, pero estos necesitan un supervisor, encargado de calidad, prevencionista de riesgo entre otros. Los cuales son costos indirectos a la hora de evaluar un proyecto global, pero si se logra reducir el tiempo producto de la industrialización del proceso constructivo de los segundos pisos, éstos podrían ser reducidos de igual manera.

Para desarrollar este análisis se procedió a ingresar en un software de planificación y control del obras llamado Project, en donde se ingresó un rítmico de obra global de la construcción del condominio en sí (Ver Figura 17), con ellos, se evaluó el tiempo actual que tomaría edificar la obra en su totalidad y luego se reemplazaron los tiempo actuales por los nuevos que existirían si se implementara alguna de las alternativas evaluadas con anterioridad.

Los resultados obtenidos para cada una de las evaluaciones en estudio son las siguientes:

Tabla 16. Ahorro Total, Programación Actual de Obra. Fuente: Elaboración Propia.

Alternativa	Número Días	Ahorro Total
Compatible	2	\$ 2.373.439
Tecno Truss	3	\$ 3.560.158
Tecno Panel	3	\$ 3.560.158
Easywood	3	\$ 3.560.158
Premad	0	\$ -

		PROGRAMA DETALLADO SEMANAL																				Referencia PR-GO-23					
		RG23-GO-03																				Version 01	SAdV3				
ITEM	DESIGNACION	Cant	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23		
			05-ene	12-ene	19-ene	26-ene	02-feb	09-feb	16-feb	23-feb	02-mar	09-mar	16-mar	23-mar	30-mar	06-abr	13-abr	20-abr	27-abr	04-may	11-may	18-may	25-may				
Viviendas																											
OBRA GRUESA																											
1	FUNDACION	50	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
2	SOBRECIMIENTO	50	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
3	RADIER	50		1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
4	MUROS Y LOSA	50			1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
7	ESTRUCTURA METAL CON	50				1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
8	REVESTIMIENTO EXTERIOR	50					1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
10	REVESTIMIENTO INTERIOR	50						1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
TERMINACIONES																											
11	VENTANAS	50							1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
12	INICIO PREPARACION DE SUPERFICIE	50							1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
13	CERAMICOS	50								1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
14	CARPINTERIA 1	50									1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
15	TERMINO PREPARACION DE SUPERFICIE	50										1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
16	PAPEL MURAL	50											1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	
17	PAVIMENTOS	50												1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	
18	CARPINTERIA 2	50													1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	
19	MUEBLES	50														1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	
20	PRE-ENTREGA VVDA (R1) INTERIOR	50															1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	
21	ENTREGA VVDA « INTERIOR (R1)	50																				2	2	2	2	2	

Figura 17. Ritmico de Obra Modelado en Project



CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Costos Directos

Dada las nuevas productividades que nos ofrecen las alternativas analizadas en el caso de los Paneles Prefabricados en Metalcon, se reduce en un 50% el tiempo de construcción de la obra gruesa del segundo piso, lo que repercute en una disminución del mismo porcentaje en el costo de la mano de obra (Ver Tabla 17).

Dado lo anterior, se podría reducir una cuadrilla de Maestro Metalconeros y con ello cumplir un mismo avance de obra, por otra parte se podría mantener ambas cuadrillas pero su costo disminuiría a la mitad.

Por lo tanto, si se generara algún retraso dentro de la obra en esta partida, los maestros en su capacidad óptima podrían eventualmente recuperar el tiempo perdido.

5.2. Costos Indirectos

En la alternativa más óptima en cuanto a productividades, se genera un ahorro de un 2% (3 días) en costos indirectos, esto dado las restricciones propias de la programación de la obra, la cual impide que al aumentar la productividad, disminuya sustancialmente los tiempos globales de la obra.

A continuación se muestran Tablas resumen para cada alternativa.

Tabla 17. Cuadro Resumen, Mano de Obra.

