

**Universidad Latina de Costa Rica**

**Facultad de Ingeniería y Arquitectura**

**Escuela de Ingeniería Civil**

*Propuesta de trabajo final de graduación para optar por el grado académico de*

*Licenciado en Ingeniería Civil*

**- Tesis de Graduación-**

**Modulación de vivienda unifamiliar**

**Sustentante:**

**Sebastian José Tencio Pereira**

**San Pedro, Montes de Oca**

**Diciembre, 2020**

## “Carta autorización del autor (es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016, revisada el 24 de Abril de 2020

---

Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Tencio Pereira, Sebastián José

De la Carrera / Programa:

autor(es) del trabajo final de graduación titulado:

INGENIERÍA CIVIL-TÍTULO: MODULACION DE VIVIENDA UNIFAMILIAR

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página Web institucional, así como medios electrónicos en general, Internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de la misma.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) **Jueves, 13** del mes **mayo** de año **2021** a las **10:00**. Asimismo doy fe de la veracidad de los datos incluidos en el documento y eximo a la Universidad de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores

Según orden de mención al inicio de ésta carta:

SEBASTIAN  
JOSE TENCIO  
PEREIRA  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por  
SEBASTIAN JOSE  
TENCIO PEREIRA  
(FIRMA)  
Fecha: 2021.05.07  
185034.0600

## **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada, a mi familia quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional como ser humano.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a Dios por darme siempre las fuerzas para continuar a lo largo de este arduo camino como estudiante universitario.

A cada uno de los miembros de comité asesor y los diferentes profesionales que siempre estuvieron disponibles para aclarar dudas y realizar aportes.

Por último, un agradecimiento a mis padres y amigos, que me apoyaron a lo largo de la carrera universitaria y motivarme a salir adelante.

## TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I .....	12
PROBLEMA Y PROPÓSITO .....	12
1.Introducción .....	13
1.1 Estado actual del objeto de estudio (antecedentes del problema) .....	13
2. Planteamiento del problema de estudio.....	15
2.1 Enunciado del Problema.....	15
2.2 Formulación del problema.....	17
3. Justificación.....	18
3.1 Importancia.....	18
4. Objetivos .....	21
4.1 Objetivo general .....	21
4.2 Objetivos específicos.....	21
5. Alcances y Limitaciones .....	22
5.1 Alcances.....	22
5.2 Limitaciones .....	23
6. Delimitaciones.....	24
6.1 Delimitación espacial .....	24
6.2 Delimitación temporal .....	24
CAPÍTULO II.....	25
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	25
7.1 Marco teórico.....	26
7.2 Sistemas constructivos.....	30
7.3 Características de la vivienda unifamiliar .....	30
7.4 Distribución arquitectónica.....	31

7.5 Sistema de Mampostería.....	34
7.6 Materiales de Mampostería .....	35
7.7 Reglamento de Construcción (INVU) .....	36
7.8. Código Sísmico de Costa Rica .....	38
7.10 Sistema Prefabricado .....	40
7.11 Cubierta de Techo.....	50
7.12 Detallado de Piso .....	55
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>56</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>56</b>
8. Definición del Enfoque y Método de Investigación.....	57
8.1 Fase Teórica.....	59
8.3 Fase de Modulación.....	60
8.4 Fase Resultados .....	61
8.5 Sujetos y Fuentes de Información .....	61
8.6 Definición de Variables.....	61
8.7 Instrumentos y Técnicas Utilizadas en la Recolección de los Datos .....	62
8.8 Sustentación de la Confiabilidad y Validez de los Instrumentos de la Investigación.....	63
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>64</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>64</b>
9. Detallado de Área Constructiva .....	65
9.1 Sistema Bloque Teknoblock.....	66
9.2 Sistema de Prefabricado .....	72
9.3 Modulación de Ventanas .....	79
9.4 Modulación de Puertas .....	81
9.5 Detallado de Piso.....	83
Opción 1 Sistema Bloque Teknoblock: .....	83
Opción 2 Sistema Bloque Teknoblock: .....	86
Opción 1 Sistema Prefabricado: .....	89
Opción 2 Sistema Prefabricado: .....	92
9.6 Detallado de Cubierta de Techo .....	95
9.6.1 Sistema Constructivo Bloques Teknoblock:.....	96

9.6.2 Sistema constructivo Prefabricado .....	109
9.7 Presupuesto.....	121
9.7.1 Sistema Prefabricado.....	125
9.7.2 Detalle de Pisos .....	126
9.8 Desperdicios .....	130
9.8.1 Detallado de Área Constructiva.....	130
9.8.2 Detallado de Pisos .....	131
9.8.3 Sistema Teknoblock .....	131
9.8.4 Sistema Prefabricado .....	131
9.8.5 Detallado de Cubierta de Techo .....	132
9.8.6 Sistema Teknoblok .....	132
9.8.7 Sistema Prefabricado .....	133
CAPITULO V.....	135
ANALISIS DE RESULTADOS .....	135
10. Detallado de Área Constructiva .....	136
10.1 Detallado de pisos .....	137
10.2 Detallado de Cubiertas de Techo .....	137
CAPITULO VI.....	138
CONCLUSIONES .....	138
RECOMENDACIONES.....	143
REFERENCIAS.....	144
ANEXOS .....	147

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Medidas detalladas de cada aposento de centro a centro de cada pared.....	33
Tabla 2. En la siguiente tabla se detalla las dimensiones modulares referentes a las ventanas....	39
Tabla 3. Propiedad de las baldosas .....	42
Tabla 4. Propiedades de los materiales de columnas prefabricadas .....	48
Tabla 5 Metraje de sistema constructivo Teknoblock .....	66
Tabla 6 Materiales utilizados en sistema Bloque Teknoblock.....	66
Tabla 7 Metraje de Sistema constructivo Prefabricado .....	72
Tabla 8 Materiales utilizados en Prefabricado.....	73
Tabla 9 Modulaci3n de buques de ventanas Sistema constructivo de Teknoblock .....	79
Tabla 10 Modulaci3n de buques de ventanas de sistema Prefabricado .....	79
Tabla 11 Modulaci3n de buques de puerta de sistema constructivo Teknoblock.....	81
Tabla 12 Modulaci3n de buques de puerta de sistema constructivo Prefabricado .....	81
Tabla 13 Piso con formato rectangular de 30cm x 60cm para sistema constructivo Teknoblock	83
Tabla 14 Estimaci3n de morteros de pega y mortero de fragua, formato 30x60.....	85
Tabla 15 Piso con formato cuadrado de 60cm x 60cm para sistema constructivo Teknoblock ...	86
Tabla 16 Estimaci3n de morteros de pega y mortero de fragua, formato 60x60.....	88

Tabla 17 Piso con formato Rectangular de 25cm x 60cm para sistema constructivo Prefabricado .....	89
Tabla 18 Estimación de morteros de pega y mortero de fragua, formato 25x50.....	91
Tabla 19 Piso con formato cuadrado de 50cm x 50cm para sistema constructivo Prefabricado..	92
Tabla 20 Estimación de morteros de pega y mortero de fragua, formato 50x50.....	94
Tabla 21 Cubierta de techo de 1 agua para sistema Bloque Teknoblock (Lamina comercial):....	96
Tabla 22 Cubierta de techo de 1 agua para estructura de Cercha (Teknoblock Lamina comercial): .....	98
Tabla 23 Cubierta de techo de 1 agua para sistema Bloque Teknoblock (Lamina prefabricada): .....	100
Tabla 24 Cubierta de techo de 1 agua para estructura de Cercha (Teknoblock Lamina Prefabricada): .....	100
Tabla 25 Cubierta de techo de 2 agua para sistema Bloque Teknoblock (Lamina convencional): .....	103
Tabla 26 Cubierta de techo de 2 aguas para estructura de Cercha (Teknoblock Lamina Convencional) .....	103
Tabla 27 Cubierta de techo de 2 agua para sistema Bloque Teknoblock (Lamina prefabricada) .....	106
Tabla 28 Cubierta de techo de 2 aguas sistema de cercha (Teknoblock Lamina prefabricada):	106
Tabla 29 Cubierta de techo de 1 agua para sistema Prefabricado (Lamina convencional): .....	109
Tabla 30 Cubierta de techo de 1 agua sistema de cercha (Prefabricado- Lamina convencional): .....	109
Tabla 31 Cubierta de techo de 1 agua para sistema Prefabricado (Lamina prefabricada):.....	112

Tabla 32 Cubierta de techo de 1 agua para sistema de cercha (Prefabricado Lamina prefabricadal): .....	112
Tabla 33 Cubierta de techo de 2 agua para sistema Prefabricado (Lamina convencional): .....	115
Tabla 34 Cubierta de techo de 2 aguas para sistema de cercha (Prefabricado Lamina convencional):.....	115
Tabla 35 Cubierta de techo de 2 agua para sistema Prefabricado (Lamina prefabricada):.....	118
Tabla 36 Cubierta de techo de 2 aguas para sistema de cercha (Prefabricado Lamina prefabricada): .....	118
Tabla 37 Presupuesto de área constructiva del Sistema Teknoblock .....	122
Tabla 38 Presupuesto de pisos del sistema Teknoblock .....	122
Tabla 39 Presupuesto de cubierta de techo 1 agua lamina convencional (Sistema Teknoblock)	123
Tabla 40 Presupuesto de cubierta de techo 1 agua lamina prefabricada (Sistema Teknoblock .	123
Tabla 41 Presupuesto de cubierta de techo 2 agua lamina convencional (Sistema Teknoblock)	124
Tabla 42 Presupuesto de cubierta de techo 2 agua lamina prefabricada (Sistema Teknoblock)	124
Tabla 43 Presupuesto del sistema constructivo prefabricado .....	125
Tabla 44 Detallado de piso sistema constructivo prefabricado .....	126
Tabla 45 Cubierta de techo 1 agua lamina convencional (Sistema Prefabricado).....	126
Tabla 46 Cubierta de techo 1 agua lamina prefabricada (Sistema Prefabricado).....	127
Tabla 47 Cubierta de techo 2 agua lamina convencional (Sistema Prefabricado).....	127
Tabla 48 Cubierta de techo 2 agua lamina prefabricada (Sistema Prefabricado).....	128
Tabla 49 Desperdicio de pisos del sistema Teknoblock .....	131
Tabla 50 Desperdicio de cubierta de techo en sistema Teknoblock 1 agua.....	132
Tabla 51 Desperdicio de cubierta de techo en sistema Teknoblock 2 aguas .....	133

Tabla 52 Desperdicio de cubierta de techo en sistema prefabricado 1 agua .....	133
Tabla 53 Desperdicio de cubierta de techo en sistema prefabricado 2 aguas .....	134

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 Área de Construcción Tramitada ante CFIA .....	15
Figura 2. Distribución por tipo de edificación del área de construcción tramitada ante el CFIA	16
Figura 3. Porcentajes constructivos en el territorio nacional, Fuente INEC-Costa Rica – 2019..	19
Figura 4. Planta Distribución Arquitectónica .....	32
Figura 5. Bloque integra de Productos de Concreto, con su retícula modular en base M .....	36
Figura 6 Distribución Arquitectónica .....	41
Figura 7 Sección baldosa estandar .....	45
Figura 8. Sección baldosa banquina.....	46
Figura 9 Sección baldosa cargador .....	47
Figura 10 Tipo de columnas prefabricadas estándar.....	49
Figura 11 Tornillo de fijación 2”.....	52
Figura 12 Sistema de cubierta de techo .....	53
Figura 13 Diseño de planta de techo.....	54
Figura 14 Diagrama de Flujo, de modulación de vivienda unifamiliar .....	58

Figura 15 Planta de Distribución Arquitectónica Sistema Constructivo Teknoblock .....	67
Figura 16 Elevación frontal sistema Teknoblock - Cubierta de 1 agua.....	68
Figura 17 Elevación Posterior Sistema Teknoblock – Cubierta 1 agua.....	69
Figura 18 Elevación Frontal Sistema Teknoblock – Cubierta de 2 aguas .....	70
Figura 19 Elevación Posterior Sistema Teknoblock – Cubierta 2 aguas .....	71
Figura 20 Planta de distribución arquitectónica - Sistema constructivo prefabricado.....	74
Figura 21 Elevación Frontal Sistema Prefabricado – Cubierta de 1 agua .....	75
Figura 22 Elevación Posterior Sistema Prefabricado – Cubierta 1 agua .....	76
Figura 23 Elevación Frontal Sistema Prefabricado – Cubierta de 2 aguas.....	77
Figura 24 Elevación Posterior Sistema Prefabricado – Cubierta 2 aguas.....	78
Figura 25 Modulación de Buques de Ventana.....	80
Figura 26 Modulación de Buque de Puerta.....	82
Figura 27 Detalle modulación de piso 30 x 60 .....	84
Figura 28 Detalle modulación de piso 60 x 60 .....	87
Figura 29 Detalle modulación de piso 25 x 50 - Sistema constructivo Prefabricado .....	90
Figura 30 Detalle modulación de piso 50 x 50 - Sistema constructivo Prefabricado .....	93
Figura 31 Planta de techos 1 agua - Sistema constructivo Teknoblock -Lamina convencional...	97
Figura 32 Detalle Estructural de Techos de 1 agua Lámina Convencional - Sistema Constructivo TeknoBlock.....	99
Figura 33 Planta de techos 1 agua - Sistema constructivo Teknoblock- Lamina prefabricada ..	101
Figura 34 Detalle estructural de techos 1 agua - Sistema constructivo TeknoBlock- Lamina prefabricada .....	102
Figura 35 Planta de techos 2 aguas - Sistema constructivo TeknoBlock- lamina convencional	104

Figura 36 Detalle estructural de techos 2 aguas lámina convencional - Sistema constructivo	
Teknoblock – lamina convencional .....	105
Figura 37 Planta de techos 2 aguas - Sistema constructivo TeknoBlock – lamina prefabricada	107
Figura 38 Detalle estructural de techos 2 aguas Lámina Prefabricada - Sistema constructivo	
TeknoBlock.....	108
Figura 39 Planta de techos 1 agua - Sistema constructivo Prefabricado- lamina convencional.	110
Figura 40 Detalle estructural de techos 1 agua Lamina Convencional - Sistema constructivo	
Prefabricado- lamina convencional .....	111
Figura 41 Planta techos 1 agua - Sistema constructivo Prefabricado- lamina prefabricada.....	113
Figura 42 Detalle estructural de techos 1 agua Lamina Prefabricada - Sistema Constructivo	
Prefabricado- lamina prefabricada .....	114
Figura 43 Planta de techos 2 aguas - Sistema constructivo Prefabricado- lamina convencional	116
Figura 44 Detalle estructural de techos 2 aguas Lámina convencional - Sistema constructivo	
Prefabricado- lamina convencional .....	117
Figura 45 Planta de techos 2 aguas - Sistema constructivo Prefabricado- lamina prefabricada.	119
Figura 46 Detalle estructural de techos 2 aguas Lámina Prefabricada - Sistema constructivo	
Prefabrica- lamina prefabricada .....	120

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA Y PROPÓSITO**

## 1.Introducción

### *1.1 Estado actual del objeto de estudio (antecedentes del problema)*

Basado en los registros históricos de la mayoría de las empresas constructoras de vivienda, se logra determinar que el mayor peso en una construcción lo conllevan los materiales constructivos, dado que estos tienen un alto costo y a su vez se le da un uso incorrecto, su rendimiento disminuirá por consiguiente generando indirectamente un alto residuo de desperdicios.

Esto se debe a que la gran mayoría de las empresas constructoras invierte aproximadamente un 0.15% del costo del proyecto en la planificación de gestión de materiales, lo cual es un porcentaje pequeño en comparación a otras industrias donde su inversión rondan el 1% del costo del proyecto.

Además, las empresas productoras de materiales de construcción, brindan información técnica acerca de los rendimientos de cada uno de ellos, pero aun así estos rendimientos pueden variar en obra, apuntando a la disminución, estas disminuciones muchas veces se dan por la falta de capacitación del personal o bien una mala praxis al momento de aplicarlas en obra, cuyo resultado final es que se genera un desperdicio, esto debido a que gran parte de los materiales sobrantes no se reutilizan y se desechan, ya sea por no cumplir los estándares de calidad o su estado original o bien es el fin del proyecto y es necesario la limpieza final del sitio para su entrega.

El objetivo general en estudio fue la modulación de una vivienda por medio de dos sistemas constructivos y a su vez generar una comparación, el cual tiene cierta relación a proyectos de graduación pasados, los cuales sirvieron de apoyo para la realización de este proyecto de graduación. El más reciente es de la autora Daniela Fernández Martínez (2015) “Evaluación *de un nuevo sistema constructivo de mampostería modular de concreto en Costa Rica*” donde se logra determinar las mejoras de este sistema aplicado.

Otro trabajo de graduación realizado en la Universidad de Costa Rica, por el autor José Daniel Sancho Arias (2011) “Modulación de una vivienda de interés social para diferentes sistemas constructivos”, el cual estudia la modulación y el aprovechamiento de los materiales.

Sin embargo, estos trabajos de graduación no abarcar en conjunto los temas de modulación, máximo aprovechamiento de los materiales, reducción de costos, comparación de los sistemas y disminución de desperdicios. El cual se espera que sea de gran uso para todo aquel interesado.

## 2. Planteamiento del problema de estudio

### 2.1 Enunciado del Problema

Basado en los estudios publicados por parte de la Cámara Costarricense de la Construcción (CCC) y el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) se puede determinar que la industria de la construcción ha tenido un decrecimiento del 36.6% con respecto al 2019, esta desaceleración se ve reflejada debido a la menor ejecución de proyectos privados residenciales y no residenciales, sin dejar de lado los efectos del Covid-19 sobre la economía nacional y la disminución de ingresos económicos en las empresas y por ende en los hogares de los costarricenses.

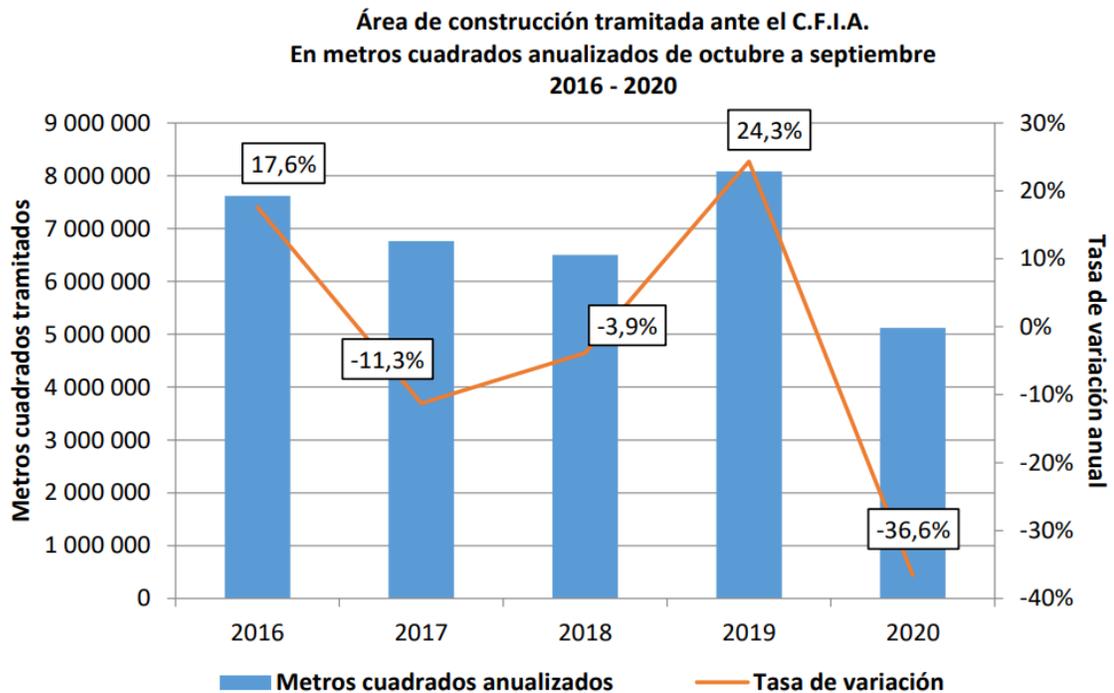


Figura 1 Área de Construcción Tramitada ante CFIA

Fuente cámara costarricense de construcción con base en datos del colegio de ingenieros y arquitectos (CFIA)

Sin embargo, a pesar del decrecimiento según lo indica el Colegio de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) en los primeros 9 meses del año 2020, esta industria logra generar un aproximado de superficie de construcción de 5.123.347 m<sup>2</sup> de los cuales un 44.57% corresponden al sector vivienda, donde un 39.35% representa la vivienda unifamiliar y un 5.22% representa el condominio.

<b>Distribución por tipo de edificación del área de construcción tramitada ante el C.F.I.A.</b>			
<b>Octubre 2019 - Septiembre 2020</b>			
<b>Categoría</b>	<b>Participación</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Participación</b>
<b>VIVIENDA</b>	<b>44,57%</b>	<b>Vivienda unifamiliar</b>	39,35%
		<b>Condominios</b>	5,22%
<b>INDUSTRIA</b>	<b>11,97%</b>	<b>Bodegas</b>	11,88%
		<b>Edificios industriales</b>	0,09%
<b>COMERCIO</b>	<b>29,71%</b>	<b>Edificios comerciales</b>	26,97%
		<b>Hoteles</b>	2,75%
<b>OFICINAS</b>	<b>6,62%</b>	<b>Oficinas comerciales</b>	4,53%
		<b>Oficinas institucionales</b>	2,09%
<b>OTROS</b>	<b>7,14%</b>	<b>Edificios educacionales</b>	1,60%
		<b>Salud</b>	1,83%
		<b>Sitios de reunión pública</b>	3,71%
<b>TOTAL</b>	<b>100,00%</b>	<b>TOTAL</b>	<b>100,00%</b>

*Figura 2. Distribución por tipo de edificación del área de construcción tramitada ante el CFIA*

Fuente: C.C.C con base en datos del colegio de colegios federado de ingenieros y arquitectos (CFIA)

Basado en esto, dicha industria necesita innovarse o reinventarse para poder llevar a cabo futuros proyectos y por ende generar crecimiento en sector construcción.

Tomando en cuenta los informes del Colegio de Ingenieros y Arquitectos los proyectos de viviendas unifamiliares dos de los sistemas de construcción más utilizados son el sistema de mampostería y el sistema de prefabricado (PC).

Considerando el decrecimiento en el que se encuentra actualmente el sector construcción, se busca la manera de crear una coordinación modular, la cual permita que estos dos sistemas constructivos depuren su metodología y se logre ofrecer un producto a menor precio, con menores cantidades de desperdicios y siempre manteniendo la calidad y los estándares constructivos solicitados por los códigos vigentes en nuestro territorio.

## ***2.2 Formulación del problema***

Como modular una vivienda, donde sus materiales de construcción tengan su máximo aprovechamiento y a su vez genera una disminución de residuos, lo cual se verá reflejado en una disminución de costos.

### **3. Justificación**

Al diseñar una modulación de una vivienda unifamiliar nos permite lograr un mejor aprovechamiento de los materiales, esto debido que al tener un plan detallado a seguir tanto en diseño, como en producción se logra una disminución en los costos, el cual a su vez reduce los tiempos constructivos y por ende se da un mayor aprovechamiento de los materiales, el cual tiene un reflejo directo en la disminución del porcentaje de desperdicios generados durante la misma. Así mismo podemos ver el incremento del rendimiento de la mano de obra en los operarios debido a que los mismo no tienen que aplicar cortes o ajustes a los materiales empleados en la construcción, logrando una mayor eficiencia en sus tareas a desarrollar, y a su vez disminuir el tiempo del proyecto.

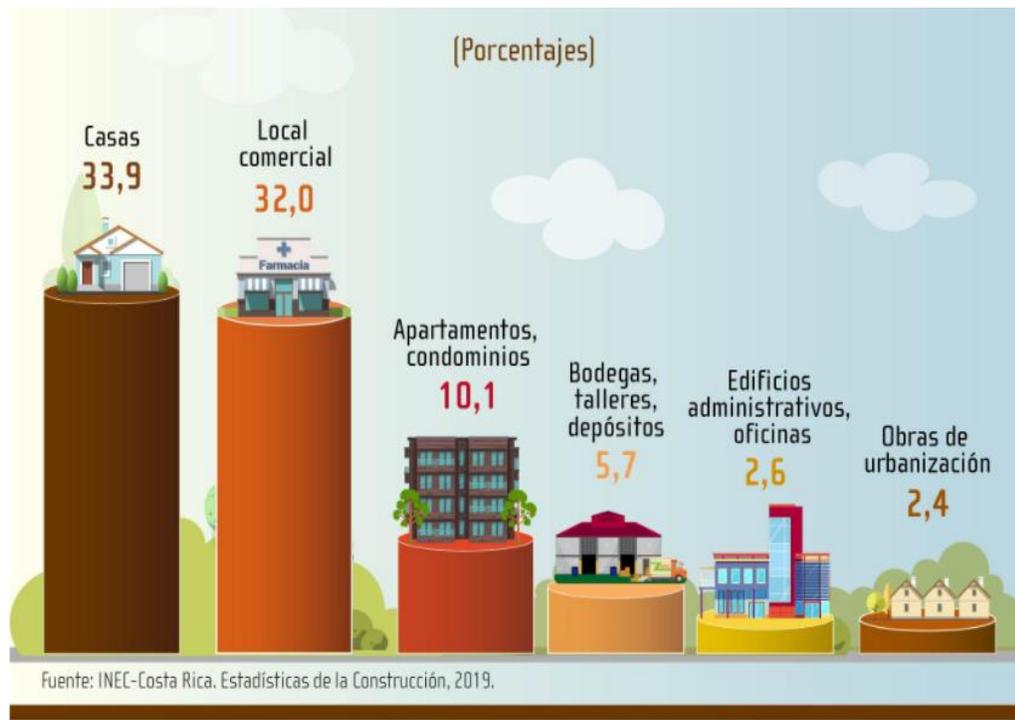
#### ***3.1 Importancia***

La importancia de este proyecto de graduación reside en incentivar el uso correcto de los materiales y métodos implementados a lo largo del proceso constructivo, con el objetivo de lograr una disminución en los costos, con el resultado de un mejor uso de los materiales y a su vez reduciendo la cantidad de desperdicios finales.

Por otra parte, si se logra esta disminución de costos y a su vez se reduce el desperdicio, se da la opción de aumentar los metrajes constructivos, ya que el capital destinado para el

mismo tendrá una mayor eficiencia lo cual nos permite destinar dicho capital para satisfacer los objetivos deseados por el cliente.

Establecido en los estudios del Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica (INEC, Estadística de la construcción 2019), el porcentaje más alto de construcción de Costa Rica está destinada a la construcción de vivienda con un 33.9%, basado en lo cual, se logra determinar que es de gran importancia implementar un método de modulación para incentivar su correcto uso y reducción de costos, como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 3.** Porcentajes constructivos en el territorio nacional, Fuente INEC-Costa Rica – 2019

Fuente: INEC-Costa Rica - 2019

Complementariamente el INEC, proporciona la estadística de que los materiales más utilizados en el proceso constructivo de vivienda, en términos de paredes es mediante el material denominado “Block” con un 59% y en un tercer lugar de mayor uso, encontramos el material denominado “Prefabricado” con un 12% superado únicamente por un porciento por el material denominado “Madera”. Basado en esto se utilizarán los materiales denominados “Block” y “Prefabricado” para el desarrollo de este proyecto ya que son los más solicitados por la sociedad en términos de construcción de viviendas.

Al ser la construcción de viviendas un tema de tanta importancia se determina que el proceso se debe dar en el menor tiempo posible, ya que la mayoría de las personas que adquieren una vivienda, gran parte de ellas provienen de contratar un alquiler de vivienda, por lo tanto, entre menor sea el tiempo del proceso constructivo, menor será el gasto en temas de arrendamiento.

Adicionalmente al tratarse de una vivienda unifamiliar, diseñada para un cliente en específico hay una alta población que el pago del costo de esta se dé por medio de un financiamiento bancario, por lo tanto, es importante que el producto final sea construido de manera eficiente, cercano a la perfección y con los estándares que norman los códigos actuales.

## 4. Objetivos

### *4.1 Objetivo general*

Realizar la modulación de una vivienda, por medio de dos sistemas constructivos.

### *4.2 Objetivos específicos*

Modular una vivienda mediante el sistema de mampostería y el sistema de prefabricado.

Definir las áreas que nos permitan la modulación en ambos sistemas constructivos, detallando paredes, pisos y cubiertas de techo.

Calcular los costos y desperdicios que generan en estos dos sistemas constructivos.

Comparar los sistemas constructivos con enfoque de costos de materiales.

## **5. Alcances y Limitaciones**

### ***5.1 Alcances***

Este trabajo de graduación consiste en la modulación de una vivienda unifamiliar de un nivel, ya que esta es la opción más adquirida entre la sociedad, por lo tanto, será de gran utilidad para las empresas constructoras interesada utilizar los resultados de este proyecto a lo largo de sus desarrollos constructivos.

Para este proyecto se realiza la modulación únicamente para dos sistemas constructivos, como lo son el sistema de mampostería y el sistema de prefabricado (PC), tomando en consideración únicamente las siguientes actividades “paredes”, “techo” y “pisos” como enfoque principal.

