

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**Propuesta de adaptación de un proyecto de vivienda social hacia construcción modular
y prefabricada**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR

Oswaldo Yeferson Bendezú Choque

ASESOR:

Danny Eduardo Murguía Sánchez

Lima, octubre, 2022

RESUMEN

El Perú presenta un déficit habitacional del 11.2% siendo mayor en la zona rural con un 19.5% frente a la zona urbana con un 8.7% (INEI, 2018). Por otro lado, el Informe Económico de la Construcción (IEC) 2020 evidencia la disminución de créditos desembolsados de Fondo MIVIVIENDA en los primeros meses del año 2020 producto de la crisis mundial del COVID 19. En consecuencia, surge la necesidad de abastecer al sector social con viviendas seguras, de calidad y de rápida implementación.

La presente tesis propone la adaptación de un proyecto de vivienda social hacia construcción modular y prefabricada en vivienda Techo Propio teniendo enfoque en su distribución de ambientes arquitectónicos y su viabilidad técnica constructiva.

La metodología a seguir inicia dando a conocer los materiales modulares y prefabricados usados en la construcción de viviendas en el mundo. Se propone su adaptación en un proyecto de vivienda social en el Perú sin perder el enfoque del público objetivo y la cantidad de recursos disponibles.

Seguidamente, con los materiales y procesos constructivos elegidos para el proyecto, se empieza con el apartado técnico, diseño de la vivienda y modelado digital de un prototipo de vivienda proponiendo una distribución de ambientes que se adecue a las necesidades de los usuarios Techo Propio.

Por otro lado, para el análisis de factibilidad y viabilidad técnica del proyecto se hace uso de herramientas y métodos de evaluación (Matriz Poder Vs Interés, análisis FODA, cuadros comparativos) con los cuales se identifica los Stakeholders del proyecto y se tiene una evaluación y comparación comercial, estratégica y técnica del proyecto.

Finalmente, se presenta un flujograma de procesos desde la factibilidad y viabilidad pasando por el financiamiento y desarrollo del proyecto hasta el cierre del mismo. Asimismo, como último capítulo, se presentan las conclusiones en donde se afirma la viabilidad de la adaptación del proyecto, así como recomendaciones del trabajo de investigación realizado.

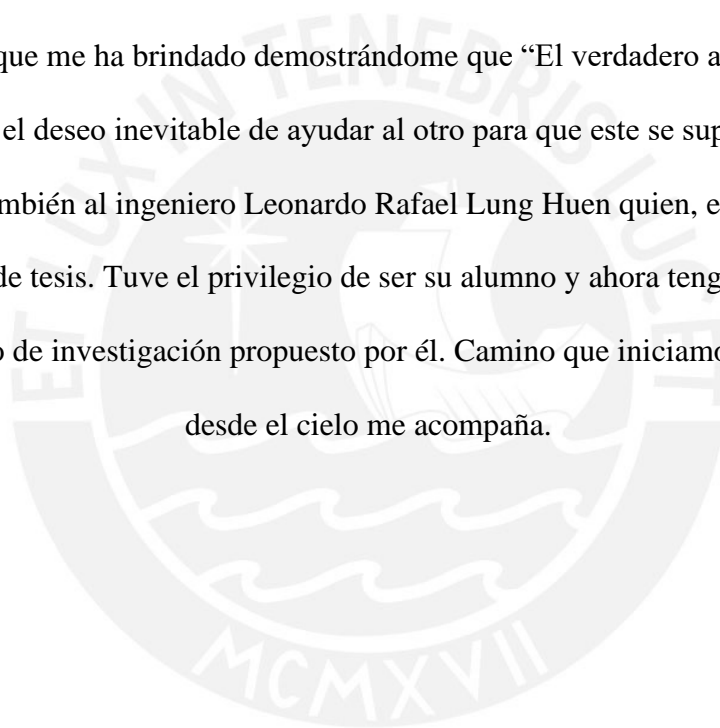


DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado a todas aquellas personas que de alguna u otra manera me ayudaron hacer posible este sueño, aquellas que junto a mi caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo, fortaleza y motivación.