		Caso Base	Compatible	Tecno Panel	Tecno Truss	Easywood	Premad
Actual/Esperado	\$/Trabajador/Mes	\$ 840.000	\$ 840.000	\$ 840.000	\$ 840.000	\$ 840.000	\$ 840.000
Avance	Casas/Mes/Cuadrilla	6	6	6	6	12	6
Costo Mensual	\$/Mensual/Cuadrilla	\$ 2.520.000	\$ 1.260.000	\$ 2.688.000	\$ 2.688.000	\$ 2.520.000	\$ 1.680.000
Costo Casa	\$/Casa	\$ 420.000	\$ 210.000	\$ 448.000	\$ 448.000	\$ 210.000	\$ 280.000
Costo Mes	\$/Mes	\$ 5.040.000	\$ 2.520.000	\$ 5.376.000	\$ 5.376.000	\$ 2.520.000	\$ 3.360.000
Costo Proyecto (50)	\$/Proyecto	\$ 21.000.000	\$ 10.500.000	\$ 22.400.000	\$ 22.400.000	\$ 10.500.000	\$ 14.000.000
Potencial Ahorro	\$/Mes	\$ -	\$ 2.520.000	-\$ 336.000	-\$ 336.000	\$ 2.520.000	\$ 1.680.000
Potencial Ahorro	\$/Proyecto	\$ -	\$ 10.500.000	-\$ 1.400.000	-\$ 1.400.000	\$ 10.500.000	\$ 7.000.000

Tabla 18. Comparativo de Costos Totales, Alternativas Sin Revestimiento.

		Caso Base	Alternativa N°1	Alternativa N°2	Alternativa N°3
Costo Directo	Materias Primas	\$ 1.114.435	\$ 1.307.303	\$ 1.559.288	\$ 1.375.000
	Mano de Obra	\$ 420.000	\$ 448.000	\$ 210.000	\$ 280.000
Costo Directo		\$ -	\$ 2.373.439	\$ 3.560.158	\$ -
Total		\$ 76.721.750	\$ 85.391.711	\$ 84.904.242	\$ 82.750.000
Ahorro		\$ -	-\$ 8.669.961	-\$ 8.182.492	-\$ 6.028.250

Tabla 19. Comparativo de Costos Totales, Alternativas Con Revestimiento.

		Caso Base	Alternativa N°1	Alternativa N°2	Alternativa N°3	Alternativa N°4	Alternativa N°5	Alternativa N°6	Alternativa N°7
Costo Directo	Materias Primas	\$ 1.276.191	\$ 2.009.658	\$ 1.912.882	\$ 2.242.992	\$ 2.112.522	\$ 1.972.642	\$ 2.261.866	\$ 1.750.591
	Mano de Obra	\$ 482.833	\$ 210.000	\$ 210.000	\$ 210.000	\$ 210.000	\$ 210.000	\$ 210.000	\$ 210.000
Costo Indirecto		\$ -	\$ 2.373.439	\$ 2.373.439	\$ 2.373.439	\$ 2.373.439	\$ 2.373.439	\$ 2.373.439	\$ 3.560.158
Total		\$ 87.951.200	\$ 108.609.461	\$ 103.770.661	\$ 120.276.161	\$ 113.752.661	\$ 106.758.661	\$ 121.219.861	\$ 94.469.392
Ahorro/Perdida		\$ -	-\$ 20.658.261	-\$ 15.819.461	-\$ 32.324.961	-\$ 25.801.461	-\$ 18.807.461	-\$ 33.268.661	-\$ 6.518.192

Tabla 20.Comparativo Costos Totales, Alternativa Con Revestimiento y Aislación.

		Caso Base	Alternativa N°1	Alternativa N°2
Costo Directo	Materias Primas	\$ 1.344.636	\$ 1.462.498	\$ 1.418.972
	Mano de Obra	\$ 508.907	\$ 448.000	\$ 448.000
Costo Indirecto		\$ -	\$ 3.560.158	\$ 3.560.158
Total		\$ 92.677.150	\$ 91.964.742	\$ 89.788.442
Ahorro		\$ -	\$ 712.408	\$ 2.888.708

Nota:

- Los cálculos son realizados en base a un proyecto tipo de 50 viviendas.
- **Rojo: Perdida.**
- **Verde: Ahorro.**



5.3. Recomendaciones

Se sugiere cambiar la programación base, dado que las restricciones que actualmente posee el rítmico de obra, genera tiempos mayores a los necesarios para el óptimo desarrollo de ésta.