Se toma en cuenta las condiciones del terreno donde se va a efectuar la obra, el cual se considera que tiene una topografía adecuada, un suelo con características favorables, los servicios básicos y un clima que permita el accionar de los trabajadores para realizar sus labores.

Con respecto a los datos del presupuesto, el cual no es detallado y solo se incluirá las actividades detalladas anteriormente, de manera de costos de materiales, dejando de lado el costo de mano de obra.

## *5.2 Limitaciones*

El enfoque de la modulación de una vivienda es un tema el cual está en proceso de aplicación, pero aun así su aplicación en los proyectos es mínima, por lo tanto, el conocimiento aplicado es mínimo, ya que en muchos casos se realiza a un 50% la modulación o bien se realiza la parte de diseño, pero la parte de construcción se deja de lado y se construye de manera tradicional.

Al utilizar productos de construcción que se encuentran en las áreas cercanas al proyecto, la mayoría de ellos no toman en cuenta el dimensionamiento. Ya que los métodos constructivos trabajan en una unidad de medida y los materiales que se ofrecen trabajan bajo otra medida, lo cual de una u otra manera dificulta el tema de la modulación, provocando no lograr el objetivo del máximo aprovechamiento.

Por otra parte, tenemos varios proyectos de graduación que tienen el objetivo de la modulación, pero abarcan algunos segmentos de lo que simboliza la modulación de una vivienda o su enfoque principal se desarrolla en otro tipo de vivienda.

## **6. Delimitaciones**

### ***6.1 Delimitación espacial***

La delimitación espacial de este proyecto se basa en el lote o filial donde se vaya a realizar la construcción de la vivienda unifamiliar, el cual debe de contar con una topografía adecuada, tipo de suelo idóneo, estación climática favorable y tener los servicios básicos disponibles.

### ***6.2 Delimitación temporal***

La delimitación temporal de la modulación de una vivienda unifamiliar inicia su proceso en el mes de septiembre del año 2020, con un desarrollo el cual tendrá su finalización a lo largo del mes de mayo del año 2021.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

## **7.1 Marco teórico**

Para el desarrollo de este proyecto, se utiliza una metodología tipo practica-experimental, donde se utilizaron conceptos básicos, los cuales se describirán a continuación.

### **Sistema Modular.**

El sistema modular tiene como objetivo aumentar la productividad constructiva, generando a su vez una reducción de costos y desperdicios.

Se debe tener en cuenta que a la hora de modular se consideran tres áreas importantes, la función que va a cumplir la obra, el sistema constructivo y los diseños arquitectónicos que se desean realizar.

Basado en estos 3 factores se debe tener en cuenta que los materiales que no logran tener las medidas establecidas en el diseño, se les aplica un corte para que cumpla la medida deseada, lo cual genera una alta cantidad de desperdicios e ineficiencia laboral. Por lo tanto, la coordinación modular involucra directamente tres factores, el diseño, el fabricante de materiales y la empresa constructora.

Donde el objetivo es generar una coordinación de selección y usos de materiales que logren cumplir con ser múltiplos del módulo base M, donde M es igual a 10cm, aun así, se tiene que tomar en cuenta que la mayoría de las empresas fabricantes no cumplen con este módulo M o bien no tiene dimensionalidad en sus materiales, es decir que el ancho debe ser múltiplo de su longitud.

Se debe considerar que el ancho del bloque es de “X” número de veces el módulo base M y su longitud es proporcional al valor de “X y M”.

### **Modulo Básico.**

Se define como la magnitud que debe tener las medidas en un diseño, las cuales permita un rango de tamaños razonables, pero teniendo un grado de flexibilidad ante alguna medida que no permita ser múltiplo de modulo M.

### **Multimódulos.**

Se basa en el módulo básico, pero se aumenta X veces, lo cual permite determinar las dimensiones verticales y horizontales del diseño, basado en tres fases, las cuales son modulación del diseño, coordinación y preferente.

### **Modulación de coordinación.**

Se basa en la proporción del espacio suficiente para la colocación de elementos prefabricados, como el caso de ventanas o puertas, cuyas medidas están diseñadas en el módulo básico.

**Módulos de diseño.**

Se basa en el módulo básico, el cual permite crear múltiples que faciliten componentes estructurales, los cuales tengan mayor cantidad de posibilidades y a su vez generen economía y disponibilidad en el mercado.

**Multimódulos preferentes.**

Se basa en el módulo básico, directamente en el proceso de prefabricación de los materiales de construcción, los cuales se deben de desarrollar de manera eficiente, pero a bajo costo.

**Coordinación dimensional.**

Se basa en la conversión de los tamaños de los materiales de construcción que se encuentran en el mercado y las medidas del diseño a realizar, cuyo principal objetivo es que los mismos no se le tengan que aplicar cortes para su colocación en obra.

**Costos.**

El suministro de los datos referentes a los materiales utilizados en los procesos constructivos se tomará en cuenta para generar una comparación entre ambos métodos y determinar cuál es el que presenta menor costo.

## **Medidas.**

- Básica:** Medida inicial, la cual se basa el diseño y se considera la tolerancia deseada.
- Fabricante:** Medida a la que se necesita la fabricación de un elemento constructivo, se debe de tomar en cuenta la disminución de las uniones y la tolerancia deseada.
- Mínima:** Medida que considera una tolerancia mínima, para que su aplicación en el diseño sea viable.
- Máxima:** Medida que considera una tolerancia máxima, para que su aplicación en el diseño sea viable.
- Obra:** Medida real que contienen los elementos colocados en sitio, la cual ya se le considero la tolerancia.
- Tolerancia:** Se basa en los límites permitidos en las desviaciones que presentan los elementos, la cual se reduce a la diferencia entre la medida máxima y mínima permitida

## **Retícula modular.**

Se basa en un sistema de referencia tridimensional, el cual es la unión de líneas rectas que forman ángulos de noventa grados, permitiendo la ubicación del diseño y sus características.

### **Vivienda unifamiliar.**

Se considera como vivienda unifamiliar todo aquel espacio con techo y cerrado donde pueden habitar los individuos, pero teniendo la salvedad que solo reside una única familia, donde la cantidad de habitantes por m<sup>2</sup> es menor que las viviendas horizontales o viviendas verticales.

### **Coordinación Dimensional.**

Se basa en la unificación o conversión de medidas relacionadas para lograr un fin de dimensionar todos los componentes que estén involucrados en el proceso constructivo, contemplándolo desde el diseño, producción y ensamble.

#### ***7.2 Sistemas constructivos***

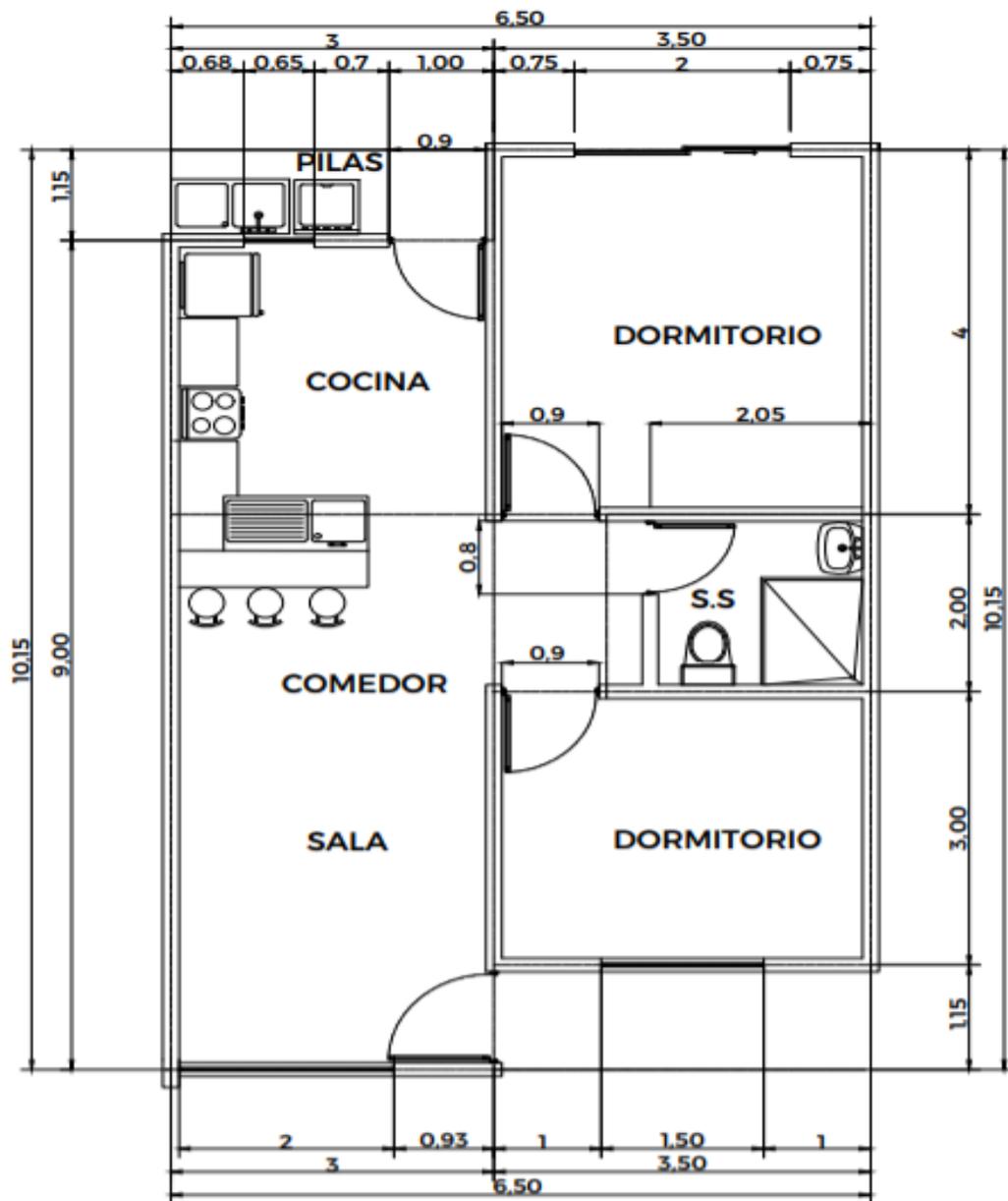
En este proyecto se implementa el uso de dos sistemas constructivos, el sistema de mampostería y el sistema de prefabricado (PC).

#### ***7.3 Características de la vivienda unifamiliar***

La vivienda unifamiliar diseñada en este proyecto es de un nivel debido a que es la modalidad más vendida en el mercado de la GAM, esto debido a que cumple con las necesidades del cliente y parte más importante es que los precios son accesibles desde la clase baja-media hasta la media-alta, esta vivienda está constituida por una distribución de dos cuartos, un baño, área abierta de sala, comedor, cocina, cuarto de pilas y corredor frontal, finalizando con un metraje de 66.12m<sup>2</sup> de construcción.

#### ***7.4 Distribución arquitectónica***

La vivienda diseñada cuenta con las siguientes medidas, 6.50m de frente y 9.00m de fondo, tomando en cuenta que estas medidas van referidas de centro a centro de columna.



**Figura 4.** Planta Distribución Arquitectónica

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 1. Medidas detalladas de cada aposento de centro a centro de cada pared*

<b>Aposento</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Metraje Total (m)</b>
Sala	3.00	3.00	9.0
Comedor	3.00	3.00	9.0
Cocina	3.00	3.00	9.0
Baño	2.05	2.00	4.1
Cuarto Principal	3.80	4.00	15.2
Cuarto Secundario	3.80	3.00	11.4
Cuarto de Pilas	3.80	1.35	4.05
Corredor Frontal	3.80	1.15	4.37

### ***7.5 Sistema de Mampostería***

El sistema de mampostería se determina con un proceso de colocaciones de bloques, acero de refuerzo y concreto colado, los cuales en este proyecto se utilizarán los bloques tipo Integra PC de la empresa de Concretos S.A de las medidas de 15\*20\*45 y 15\*20\*30, debido a que nos permite una normalización dimensional y posicional de todos los elementos que contempla el diseño, como es el caso de intersecciones en forma de T, las cuales no será necesario realizar cortes y de esa manera lograr el objetivo de disminuir los desperdicios.

Se debe tomar en cuenta que el espesor de mortero de pega es de 1 cm, con una tolerancia de 0.5cm.

Los espesores de los bloques Integra PC son submúltiplos del ancho, lo cual quiere decir que nos favorece la colocación de las intersecciones de paredes y la colocación del acero de refuerzo vertical, este sistema de construcción cabe destacar que trabaja con una cuadrícula de valores de 4.5M y 3M.

## **7.6 Materiales de Mampostería**

### ***Bloque Teknoblock (Productos de Concreto).***

Cuya característica principal son sus ranuras en todos sus costados, lo cual permite romper fácilmente la parte superior del bloque y así pasar el acero horizontal, sin dejar de lado la alta eficiencia que nos permite sus medidas para hacer esquinas o intercesiones en forma de “T” sin tener que hacer cortes y así generar menor cantidad de desperdicios.

Basado en esto podemos determinar que utilizan el módulo M donde  $M=100\text{mm}$ , basándose en su ancho de  $150\text{mm}$ , se logra modular su longitud. Presentando la siguiente opción de  $130\text{mm}$ , teniendo en cuenta que esta opción cuenta con una altura de  $186.6\text{mm}$ , las cuales utilizan un sisado de  $13.3\text{mm}$  tanto de manera horizontal, como vertical.

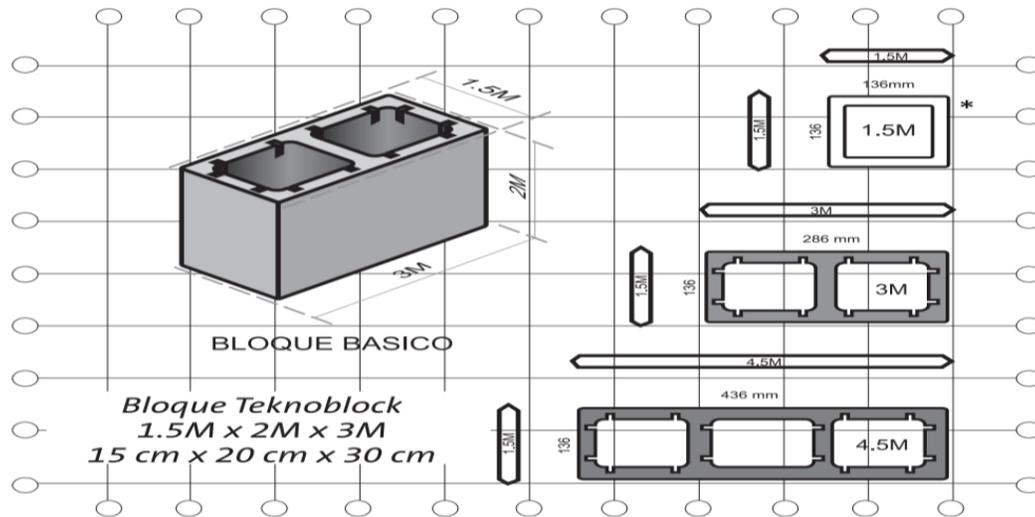
Basado a la modulación del método “M”, utiliza un sistema de cuadrícula modular en planta donde sus ejes tienen una separación de  $3M$ , es decir de  $300\text{mm}$  y en su cuadrícula frontal tiene una separación de  $2M$ , es decir  $200\text{mm}$

### ***Mortero de Pega.***

Se trata de la mezcla de arena fina, cemento y agua, el cual es utilizada para la pega o unión de los bloques, el cual se puede hacer en sitio o bien utilizar mortero empacado.

### ***Relleno de Celdas.***

Tradicionalmente llamado “concreto”, el cual es la mezcla de arena, piedra, cemento y agua hecha en sitio, esta mezcla tiene que seguir un proceso de dosificación específica para lograr la resistencia deseada.



**Figura 5.** Bloque integra de Productos de Concreto, con su retícula modular en base M

Fuente: Productos de Concreto PC

### 7.7 Reglamento de Construcción (INVU)

Al tratarse de una vivienda unifamiliar se tiene que basar en el capítulo VIII “Edificios para habitación unifamiliar y multifamiliar” del artículo 1 hasta el artículo 3.

Establecido en el reglamento de construcciones del INVU detalla que a la hora de un diseño de una vivienda unifamiliar se deben cumplir con la altura mínima de puertas de 2,00 m y un ancho mínimo de 0.9m, con la excepción de los aposentos no habitables, como es el caso de la cocina, baño, lavandería y otros que tienen la posibilidad de utilizar anchos de puerta de 0.8m.

Basado en el reglamento, se detalla que las ventanas, deben cumplir con un área mayor o igual a los siguientes porcentajes, los cuales rigen basado al área del piso del aposento en estudio:

Aposentos habitables y cocina, lo rige un 15%

Baños, lo rige un 10%

Corredores, lo rige un 15%

Sin dejar de lado que la dimensión mínima para una ventana es de 0.3m

Basado en el mismo reglamento, detalla que el área mínima por aposento debe ser las siguientes:

Dormitorio principal: Deberá de tener como mínimo un metraje de 9 m<sup>2</sup>.

Dormitorios secundarios: Como mínimo tendrá un metraje de 7.5 m<sup>2</sup>, con un ancho no menor a 2.5 m.

Cocina: Debe contar un área mínima de 5 m<sup>2</sup> y un ancho no menor a 2 m.

Sala – Comedor: Debe de contar un área mínima de 10 m<sup>2</sup> y un ancho no menor a 2.5 m.

El mismo reglamento detalla que la altura mínima de piso al cielo raso será de 2.4m

### **7.8. Código Sísmico de Costa Rica**

Establecido en el Código Sísmico de Costa Rica en su versión 2010 (Revisión 2014), podemos encontrar que la vivienda unifamiliar establece criterios generales obligatorios constructivos de casa de uno y dos pisos, con el objetivo de lograr un adecuado comportamiento durante los sismos.

Cumpliendo los siguientes requisitos áreas menores a 200m<sup>2</sup> altura de pared de piso a nivel de tapichel no más de 2.4m, todas las paredes deben tener elementos que provean estabilidad lateral con separación máxima de 6m.

En áreas de paredes deben tener un espesor mínimo de 12cm para viviendas de un nivel y 15cm de espesor para viviendas de dos plantas, considerando un espaciado máximo de varillas (deformadas) de refuerzo vertical u horizontal de 0,80m. Todas las celdas de los bloques adyacentes de buque de puertas y ventanas deben ser reforzados con una varilla número 4 o dos varillas número 3, considerando que las banquetas deben tener un elemento mayor a 10cm de altura con varilla número 4 o 3.

Todas las varillas horizontales y verticales deben de quedar en bebidas en concreto en toda su longitud con un recubrimiento mínimo 1.5cm a la pared del bloque

### **7.9 Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO).**

Basado a la construcción de edificaciones y coordinación modular del INTECO resaltan las siguientes normas:

INTECO, INTE/ISO 6512:2007: Donde detalla que se utilizará el nivel del piso terminado (NPT) al nivel del cielo raso finalizado (NCT), cuya medida no puede ser menor

a 24M, utilizando el valor de M referente a 100mm y tendrá la opción de incrementar en múltiplos de 1M.

Basado a las normas INTECO, INTE 06-05-03: 2013: los buques de las ventanas deberán ser modulares y múltiplos de M, utilizando el valor de M referente a 100mm, tomando en cuenta que en esta medida debe incluir, marcos, contramarcos, hoja de ventana, batientes y accesorios.

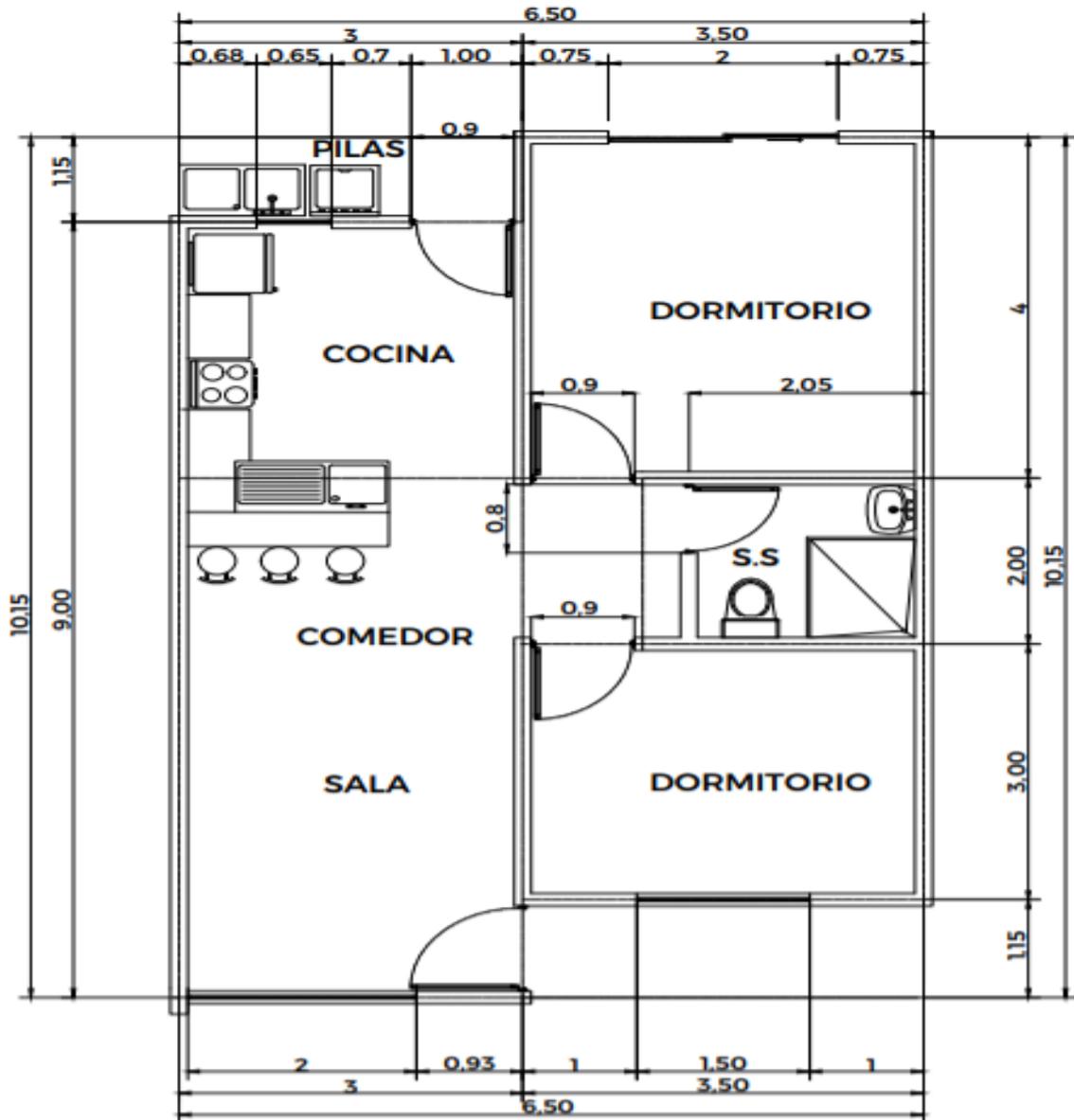
Basado a las normas INTECO, INTE 06-05-02:2013: también se toma en cuenta la modulación de los buques de puertas, donde se determina que su modulación tiene que ser múltiplo de M, donde se permiten buques dependiendo del aposento en 7M, 8M, 9M y 10M donde su incremento será en 1M y su altura será estable de 21M, con respecto a al nivel de piso terminado, estas propuestas de módulos toman en cuenta los marcos.

**Tabla 2.** En la siguiente tabla se detalla las dimensiones modulares referentes a las ventanas

<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>
4m	4m
6m	6m
8m	8m
10m	10m
12m	12m
15m	15m
18m	18m
21m	21m
24m	24m
Mayores a 24m, incrementan en múltiplos de 6m	Mayores a 24m, incrementan en múltiplos de 6m

### ***7.10 Sistema Prefabricado***

El sistema de baldosas prefabricadas se determina como un sistema modular de paredes compuesto por dos componentes principales, como lo son las columnas de concreto reforzados y baldosas horizontales. Este método constructivo tiene la gran característica de su fácil instalación y bajo costo.



*Figura 6 Distribución Arquitectónica*

*Fuente: Elaboración propia*

## **Costos.**

Bajo este sistema constructivo de prefabricados de baldosas horizontales el costo se reduce debido a que este método constructivo la mayoría de los materiales viene prefabricada y solo se necesita instalar, basado al tamaño de los mismo, su colocación es muy rápida y no necesita de equipo especializado y a su vez permite hacer una coordinación modular disminuyendo el desperdicio de materiales.

## **Baldosas.**

Se presentan distintos tipos de baldosas según la función que se desea cumplir, como es el caso de las baldosas estándar, banquina, cargador y tapichel. En general todas las baldosas presentan las siguientes propiedades de producción.

*Tabla 3. Propiedad de las baldosas*

Propiedades de las baldosas	
Concreto	
Resistencia a los 28 días	245kg/cm <sup>2</sup>
Alambre de refuerzo	
Diámetro	4.1 mm
Norma ASTM	A-497

### **Dimensionamiento Nominal.**

Para la clasificación de las baldosas es necesario asignar las medidas, las cuales se toman de centro a centro de la columna, el cual es referente al ancho y de baldosa a baldosa, la cual es referente a la altura.

### **Medida real.**

En el caso del ancho de las baldosas se debe realizar una resta de 8cm al ancho nominal y en el caso de la altura de las baldosas se debe realizar una resta de 1cm a la medida nominal.

### **Baldosa tipo estándar.**

Se trata de un elemento prefabricado convencional, cuyo objetivo es el cerramiento entre columnas, las cuales presentan siempre una medida estándar en su ancho de 63 cm y se fabrica en nueve longitudes distintas.

### **Baldosa tipo ajuste.**

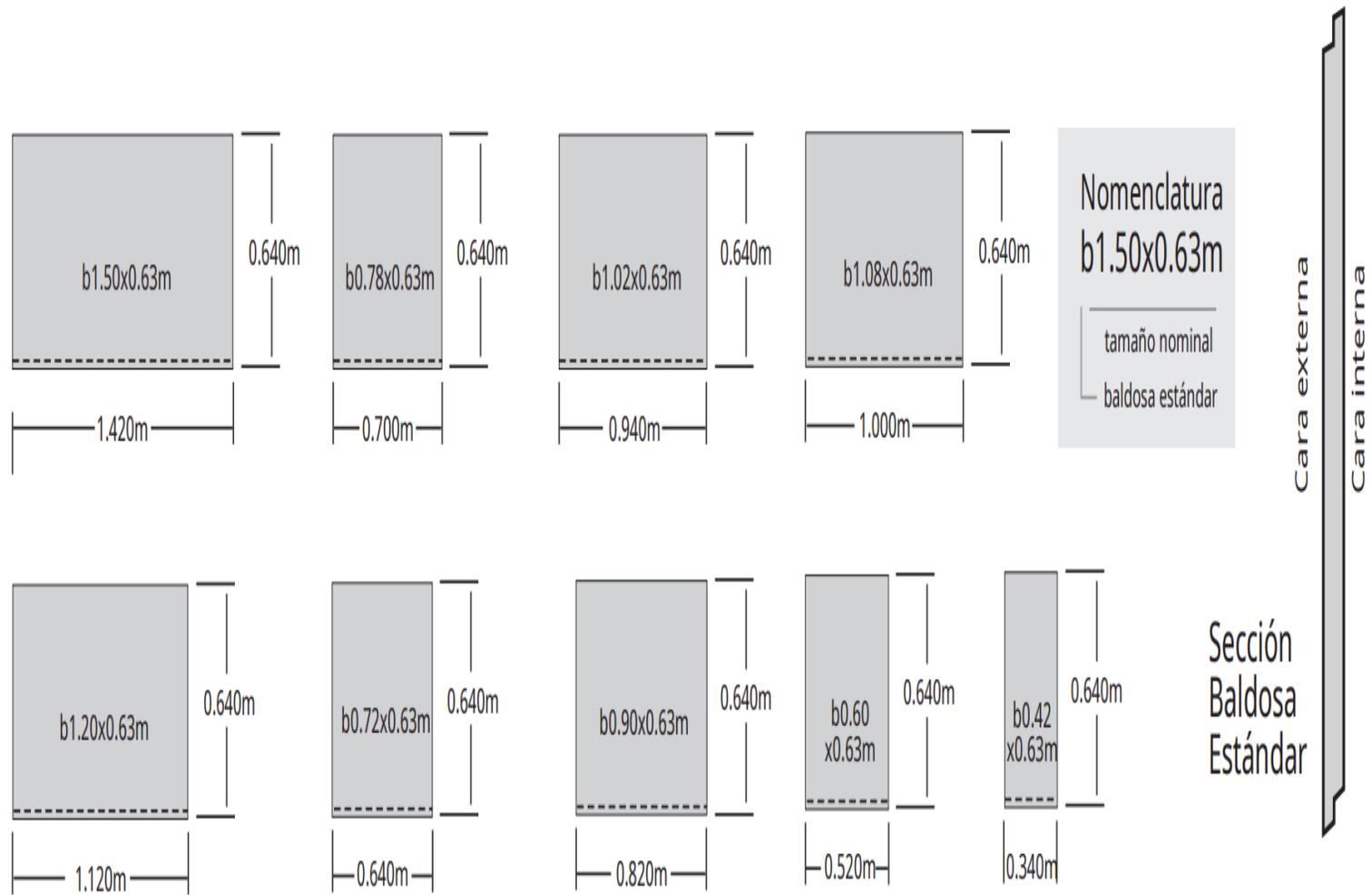
Se trata de un elemento prefabricado el cual nos permite hacer que una coordinación modular sea efectiva.