Mención especial a mi madre, pues sin ella no lo habría logrado. Su bendición, día a día, a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el buen camino. Le dedico este trabajo por la paciencia y amor que me ha brindado demostrándome que “El verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere”.

Mi dedicatoria también al ingeniero Leonardo Rafael Lung Huen quien, en principio, fue mi profesor y asesor de tesis. Tuve el privilegio de ser su alumno y ahora tengo el honor de poder presentar un trabajo de investigación propuesto por él. Camino que iniciamos juntos y que ahora desde el cielo me acompaña.



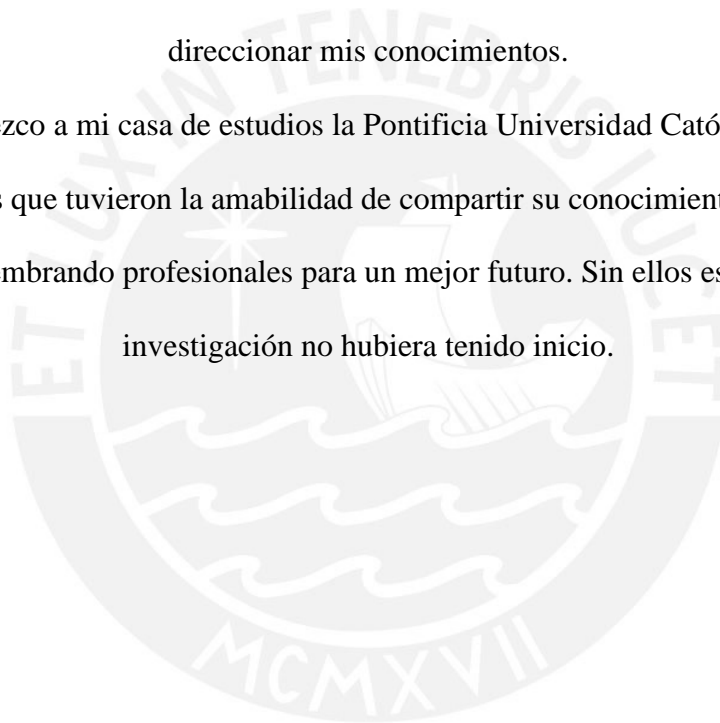
AGRADECIMIENTO

Gracias a dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia, por brindarme la fuerza y voluntad para poder terminar satisfactoriamente la presente tesis.

Gracias a mi familia y seres queridos por el aliento y apoyo constante. Por creer en mi más de lo que yo lo hacía.

Gracias a mi co-asesor Dr. Danny Eduardo Murguía Sánchez por el constante apoyo y tiempo en cada asesoría de tesis, por haberme guiado en este proyecto. Su experiencia y sabiduría ha sabido direccionar mis conocimientos.

Por último, agradezco a mi casa de estudios la Pontificia Universidad Católica del Perú y a los diferentes docentes que tuvieron la amabilidad de compartir su conocimiento en todos mis años de estudio, sembrando profesionales para un mejor futuro. Sin ellos este proyecto de investigación no hubiera tenido inicio.