Si estas restricciones fueran quitadas y considerando las nuevas productividades los tiempos de ejecución disminuirían considerablemente y con ello se generaría un ahorro mayor al actual como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 21. Ahorro Total, Programación de Obra según recomendaciones.

Alternativa	Número Días	Ahorro Total
Compatible	16	\$ 18.987.509
Tecno Truss	17	\$ 20.174.228
Tecno Panel	17	\$ 20.174.228
Easywood	17	\$ 20.174.228
Premad	14	\$ 16.614.070

Por otra parte se sugiere cambiar la cantidad de mano de obra en las alternativas ofrecidas por Tecno Panel y Tecno Truss, esto considera la disminución de un Maestro Calificado, así se optimizará el uso de los recursos durante el tiempo asignado para cubrir la demanda impuesta por la constructora para cumplir con su programación de obra, la cual es de doce viviendas por mes.

Al realizar esta modificación se genera un aumento más importante aún, dado que a la productividad aumentada y el quite de las restricciones se generan potenciales ahorros a la obra global, específicamente en la partida de la construcción de los segundos pisos de las viviendas.

Tabla 22. Costo Mano de Obra, según productividades y recomendaciones.

		Caso Base	Compatible	Tecno Panel	Tecno Truss	Easywood	Premad
Actual/Esperado	\$/Trabajador/Mes	\$ 840.000	\$ 840.000	\$ 840.000	\$ 840.000	\$ 840.000	\$ 840.000
Avance	Casas/Mes/Cuadrilla	6	6	6	6	12	6
Costo Mensual	\$/Mensual/Cuadrilla	\$ 2.520.000	\$ 1.260.000	\$ 1.848.000	\$ 1.848.000	\$ 2.520.000	\$ 1.680.000
Costo Casa	\$/Casa	\$ 420.000	\$ 210.000	\$ 308.000	\$ 308.000	\$ 210.000	\$ 280.000
Costo Mes	\$/Mes	\$ 5.040.000	\$ 2.520.000	\$ 3.696.000	\$ 3.696.000	\$ 2.520.000	\$ 3.360.000
Costo Proyecto (50 Viviendas)	\$/Proyecto	\$ 21.000.000	\$ 10.500.000	\$ 15.400.000	\$ 15.400.000	\$ 10.500.000	\$ 14.000.000

Potencial Ahorro	\$/Mes	\$ -	\$ 2.520.000	\$ 1.344.000	\$ 1.344.000	\$ 2.520.000	\$ 1.680.000
Potencial Ahorro	\$/Proyecto	\$ -	\$ 10.500.000	\$ 5.600.000	\$ 5.600.000	\$ 10.500.000	\$ 7.000.000



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA**

Con las recomendaciones mencionadas, el análisis general cambia sustancialmente dado que se generan nuevos ahorros, mejores productividades y avance de obra, esto producto de lo analizado anteriormente.

Tabla 23. Comparativo Costos Totales, Alternativas Sin Revestimiento según recomendaciones

		Caso Base	Alternativa N°1	Alternativa N°2	Alternativa N°3
Costo Directo	Materias Primas	\$ 1.114.435	\$ 1.307.303	\$ 1.559.288	\$ 1.375.000
	Mano de Obra	\$ 420.000	\$ 308.000	\$ 210.000	\$ 280.000
Costo Directo		\$ -	\$ 20.174.228	\$ 20.174.228	\$ 16.614.070
Total		\$ 76.721.750	\$ 60.590.922	\$ 68.290.172	\$ 66.135.930
Ahorro		\$ -	\$ 16.130.828	\$ 8.431.578	\$ 10.585.820

Tabla 24.Comparativo Costos Totales, Alternativa Con Revestimiento según recomendaciones.