**Baldosas tipo banquina.**

Se trata de un elemento prefabricado el cual nos permite ajuste inferior al buque de la ventana.

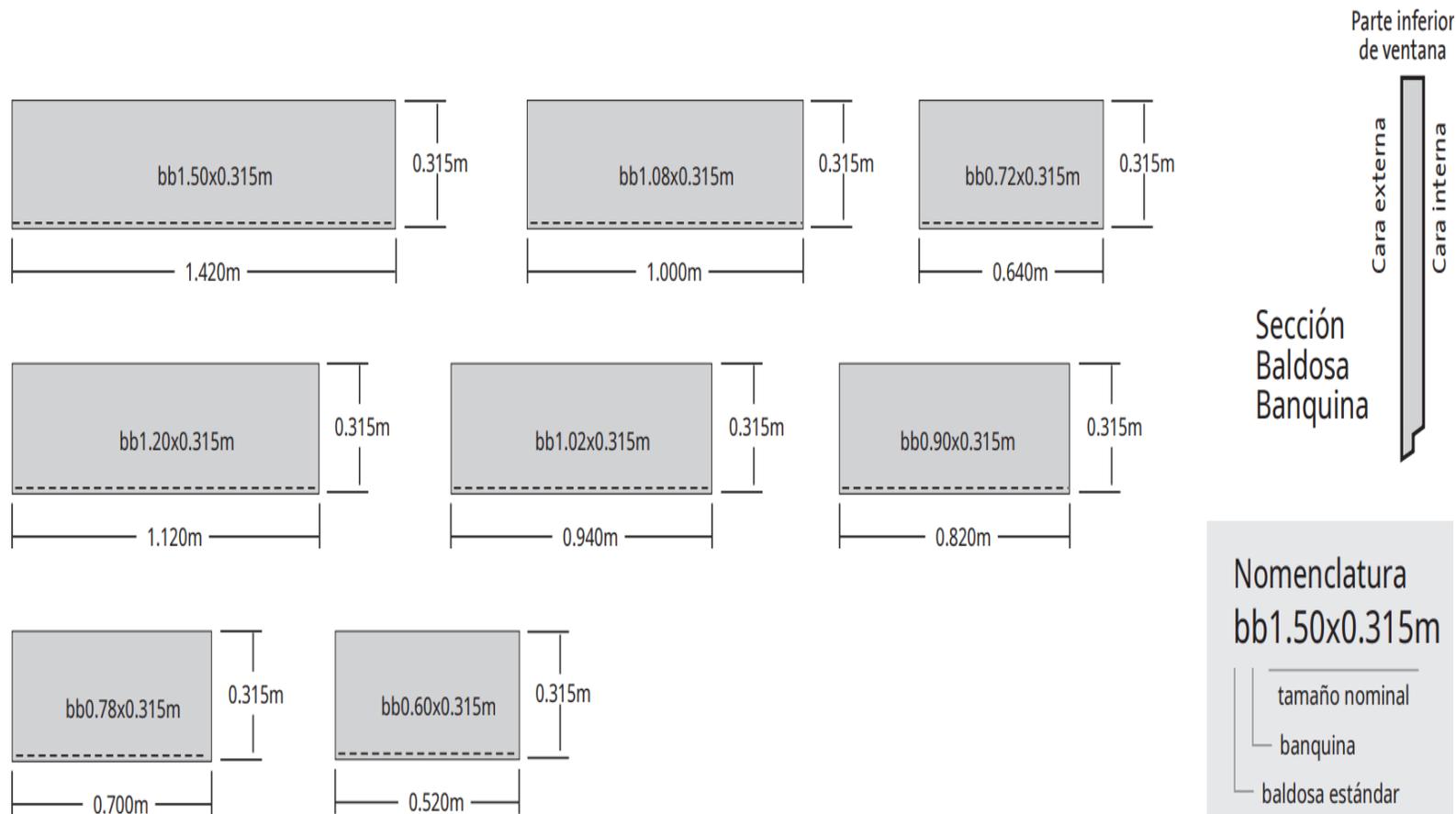
**Baldosas tipo cargador.**

Se trata de un elemento prefabricado el cual nos permite ajuste superior al buque de la puerta o ventana.



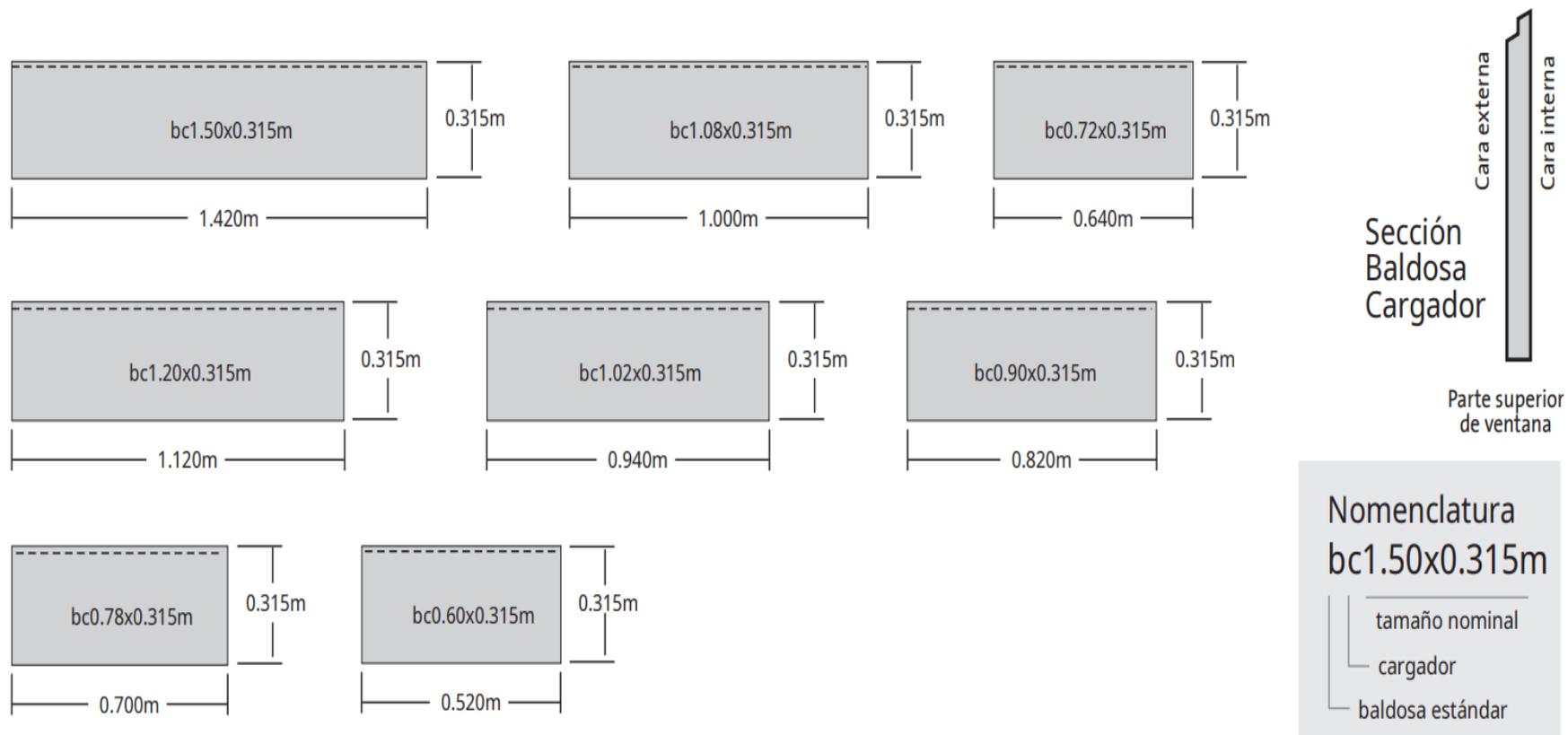
**Figura 7** Sección baldosa estandar

Fuente: Productos de Concreto PC



**Figura 8.** Sección baldosa banquina

Fuente: Productos de Concreto PC



**Figura 9** Sección baldosa cargador

Fuente: Productos de Concreto P

## Columnas Prefabricadas.

Se trabajan con columnas pretensadas debido al desgaste a las que se ven presente durante el transporte y su instalación, así mismo para garantizar las cargas de servicio a que se verán presente durante la vida útil de la vivienda.

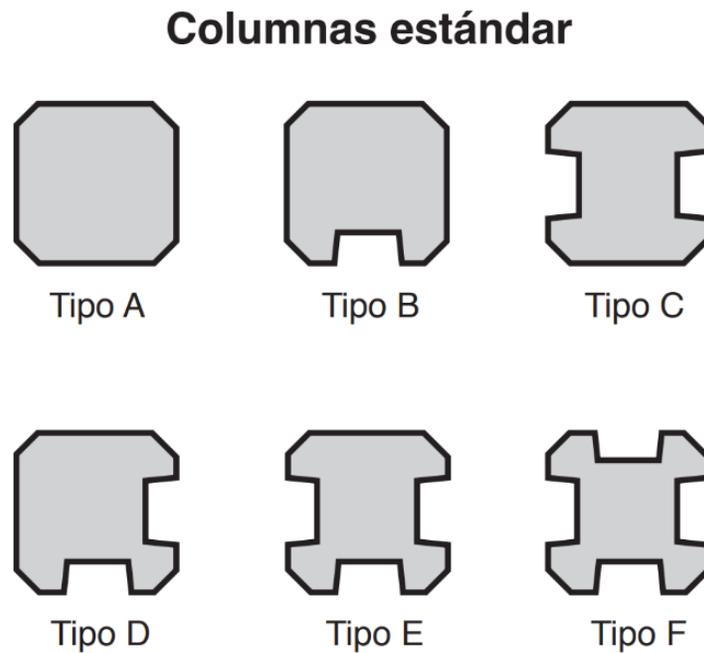
**Tabla 4.** *Propiedades de los materiales de columnas prefabricadas*

Propiedades de los materiales de columnas	
Concreto	
Resistencia a los 28 días	315kg/cm <sup>2</sup>
Alambre pretensado	
Diámetro	7 mm
Norma ASTM	A-421
Varilla de columnas de 12 x 14 cm y 12 x 12 cm	
Diámetro	9.5mm
Normas ASTM	A-706

Se debe tener en cuenta que para las columnas de 12 x 12 cm se fabrican para longitudes desde 2.94m hasta los 3.78m, tomando en cuenta que la más comercializada es la de 3.78 m en construcción de viviendas, las cuales serán las que se utilizarán en el desarrollo de este proyecto.

### **Tipos de Columnas Estándar.**

Los tipos de columnas se diferencian por la variedad de ranuras o canales longitudinales, en total existen seis tipos distintos, en el caso del proyecto se van a trabajar con los tipos C, D y E.



*Figura 10 Tipo de columnas prefabricadas estándar*

*Fuente: Productos de concreto PC*

### ***7.11 Cubierta de Techo***

Se define como aquella estructura que está compuesta por láminas de hierro o acrílicas, las cuales pueden tener distintas medidas, espesores y formas. Las cuales se colocan sobre la estructura de techo, la cual tiene como parte de ella los elementos colocados horizontalmente llamados clavadores, en los cuales se atornillan las láminas de hierro.

La principal función de la cubierta de techo es ofrecer protección de los agentes externos, principalmente de los climáticos, como el caso de las lluvias.

Se debe tomar en cuenta que el diseño de la cubierta de techo debe contar con una pendiente mínima de un 15%, con el objetivo de brindar una evacuación óptima de las aguas pluviales, sin dejar de lado que entre laminas, se debe dejar un traslape transversal entre las mismas de un mínimo de 15cm y un traslape longitudinal de mínimo 2 canales entre sí y tomando en cuenta que este en dirección positiva al viento, con el objetivo de evitar que por medio de la presión que este ejerce filtre el agua.

Su instalación se realiza de abajo hacia arriba, con dirección de izquierda a derecha o viceversa, dependiendo del sentido del traslape lateral.

#### **Lamina Ondulada Galvanizada.**

Las láminas de cubierta de techo cumplen con la función de bloquear o impedir el ingreso de agentes externos o bien del agua, en el caso de esta modulación se utilizará láminas galvanizada onduladas, en el calibre de espesor #28.

Se cabe destacar que existen distintas medidas comerciales de longitudes de lámina, como lo detalla la siguiente tabla:

<b>Medida comercial</b>	<b>Medica Efectiva</b>	<b>Ancho efectivo</b>
1.83	1.61	0.96
2.44	2.20	0.96
3.05	2.78	0.96
3.66	3.51	0.96

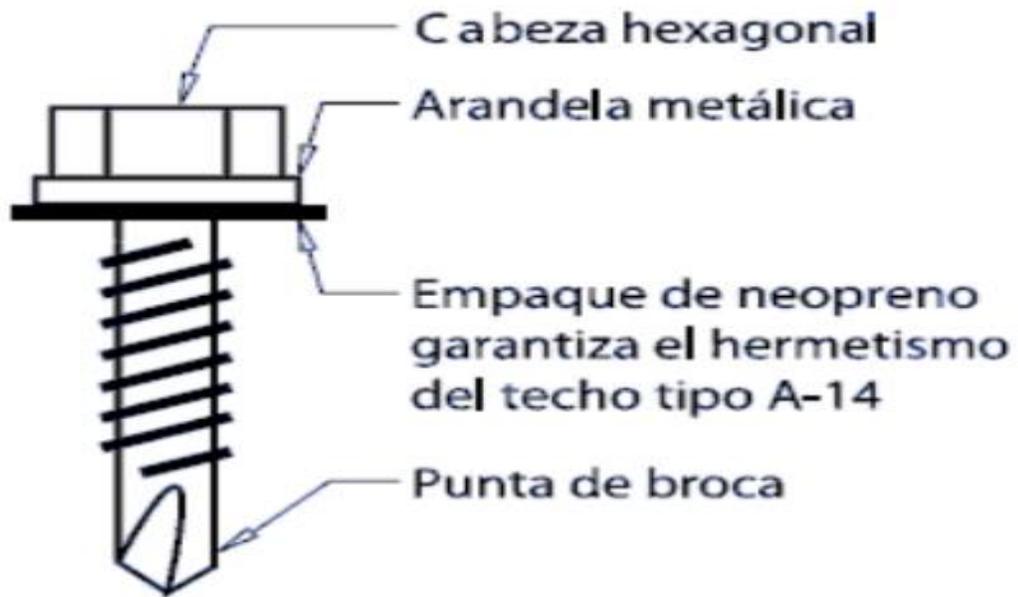
Sin embargo, para esta modulación se utilizara la opción de fabricar la lámina a la medida específica de la vivienda, con el objetivo de evitar efectuar el traslape de láminas, cuya laminas dependerán específicamente de las medidas moduladas para cada sistema de construcción.

### **Clavadores.**

Los clavadores cumplen la función de fijar las láminas de cubierta a la estructura de techo, el tipo de perfil utilizado es el tipo C de hierro, el cual se coloca con una separación de 0.90 m de distancia entre cada uno.

Tornillería para cubierta de techo.

Para la fijación de las láminas galvanizadas a los clavadores, se realiza por medio de un tornillo de fijación de 2", cuya estructura presenta una cabeza hexagonal, arandela metálica, empaque de neopreno (lo cual garantiza el hermetismo del techo tipo A-14) y una punta estilo broca para la perforación tanto de la lámina galvanizada, como del perfil tipo C.



**Figura 11** Tornillo de fijación 2"

Fuente: Catálogo de productos Metalco

### **Canoas.**

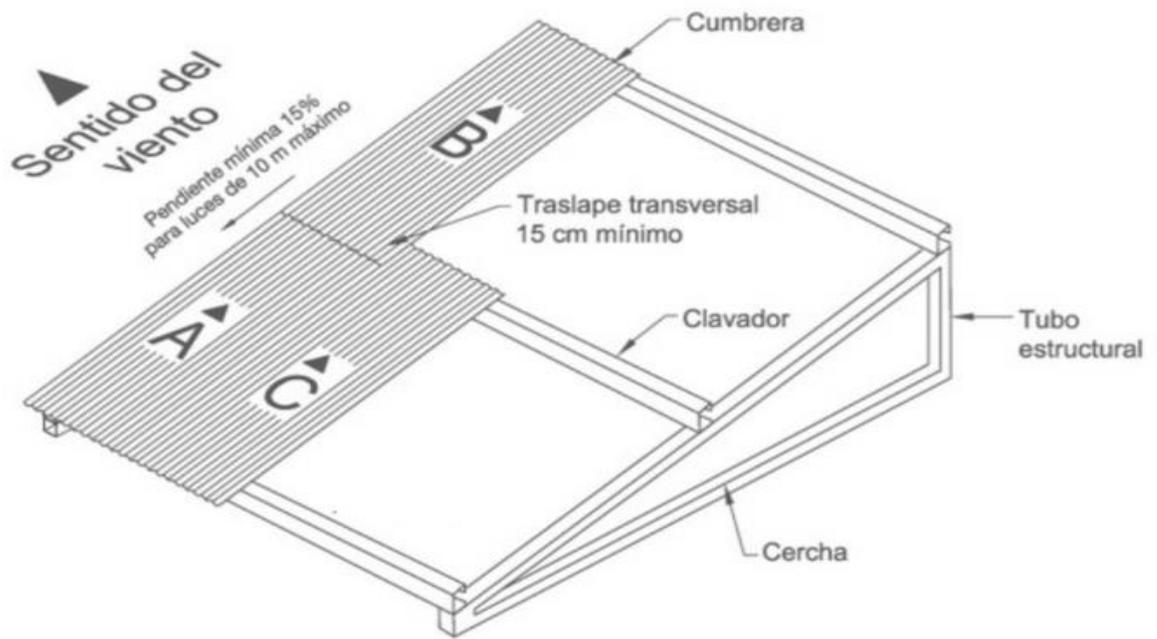
Para la modulación se utilizó canoas tipo “pecho palomo” HG #26

### **Cumbrera.**

Para la modulación se utiliza una cumbrera de 12” de recorrido, para garantizar y evitar la filtración por la parte superior de la estructura de techo, en la versión de dos aguas, ya que, en la versión de 1 agua, no es necesario las cumbreras.

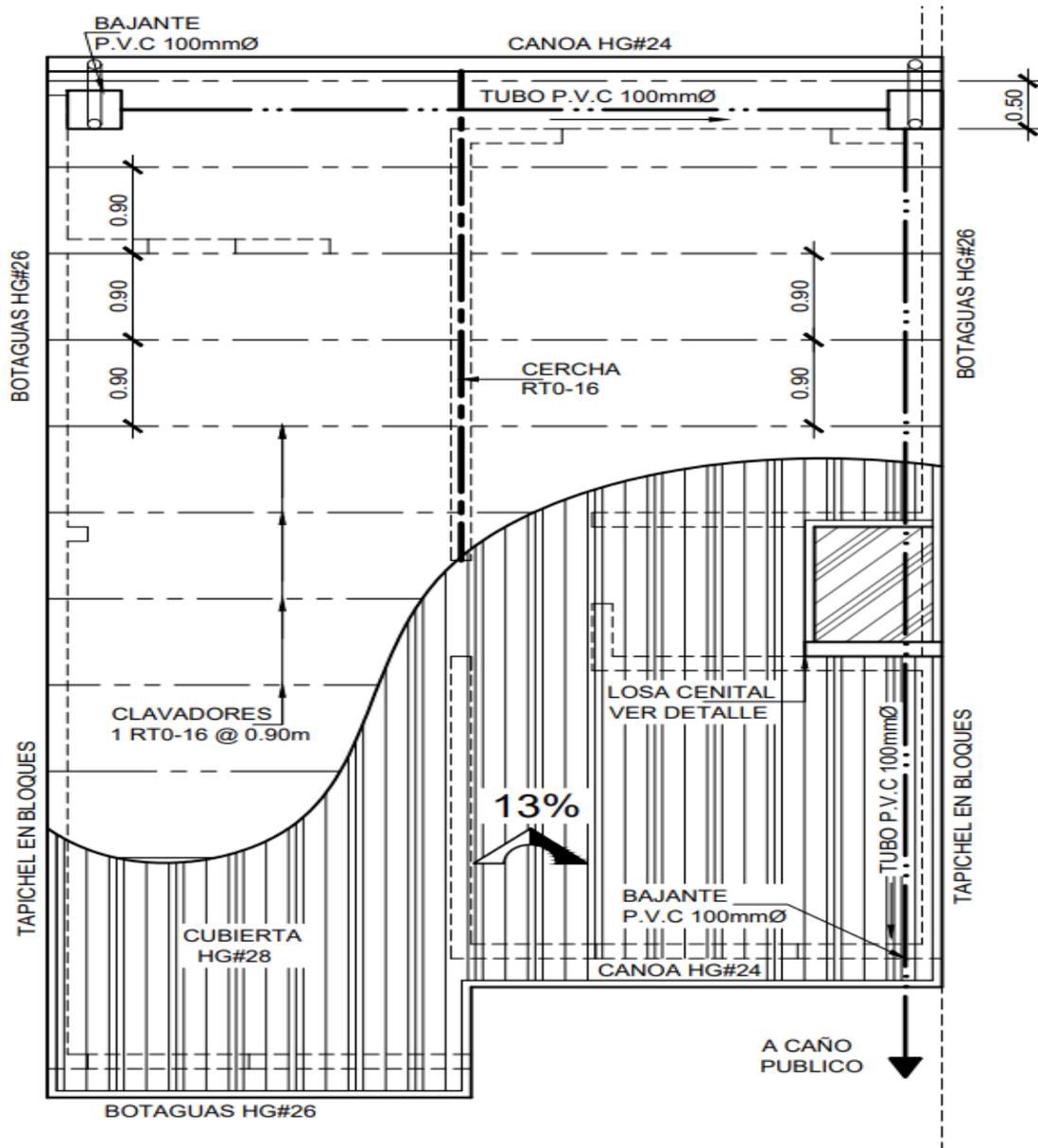
### **Botaguas.**

Para la modulación se utilizó botaguas de 12” tipo HG #26.



**Figura 12** Sistema de cubierta de techo

Fuente: Catálogo de materiales Metalco



**Figura 13** Diseño de planta de techo

Fuente: Elaboración propia

### ***7.12 Detallado de Piso***

Se define como aquella estructura que está compuesta por piezas de cerámica, porcelanato o bien mármol, en este caso de estudio se trabajara con piezas de cerámica o bien de porcelanato, según el gusto del cliente, presupuesto estipulado y medidas moduladas para cada uno de los sistemas constructivos y sus respectivas medidas y formas de colocación.

Se debe destacar que, según el piso utilizado, ya sea porcelanato o cerámica se utilizara el mortero de pega nombrado “bondex”, línea plus el cual nos facilita una excelente adherencia en ambos tipos piso.

Se recomienda utilizar un sisado de 2mm con separadores de plástico tipo cruz, el cual nos garantiza que todo el sisado sea igual. Para el relleno o fraguado de sisas se recomienda el uso de fragua sin arena, ya que permite una mejor adherencia en el área de sisado, ya que se está utilizando un espacio muy pequeño y es necesario que todos esos espacios con vacíos se llenen con el producto.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

## **8. Definición del Enfoque y Método de Investigación**

La metodología aplicada consta de tres partes o fases diferentes:

- Fase Teórica.
- Fase de modulación.
- Fase de resultados.

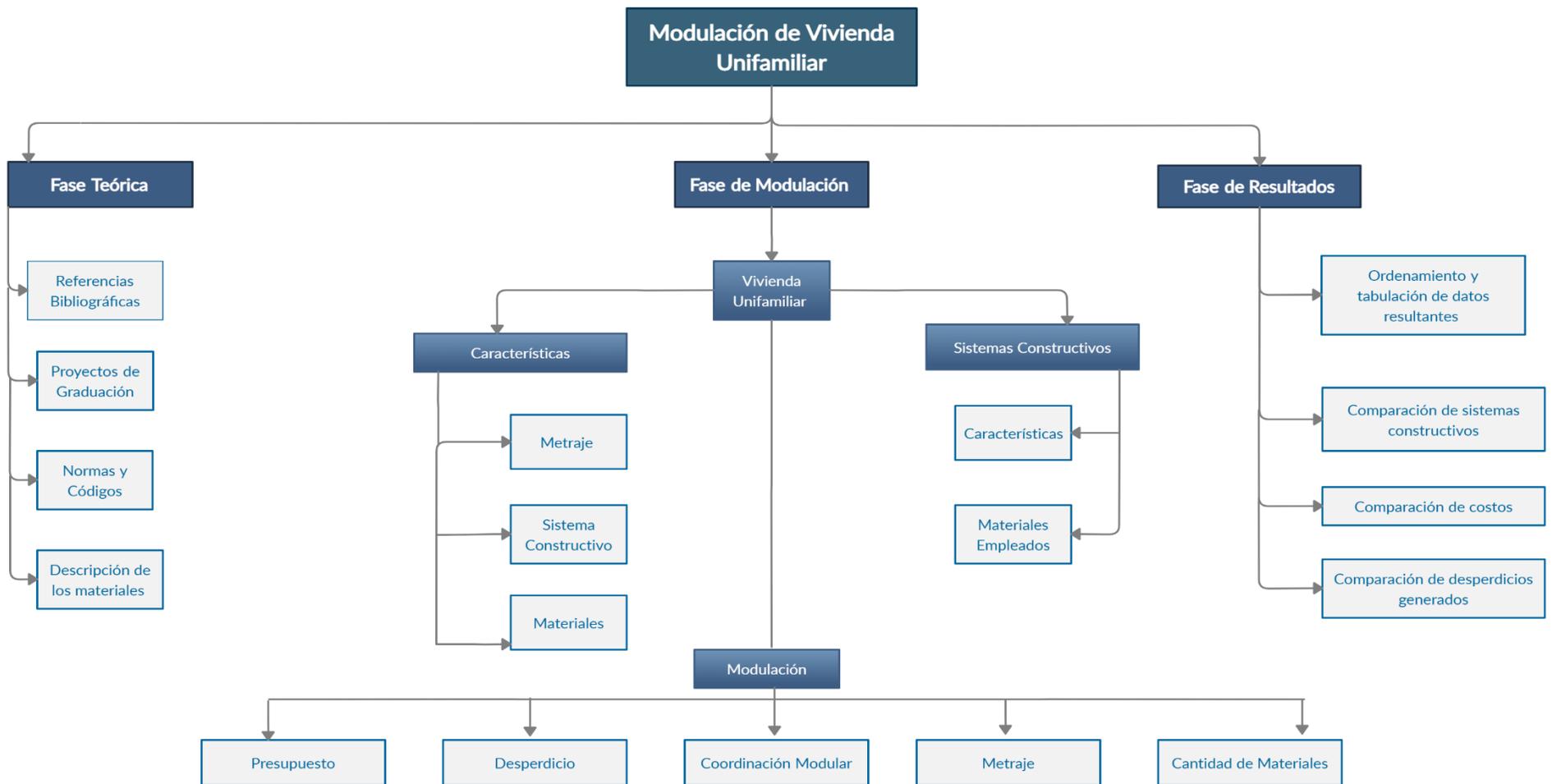


Figura 14 Diagrama de Flujo, de modulación de vivienda unifamiliar

Fuente: Elaboración propia

### ***8.1 Fase Teórica***

En la fase teórica se busca explicar la modulación de una vivienda unifamiliar por medio de dos sistemas constructivos conocidos como es el caso de la mampostería y el sistema de prefabricado (PC), tomando en cuenta sus características principales y generando una comparación de ambos sistemas. La fase modulación consistió en la búsqueda de los materiales disponibles ante cada método constructivo y concluir con sus dimensiones y características de trabajabilidad. Por último, tenemos la fase de resultados donde tuvo como objetivo la comparación de ambos sistemas, tanto en estimación de materiales, costos y cantidad de desechos producto de la construcción.

## **8.2 Recopilación de Información.**

En la fase teórica se basa en la búsqueda e investigación de referencias bibliográficas, las cuales nos permitan conocer más acerca del tema y basado a ellas tener los fundamentos para realizar el proyecto, los cuales nos permitan un mejor manejo y comprensión de este. Con el propósito de poder transmitir el conocimiento de este proyecto de manera explícita y exhaustiva.

Se basa en dos sistemas constructivos distintos, los cuales son en la actualidad los más utilizados en el medio de la construcción, donde se realiza un estudio a fondo de sus pros y contras, para lograr determinar todas aquellas modificaciones que sean viables a realizar en una modulación.

Por otra parte, se base en la búsqueda de información para el estudio de las características y normas que rigen el área de la construcción de cubiertas de techos y el detalle de colocación de pisos.

## ***8.3 Fase de Modulación***

Este punto consistió en la ampliación del tema de modulación, en el cual se debe tener presente la aplicación de la malla modular en base “M”, logrando así que los materiales a implementar, tomando de la mano las fichas técnicas, se logren dimensionar de acuerdo con el diseño establecido.

Se debe tener en cuenta que, a la hora de modular una vivienda, una seria de normas y medidas mínimas para el diseño, las cuales debe tener un propósito en su distribución y que logren satisfacer las necesidades mínimas establecidas.