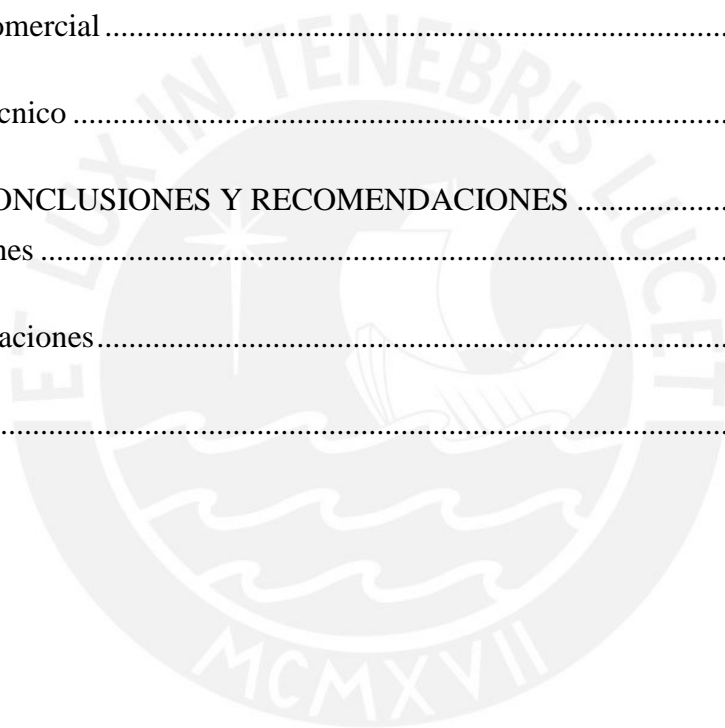
ÍNDICE

1. Capítulo I PLANTEAMIENTO.....	16
1.1. Introducción	16
1.2. Objetivo principal.....	20
1.3. Objetivos secundarios	20
1.4. Etapa I: Estudio y adaptación de materiales prefabricados y procesos hacia vivienda social en el Perú	21
1.5. Etapa II: Factibilidad y viabilidad técnica.....	21
2. Capítulo II ANTECEDENTES Y CONTEXTO DE PROYECTOS MODULARES Y PREFABRICADOS DE VIVIENDA SOCIAL EN EL MUNDO	23
2.1. Antecedentes	23
2.2. Historia del desarrollo de proyectos de vivienda social en el Perú.....	25
2.3. Actividad inmobiliaria de vivienda social en el Perú.....	27
3. Capítulo III DÉFICIT HABITACIONAL Y PROGRAMAS DE VIVIENDA SOCIAL EN EL PERÚ	30
3.1. Déficit habitacional en el Perú	30
3.1.1. Déficit cuantitativo.....	31
3.1.2. Déficit cualitativo.....	32
3.2. Fondo MIVIENDA	33
3.2.1. Programa Techo Propio	34
3.2.2. Modalidad Adquisición de Vivienda Nueva (AVN)	36
4. Capítulo IV INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN: CONSTRUCCIÓN MODULAR Y PREFABRICADA FRENTE A LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL	39
4.1. Construcción industrializada	39

4.2.	Semejanzas y diferencias entre casas modulares y casas prefabricadas	41
4.3.	Comparativo entre construcción modular y prefabricada frente a la construcción tradicional	45
4.3.1.	En la producción	45
4.3.2.	En el producto	46
4.3.3.	En el precio	48
5.	Capítulo V MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS MODULARES PREFABRICADAS.....	49
5.1.	En la cimentación	49
5.1.1.	Tipos de cimentaciones en viviendas modulares prefabricadas	50
5.2.	En la estructura.....	56
5.2.1.	Tipos de estructuras en viviendas modulares prefabricadas	57
5.3.	En pisos	60
5.3.1.	Tipos de pisos en viviendas modulares prefabricadas	60
5.4.	En techos	62
5.4.1.	Tipos de techos en viviendas modulares prefabricadas	62
5.5.	En tabiquería	64
5.5.1.	Tipos de tabiquería en viviendas modulares prefabricadas	65
6.	Capítulo VI MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS ADAPTADOS AL PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL MODULAR TECHO PROPIO	71
6.1.	Sistema constructivo Flat Pack	71
6.1.1.	Ventajas del sistema Flat pack.....	73