		Caso Base	Alternativa N°1	Alternativa N°2	Alternativa N°3	Alternativa N°4	Alternativa N°5	Alternativa N°6	Alternativa N°7
Costo Directo	Materias Primas	\$ 1.276.191	\$ 2.009.658	\$ 1.912.882	\$ 2.242.992	\$ 2.112.522	\$ 1.972.642	\$ 2.261.866	\$ 1.750.591
	Mano de Obra	\$ 482.833	\$ 210.000	\$ 210.000	\$ 210.000	\$ 210.000	\$ 210.000	\$ 210.000	\$ 210.000
Costo Directo		\$ -	\$ 18.987.509	\$ 18.987.509	\$ 18.987.509	\$ 18.987.509	\$ 18.987.509	\$ 18.987.509	\$ 20.174.228
Total		\$ 87.951.200	\$ 91.995.391	\$ 87.156.591	\$ 103.662.091	\$ 97.138.591	\$ 90.144.591	\$ 104.605.791	\$ 77.855.322
Ahorro/Perdida		\$ -	-\$ 4.044.191	\$ 794.609	-\$ 15.710.891	-\$ 9.187.391	-\$ 2.193.391	-\$ 16.654.591	\$ 10.095.878

Tabla 25.Comparativo Costos Totales, Alternativa Con Revestimiento y Aislación según recomendaciones.

		Caso Base	Alternativa N°1	Alternativa N°2
Costo Directo	Materias Primas	\$ 1.344.636	\$ 1.462.498	\$ 1.418.972
	Mano de Obra	\$ 508.907	\$ 308.000	\$ 308.000
Costo Directo		\$ -	\$ 20.174.228	\$ 20.174.228
Total		\$ 92.677.150	\$ 68.350.672	\$ 66.174.372
Ahorro		\$ -	\$ 24.326.478	\$ 26.502.778



CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

6.1. Conclusiones Generales

Una vez contrastado los datos, se concluye que los Costos Directos, en relación a materias primas, los costos varían en un rango que fluctúa entre 2% a 21% superior al caso base.

En la mano de obra, en las alternativas que involucran Metalcon, específicamente las del cuadro 4.3.2.1 la alternativa 2 y del cuadro 4.3.2.8 la alternativa 7, se observó una disminución de un 50% el costo.

En los costos indirectos, destaca un potencial ahorro en la mayoría de las alternativas, excepto la alternativa ofrecida por Premad, dado que esta involucra las mismas productividades que se tiene actualmente. Por ende, no afecta a la programación de obra.

Se refleja en la tabla N°18 y N°19, que aunque las alternativas de Metalcon generan ahorros potenciales en mano de obra, disminuyendo en un 50%, por su parte el costo de la materia prima aumenta un 38% en comparación a las usadas en obra, lo que conlleva que el costo general sea más elevado que los actuales.

Como se aprecia en la tabla 20 las alternativas 1 y 2 son las únicas que en la evaluación general presentan un potencial ahorro para el proceso industrial que se pretende implementar en obra.

Del proyecto base con las alternativas analizadas, en el caso más favorable se consigue reducir el tiempo en un 2% del global de la obra. Mientras que al eliminar las restricciones de la programación de la obra este porcentaje aumenta a un 9%.

Si se consideran las recomendaciones realizadas, se debe aumentar la cantidad de mano de obra en el total de las partidas. Esto sumado a la implementación de un proceso industrial, generaría grandes ahorros en el global de la obra, considerando que el costo directo no tendría variaciones considerables, pero al quitar las restricciones de obra, que



UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION FACULTAD DE INGENIERIA

generan holguras entre partidas, se conseguiría un ahorro mayor producto de la disminución de los costos indirectos.

De los análisis se demuestra que el estudio es factible de implementar, si bien no genera potenciales ahorros, técnicamente ayuda a la continuidad de la obra, pues el proceso es industrializado lo que disminuye el error en la etapa de terminaciones, disminuyendo los posibles retrasos en la etapa mencionada.

Finalmente, se sugiere no implementar el proceso dado el escenario económico y el mercado inmobiliario que se avecina en los años venideros, pero una vez que la demanda de viviendas aumente y con ello la necesidad de aumentar las productividades y avanzar a un ritmo mayor, los costos globales disminuirán considerablemente y lo más importante es que se tendrá la capacidad de producir más viviendas en menos tiempos.