#### **8.4 Fase Resultados**

Se basó en la recolección de datos de ambos sistemas constructivos, con los cuales se realizó una comparación del metraje que se logró modular basado al sistema constructivo, logrando así hacer una comparación de costos de materiales y porcentajes de desperdicio.

#### **8.5 Sujetos y Fuentes de Información**

Basado en el trabajo desarrollado se hará visita a todos los medios de alusión o bibliográficos del tema desarrollado.

#### **8.6 Definición de Variables**

Basado en lo desarrollado en este trabajo se cabe destacar las siguientes variables:

**Sistema Modular:** El sistema modular tiene como objetivo aumentar la productividad constructiva, generando a su vez una reducción de costos y desperdicios.

**Coordinación dimensional:** Se basa en la conversión de los tamaños de los materiales de construcción que se encuentran en el mercado y las medidas del diseño a realizar, cuyo principal objetivo es que los mismos no se le tengan que aplicar cortes para su colocación en obra.

Costos: El suministro de los datos referentes a los materiales utilizados en los procesos constructivos se tomará en cuenta para generar una comparación entre ambos métodos y determinar cuál es el que presenta menor costo.

Retícula modular: Se basa en un sistema de referencia tridimensional, el cual es la unión de líneas rectas que forman ángulos de noventa grados, permitiendo la ubicación del diseño y sus características.

Vivienda unifamiliar: Se considera como vivienda unifamiliar todo aquel espacio con techo y cerrado donde pueden habitar los individuos, pero teniendo la salvedad que solo reside una única familia, donde la cantidad de habitantes por m<sup>2</sup> es menor que las viviendas horizontales o viviendas verticales.

Coordinación Dimensional: Se basa en la unificación o conversión de medidas relacionadas para lograr dimensionar todos los componentes que estén involucrados en el proceso constructivo, contemplándolo desde el diseño, producción y ensamble.

## **8.7 Instrumentos y Técnicas Utilizadas en la Recolección de los Datos**

Basado en el desarrollo de este tema se dio uso de datos que fueron recopilados de distintas fuentes de información, las cuales fueron citadas.

## **8.8 Sustentación de la Confiabilidad y Validez de los Instrumentos de la Investigación**

Basado en que las fuentes de información son Instituciones gubernamentales, normas o Colegios profesionales la validez de los datos es confiable.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la modulación de vivienda unifamiliar por medio de dos sistemas constructivos detallado anteriormente, donde se busca determinar el presupuesto necesario para el desarrollo de ambas modulaciones, las variables de metraje basado en el módulo de M, los desperdicios generados por ambos sistemas y finalmente generar una comparación de ambos sistemas, con búsqueda de concluir, cuál de ellos es la mejor opción del mercado, basado en costos.

## **9. Detallado de Área Constructiva**

Basado en la distribución arquitectónica inicial se trabaja en ambos sistemas constructivos, denominados bloque Teknoblock y Prefabricado, ambos sistemas de la empresa de Productos de concreto S.A, luego de una serie de cálculos de modulación se logra determinar que para cada uno de ellos se tienen que hacer unas variables basado a los módulos M o bien a la medidas ya establecidas como es el caso del prefabricado, basado en esto se logra determinar las nuevas medidas de cada aposento por medio de cada sistema constructivo, las cuales se detallan en las siguientes tablas.

### 9.1 Sistema Bloque Teknoblock

**Tabla 5** Metraje de sistema constructivo Teknoblock

<b>Aposento</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Metraje Total (m)</b>
Sala	3.00	3.00	9.00
Comedor	3.00	3.00	9.00
Cocina	3.00	3.00	9.00
Baño	2.6	1.95	5.07
Cuarto Principal	3.45	4.2	14.50
Cuarto Secundario	3.45	3.00	10.35
Cuarto de Pilas	3.00	1.15	3.45
<b>TOTAL</b>			60.37m2

**Tabla 6** Materiales utilizados en sistema Bloque Teknoblock

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Teknoblock PC 30	381	Unidad
Teknoblock PC 45	1257	Unidad
Varilla #3	250	Unidad
Cemento	45	Sacos
Arena	3.5	m3
Piedra	2.5	m3

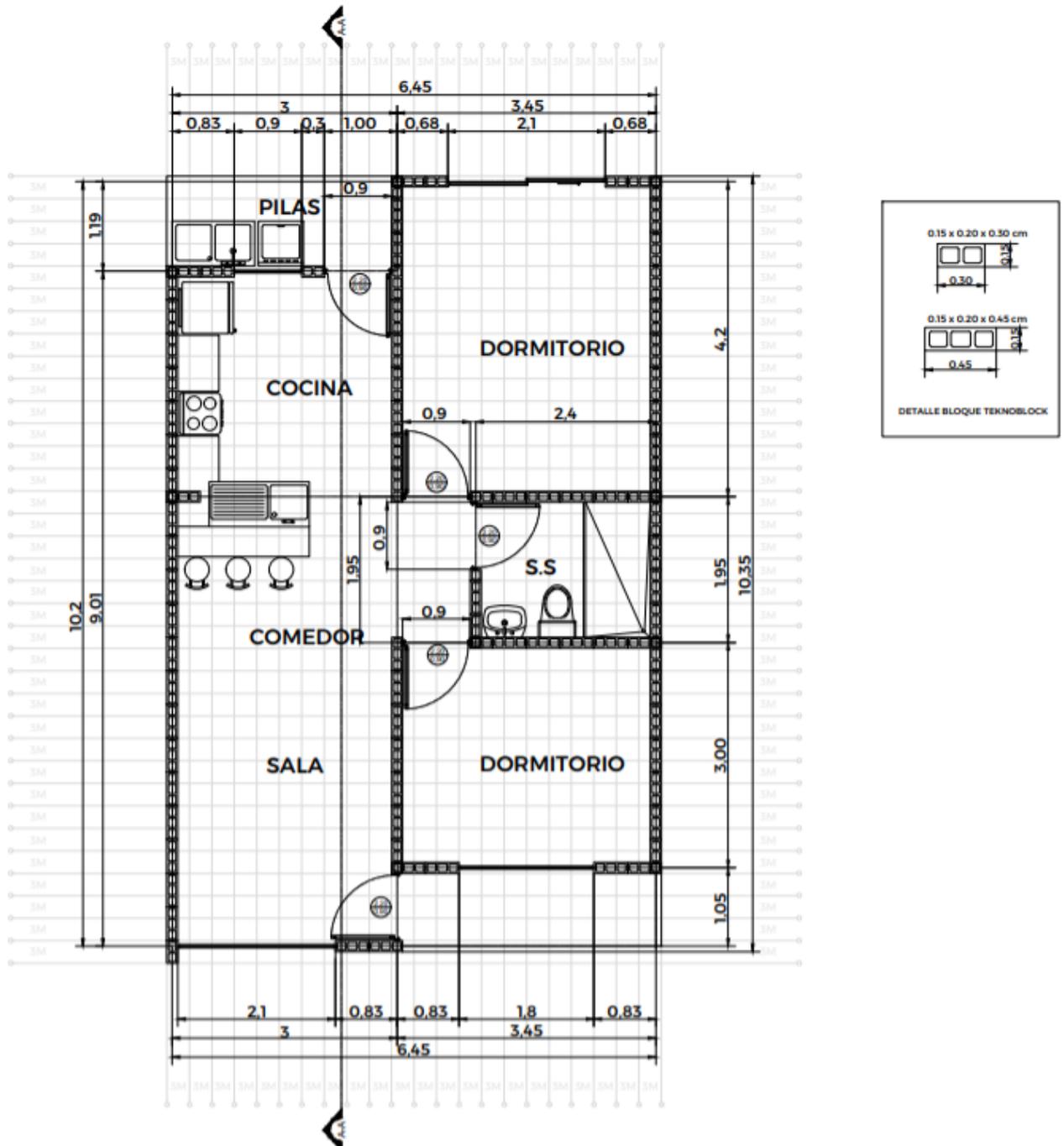
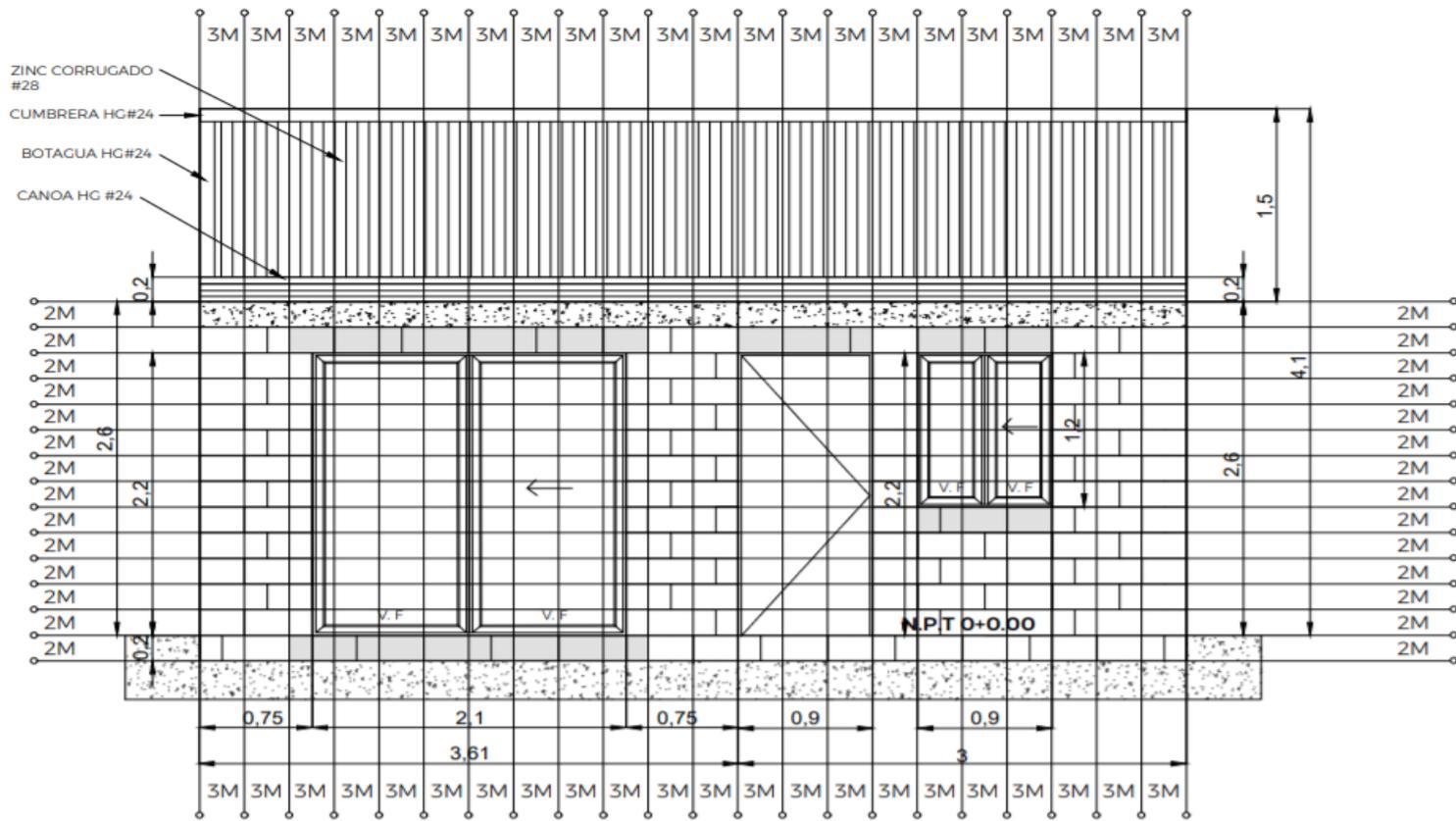


Figura 15 Planta de Distribución Arquitectónica Sistema Constructivo Teknoblock









**Figura 19** Elevación Posterior Sistema Teknoblock – Cubierta 2 aguas

## 9.2 Sistema de Prefabricado

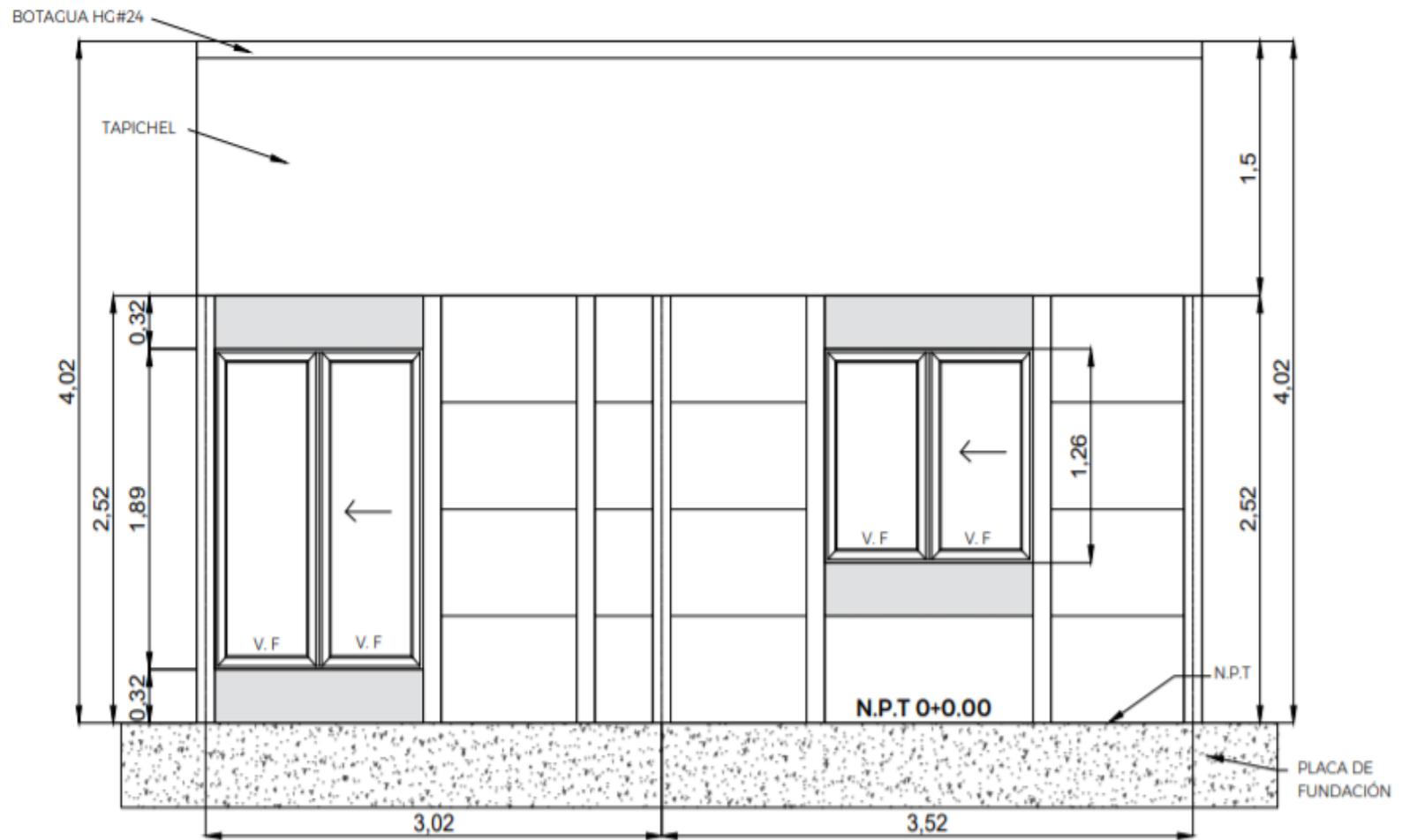
*Tabla 7 Metraje de Sistema constructivo Prefabricado*

<b>Aposento</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Metraje Total (m)</b>
Sala	3.02	3.02	9.12
Comedor	3.02	3.00	9.06
Cocina	3.02	3.02	9.12
Baño	2.50	2.02	5.05
Cuarto Principal	3.52	4.00	14.08
Cuarto Secundario	3.52	3.00	10.56
Cuarto de Pilas	3.00	1.00	3.00
		<b>TOTAL</b>	<b>59.99m2</b>

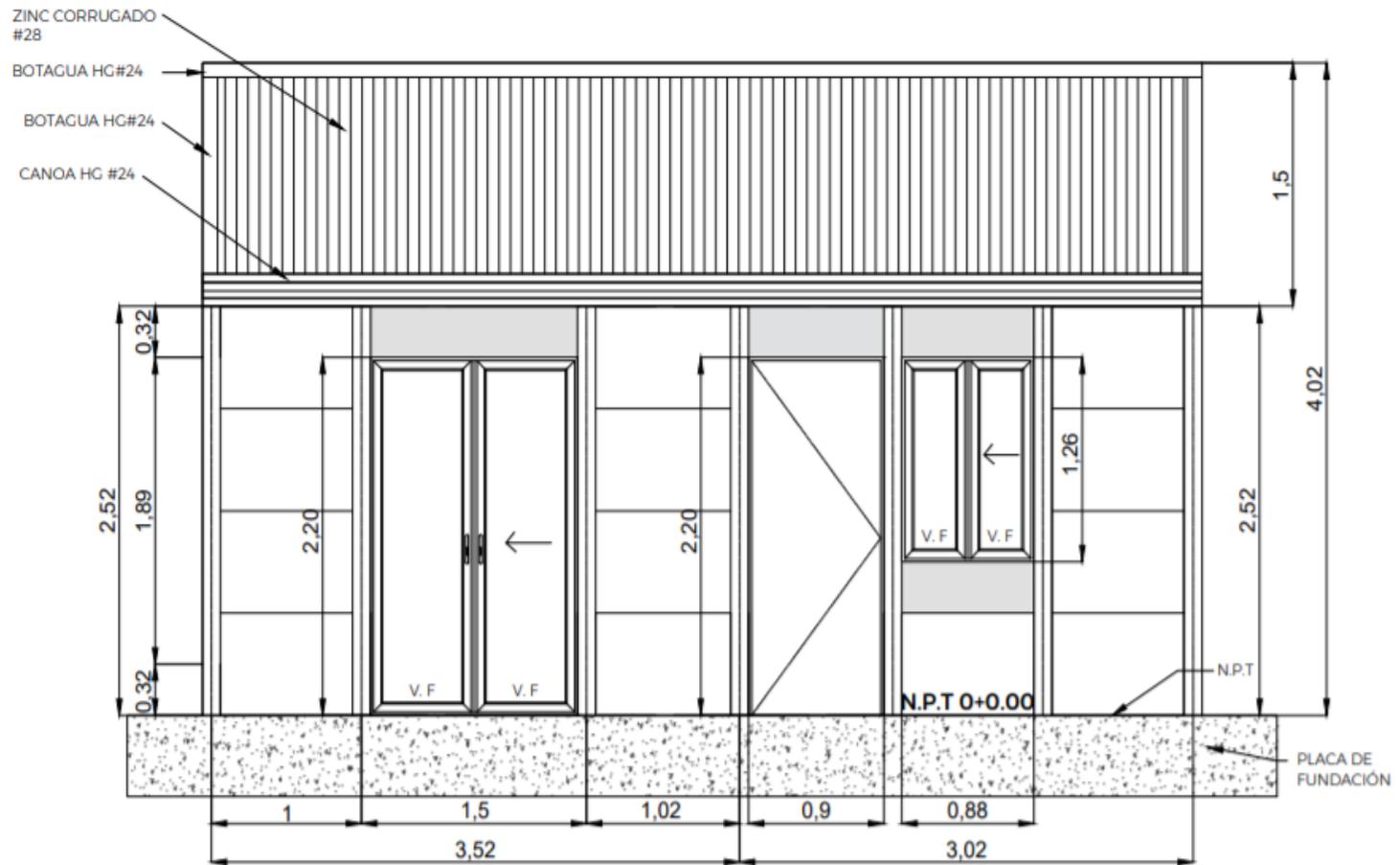
*Tabla 8 Materiales utilizados en Prefabricado*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Baldosa lisa 0.50m	25	Unidad
Baldosa lisa 1.00m	35	Unidad
Baldosa lisa 1.02m	30	Unidad
Baldosa lisa 1.50m	72	Unidad
Baldosa Cargador 1.50m	4	Unidad
Baldosa Cargador 1.02m	5	Unidad
Baldosa Banquina 1.50m	3	Unidad
Baldosa Banquina 1.00m	1	Unidad
Columna tipo A	1	Unidad
Columna tipo B	12	Unidad
Columna tipo C	18	Unidad
Columna tipo D	6	Unidad
Columna tipo E	2	Unidad
Cemento	14	Saco
Arena	1	m3
Piedra	2	m3





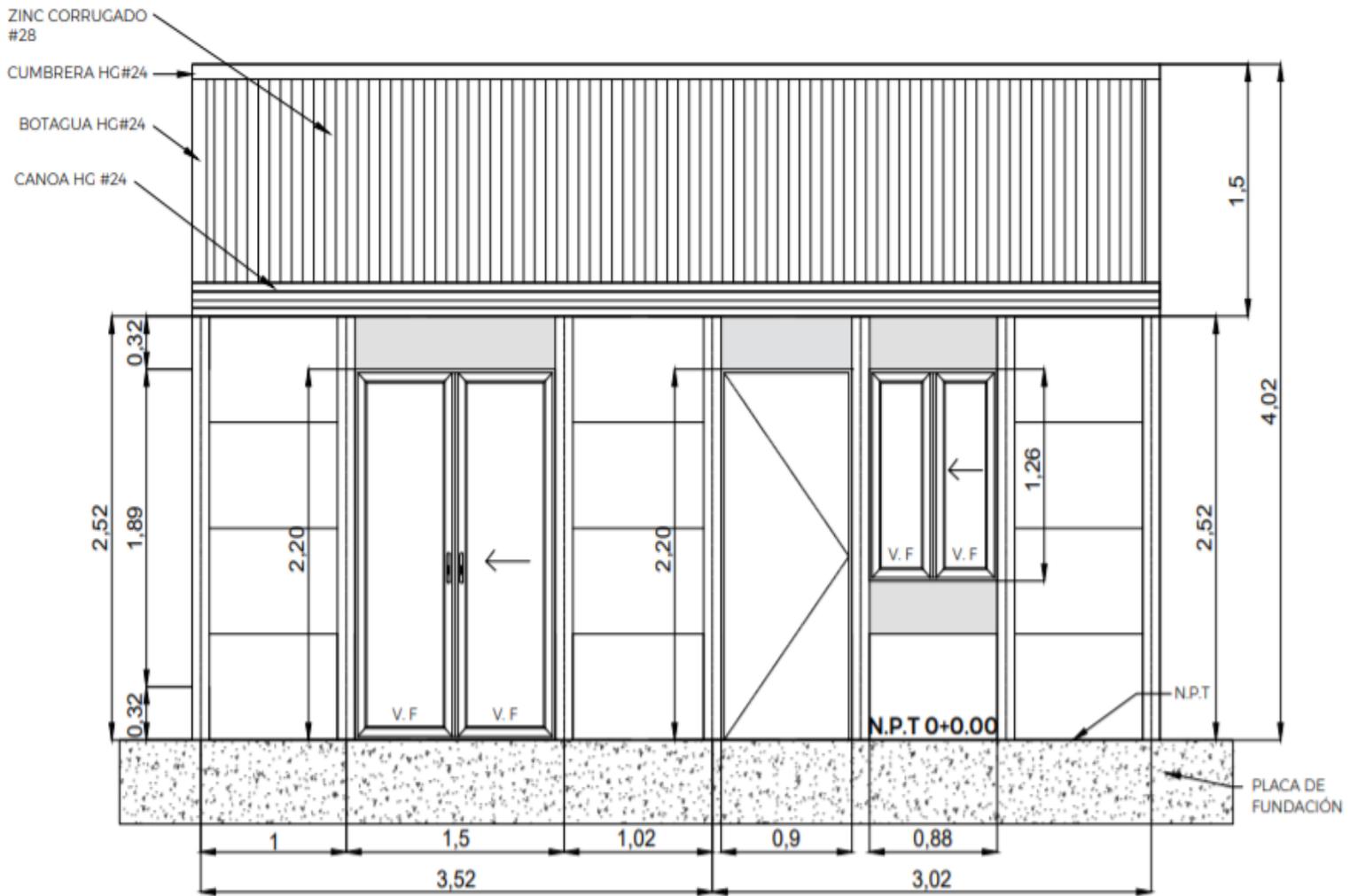
**Figura 21** Elevación Frontal Sistema Prefabricado – Cubierta de 1 agua



*Figura 22 Elevación Posterior Sistema Prefabricado – Cubierta 1 agua*



Figura 23 Elevación Frontal Sistema Prefabricado – Cubierta de 2 aguas



*Figura 24 Elevación Posterior Sistema Prefabricado – Cubierta 2 aguas*

### 9.3 Modulación de Ventanas

Basado en las normas de INTECO los buques de las ventas deben ser moduladas en múltiplos de M, siempre usando el valor de 100mm, tomando en cuenta esto se definen las medidas en las siguientes tablas:

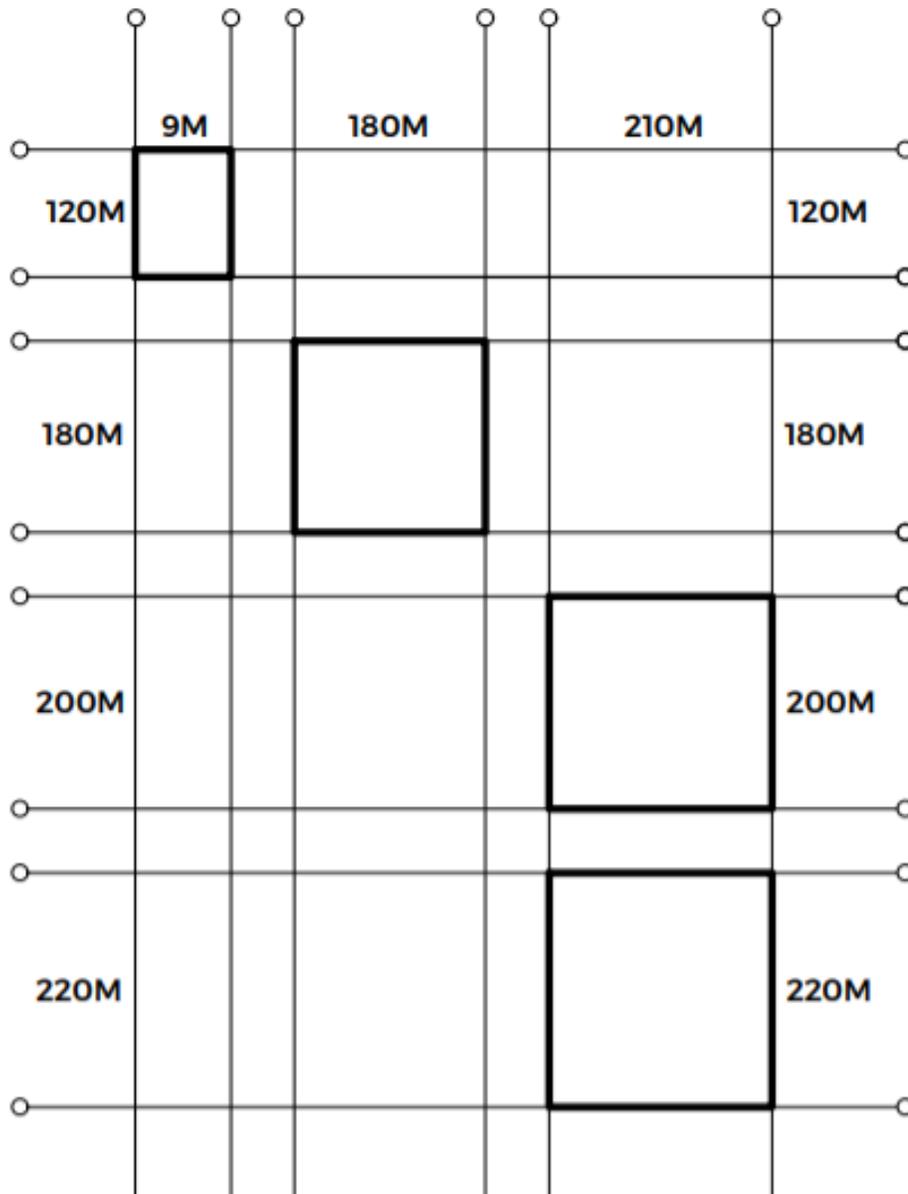
**Tabla 9** Modulación de buques de ventanas Sistema constructivo de Teknoblock

<b>Ubicación de ventana</b>	<b>Ancho</b>	<b>Largo</b>
Ventana sala	21M	21M
Ventana cuarto secundario	18M	18M
Ventana cuarto principal	21M	21M
Venta cocina	9M	21M

**Tabla 10** Modulación de buques de ventanas de sistema Prefabricado

<b>Ubicación de ventana</b>	<b>Ancho</b>	<b>Largo</b>
Ventana sala	15M	18.9M
Ventana cuarto secundario	15M	12.6M
Ventana cuarto principal	15M	22.05M
Ventana cocina	10M	12.6M

Las modulaciones de ventana se demuestran en la siguiente figura:



*Figura 25 Modulación de Buques de Ventana*

## 9.4 Modulaci3n de Puertas

Basado en las normas de INTECO se detallan las medidas de los buques de puertas en las siguientes tablas:

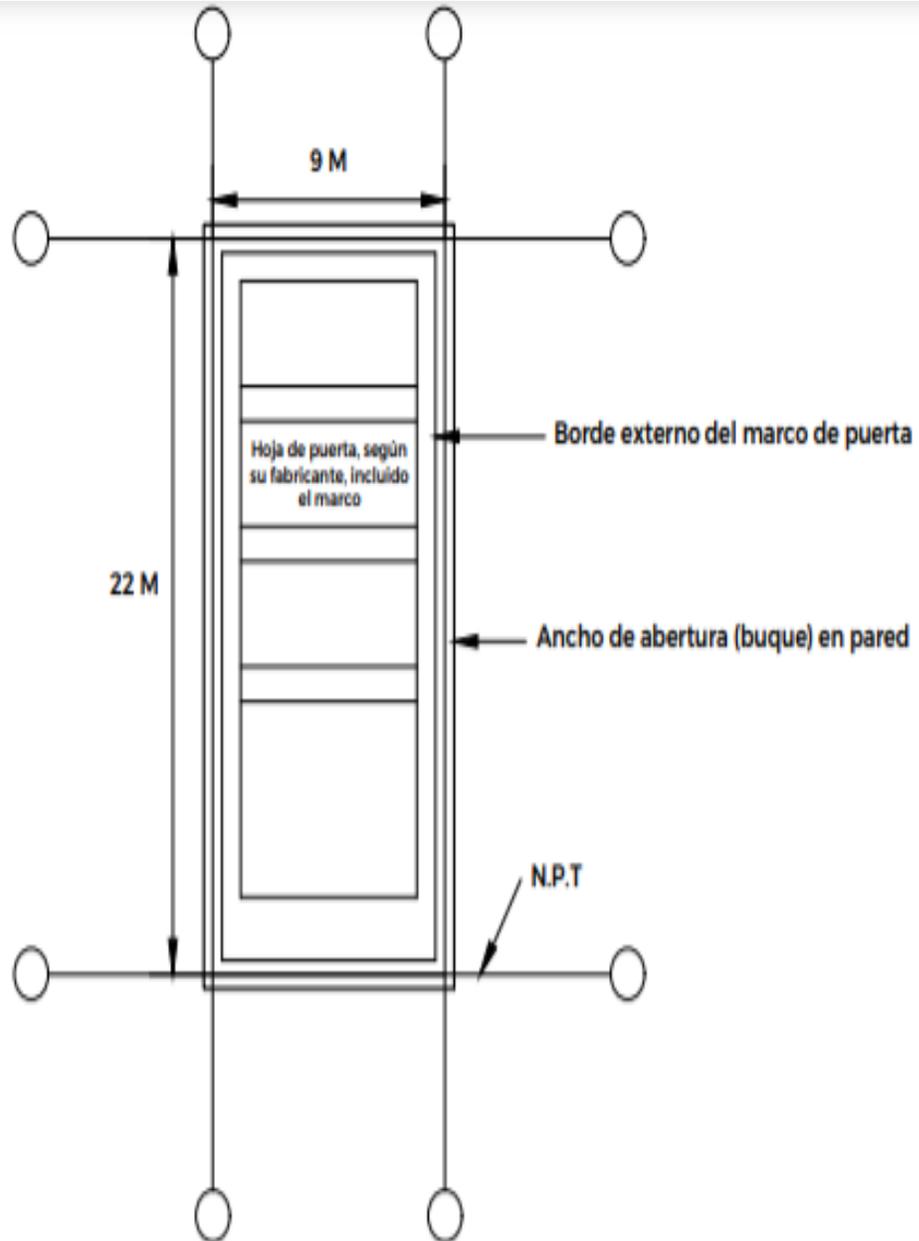
*Tabla 11 Modulaci3n de buques de puerta de sistema constructivo Teknoblock*

<b>Cantidad</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>
5	9M	22M

*Tabla 12 Modulaci3n de buques de puerta de sistema constructivo Prefabricado*

<b>Cantidad</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>
5	9M	22M

La modulación se detalla en si siguiente figura:



*Figura 26 Modulación de Buque de Puerta*

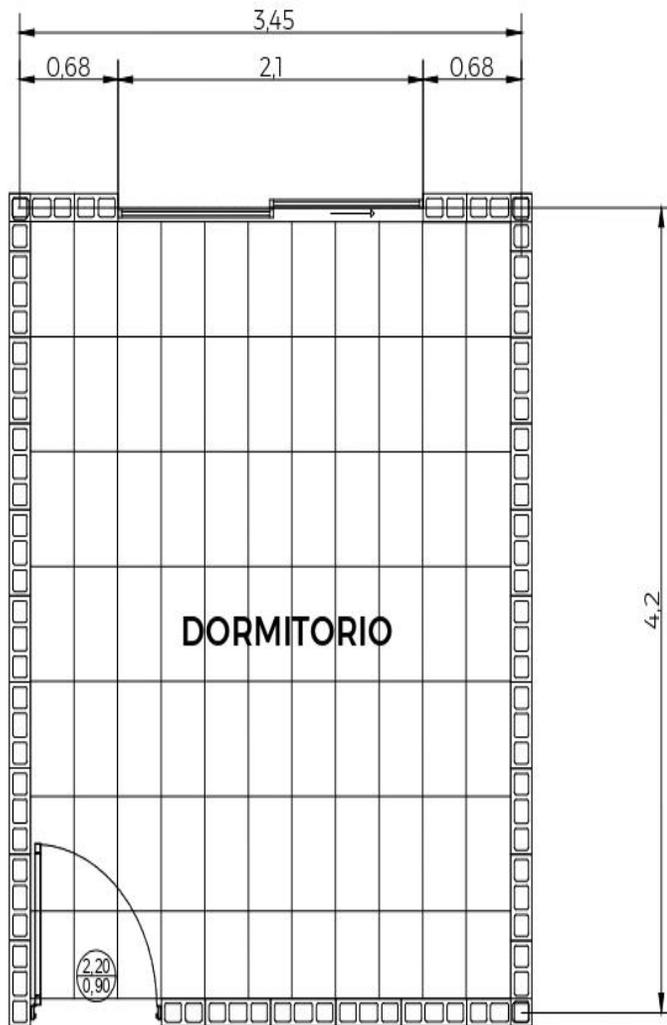
## 9.5 Detallado de Piso

Tomando las medidas de modulación de vivienda por cada sistema constructivo se desarrollaron dos opciones de medidas de pisos, ya sea cerámica o porcelanato, las cuales para ambos sistemas son distintas debido a las variantes de medidas de cada aposento, se busca ofrecer una opción rectangular y otra opción de formato cuadrada según el gusto del cliente, las cuales en las siguientes tablas de detallan las medidas y formas moduladas.

### *Opción 1 Sistema Bloque Teknoblock:*

*Tabla 13 Piso con formato rectangular de 30cm x 60cm para sistema constructivo Teknoblock*

<b>Aposento</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Cantidad de piezas</b>	<b>Metraje (m)</b>
Sala	30	60	46	8.13
Comedor	30	60	46	8.13
Cocina	30	60)	46	8.13
Baño	30	60	26	5.00
Cuarto Principal	30	60(*aplicar ajuste)	75	13.37
Cuarto secundario	30	60(*aplicar ajuste)	53	9.40
Cuarto de pilas	30	60	20	3.6
		<b>TOTAL</b>	<b>312 piezas</b>	<b>56.16m2</b>



*Figura 27 Detalle modulaci3n de piso 30 x 60*

Se detalla las dimensiones de ancho y largo de las piezas de piso de cada aposento, con el fin de que el desperdicio sea el menor, se contabilizan que se necesitan 312 unidades o bien su equivalente de 56.10m<sup>2</sup> de las cuales para el proceso del presupuesto se contabilizaran 315 unidades o bien 56.7 m<sup>2</sup>, aun así, es importante aclarar que en obra es necesario agregar un factor de seguridad del 5% por quebradura o daños en las piezas a la hora de la instalación.

Bajo el formato de 0.30\*0.60 donde debemos tomar en cuenta en aplicar el ajuste, como lo es el caso del cuarto principal en la proporción de largo correspondiente a 4.05 m, en el cual es necesario hacer un ajuste de 15cm.

Basado al formato de piso y medidas de los aposentos se estima una cantidad de mortero de pega y fragua en la siguiente tabla

**Tabla 14** Estimación de morteros de pega y mortero de fragua, formato 30x60

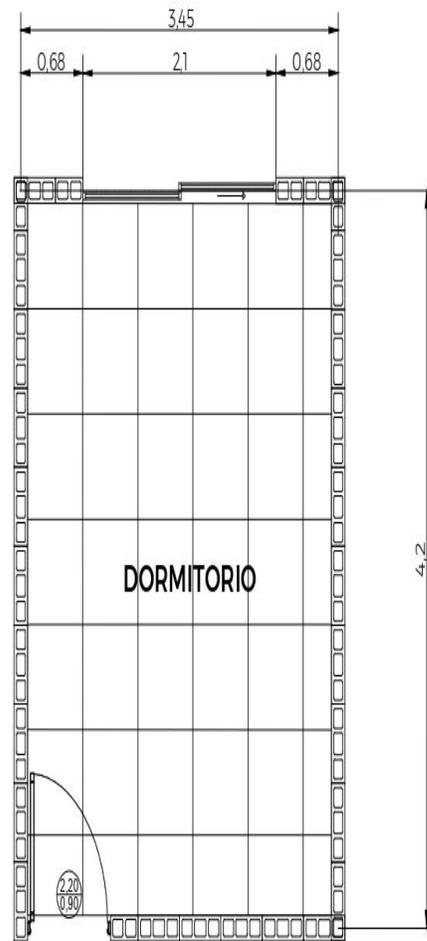
	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
<b>Mortero de pega</b>	24	Saco de 20 kg
<b>Fragua</b>	3	Bolsa de 2 kg

El mortero de pega (bondex) se estima un rendimiento promedio de 2.73 m<sup>2</sup> por saco de 20 kg, esto basado a los rendimientos del mortero de productos Kermill Sur, igualmente que el mortero de Fragua en donde se promedia un rendimiento de 30m<sup>2</sup> con un sisado de 2mm basado en los rendimientos de Kermill Sur.

**Opción 2 Sistema Bloque Teknoblock:**

**Tabla 15** Piso con formato cuadrado de 60cm x 60cm para sistema constructivo Teknoblock

<b>Aposento</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Cantidad de piezas</b>	<b>Metraje (m)</b>
Sala	60(*aplicar ajuste)	60	23	8.13
Comedor	60 (*aplicar ajuste)	60	23	8.13
Cocina	60 (*aplicar ajuste)	60	23	8.13
Baño	60	60	14	5.00
Cuarto Principal	60	60 (*aplicar ajuste)	38	13.37
Cuarto secundario	60	60	27	9.40
Cuarto de pilas	60 (*aplicar ajuste)	60	10	3.6
<b>TOTAL</b>			<b>158 piezas</b>	<b>56.88m2</b>



**Figura 28** Detalle modulación de piso 60 x 60

Se detalla las dimensiones de ancho y largo de las piezas de piso de cada aposento, con el fin de que el desperdicio sea el menor, se contabilizan que se necesitan 158 unidades o bien su equivalente de 56.88m<sup>2</sup> de las cuales para el proceso del presupuesto se contabilizaran 160 unidades o bien 57.6m<sup>2</sup>, aun así, es importante aclarar que en obra es necesaria agregar un factor de seguridad del 5% por quebradura o daños en las piezas a la hora de la instalación.

Bajo el formato de 0.60\*0.60 donde debemos tomar en cuenta en aplicar el ajuste necesario, como es el caso del cuarto principal en la proporción de largo correspondiente a 4.15 m, en el cual es necesario hacer un ajuste de 15cm.

Basado al formato de piso y medidas de los aposentos se estima una cantidad de mortero de pega y fragua en la siguiente tabla

**Tabla 16** Estimación de morteros de pega y mortero de fragua, formato 60x60

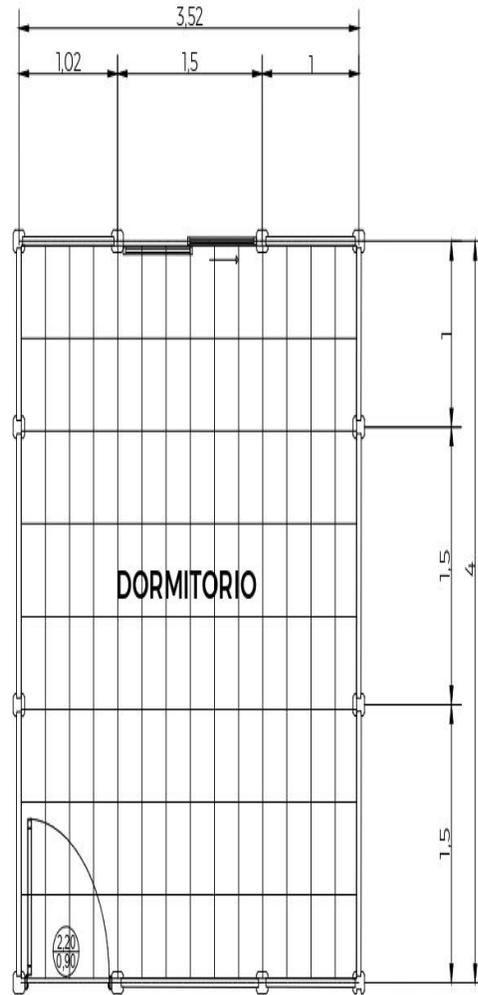
	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
<b>Mortero de pega</b>	24	Saco de 20 Kg
<b>Fragua</b>	3	Bolsa de 2 Kg

El mortero de pega (bondex) se estima un rendimiento promedio de 2.73 m<sup>2</sup> por saco de 20 Kg, esto basado a los rendimientos del mortero de productos Kermill Sur, igualmente que el mortero de Fragua en donde se promedia un rendimiento de 30m<sup>2</sup> con un sisado de 2mm basado en los rendimientos de Kermill Sur.

*Opción 1 Sistema Prefabricado:*

*Tabla 17 Piso con formato Rectangular de 25cm x 60cm para sistema constructivo Prefabricado*

<b>Aposento</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Cantidad de piezas</b>	<b>Metraje (m)</b>
Sala	25	50	60	9.00
Comedor	25	50	60	9.00
Cocina	25	50	60	9.00
Baño	50	25	34	5.00
Cuarto Principal	50	25	94	14
Cuarto secundario	50	25	68	10.1
Cuarto de pilas	50	25	20	2.90
<b>TOTAL</b>			<b>396</b>	<b>59.4 m2</b>



*Figura 29 Detalle modulación de piso 25 x 50 - Sistema constructivo Prefabricado*

Se detalla las dimensiones de ancho y largo de las piezas de piso de cada aposento, con el fin de que el desperdicio sea el menor, se contabilizan que se necesitan 396 unidades o bien su equivalente de 59.40 m<sup>2</sup> de las cuales para el proceso del presupuesto se contabilizaran 400 unidades o bien 60m<sup>2</sup>, aun así, es importante aclarar que en obra es necesario agregar un factor de seguridad del 5% por quebradura o daños en las piezas a la hora de la instalación.

Es de importancia detallar que, a la hora de la colocación del piso en este sistema constructivo, se debe tener en cuenta que se debe hacer los cortes en la forma de las columnas, ya que las paredes no son en su totalidad lisas.

Basado al formato de piso y medidas de los aposentos se estima una cantidad de mortero de pega y fragua en la siguiente tabla

**Tabla 18** Estimación de morteros de pega y mortero de fragua, formato 25x50

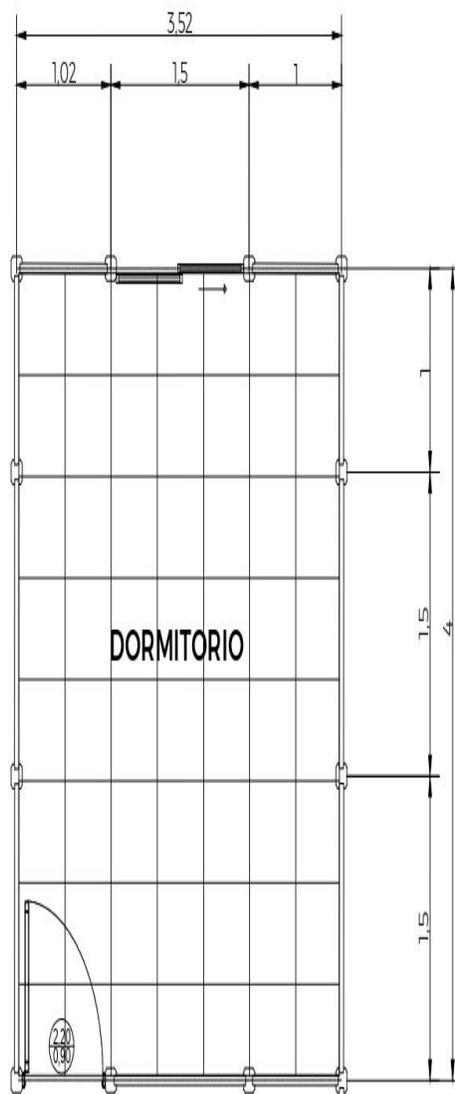
	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
<b>Mortero de pega</b>	22	Saco de 20 Kg
<b>Fragua</b>	3	Bolsa de 2 Kg

El mortero de pega (bondex) se estima un rendimiento promedio de 2.73 m<sup>2</sup> por saco de 20 Kg, esto basado a los rendimientos del mortero de productos Kermill Sur, igualmente que el mortero de Fragua en donde se promedia un rendimiento de 30m<sup>2</sup> con un sisado de 2mm basado en los rendimientos de Kermill Sur.

***Opción 2 Sistema Prefabricado:***

***Tabla 19*** Piso con formato cuadrado de 50cm x 50cm para sistema constructivo Prefabricado

<b>Aposento</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Cantidad de piezas</b>	<b>Metraje (m)</b>
Sala	50	50	36	9.00
Comedor	50	50	36	9.00
Cocina	50	50	36	9.00
Baño	50	50	20	5.00
Cuarto Principal	50	50	56	14
Cuarto secundario	50	50	41	10.1
Cuarto de pilas	50	50	12	2.90
		<b>TOTAL</b>	<b>237</b>	<b>59.25 m2</b>



**Figura 30** Detalle modulación de piso 50 x 50 - Sistema constructivo Prefabricado

Se detalla las dimensiones de ancho y largo de las piezas de piso de cada aposento, con el fin de que el desperdicio sea el menor, se contabilizan que se necesitan 237 unidades o bien su equivalente de 59.50 m<sup>2</sup> de las cuales para el proceso del presupuesto se contabilizaran 240 unidades o bien 60m<sup>2</sup>, aun así, es importante aclarar que en obra es necesaria agregar un factor de seguridad del 5% por quebradura o daños en las piezas a la hora de la instalación.

Es de importancia detallar que, a la hora de la colocación del piso en este sistema constructivo, se debe tener en cuenta que se debe hacer los cortes en la forma de las columnas, ya que las paredes no son en su totalidad lisas.

Basado al formato de piso y medidas de los aposentos se estima una cantidad de mortero de pega y fragua en la siguiente tabla

**Tabla 20** Estimación de morteros de pega y mortero de fragua, formato 50x50

	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
<b>Mortero de pega</b>	22	Saco
<b>Fragua</b>	3	Bolsa

El mortero de pega (bondex) se estima un rendimiento promedio de 2.73 m<sup>2</sup> por saco, esto basado a los rendimientos del mortero de productos Kermill Sur, igualmente que el mortero de Fragua en donde se promedia un rendimiento de 30m<sup>2</sup> con un sisado de 2mm basado en los rendimientos de Kermill Sur.

## **9.6 Detallado de Cubierta de Techo**

Basado a los modelos de modulación de cada tipo de sistema constructivo, se desarrolla dos tipos de cubierta de techo, una versión de un agua, es decir la cubierta solo tiene una dirección en total de su área y la segunda versión es de dos aguas simétricas, lo cual nos determina que ambas caídas de agua serán proporcionales en área, se hace estas propuestas de techos con el fin de satisfacer las necesidades del cliente.

Se toman dos modalidades de modular las cubiertas de techo, una versión será por medio de las láminas convencionales y la segunda será por medio de la fabricación de la lámina con la medida específica.

Se toma en cuenta un alero de 0.50cm en cada modulación de la cubierta de techo.

### **9.6.1 Sistema Constructivo Bloques Teknoblock:**

**Tabla 21** Cubierta de techo de 1 agua para sistema Bloque Teknoblock (Lamina comercial):

<b>Medida comercial (m)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medida Efectiva</b>	<b>Ancho Efectivo</b>
3.05	7	2.78	0.96
1.83	35	1.61	0.96

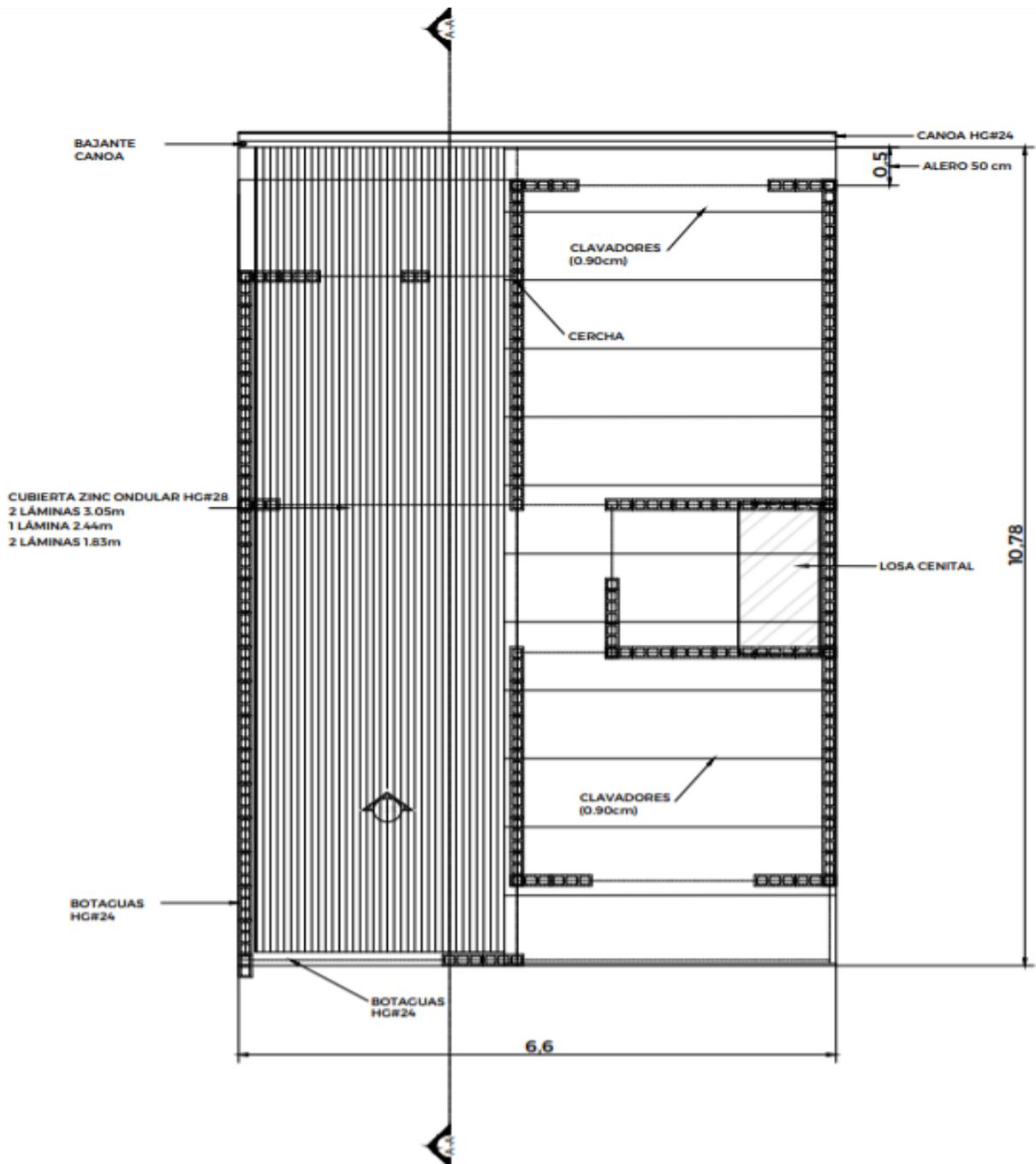
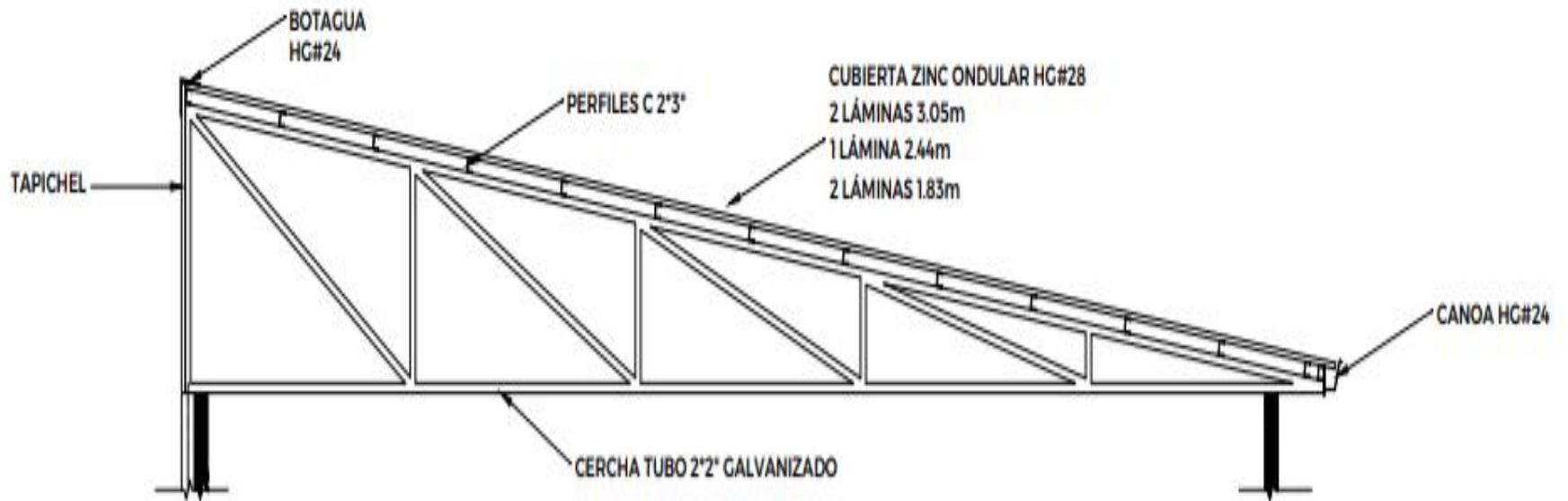


Figura 31 Planta de techos 1 agua - Sistema constructivo Teknoblock -Lamina convencional

**Tabla 22** Cubierta de techo de 1 agua para estructura de Cercha (Teknoblock Lamina comercial):

<b>Clavadores</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Perfiles C 2*3</b>	6 m	13
<b>Tornillería</b>	2"	350
<b>Cerchas</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Tubo HHS 2*2</b>	6 m	19
<b>Canoa y bota aguas</b>		
	<b>Medida (m)</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Canoa</b>	6.5	1
<b>Bota Agua</b>	1.83	16



*Figura 32 Detalle Estructural de Techos de 1 agua Lámina Convencional - Sistema Constructivo TeknoBlock*

**Tabla 23** Cubierta de techo de 1 agua para sistema Bloque Teknoblock (Lamina prefabricada):

<b>Medida comercial (m)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medida Efectiva</b>	<b>Ancho Efectivo</b>
10.80	7	10.80	0.96

**Tabla 24** Cubierta de techo de 1 agua para estructura de Cercha (Teknoblock Lamina Prefabricada):

<b>Clavadores</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Perfiles C 2*3</b>	6 m	13
<b>Tornillería</b>	2"	350
<b>Cerchas</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Tubo HHS 2*2</b>	6 m	19
<b>Canoas – Bota Agua</b>		
	<b>Medida (m)</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Canoa</b>	6.5	1
<b>Bota Agua</b>	1.83	16

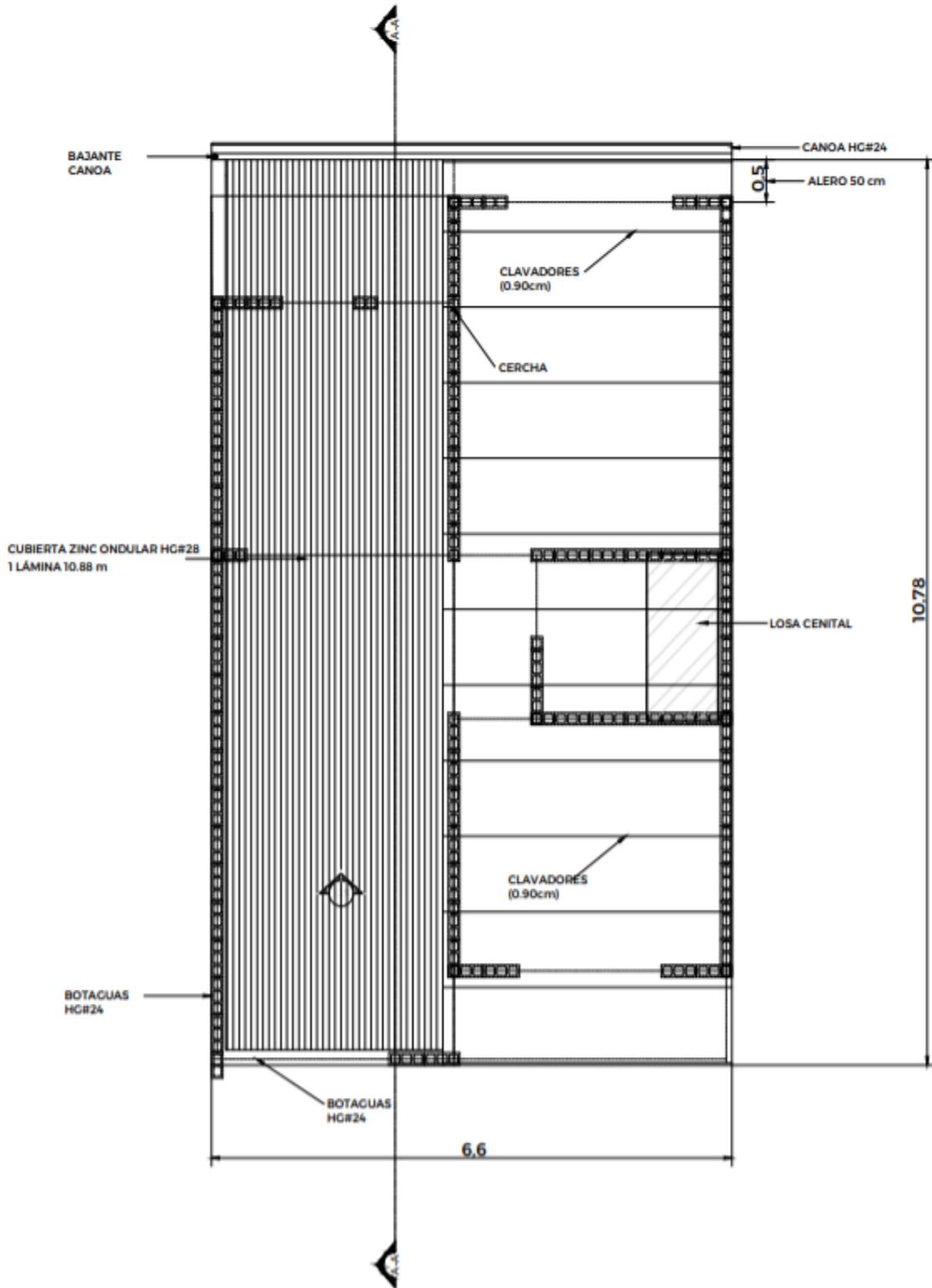


Figura 33 Planta de techos 1 agua - Sistema constructivo Teknoblock- Lamina prefabricada



**Tabla 25** Cubierta de techo de 2 agua para sistema Bloque Teknoblock (Lamina convencional):

<b>Medida comercial (m)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medida Efectiva</b>	<b>Ancho Efectivo</b>
3.66	14	3.51	0.96
3.05	14	2.78	0.96

**Tabla 26** Cubierta de techo de 2 aguas para estructura de Cercha (Teknoblock Lamina Convencional)

<b>Clavadores</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Perfiles C</b>	6 m	16
<b>Tornillería</b>	2"	350
<b>Cerchas</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Tubo HHS 2*2</b>	6 m	13
<b>Canoas y bota Aguas</b>		
	<b>Medida (m)</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Canoas</b>	6.5	2

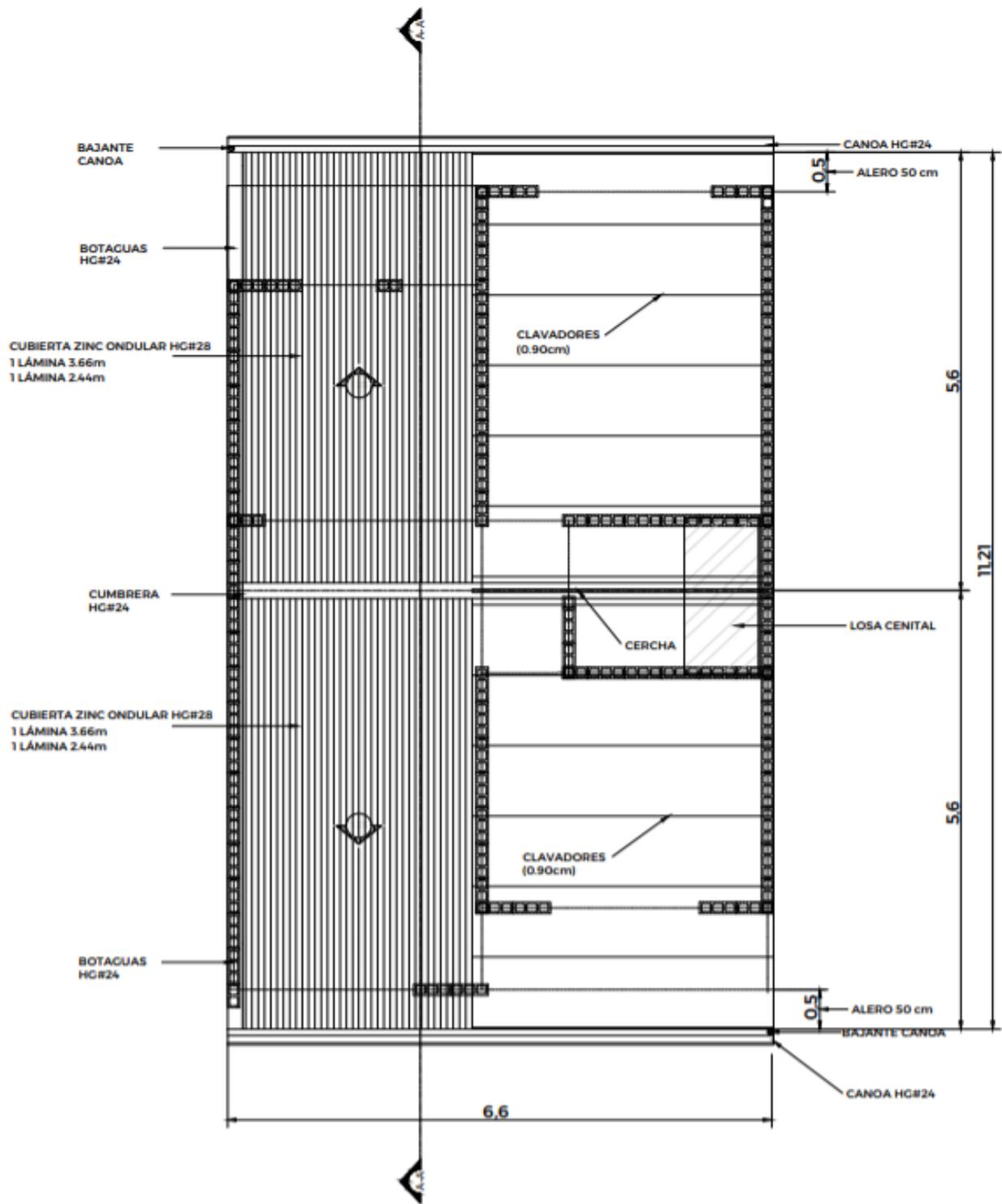
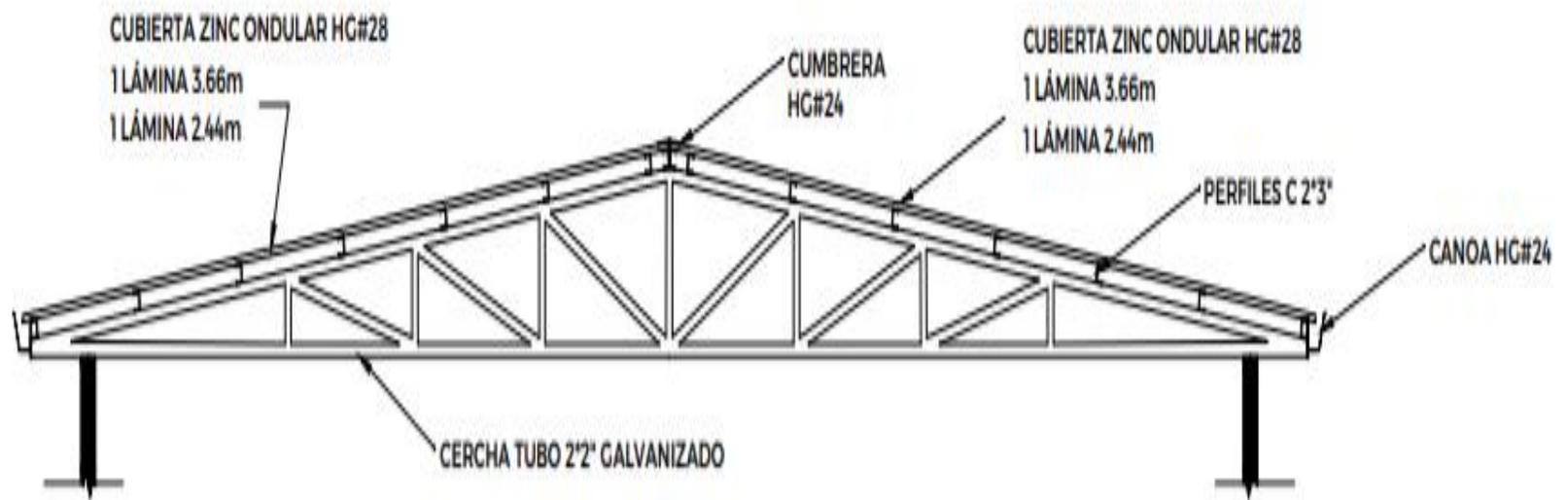


Figura 35 Planta de techos 2 aguas - Sistema constructivo TeknoBlock- lamina convencional



**Figura 36** Detalle estructural de techos 2 aguas lámina convencional - Sistema constructivo Teknoblock – lamina convencional

**Tabla 27** Cubierta de techo de 2 agua para sistema Bloque Teknoblock (Lamina prefabricada)

<b>Medida comercial (m)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medida Efectiva</b>	<b>Ancho Efectivo</b>
5.40	14	5.40	0.96

**Tabla 28** Cubierta de techo de 2 aguas sistema de cercha (Teknoblock Lamina prefabricada):

<b>Clavadores</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Perfiles C</b>	6 m	16
<b>Tornillería</b>	2"	350
<b>Cerchas</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Tubo HSS 2*2</b>	6 m	13
<b>Canoa y bota aguas</b>		
	<b>Medida (m)</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Canoa</b>	6.5	2
<b>Bota Agua</b>	1.83	12
<b>Cumbreras</b>	1.83	4

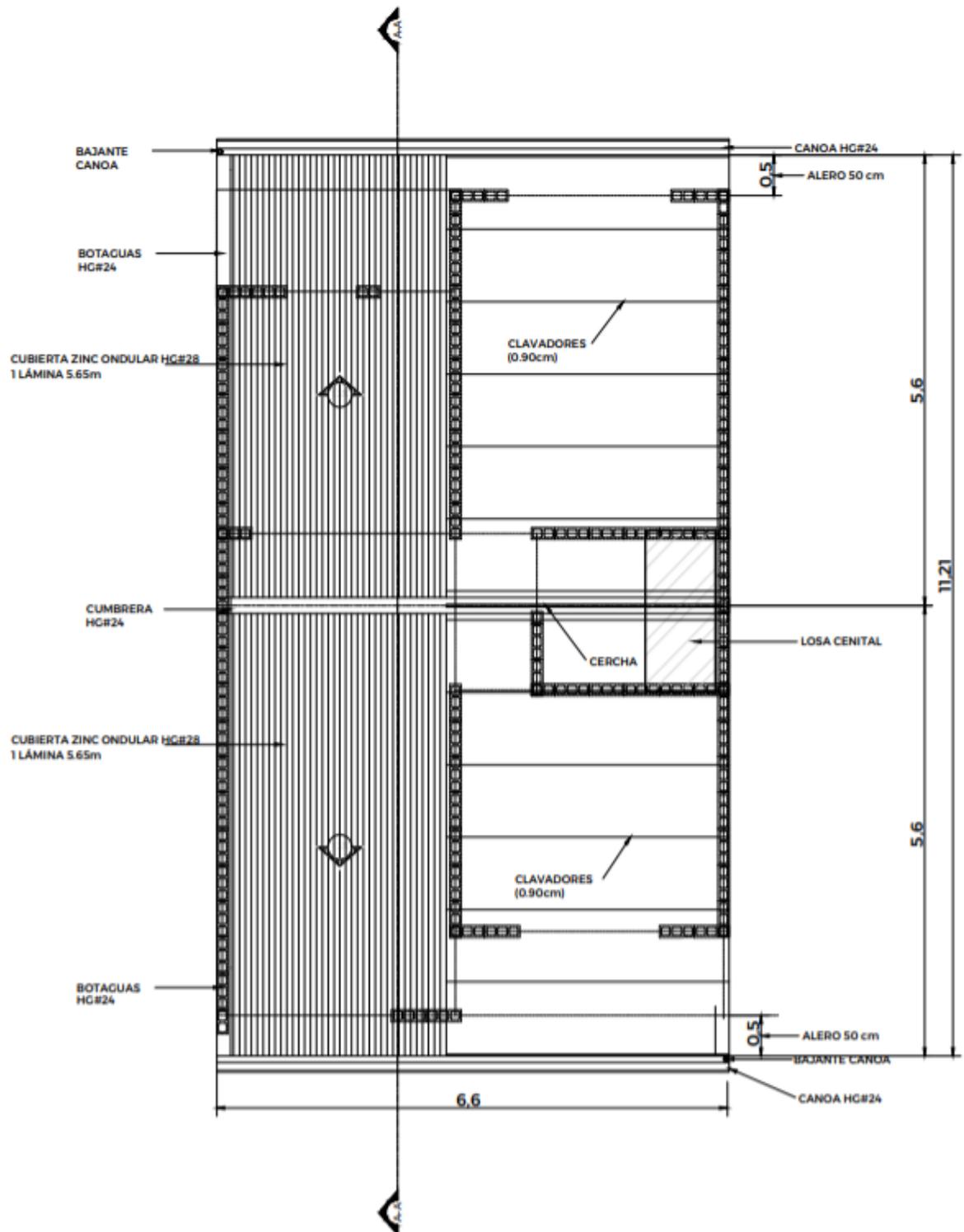
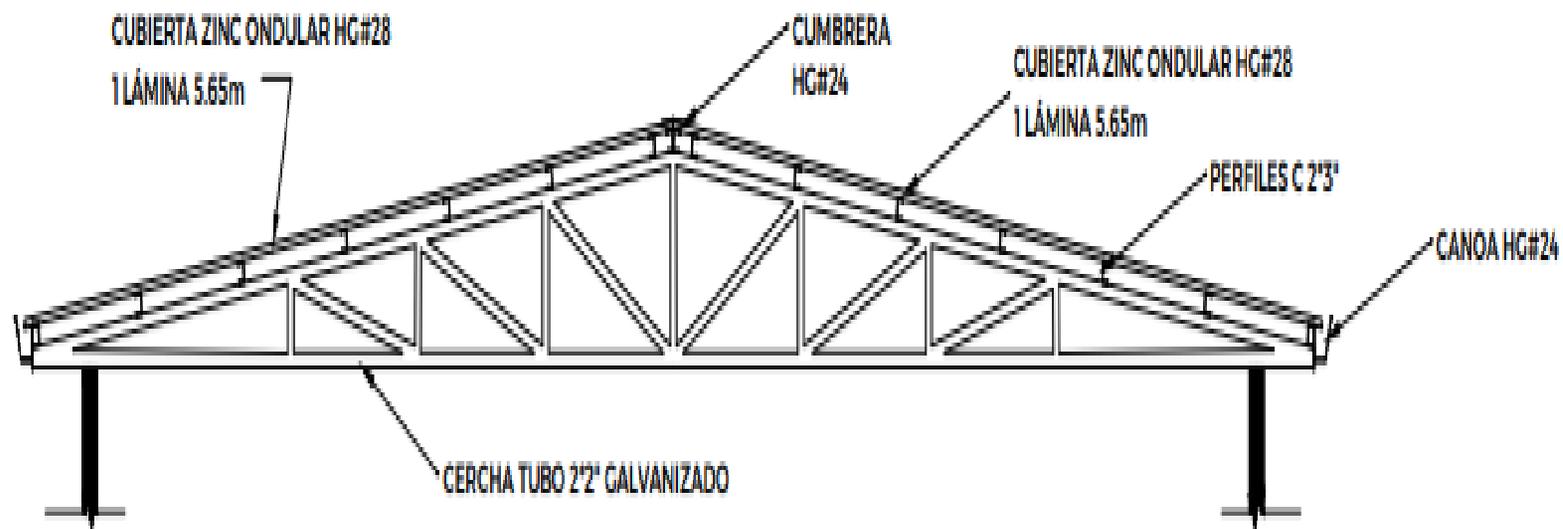


Figura 37 Planta de techos 2 aguas - Sistema constructivo TeknoBlock – lamina prefabricada



*Figura 38 Detalle estructural de techos 2 aguas Lámina Prefabricada - Sistema constructivo TeknoBlock*

### 9.6.2 Sistema constructivo Prefabricado

**Tabla 29** Cubierta de techo de 1 agua para sistema Prefabricado (Lamina convencional):

<b>Medida comercial (m)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medida Efectiva</b>	<b>Ancho Efectivo</b>
3.66	14	3.51	0.96
2.44	7	2.20	0.96
1.83	7	1.61	0.96

**Tabla 30** Cubierta de techo de 1 agua sistema de cercha (Prefabricado- Lamina convencional):

<b>Clavadores</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Perfiles C 2*3</b>	6 m	13
<b>Tornillería</b>	2"	300
<b>Cerchas</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Tubo 2*galvanizado</b>	6 m	19
<b>Canoa y bota aguas:</b>		
	<b>Medida (m)</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Canoa</b>	6.5	1
<b>Bota Agua</b>	1.83	16

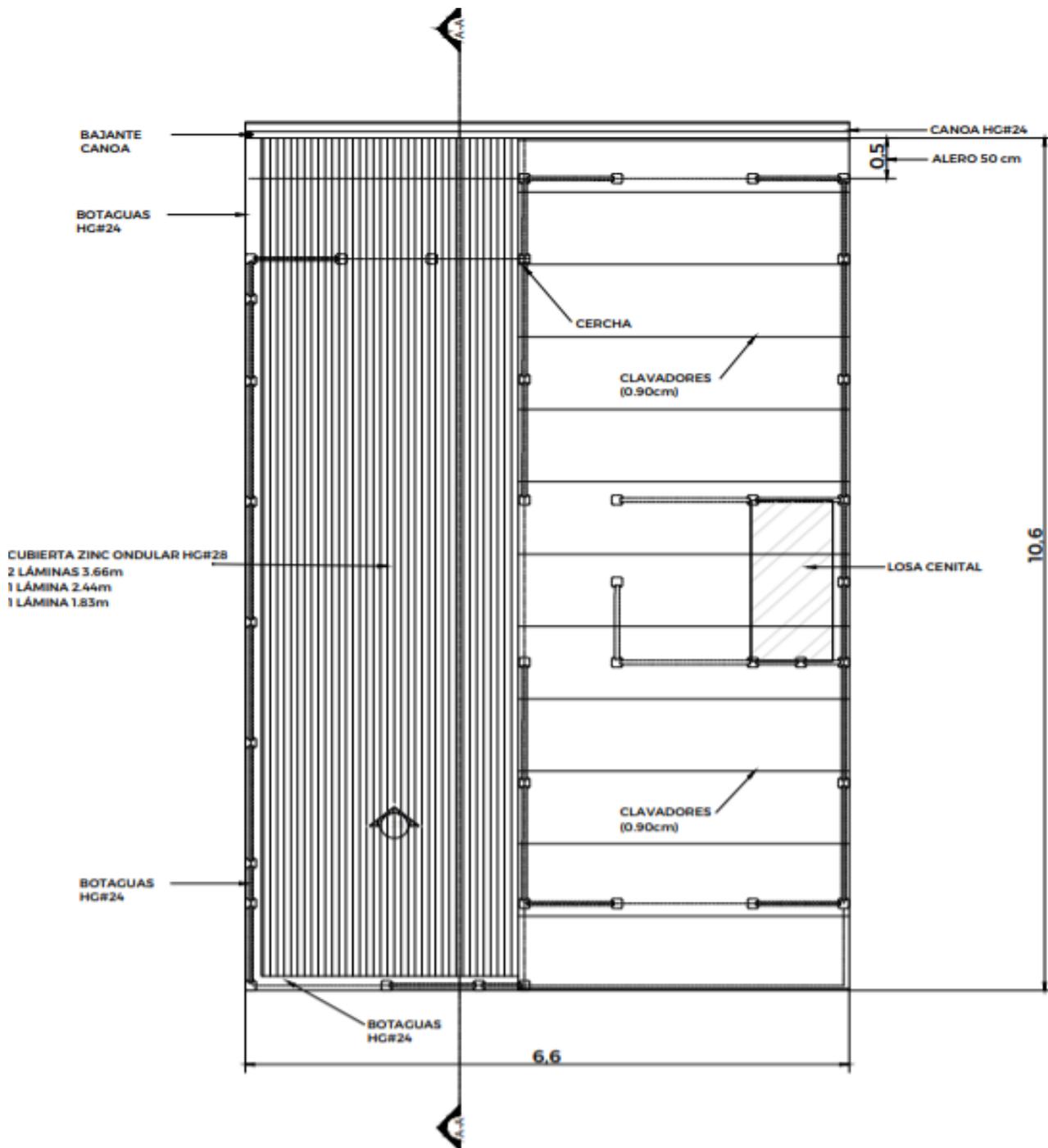
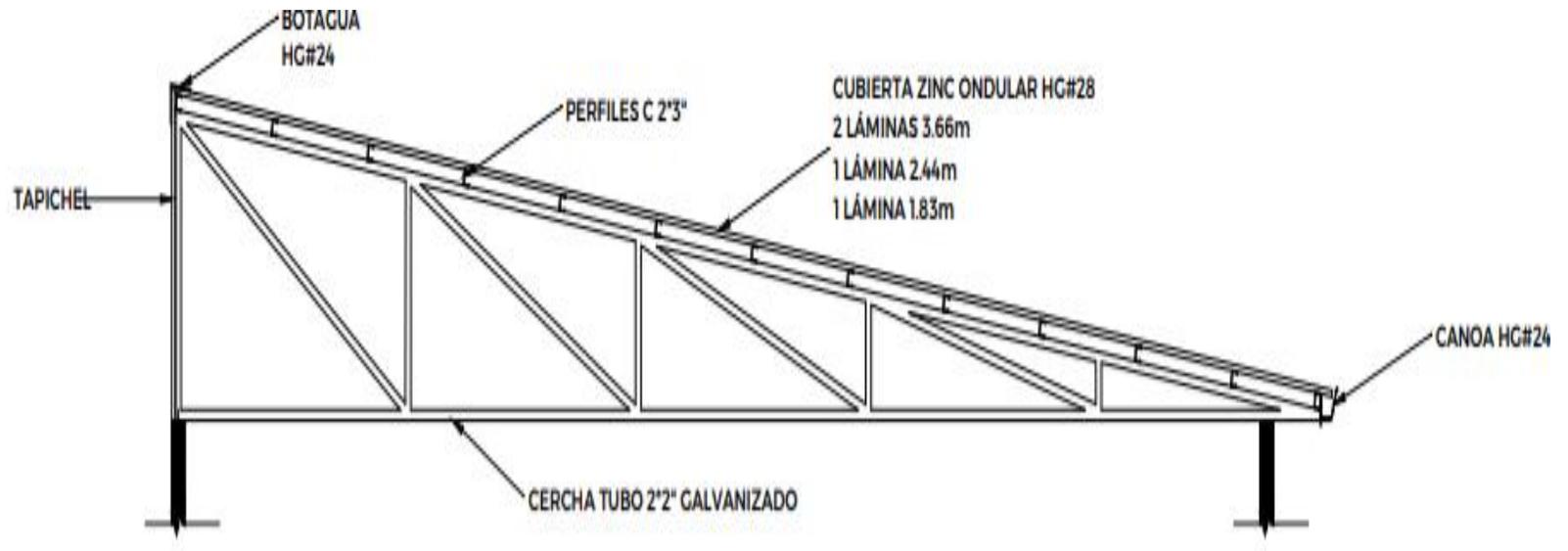


Figura 39 Planta de techos 1 agua - Sistema constructivo Prefabricado- lamina convencional



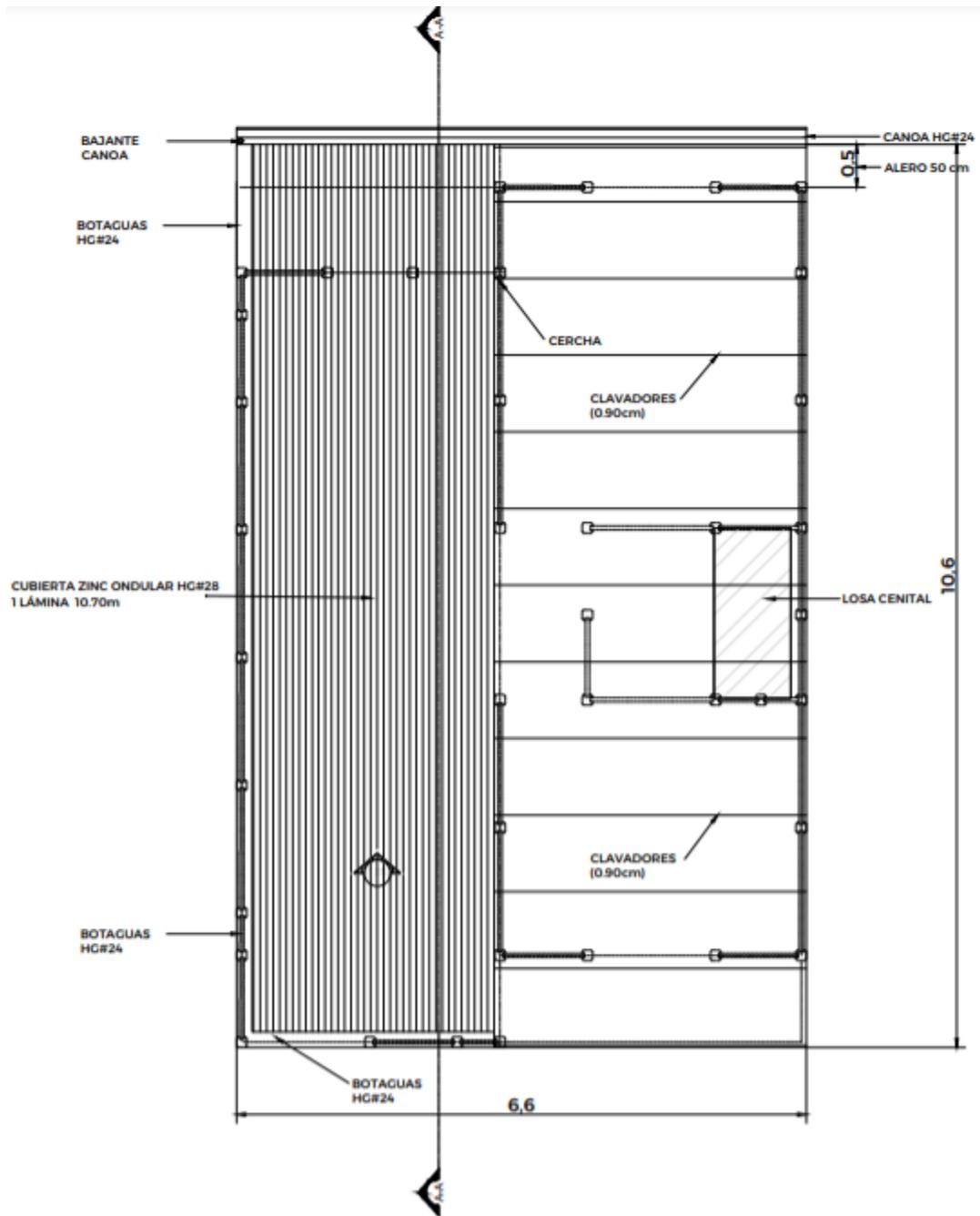
*Figura 40 Detalle estructural de techos 1 agua Lamina Convencional - Sistema constructivo Prefabricado- lamina convencional*