6.2. Ventajas

Al implementar los procesos productivos se mejora la calidad de la edificación, ya que todo viene edificado al detalle, y esto conlleva una exigencia mayor a las partidas anteriores al proceso de edificación del segundo piso de las viviendas.

Por otra parte, los tiempos extras que se generan dentro de la construcción de las viviendas dada las restricciones se podrían utilizar dentro de las partidas de la ruta crítica que más generen retrasos dentro de la construcción general de la vivienda.

La pérdida de materia prima es absorbida en su totalidad por la empresa proveedora de los paneles prefabricados..

Al ser un proceso industrial, se evitan posibles retrasos generado por alguna variación en el proceso constructivo del segundo piso que repercute en las terminaciones de éste.

6.3. Desventajas

Se necesita mayor espacio de almacenamiento, en el caso que hubiese algún retraso en el proceso de edificación.

Se obliga a tener una terminación de losa del segundo piso al detalle, para que al instalar los paneles prefabricados, estos se nivelen inmediatamente sin necesidad de aditivos para rellenar posibles desniveles de losa.



CAPÍTULO 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

7.1. Bibliografía

- 01.- Andrea Alvarado Duffau(2010), Construcción Industrializada para la vivienda social en Chile. Universidad Alberto Hurtado.
- 02.- Pedro Olivera, Product Manager de Metalcon. (2002) Metalcon Seguridad en Vías de Escape.
- 03.- Revista EMB Construcción, Proyecciones para el sector de la construcción. Marzo 2016.
- 04.- Revista Tinsa News, Indicadores Generales Mercado Habitacional – Gran Concepción. Julio 2015.
- 05.- Estudio y Políticas Públicas Santander, Sector Inmobiliario. Abril 2015.
- 06.- Revista Concepcion Construye CChC. Diciembre 2015.
- 07.- Informe Macroeconomico MACH 45 2015 CChC.



7.2. Linkografía

- 01.- [http://www.registrocdt.cl/fichas%20especificas/listado_fichas/fichas/c11/CINT
AC_metalcon_estr/](http://www.registrocdt.cl/fichas%20especificas/listado_fichas/fichas/c11/CINT_AC_metalcon_estr/)
- 02.- <http://lpchile.cl/es-ES/producto/estructurales/lp-osb-home>
- 03.- <http://www.tecnopanel.cl/index.php/es/>
- 04.- <http://www.termocret.cl/paneles.html>
- 05.- [http://www.cchc.cl/centro-de-informacion/indicadores/indice-real-de-precios-de-
vivienda](http://www.cchc.cl/centro-de-informacion/indicadores/indice-real-de-precios-de-vivienda)
- 06.- <http://www.cchc.cl/centro-de-informacion/indicadores>
- 07.- <http://pacificwallsystems.com/recent-projects/>



Anexos



Estructura Metalcon Casa, Tipo "B" Rapel

Perdida	Material Entregado	Unidad	Perdida de Material	Unidad	Cantidad Tiras	Valor	Total Perdida
Portante Cielo 6mt	348	ml	23,21	ml	3,87	\$ 1.322	\$ 5.114
40OMA085 6mt	312	ml	14,95	ml	2,49	\$ 3.410	\$ 8.494
90CA085 6mt	540	ml	19,89	ml	3,31	\$ 4.280	\$ 14.187
92C085 6mt	156	ml	8,17	ml	1,36	\$ 3.480	\$ 4.739
60CA085 6mt	240	ml	24,73	ml	4,12	\$ 3.341	\$ 13.770
62CA085 6mt	120	ml	2,10	ml	0,35	\$ 2.506	\$ 877