**Tabla 31** Cubierta de techo de 1 agua para sistema Prefabricado (Lamina prefabricada):

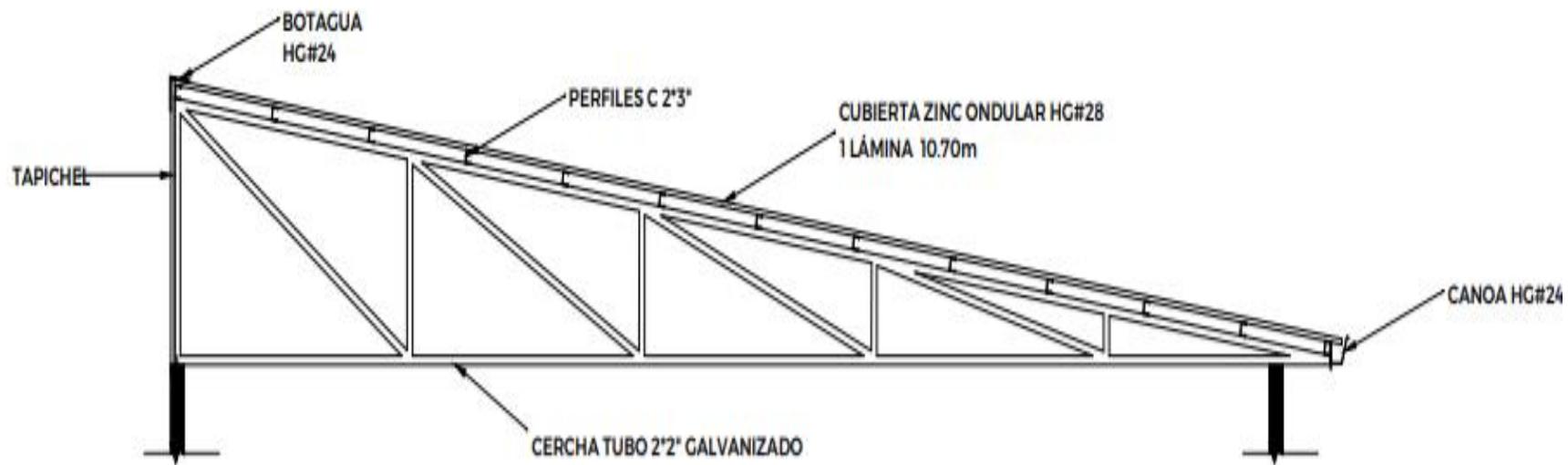
<b>Medida comercial (m)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medida Efectiva</b>	<b>Ancho Efectivo</b>
10.65	7	10.65	0.96

**Tabla 32** Cubierta de techo de 1 agua para sistema de cercha (Prefabricado Lamina prefabricada):

<b>Clavadores</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Perfiles C 2*3</b>	6 m	13
<b>Tornillería</b>	2"	300
<b>Cerchas</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Tubo 2*galvanizado</b>	6 m	19
<b>Canoa y bota aguas</b>		
	<b>Medida (m)</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Canoa</b>	6.5	1
<b>Bota Agua</b>	1.83	16



**Figura 41** Planta techos 1 agua - Sistema constructivo Prefabricado- lamina prefabricada



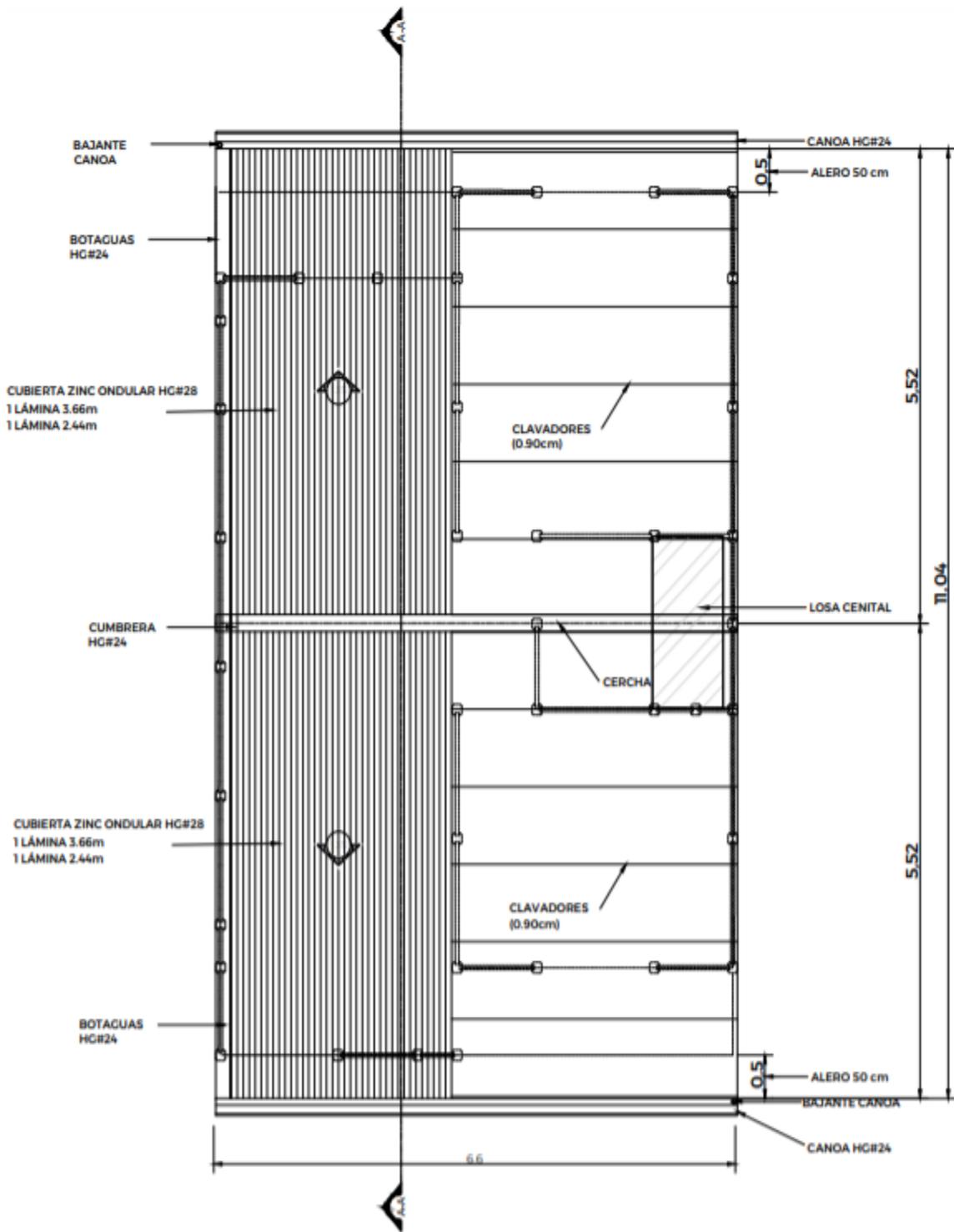
*Figura 42 Detalle estructural de techos 1 agua Lamina Prefabricada - Sistema Constructivo Prefabricado- lamina prefabricada*

**Tabla 33** Cubierta de techo de 2 agua para sistema Prefabricado (Lamina convencional):

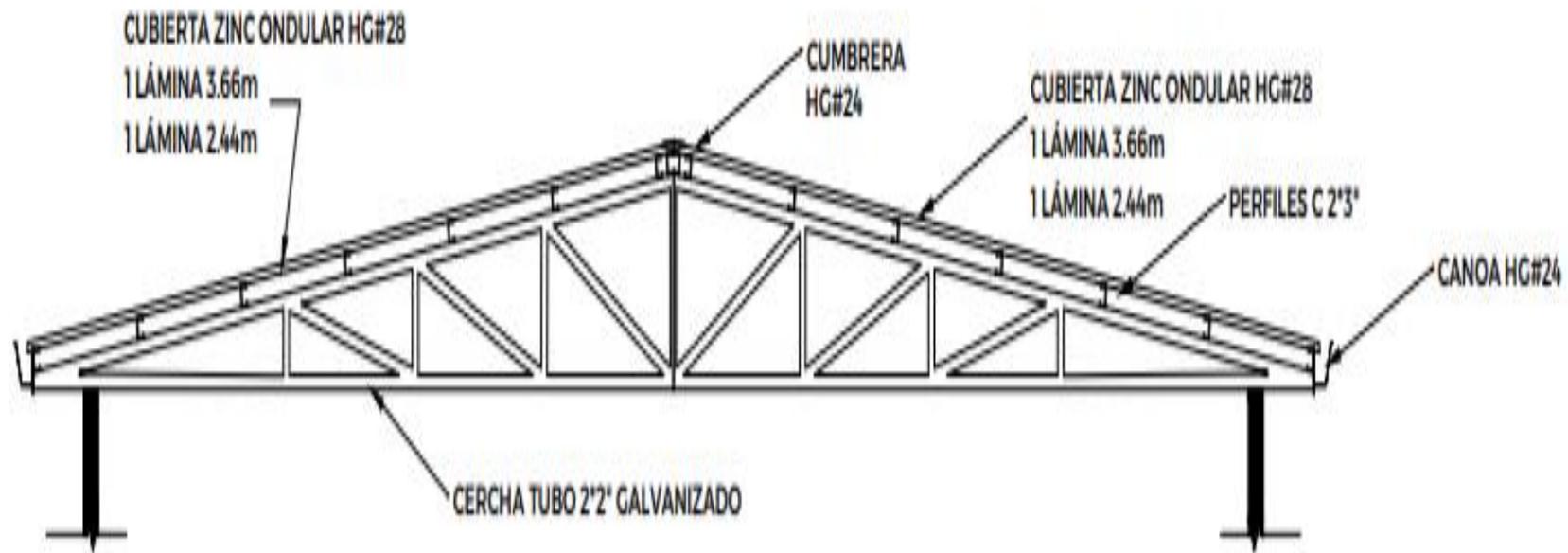
<b>Medida comercial (m)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medida Efectiva</b>	<b>Ancho Efectivo</b>
3.66	14	3.51	0.96
1.83	14	2.78	0.96

**Tabla 34** Cubierta de techo de 2 aguas para sistema de cercha (Prefabricado Lamina convencional):

<b>Clavadores</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Perfiles C</b>	6 m	16
<b>Tornillería</b>	2"	300
<b>Cerchas</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Tubo 2*galvanizado</b>	6 m	13
<b>Canoa y bota aguas:</b>		
	<b>Medida (m)</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Canoas</b>	6.5	2
<b>Bota Agua</b>	1.83	12
<b>Cumbreras</b>	1.83	4



*Figura 43 Planta de techos 2 aguas - Sistema constructivo Prefabricado- lamina convencional*



*Figura 44 Detalle estructural de techos 2 aguas Lámina convencional - Sistema constructivo Prefabricado- lamina convencional*

**Tabla 35** Cubierta de techo de 2 agua para sistema Prefabricado (Lamina prefabricada):

<b>Medida comercial (m)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medida Efectiva</b>	<b>Ancho Efectivo</b>
5.30	14	5.30	0.96

**Tabla 36** Cubierta de techo de 2 aguas para sistema de cercha (Prefabricado Lamina prefabricada):

<b>Clavadores</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Perfiles C</b>	6 m	16
<b>Tornillería</b>	2"	300
<b>Cerchas</b>		
	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Tubo 2*galvanizado</b>	6 m	13
<b>Canoa y bota aguas</b>		
	<b>Medida (m)</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Canoa</b>	6.5	2
<b>Bota Agua</b>	1.83	12
<b>Cumbreras</b>	1.83	4

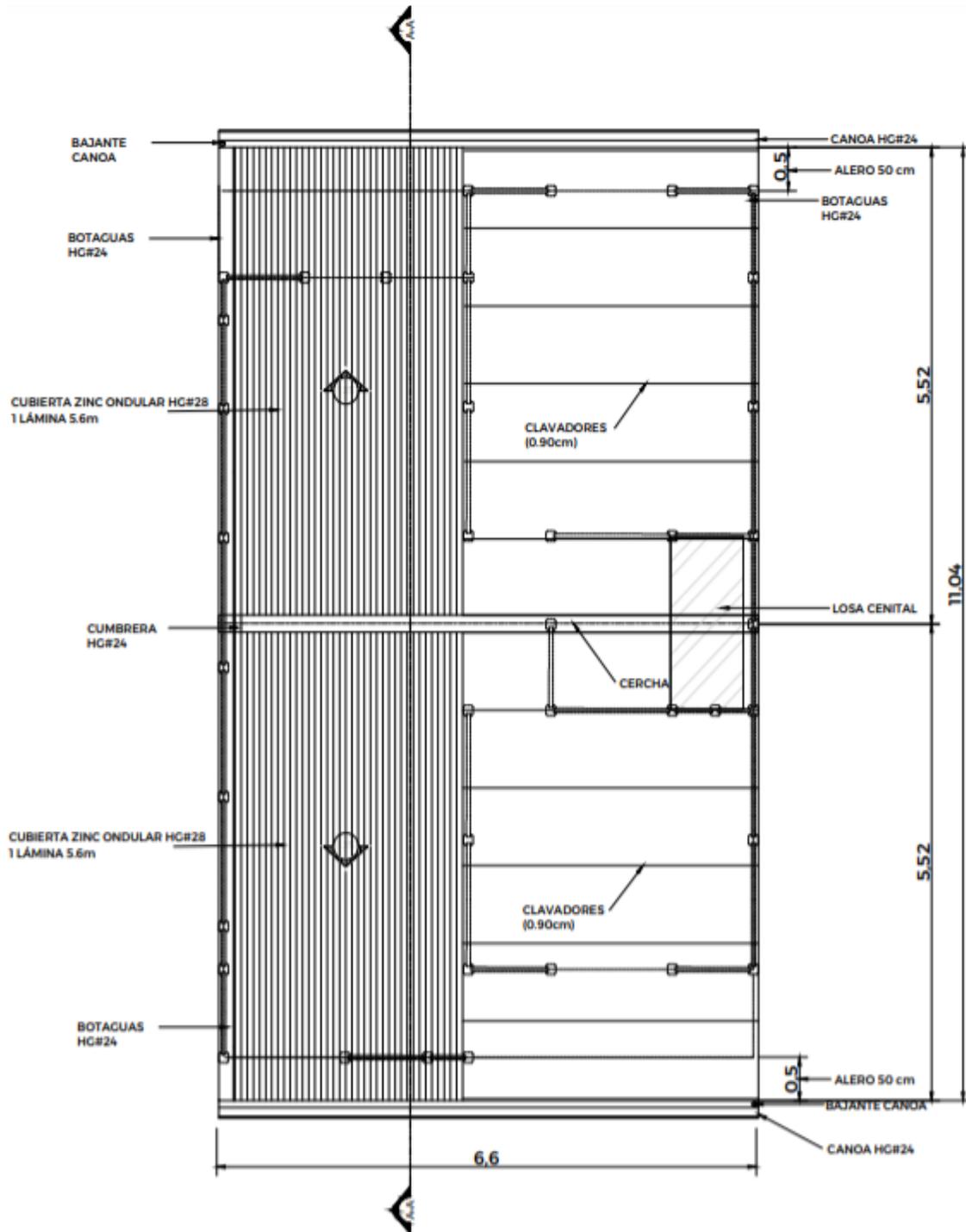
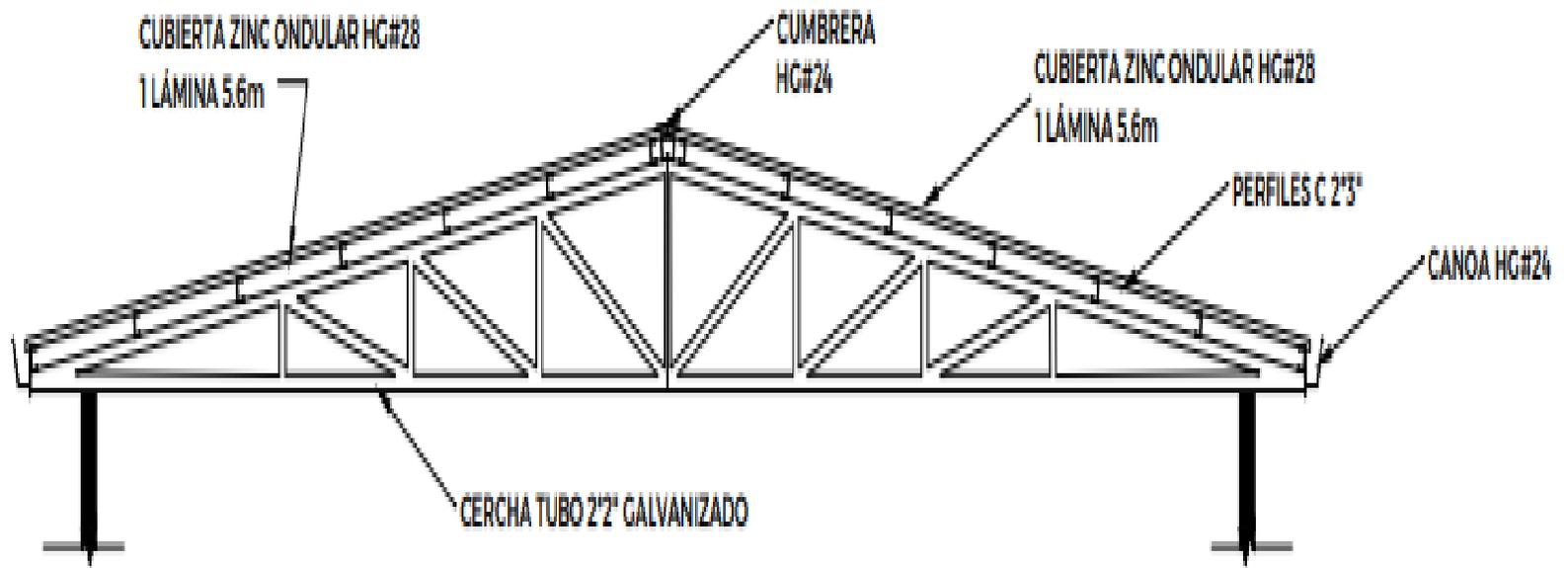


Figura 45 Planta de techos 2 aguas - Sistema constructivo Prefabricado- lamina prefabricada



*Figura 46 Detalle estructural de techos 2 aguas Lámina Prefabricada - Sistema constructivo Prefabrica- lamina prefabricada*

## 9.7 Presupuesto

En este presupuesto, el cual tiene de referencia los procesos constructivos de levantamiento de paredes, cubierta de techo y colocación de piso, de los cuales únicamente se detallarán los materiales utilizados, dejando de lado el costo de la mano de obra de estos.

En el área de levantamiento de paredes, se considera únicamente los materiales previos al detallado de las mismas, es decir no se considera repellos, pasta, ni pintura, esto debido a que son detalles propios del propietario, los cuales dependen de sus gustos y finalidades.

En el proceso de cubierta de techo, se consideraron los materiales nombrados como cerchas, clavadores, láminas de zinc, bota aguas, cumbres y tornillería, por lo tanto, es considerado un proceso total y concluido.

En el proceso de colocación de piso, se detalla un presupuesto que incluye mortero de pega, fragua de sisado y piso basado a las medidas modulas para el sistema, del cual se promedian 3 precios de pisos similares ya que los mismo varían dependiendo de su marca y calidad.

*Tabla 37 Presupuesto de área constructiva del Sistema Teknoblock*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Teknoblock PC 30	381	Unidad	404.6	154,151.27
Teknoblock PC 45	1257	Unidad	539.85	678,600.88
Varilla #3	250	Unidad	2,162.00	540,500.00
Cemento	45	Sacos	6,124.24	275,590.80
Arena	3.5	m3	12,715.55	44,504.43
Piedra	2.5	m3	12,715.55	44,504.43
			<b>Total</b>	<b>1,737,851.8</b>

*Tabla 38 Presupuesto de pisos del sistema Teknoblock*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Piso 30cm x 60cm	63m2	6,167.00	388,521.00
Piso 60cm x 60cm	63m2	7,660.00	482,580.00
Mortero Bondex	24 sacos	3,208.42	77,002.08
Mortero Fragua	3 bolsas	1,827.00	5,481.00
		<b>Total 30cm x 60cm</b>	<b>471,004.08</b>
		<b>Total 60cm x 60cm</b>	<b>565,063.08</b>

**Tabla 39** Presupuesto de cubierta de techo 1 agua lamina convencional (Sistema Teknoblock)

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Lamina 3.66m	14	9,748.72	136,482.08
Lamina 3.05m	7	7,815.40	54,707.80
Perfil C	13	9,498.72	123,484.14
Tornilleria 2"	350	25.20	8,820.00
Tubo 2x2	18	11,571.96	208,295.28
Canoas	1	20,806.5	20,806.5
Bota aguas	12	1,414.40	16,972.80
		<b>Total</b>	<b>569,568.00</b>

**Tabla 40** Presupuesto de cubierta de techo 1 agua lamina prefabricada (Sistema Teknoblock)

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Lamina 10.80m	7	35,832.24	250,825.68
Perfil C	13	9,498.72	123,484.14
Tornilleria 2"	350	25.20	8,820.00
Tubo 2x2	18	11,571.96	208,295.28
Canoas	1	20,806.5	20,806.5
Bota aguas	12	1,414.40	16,972.80
		<b>Total</b>	<b>629,204.4</b>

**Tabla 41** Presupuesto de cubierta de techo 2 agua lamina convencional (Sistema Teknoblock)

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Lamina 3.05m	14	7,815.40	109,415.60
Lamina 2.44m	14	6,252.55	87,535.70
Perfil C	16	9,498.72	151,979.52
Tornilleria 2"	350	25.20	8,820.00
Tubo 2x2	15	11,571.96	173,579.40
Canoas	2	20,806.5	41,613.00
Bota aguas	12	1,414.40	16,972.80
Cumbreras	4	1,361.10	5,444.40
		<b>Total</b>	<b>595,360.42</b>

**Tabla 42** Presupuesto de cubierta de techo 2 agua lamina prefabricada (Sistema Teknoblock)

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Lamina 5.40m	14	16,944.12	237,217.68
Perfil C	16	9,498.72	151,979.52
Tornilleria 2"	350	25.20	8,820.00
Tubo 2x2	15	11,571.96	173,579.40
Canoas	2	20,806.5	41,613.00
Bota aguas	12	1,414.40	16,972.80
Cumbreras	4	1,361.10	5,444.40
		<b>Total</b>	<b>684,622.80</b>

### 9.7.1 Sistema Prefabricado

*Tabla 43 Presupuesto del sistema constructivo prefabricado*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Baldosa lisa 0.50m	25	Unidad	2,778.60	69,465.00
Baldosa lisa 1.00m	35	Unidad	4,718.89	165,161.15
Baldosa lisa 1.02m	30	Unidad	4,718.89	141,566.7
Baldosa lisa 1.50m	72	Unidad	6,257.28	450,524.16
Baldosa Cargador 1.50m	4	Unidad	3,390.06	13,560.24
Baldosa Cargador 1.02m	5	Unidad	3,247.91	16,239.55
Baldosa Banquina 1.50m	3	Unidad	3,390.51	10,171.53
Baldosa Banquina 1.00m	1	Unidad	3,029.25	3,029.25
Columna tipo A	1	Unidad	13,236.23	13,236.23
Columna tipo B	12	Unidad	12,765.20	153,182.40
Columna tipo C	18	Unidad	12,675.20	228,153.60
Columna tipo D	6	Unidad	12,675.20	76,051.30
Columna tipo E	2	Unidad	12,675.20	25,350.40
Cemento	14	Saco	6,124.24	85,739.36
Arena	1	m3	12,715.55	12,715.55
Piedra	2	m3	12,715.55	25,431.10
			<b>Total</b>	<b>1,429,496.79</b>

### 9.7.2 Detalle de Pisos

**Tabla 44** Detallado de piso sistema constructivo prefabricado

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Piso 25cm x 50cm	60m2	6,000.00	360,000.00
Piso 50cm x 50cm	60m2	7,300.00	438,000.00
Mortero Bondex	22 sacos	3,208,42	70,585.24
Mortero Fragua	3 bolsas	1,827.00	5,481.00
<b>Total 25cm x 50cm</b>			<b>436,066.24</b>
<b>Total 50cm x 50cm</b>			<b>514,066.24</b>

**Tabla 45** Cubierta de techo 1 agua lamina convencional (Sistema Prefabricado)

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Lamina 3.66m	7	9,748.72	68,241.04
Lamina 3.05m	7	7,815.40	54,707.80
Lamina 1.83m	7	4,689.70	32,827.90
Perfil C	13	9,498.72	123,484.14
Tornilleria 2"	300	25.20	8,820.00
Tubo 2x2	18	11,571.96	208,295.28
Canoas	1	20,806.5	20,806.5
Bota aguas	12	1,414.40	16,972.80
<b>Total</b>			<b>534,155.46</b>

**Tabla 46** Cubierta de techo 1 agua lamina prefabricada (Sistema Prefabricado)

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Lamina 10.65m	7	33,417.557	233,922.99
Perfil C	13	9,498.72	123,484.14
Tornilleria 2"	300	25.20	8,820.00
Tubo 2x2	18	11,571.96	208,295.28
Canoas	1	20,806.5	20,806.5
Bota aguas	12	1,414.40	16,972.80
		<b>Total</b>	<b>612,301.71</b>

**Tabla 47** Cubierta de techo 2 agua lamina convencional (Sistema Prefabricado)

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Lamina 3.66m	14	9,748.72	136,482.08
Lamina 1.83m	14	4,689.70	65,655.80
Perfil C	16	9,498.72	151,979.52
Tornilleria 2"	300	25.20	8,820.00
Tubo 2x2	15	11,571.96	173,579.40
Canoas	2	20,806.5	41,613.00
Bota aguas	12	1,414.40	16,972.80
Cumbreras	4	1,361.10	5,444.40
		<b>Total</b>	<b>600,547.00</b>

**Tabla 48** Cubierta de techo 2 agua lamina prefabricada (Sistema Prefabricado)

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Lamina 5.30m	14	16,630.34	232,824.76
Perfil C	16	9,498.72	151,979.52
Tornilleria 2"	300	25.20	8,820.00
Tubo 2x2	15	11,571.96	173,579.40
Canoas	2	20,806.5	41,613.00
Bota aguas	12	1,414.40	16,972.80
Cumbrera	4	1,361.10	5,444.40
		<b>Total</b>	<b>631,233.88</b>

Es importante destacar que para cada sistema constructivo cuentan con sus metodologías de diseño, tipo de materiales y colocación, lo que genera alteraciones en los metrajes de los mismo, aun así, se busca minimizar esta variación con el objetivo de que la comparación de ambos sistemas sea consistente y lograr determinar cuál de ambos es el sistema que tiene menor precio y a su vez que genere menores cantidades de desperdicios en obra.

## **9.8 Desperdicios**

A la hora de realizar una modulación de una vivienda unifamiliar, el objetivo primordial se trata de la reducción en los desperdicios de materiales, ya que en la mayoría de las obras muchos de los materiales se le tienen que aplicar ajustes para lograr coincidir las medidas estipuladas, ya que las cuales no son múltiplos de M o no cumplen las normas o códigos, por lo tanto, se les aplican cortes para lograrlo.

### ***9.8.1 Detallado de Área Constructiva***

Basado en que se utilizaron dos sistemas constructivos, los cuales uno de ellos como lo es el Teknoblock el cual nos permite generar una modulación perfecta tanto en múltiplos M horizontalmente, como múltiplos M verticales, lo cual de esta manera logramos garantizar que la obra de paredes finaliza con un desperdicio de bloques tanto de 15\*20\*45 como de 15\*20\*30 casi nula, ya que en su mayoría son reutilizables en otra hilada de colocación de bloques, por otra parte tenemos el sistema Prefabricado, el cual es un sistema que no cumple con el módulo M, pero se trabaja por medio de baldosas y columnas con medidas establecidas, de esta manera la modulación realizada se basó en dichas medidas y se logra generar una eliminación de los desperdicios.

Haciendo la salvedad que los desperdicios del área constructiva no se consideran una mala manipulación de los bloques, ya sea en el momento de transporte o bien en su instalación.

### **9.8.2 Detallado de Pisos**

Basados en el sistema constructivo modulado, se detallaron dos opciones de pisos para cada uno, los cuales se detallan los desperdicios generados basados en el sistema y su medida.

Se tiene que aclarar que los precios determinados por los desperdicios se calculan como piezas completas, como por ejemplo en el formato de 30cm x 60cm, el cuarto principal en la medida de largo de 4.05m, se tiene un desperdicio de 15cm, el cual se toma como pieza completa, para lograr calcular el costo de los desperdicios.

### **9.8.3 Sistema Teknoblock**

**Tabla 49** Desperdicio de pisos del sistema Teknoblock

	<b>Cantidad</b>	<b>Precio total</b>
<b>Formato 30cm x 60cm</b>	2	2,222.34
<b>Formato 60cm x 60cm</b>	24	66,182.40

### **9.8.4 Sistema Prefabricado**

Basado en el sistema modulado de Prefabricado, cabe destacar que en el área de piso se propusieron dos formatos de piso, los cuales el formato rectangular de 25cm x 50cm y el formato cuadrado de 50cm x 50cm, cuales se logra generar una modulación exitosa sin desperdicios de piso.

Haciendo la salvedad que en el formato rectangular de 25cm x 50cm según el aposento es necesario realizar una alteración en el orden de colocación, es decir se varió el ancho por el largo y de esta manera se redujo el desperdicio.

### ***9.8.5 Detallado de Cubierta de Techo***

Tomando las medidas de modulación de cada sistema y agregándole un alero de 50cm, en el caso de la cubierta de techo de 1 agua y en el caso de las cubiertas de 2 aguas, se les agregan dos aleros en total, cada uno de 50cm.

Para cada sistema constructivo se realizan dos opciones de cubierta de techo, las cuales se modulan con dos opciones de láminas, una opción con la versión comerciales que se encuentran en el mercado y la segunda opción es una lámina prefabricada a la medida exacta de las modulaciones, así evitando traslapes trasversal.