OSB Casa N°, Tipo "B" Rapel

m2 Instalados	66,29
m2 de Planchas Entregadas	77,48
m2 Perdida	11,19

Plancha OSB	Perdida en OSB x Viv.
3,76	\$ 22.155.-

m2	% OSB Perdido por casa
77,48	14,44



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA**

Mapeo del Flujo de Cuadrilla Metalconeros

RECURSO N° __1_:				
ACTIVIDAD	FECHA	HR INICIO	HR FIN	DELTA
PRODUCCION	20-abr	8:20	10:10	1:50
BREAK	20-abr	10:10	10:35	0:25
PRODUCCION	20-abr	10:35	12:15	1:40
BREAK	20-abr	12:15	12:40	0:25
COLACION	20-abr	12:40	14:10	1:30
PRODUCCION	20-abr	14:10	15:55	1:45
BAÑO	20-abr	15:55	16:10	0:15
PRODUCCION	20-abr	16:10	16:30	0:20
BREAK	20-abr	16:30	16:45	0:15
PRODUCCION	20-abr	16:45	17:30	0:45
PRODUCCION	21-abr	8:25	10:05	1:40
RET.MAT. BODEGA	21-abr	10:05	10:30	0:25
PRODUCCION	21-abr	10:30	11:35	1:05
BREAK	21-abr	11:35	11:50	0:15
PRODUCCION	21-abr	11:50	12:50	1:00
COLACION	21-abr	12:50	14:10	1:20
PRODUCCION	21-abr	14:10	15:15	1:05
BAÑO	21-abr	15:15	15:30	0:15



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA**

BREAK	21-abr	15:30	15:45	0:15
PRODUCCION	21-abr	15:45	17:40	1:55
PRODUCCION	22-abr	8:20	10:35	2:15
RET.MAT. BODEGA	22-abr	10:35	10:50	0:15
PRODUCCION	22-abr	10:50	12:50	2:00
COLACION	22-abr	12:50	14:10	1:20
PRODUCCION	22-abr	14:10	15:15	1:05
ESPERAS CORTES LUZ	22-abr	15:15	15:50	0:35
PRODUCCION	22-abr	15:50	16:05	0:15
BAÑO	22-abr	16:05	16:15	0:10
PRODUCCION	22-abr	16:15	17:40	1:25



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA**

RECURSO N°_2_:				
ACTIVIDAD	FECHA	HR INICIO	HR FIN	DELTA
PRODUCCION	20-abr	8:20	9:30	1:10
RET.MAT. BODEGA	20-abr	9:30	9:55	0:25
PRODUCCION	20-abr	9:55	10:15	0:20
BAÑO	20-abr	10:15	10:30	0:15
PRODUCCION	20-abr	10:30	12:20	1:50
BREAK	20-abr	12:20	12:30	0:10
PRODUCCION	20-abr	12:30	12:50	0:20
COLACION	20-abr	12:50	14:10	1:20
PRODUCCION	20-abr	14:10	16:30	2:20
BREAK	20-abr	16:30	16:40	0:10
PRODUCCION	20-abr	16:40	17:45	1:05
PRODUCCION	21-abr	8:25	11:20	2:55
BREAK	21-abr	11:20	11:30	0:10
PRODUCCION	21-abr	11:30	12:50	1:20
COLACION	21-abr	12:50	14:05	1:15
PRODUCCION	21-abr	14:05	15:30	1:25
BREAK	21-abr	15:30	15:45	0:15
PRODUCCION	21-abr	15:45	17:45	2:00
PRODUCCION	22-abr	8:20	10:45	2:25



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA**

BREAK	22-abr	10:45	11:00	0:15
PRODUCCION	22-abr	11:00	12:15	1:15
BREAK	22-abr	12:15	12:30	0:15
PRODUCCION	22-abr	12:30	12:50	0:20
COLACION	22-abr	12:50	14:10	1:20
PRODUCCION	22-abr	14:10	15:15	1:05
ESPERAS CORTES LUZ	22-abr	15:15	15:50	0:35
PRODUCCION	22-abr	15:50	16:45	0:55
BAÑO	22-abr	16:45	17:00	0:15
PRODUCCION	22-abr	17:00	17:45	0:45



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA**

RECURSO N°_3_:				
ACTIVIDAD	FECHA	HR INICIO	HR FIN	DELTA
PRODUCCION	20-abr	8:20	9:15	0:55
RET.MAT. BODEGA	20-abr	9:15	9:45	0:30
PRODUCCION	20-abr	9:45	11:15	1:30
BAÑO	20-abr	11:15	11:30	0:15
PRODUCCION	20-abr	11:30	12:50	1:20
COLACION	20-abr	12:50	14:10	1:20
PRODUCCION	20-abr	14:10	15:50	1:40
BREAK	20-abr	15:50	16:20	0:30
PRODUCCION	20-abr	16:20	17:40	1:20
PRODUCCION	21-abr	8:25	11:15	2:50
BREAK	21-abr	11:15	11:30	0:15
PRODUCCION	21-abr	11:30	12:45	1:15
COLACION	21-abr	12:45	14:10	1:25
PRODUCCION	21-abr	14:10	16:10	2:00
BAÑO	21-abr	16:10	16:20	0:10
PRODUCCION	21-abr	16:20	17:45	1:25
PRODUCCION	22-abr	8:20	10:30	2:10
BAÑO	22-abr	10:30	10:45	0:15
PRODUCCION	22-abr	10:45	12:50	2:05



UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA

COLACION	22-abr	12:50	14:10	1:20
PRODUCCION	22-abr	14:10	15:15	1:05
ESPERAS CORTES LUZ	22-abr	15:15	15:50	0:35
PRODUCCION	22-abr	15:50	16:20	0:30
BAÑO	22-abr	16:20	17:45	1:25



UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA

Mapeo del Flujo de Cuadrilla Carpinteros

RECURSO N° __1_:				
ACTIVIDAD	FECHA	HR INICIO	HR FIN	DELTA
PRODUCCION	21-abr	16:20	17:35	1:15
PRODUCCION	22-abr	9:05	11:55	2:50
BREAK	22-abr	11:55	12:10	0:15
PRODUCCION	22-abr	12:10	13:00	0:50
COLACION	22-abr	13:00	14:05	1:05
PRODUCCION	22-abr	14:05	16:35	2:30
RETIRO MAT. BODEGA	22-abr	16:35	16:55	0:20
PRODUCCION	22-abr	16:55	17:20	0:25
PRODUCCION	23-abr	9:15	11:45	2:30
BREAK	23-abr	11:45	12:00	0:15
PRODUCCION	23-abr	12:00	12:55	0:55
COLACION	23-abr	12:55	14:00	1:05
PRODUCCION	23-abr	14:00	14:35	0:35



UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA

RECURSO N°_2_:				
ACTIVIDAD	FECHA	HR INICIO	HR FIN	DELTA
PRODUCCION	21-abr	16:20	16:40	0:20
PRODUCCION	22-abr	9:15	11:55	2:40
BREAK	22-abr	11:55	12:10	0:15
PRODUCCION	22-abr	12:10	12:50	0:40
COLACION	22-abr	12:50	14:05	1:15
PRODUCCION	22-abr	14:05	15:15	1:10
BAÑO	22-abr	15:15	15:35	0:20
PRODUCCION	22-abr	15:35	17:35	2:00
PRODUCCION	23-abr	9:15	11:55	2:40
BREAK	23-abr	11:55	12:05	0:10
RETIRO MAT. BODEGA	23-abr	12:05	12:20	0:15
PRODUCCION	23-abr	12:20	12:50	0:30
COLACION	23-abr	12:50	14:00	1:10
PRODUCCION	23-abr	14:00	16:35	1:00



UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA

RECURSO N°_3_:				
ACTIVIDAD	FECHA	HR INICIO	HR FIN	DELTA
PRODUCCION	21-abr	16:20	17:35	1:15
PRODUCCION	22-abr	9:05	11:50	2:45
BREAK	22-abr	11:50	12:15	0:25
PRODUCCION	22-abr	12:15	12:50	0:35
COLACION	22-abr	12:50	14:05	1:15
PRODUCCION	22-abr	14:05	17:25	3:20
BAÑO	22-abr	17:25	17:30	0:05
PRODUCCION	23-abr	9:15	11:45	2:30
BREAK	23-abr	11:45	12:00	0:15
PRODUCCION	23-abr	12:00	12:50	0:50
COLACION	23-abr	12:50	14:00	1:10
PRODUCCION	23-abr	14:00	15:40	1:00