### ***9.8.6 Sistema Teknoblok***

***Tabla 50 Desperdicio de cubierta de techo en sistema Teknoblock 1 agua***

<b>Cubierta de 1 agua lamina convencional</b>	Cumple con la modulación
<b>Cubierta de 1aguas lamina prefabricada</b>	Cumple con la modulación

*Tabla 51 Desperdicio de cubierta de techo en sistema Teknoblock 2 aguas*

		<b>Precio Total</b>
<b>Cubierta de 2 aguas lamina convencional</b>	Desperdicio de 0.80cm de lámina.	4,689.70
	Desperdicio de 3m de perfil C	9,498.72
	<b>TOTAL</b>	<b>14,188.42</b>

		<b>Precio Total</b>
<b>Cubierta de 2 aguas lamina prefabricada</b>	Desperdicio de 3m de perfil C	9,498.72
	<b>TOTAL</b>	<b>9,498.72</b>

### *9.8.7 Sistema Prefabricado*

*Tabla 52 Desperdicio de cubierta de techo en sistema prefabricado 1 agua*

<b>Cubierta de 1 agua lamina convencional</b>	Cumple con la modulación	
<b>Cubierta de 1 agua lamina prefabricada</b>	Cumple con la modulación	*Aumentar el traslape a 20cm

*Tabla 53 Desperdicio de cubierta de techo en sistema prefabricado 2 aguas*

		<b>Precio Total</b>
<b>Cubierta de 2 aguas lamina convencional</b>	Cumple con la modulación de laminas	*Disminuir el traslape a 13cm
	Desperdicio de 3m de perfil C	9,498.72
	<b>TOTAL</b>	<b>9,498.72</b>

		<b>Precio Total</b>
<b>Cubierta de 2 aguas lamina prefabricada</b>	Desperdicio de 3m de perfil C	9,498.72
	<b>TOTAL</b>	<b>9,498.72</b>

## **CAPITULO V**

### **ANALISIS DE RESULTADOS**

## 10. Detallado de Área Constructiva

Tomando en cuenta lo desarrollado en los capítulos anteriores, se puede determinar que el único sistema 100% modular es el de Teknoblock, ya que permite realizar una modulación tanto en planta como en elevaciones, basándose en las cuadrículas de valor M, tomando en cuenta que se logra cumplir con las medidas necesarias para los buques de puerta con un valor de 9M o bien su equivalente de 90cm, tanto en buques de dormitorios, baño y puertas principales y sin dejar de lado la modulación de la altura, la cual como mínimo solicita un buque de 21M, el cual en este caso se modula a 22M de altura de buque.

Sin dejar de lado los buques de ventanas, se logra una modulación de 18M y 21M en su mayoría, dejando por fuera la ventana de la cocina, la cual no coincide con las cuadrículas establecidas, teniendo un valor de 9M.

Ahora bien, tomando el sistema constructivo de Prefabricado, se puede determinar que este sistema no es modular, dado que no cumple con las normas de coordinación modular, dejando de lado que coincidan las cuadrículas de valor M tanto en planta como en elevaciones.

Siendo un sistema muy rígido a la hora de calcular las áreas de los aposentos, debido a que las medidas de las baldosas ya están establecidas por el fabricante, pero aun así se busca detallar un área muy similar a la planta original, cabe destacar que si se logra cumplir con las medidas de los buques de puertas de 9M en su totalidad y una elevación de 22M.

## **10.1 Detallado de pisos**

Basados en cada uno de los sistemas constructivos se logra determinar que el sistema de prefabricado cumple al 100% la modulación de pisos en ambas medidas, teniendo en cuenta que el formato rectangular se tiene que hacer variación en la colocación de del mismo.

Por otra parte, tenemos el sistema de bloque Teknoblock, el cual en ambos formatos se tiene un desperdicio basado en las medidas establecidas, aun así, se puede determinar que el formato más favorable es el rectangular de 30cm x 60cm ya que el desperdicio es menor que el formato cuadrado de 60cm x 60cm.

## **10.2 Detallado de Cubiertas de Techo**

Basado a las medidas moduladas de cada uno de los sistemas de construcción, se logra determinar dos opciones de cubierta, siendo así una de un agua y otra de dos aguas, de las cuales se opta por modular tanto con láminas convencionales, como con láminas prefabricadas, teniendo en cuenta que al área modulada se le aumenta 0.50cm de alero posterior.

Teniendo como resultado que la opción de un agua en ambos sistemas es la de menor costo, si su fabricación se realiza con lamina convencional, comparado con las láminas prefabricadas.

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES**

Basado a las modulaciones propuestas para cada sistema constructivo, se puede considerar que se cumplieron los objetivos establecidos.

Se modulo la vivienda unifamiliar, basados en la planta arquitectónica inicial, cuyas modulaciones cumplieron con las normas y códigos de coordinación modular, logrando así que tanto los buques de puertas y de ventanas fuesen múltiplos del módulo M. Teniendo buques de puertas de 9M y una elevación de 22M para ambos sistemas constructivos, por otra parte se logra modular los buques de ventanas del sistema de bloques Teknoblock, todos cumpliendo con sus valores respectivos a los múltiplos de M, dejando de lado el sistema de Prefabricado, el cual no nos permite modular los buques de ventana, dado que no es un sistema modular ni en planta, ni en elevaciones, lo cual lo convierte en un sistema constructivo muy rígido para diseñar.

Dado que cada sistema constructivo tiene métodos y practicas distintas de modulación, se puede determinar que basado a la planta arquitectónica inicial, la cual tiene un área constructiva de 59.05m<sup>2</sup> y de ella se basaron las modulación de cada uno de los sistemas constructivos, los cuales a su vez ambos incrementaron el área constructiva, respectivamente con un área de 60.72m<sup>2</sup> con el sistema de bloques Teknoblock y un metraje de 59.93m<sup>2</sup> el sistema de prefabricado, considerando así que las áreas moduladas logran mantener la esencial del metraje inicial, siendo estas variaciones debido a las propiedades de cada sistema.

Teniendo en cuenta que la planta arquitectónica no sufre variaciones en su distribución de aposentos, dado que ambos sistemas constructivos permiten mantener dicha distribución.

Tomando en cuenta que ambas áreas constructivas son muy similares, se logra generar una comparación de costos de materiales, con el propósito de determinar cuál de ellos es la versión más económica. El en el área de paredes se logra determinar que el sistema constructivo de

Prefabricado tuvo el menor costo de 1,200,000.00 colones, mientras que el sistema de bloques de Teknoblock el costo fue de 1,737,851.80 colones. Estos montos hacen referencia a los costos de los materiales.

En el detalle de pisos se consideran dos opciones por cada sistema constructivo, tomando en cuenta que el sistema más económico fue el Prefabricado, se detallaran ambas opciones, teniendo en cuenta el factor desperdicio por tema de ajuste, siendo así el formato rectangular el más económico el de 25cm x 50cm con un costo de 436,066.24 colones, superando el formato cuadrado de 50cm x 50cm con un costo de 514,066.24 colones, teniendo una variación de 78,000.03 colones.

Por último se detallan las cubiertas de techo para ambos sistemas, considerando dos tipos de cubiertas, siendo así una cubierta de un agua y la segunda opción de dos aguas, las cuales a su vez se considera el uso de láminas con medidas comerciales o bien utilizar laminas prefabricadas, con la medida exacta de la cubierta, de las cuales se considera a su vez el tema desperdicio, siendo así el sistema Prefabricado el de menor costo, se detalla que la cubierta de menor costo es la opción de una agua, con láminas con medidas comerciales, teniendo un costo de 534,155.46 colones, la cual a su vez la opción más cerca en costo sería la de la cubierta de techo de un agua, con láminas prefabricadas, la cual tiene un costo de 612,301.71 colones, teniendo una variación de 78,151.71 colones

Lo anterior permite determinar que la versión más económica será la construcción por medio del sistema constructivo Prefabricado, con pisos en formato rectangular de 25cm x 50cm y

con una cubierta de techo de un agua con láminas de medidas comerciales, sumando un costo total de 2,399,718.59 colones.

Aun así, se detalla en que el sistema constructivo de bloques Teknoblock la versión más económica se considera con un detallado de piso del formato rectangular de 30cm x 60cm y una cubierta de techo de un agua con láminas de medidas comerciales, sumando un costo total de 2,778,423.88 colones.

En ambos sistemas constructivos se determinaron los costos de los desperdicios, los cuales en el área de paredes ambos sistemas se logran garantizar cero porcientos en materiales, esto debido a que el sistema de bloques Teknoblock permite una modulación en planta y elevaciones y en el caso del sistema de Prefabricado son piezas con medidas establecidas, lo cual hace el sistema muy rígido a la hora del diseño, pero garantizar cero por ciento del desperdicio.

También se calculó el desperdicio en el área de pisos y cubiertas de techo, siendo el área de pisos del sistema de bloques Teknoblock, con el formato cuadrado de 60cm x 60cm donde se presentó un mayor desperdicio, el cual, convirtiéndolo en costo, sería de 66,182.40 colones y el formato rectangular el cual tiene un desperdicio de 2,222.34 colones. En tanto al sistema constructivo de Prefabricado ambos formatos permitieron una coordinación exitosa, sin desperdicios.

Para el detalle de las cubiertas de techo, se logra determinar que, para ambos sistemas constructivos en la opción de un agua, no se tiene desperdicios, en cambio para la opción de dos aguas, en el sistema de bloques de Teknoblock se presentan los mayores desperdicios con la modalidad de láminas comerciales, teniendo un costo de 14,188.42 colones y la versión de láminas prefabricadas presenta un desperdicio de 9,488.72 colones. A su vez el sistema Prefabricado presenta el mismo monto de desperdicios tanto en lamina comercial o lamina prefabrica, con un costo de 9,498.72 colones

## **RECOMENDACIONES**

A pesar de que esta investigación se realizó con los dos sistemas constructivos utilizados en Costa Rica, se puede considerar realizar la modulación por medio de otros sistemas que se comercialicen en el mercado nacional.

Por otra parte, se realizó el cálculo de materiales y desperdicios de tres áreas en específico, se recomienda realizar un cálculo de mano de obra de las mismas

Es de importancia que muchas de las constructoras del país tomen en cuenta la coordinación modular, tanto en aspectos de diseño, como en obra, con el objetivo de disminuir los desperdicios y aumentar la eficiencia de los trabajadores.

## REFERENCIAS

Arce, O.-A., Murillo, M.-M., & Lagos, R.-L. (2018). *Manual técnico PC* («Revisado», «6» ed.). Editorial TEC.

Código Sísmico de Costa Rica 2010. Revisión 2014 (2014.a ed.). (2014). Tecnológico de Costa Rica.

Concretos, P. C. (2018). *Ficha Técnica Bloques de concreto*. Productos de concreto. [https://productosdeconcretocr.com/wp-content/uploads/2018/07/Ficha\\_tecnica\\_bloques.pdf](https://productosdeconcretocr.com/wp-content/uploads/2018/07/Ficha_tecnica_bloques.pdf)

Construplaza Materiales Pisos y Enchapes. (2021). <https://www.construplaza.com/Materiales/Pisos-y-Enchapes/Cer%C3%A1mica-y-Porcelanato/Porcelanato-piedra-mate-Nival-Gris-60-x-60-cm-sin-rectificar-Halcon>. <https://www.construplaza.com/Materiales/Pisos-y-Enchapes/Cer%C3%A1mica-y-Porcelanato/Porcelanato-piedra-mate-Nival-Gris-60-x-60-cm-sin-rectificar-Halcon>

Construplaza. (2021a). Construplaza. <https://www.construplaza.com/Materiales/Pisos-y-Enchapes/Cer%C3%A1mica-y-Porcelanato/Porcelanato-cemento-mate-Cemento-Gris-30-x-60-cm-rectificado>

Construplaza. (2021b). Construplaza. <https://www.construplaza.com/Materiales/Pisos-y-Enchapes/Cer%C3%A1mica-y-Porcelanato/Porcelanato-mate-30-x-60-cm-Peak-Earth-AAFX>

Construplaza. (2021c). Construplaza. <https://www.construplaza.com/Materiales/Pisos-y-Enchapes/Cer%C3%A1mica-y-Porcelanato/Ceramica-marmol-mate-Godina-White-30-x-90-cm-rectificado-Argenta-87366>

Construplaza. (2021d). <https://www.construplaza.com/Materiales/Pisos-y-Enchapes/Decorados/Ceramica-piedra-mate-Hardy-Decor-Calm-rectificado-30-x-60-cm-82675-Argenta>. <https://www.construplaza.com/Materiales/Pisos-y-Enchapes/Decorados/Ceramica-piedra-mate-Hardy-Decor-Calm-rectificado-30-x-60-cm-82675-Argenta>

Construplaza. (2021e). <https://www.construplaza.com/Materiales/Pisos-y-Enchapes/Cer%C3%A1mica-y-Porcelanato/Porcelanato-cemento-mate-Cemento-Gris-30-x-60-cm-rectificado>. <https://www.construplaza.com/Materiales/Pisos-y-Enchapes/Cer%C3%A1mica-y-Porcelanato/Porcelanato-cemento-mate-Cemento-Gris-30-x-60-cm-rectificado>

Constuplaza. (2021). <https://www.construplaza.com/Materiales/Pisos-y-Enchapes/Cer%C3%A1mica-y-Porcelanato/Porcelanato-piedra-mate-Nival-Gris-60-x-60-cm-sin-rectificar-Halcon>. <https://www.construplaza.com/Materiales/Pisos-y-Enchapes/Cer%C3%A1mica-y-Porcelanato/Porcelanato-piedra-mate-Nival-Gris-60-x-60-cm-sin-rectificar-Halcon>

- Daniel Roper Rago / Ana Comas Mora. (2013, enero). *Construcción modular de viviendas y arquitectura*. <http://eraikal.blog.euskadi.eus/blog/2013/01/28/documento-construccion-modular-de-viviendas-y-arquitectura/>
- Fernández Martínez, Daniela. (2015). *Evaluación de un nuevo sistema constructivo de mampostería modular de concreto en Costa Rica* (TFG). <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2968>
- Madrigal Calvo, Henry Bryan. (2009). *Análisis constructivo de un sistema de encofrado modular aplicado a proyectos en serie de viviendas de dos plantas* (TFG). <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3994>
- Moya, L.-M. (1957, Mayo). *Coordinación Modular*. Revista Nacional de Arquitectura. [http://oa.upm.es/37867/1/Coordinacion\\_Modular.pdf](http://oa.upm.es/37867/1/Coordinacion_Modular.pdf)
- Productos metalco*. (2020). Productos metalco. <http://www.metalco.net/productos/>
- Reglamento de Construcciones*. (2018, 22 marzo). INVU. <https://www.invu.go.cr/documents/20181/33489/Reglamento+de+Construcciones>
- Rodríguez Herrera, Mario Antonio. (1994). *Bloques modulares intercambiables para la mampostería reforzada*. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/11536>
- Sancho Arias, José Daniel. (2011). *Modulación de una vivienda de interés social para diferentes sistemas constructivos* (TFG). <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/334>

## **ANEXOS**

Anexo 1. Cotización de materiales para modulación de vivienda



CRC

**FERRETERÍAS FYF S.A.**

3101116098

Página: 1

Fecha: 25-Mar-2021

Hora: 11:05:27 AM

Usuario: FYF\_MAYOREO

Telefono: 25519973

Fax: 22211095

**Proforma: 553246**

**Fecha: 25-03-2021**

Agente: JOHNNY MAURICIO ARTAVIA POVEDA

Cliente: 11705

SEBASTIAN JOSE TENCIO PEREIRA

Dirección: CARTAGO

Teléfono: 87079600

Este documento no tiene valor de factura.

COCLNU

Cant.	Bodega - Código	Descripción	P. Unitario	Monto
1	B02-28010205	VARILLA DEFORMADA #3 (3/8) GRADO 40 X 6MTRS	2,161.60	2,161.60
1	B02-28010062	CEMENTO GRIS HOLCIM	6,124.24	6,124.24
1	B04-28010015	ARENA LAVADA - PATIO	12,715.55	12,715.55
1	B04-28010136	PIEDRA CUARTILLA - PATIO	12,715.55	12,715.55
1	B02-28010130	MORTERO PEGA CERAMICA ADHESIVO PLUS UG 780 GRIS SUR 20KG	3,208.42	3,208.42
1	B01-28010155	FRAGUA C/ARENA CANELA INTACO 2KG	1,827.00	1,827.00
1	B02-28040035	ZINC METALCO N°28 CORTO 0.81 X 1.83 M.	4,689.70	4,689.70
1	B02-28040036	ZINC METALCO N°28 CORTO 0.81 X 2.44 M.	6,252.55	6,252.55
1	B02-28040037	ZINC METALCO N°28 CORTO 0.81 X 3.05 M.	7,815.40	7,815.40
1	B02-28040026	ZINC METALCO N°28 LARGO 0.81 X 3.66 M.	9,748.55	9,748.55
1	B02-28060089	PERLIN H.GALVANIZADO 70X50 EN (1.50MM)	9,498.72	9,498.72
1	B01-20060542	TORNILLO P/TECHO GALVAN. 1/4X2 T.TECK PTA BR	25.20	25.20
1	B02-28060112	TUBO GALVANIZADO 2X2X1.50MM	11,572.96	11,572.96
1	B01-26070003	CANOA BOQUILLA 2" P/PECHO PALOMA AMANCO	3,201.00	3,201.00
1	B02-28010052	BOTAGUA N°28 DE 12"	1,414.40	1,414.40
1	B02-28060025	CUMBRERA #28 12"	1,361.10	1,361.10
<b>Subtotal:</b>			<b>94,331.94</b>	
<b>Descuento:</b>			<b>.00</b>	

## Anexo 2. Cotización de materiales para modulación de vivienda



### Industria de Prefabricados en Concreto, S.A.

Cédula Jurídica: 3101197510

Cartago, 19-03-2021

Cotización N°: 38932

**Señor (es):**

**Atención:** Tencio Pereira Sebastian, C18051

**Cédula:**

**TEL/FAX:** 87079600 87079600

**EMAIL:** ventas@inprefa.com

**Dirección:**

**Presente:**

Estimados Señores:

A nombre de mi representada INPREFA S.A. en respuesta a su solicitud le presentamos la siguiente oferta:

Las principales características del material son:

- Columnas de concreto pre-esforzado con acero de sección transversal de 12x12cm, resistencia del concreto  $f_c=300\text{kg/cm}^2$ , con una longitud de 3.20m.
- Baldosas de concreto reforzado de 4cm de espesor x 50cm de altura y longitud variable, resistencia del concreto  $f_c=250\text{kg/cm}^2$ .
- Sistema sismo resistente.

Material Prefabricado ( baldosas y columnas ) cajon con divisiones para 1 Vivienda 66m<sup>2</sup> Modelo Suministrado en 2,50m de altura libre.

No incluye servicio de transporte.

#### DESCRIPCIÓN DE LA OFERTA

Código	Descripción	Cant.
PT-BL.00001	0 50M - BALDOSA LISA	20.00
PT-BL.00002	0 75M - BALDOSA LISA	18.00
PT-BL.00003	1 00M - BALDOSA LISA	45.00
PT-BL.00004	1 25M - BALDOSA LISA	30.00
PT-BL.00005	1 50M - BALDOSA LISA	73.00

Tels: 2573-6767 • Fax: 2573-5558/ 2573-5557 /8390-9090 /8833-2525 / 8844-2525 •

• Tel Quebrador: 2716-7969 • Apartado Postal: 700-7050, Cartago

Website:

### Anexo 3. Cotización de materiales para modulación de vivienda



#### Industria de Prefabricados en Concreto, S.A.

Cédula Jurídica: 3101197510

Código	Descripción	Cant.
PT-BL.00006	1 75M - BALDOSA LISA	10.00
PT-BL.00007	2 00M - BALDOSA LISA	52.00
PT-BC.00001	1 00M - CARGADOR LISO PARA PUERTA	4.00
PT-BL.00004	1 15M - CARGADOR LISO PARA PUERTA	1.00
PT-CO.00250	3 20CN - COLUMNA 2 CANALES	15.00
PT-CO.00251	3 20DN - COLUMNA 2 CANALES	8.00
PT-CO.00252	3 20EN - COLUMNA DIVISION 3 CANALES	4.00
PT-CO.00256	3 20CTN - COLUMNA 2 CANALES TOMACORRIENTE	11.00
PT-CO.00254	3 20CAN - COLUMNA 2 CANALES APAGADOR	9.00
PT-CO.00260	3 20DAN - COLUMNA ESQ. 2 CANALES APAGADOR	1.00
PT-CO.00259	3 20ETN - COLUMNA DIVISION 3 CANALES TOMACORRIENTE	1.00
PT-CO.00258	3 20EAN - COLUMNA DIVISION 3 CANALES APAGADOR	3.00
PT-CO.00257	3 20CTCN - COLUMNA 2 CANALES TOMA CORRIENTE COCINA	1.00
PT-CO.00255	3 20CDN - COLUMNA 2 CANALES CON LLAVE P/ DUCHA	1.00
<b>Total de la Oferta:</b>		<b>1,830,000.00</b>

**Disponibilidad:** SEGÚN PROGRAMACIÓN

**Vigencia:** 19-abril-2021

**Forma de Pago:** Efectivo

**Vendedor:** Mario Andres Guzmán

Nota: El material tiene un peso bruto aproximado de 415 quintales.

Cuentas Corrientes:

- Banco Nacional Costa Rica: 100-01-075-007561-4 (Industria de Prefabricados en Concreto)
- BCR: 001-0261844-3 (Industria de Prefabricados en Concreto)

Lugar Entrega: Instalaciones de INPREFA.

Información para programación y coordinación de pedidos: Teléfono 2573-6767, E-mail:ventas@inprefa.com, inpventas1@inprefa.com, inpventas2@inprefa.com,

Tels: 2573-6767 • Fax: 2573-5558/ 2573-5557 /8390-9090 /8833-2525 / 8844-2525 •

• Tel Quebrador: 2716-7969 • Apartado Postal: 700-7050, Cartago

Website:

**Anexo 4.** Cotización de materiales para modulación de vivienda

**FERROMAX**  
#1 en hierro y techos

FERROMAX, S.A.  
Cédula Jurídica: 3-101-409431  
COSTADO NORTE DE RADIO SINFONOLA ANTIGUA  
RADIO RUMBO CARTAGO  
PBX: (506) 2537-1413 FAX: (506) 2537-1431  
EMAIL: ctg.gerencia@grupoferromax.com

**COTIZACIÓN**

No. 24053951

Código / Cliente: 0250109124 / Sebastian Tencio Pereira      Fecha: 23.03.2021  
Dirección: Cartago, Los Angeles, CARTAGO, COSTA RICA      Asesor de Ventas: MADRIGAL QUIROS JORGE  
Teléfono: 8707-9600      Condición de Pago: LUIS  
Doc. De Identidad:      CONTADO

CDS -CARTAGO CTG

CANTIDAD	UNIDAD	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
1.00	M	1200299	MAXALUM C28(0.30mm) OND G80 MDA	3,137.80000	3,137.80
DOCUMENTO NO VALIDO PARA DESPACHO					
CONDICIONES DE OFERTA:				SUB TOTAL	€ 3,137.80
				IMP. DE VENTA	€ 407.91
				TOTAL	€ 3,545.71

FAVOR EMITIR CHEQUE A NOMBRE DE FERROMAX, S.A.  
ESTE FORMATO NO SUSTITUYE A LA FACTURA

PRECIOS SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO

Asesor de Ventas

Aceptado Cliente

Autorizado

## Anexo 5. Cotización de materiales para modulación de vivienda



jueves, marzo 18, 2021

Estimado señor: Sebastián Tencio Pereira  
 En respuesta a su solicitud presentamos oferta económica  
 Ubicado en: CARTAGO, DULCE NOMBRE

Bloques		Productos de Concreto					
Cantidad (unidad)	Código	Material	Dimensión Nominal (cm)	Peso kg	Precio (€/unidad)	IVA (€/unidad)	Precio Total
381	10015053	Teknoblock PC 30	15X20X30	3696	€358,05	€46,55	€154 151,27
1257	10015054	Teknoblock PC 45	15X20X45	17447	€477,75	€62,11	€678 600,88
2	60002964PT01	TANDEN 3 EJES			€76 064,00	€9 888,32	€171 904,64
<b>Total</b>				21143			€1 004 656,78

CUENTAS BANCARIAS		PRODUCTOS DE CONCRETO S.A	
BANCO		COLONES	
DAVIVIENDA (CUENTA EMPRESARIAL)		28603-01-01	
DAVIVIENDA (IBAN)		CR93010400000286030111	
BAC SAN JOSE		915156079	
BAC SAN JOSE (IBAN)		CR85010200009151560798	
BNCR		100-01-0000-14589-6	
BNCR (IBAN)		CR77015100010010145891	
BCR		001-6297-9	
BCR (IBAN)		CR67015201001000629798	

### CONSIDERACIONES IMPORTANTES

Esta oferta tiene una validez de 15 días naturales

Tiempo de entrega de los productos depende de: inventario del día y la previa coordinación con logística para disponibilidad de camiones.

Forma de pago: contado por adelantado, a menos que exista línea de crédito indicada. Puede ser por medio de:

TRANSFERENCIA CTA RESPECTIVAS - DEPOSITO DE BANCO - PAGO EN SALA DE VENTAS ( TARJETA - EFECTIVO )

Los costos de acarreo son de referencia y podrían variar al conocer el sitio exacto de la descarga.

**Ningún transporte debe permanecer mas de 2 horas en el proyecto, de lo contrario el cliente está sujeto a un cobro por hora adicional.**

Si el transporte se realiza en trailer el cliente es el responsable de realizar la descarga.

Precios que incluyen descuento

Sujeto a verificación de accesos y descarga segura.

Cordialmente,

**NATHALI RIBEIRO**

Asesor Técnico Comercial

Celular: 71106195

[www.productosdeconcreto.com](http://www.productosdeconcreto.com)

## Anexo 6. Cotización de materiales para modulación de vivienda



Monday, March 29, 2021

Señor:  
**Sebastian Tencio**

Telf.: **8707-9600**

Correo:

Estimado señor

A continuación le detallo oferta de material Prefa según solicitud

Transporte a: R/P

Sistema Prefabricado						
Despachado de: Belén						
Cantidad (unidad)	Código	Material	Peso kg	Precio (€/unidad)	IVA (€/unidad)	Precio Total
25	10015210PC05	BALDOSA 0.60 X 0.63 M	633	€2.452.08	€318.77	€69.271.26
55	10015208PC05	BALDOSA 1.02 X 0.63 M	2553	€4.176.01	€542.88	€259.538.95
72	10015205PC05	BALDOSA 1.50 X 0.63 M	5244	€5.537.42	€719.86	€450.524.36
1	10015365PC05	BALDOSA BANQUINA 1.02 X 0.31 M	23	€2.680.75	€348.50	€3.029.25
3	10015213PC05	BALDOSA BANQUINA 1.50 M	105	€2.998.16	€389.76	€10.163.76
5	10015366PC05	BALDOSA CARGADOR 1.02 X .31M	114	€2.874.26	€373.65	€16.239.55
4	10015212PC05	BALDOSA CARGADOR 1.50 M	141	€3.000.45	€390.06	€13.562.06
1	10015222PC05	COLUMNA TIPO A 3.15 M (12X12)	94	€11.713.48	€1.522.75	€13.236.23
30	10015224PC05	COLUMNA TIPO C 3.15 M (12X12)	2538	€11.296.64	€1.468.56	€382.956.08
6	10015225PC05	COLUMNA TIPO D 3.15 M (12X12)	507	€11.296.64	€1.468.56	€76.591.22
2	10015226PC05	COLUMNA TIPO E 3.15 M (12X12)	157	€11.296.64	€1.468.56	€25.530.41
1		TRANSPORTE		€0.00	€0.00	€0.00
1		<b>Total</b>	12110			<b>€1,320,643.13</b>
CUENTAS BANCARIAS			PRODUCTOS DE CONCRETO S.A			
BANCO			COLONES			
DAVIVIENDA (CUENTA EMPRESARIAL)			28603-01-01			
DAVIVIENDA (IBAN)			CR9301040000286030111			
BAC SAN JOSE			915156079			
BAC SAN JOSE (IBAN)			CR85010200009151560798			
BNCR			100-01-0000-14589-6			
BNCR (IBAN)			CR77015100010010145891			
BCR			001-6297-9			
BCR (IBAN)			CR67015201001000629798			

CEDULA JURIDICA PRODUCTOS DE CONCRETO S.A. 3-101-004016

### CONSIDERACIONES IMPORTANTES

Esta oferta tiene una validez de 15 días naturales

Tiempo de entrega de los productos depende de: inventario del día y la previa coordinación con logística para disponibilidad de camiones.

Forma de pago: Contado, por medio de:

TRANSFERENCIA CTA RESPECTIVAS - DEPOSITO DE BANCO - PAGO EN SALA DE VENTAS ( TARJETA - EFECTIVO )

Los costos de acarreo son de referencia y podrían variar al conocer el sitio exacto de la descarga.

**Ningún transporte debe permanecer mas de 2 horas en el proyecto, de lo contrario el cliente está sujeto a un cobro por hora adicional.**

Si el transporte se realiza en trailer el cliente es el responsable de realizar la descarga.

Precios que incluyen descuento

Sujeto a verificación de accesos y descarga segura.

Cordialmente,

**Luis Gutiérrez M**

Asesor Comercial

E-mail [luis.gutierrez@pc.cr](mailto:luis.gutierrez@pc.cr)

Tel Ofic: 2587-2757

Celular: 8702-2772

[www.productosdeconcretocr.com](http://www.productosdeconcretocr.com)