6.1.2.	Ensamblaje del sistema Flat Pack.....	74
6.2.	Diseño arquitectónico.....	76
6.2.1.	Distribución de ambientes.....	80
6.2.2.	Materiales a utilizar en la adaptación.....	84
6.3.	Diseño eléctrico.....	94
6.3.1.	Cuadro de áreas.....	95
6.3.2.	Número de circuitos.....	96
6.3.3.	Carga instalada.....	98
	Pozo tierra.....	102
6.3.4.	102
6.4.	Diseño sanitario.....	103
6.4.1.	Instalación de agua fría.....	103
6.4.2.	Diseño de diámetros.....	105
6.4.3.	Instalación de desagüe y ventilación.....	109
7.	Capítulo VII VIABILIDAD DEL PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL MODULAR TECHO PROPIO APLICABLE EN EL PERÚ.....	112
7.1.	Viabilidad técnica.....	113
7.1.1.	Iluminación de ambientes.....	114
7.1.2.	Proceso de fabricación.....	116
7.1.3.	Unión entre módulos.....	120
7.1.4.	Protección ante incendios.....	121

7.2. Métodos de evaluación y comparación	123
7.2.1. Identificación de Stakeholders en el proyecto	124
7.2.2. Evaluación y comparación comercial y estratégica	127
7.2.3. Evaluación y comparación técnica.....	134
7.3. Flujograma de procesos para la adaptación del proyecto.....	140
8. Capítulo VIII DISCUSIÓN DE RESULTADOS	143
8.1. Aspecto comercial	143
8.2. Aspecto técnico	145
9. Capítulo IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	148
9.1. Conclusiones	148
9.2. Recomendaciones.....	151
10. Bibliografía.....	153



ÍNDICE DE TABLAS

<i>TABLA 1 DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DEL DÉFICIT HABITACIONAL SEGÚN EL INEI</i>	30
<i>TABLA 2 VALOR DEL BONO FAMILIAR HABITACIONAL SEGÚN VALOR DE LA VIVIENDA</i>	37
<i>TABLA 3 APLICACIÓN DEL FINANCIAMIENTO COMPLEMENTARIO TECHO PROPIO - FCTP</i>	38
<i>TABLA 4 CUADRO COMPARATIVO ENTRE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL FRENTE A LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA</i>	41
<i>TABLA 5 DIMENSIONES POR TIPO DE AMBIENTE DEL PROYECTO</i>	82
<i>TABLA 6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: LOSA DE CIMENTACIÓN DEL PROYECTO DE ADAPTACIÓN MODULAR</i>	86
<i>TABLA 7 TIPOS DE PISOS VINÍLICOS POR AMBIENTE DEL PROYECTO MODELADO</i>	88
<i>TABLA 8 CUADRO DE ÁREAS DE LA VIVIENDA SOCIAL UNIFAMILIAR</i>	95
<i>TABLA 9 CUADRO DE CARGAS INSTALADAS DEL PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL</i>	99
<i>TABLA 10 CARGA INSTALADA, DEMANDA MÁXIMA Y FACTOR DE DEMANDA DEL PROYECTO</i>	99
<i>TABLA 11 VALORES DE FACTORES DE POTENCIA PARA ALUMBRADO, TOMACORRIENTES, ELECTROBOMBAS Y ALIMENTADORES</i>	100
<i>TABLA 12 CUADRO PARA DISEÑO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS SEGÚN EL NATIONAL ELECTRICAL CODE DE LOS EE. UU (1953)</i>	101
<i>TABLA 13 DISEÑO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS PARA EL PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL MODULAR</i>	101
<i>TABLA 14 COMPOSICIÓN DE LLAVES TÉRMICAS A CONSIDERAR EN EL PROYECTO</i>	102
<i>TABLA 15 CUADRO DE DOTACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PROYECTADO EN EL PROYECTO.</i>	104
<i>TABLA 16 VOLUMEN DE TANQUE ELEVADO PARA AGUA POTABLE</i>	105

<i>TABLA 17 DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE ELEVADO PARA AGUA POTABLE.....</i>	<i>105</i>
<i>TABLA 18 UNIDADES DE GASTO PARA EL CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LOS EDIFICIOS (APARATOS DE USO PRIVADO)</i>	<i>107</i>
<i>TABLA 19 GASTOS PROBABLE PARA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE HUNTER.....</i>	<i>108</i>
<i>TABLA 20 TABLA PARA DIÁMETROS MÍNIMOS Y MÁXIMOS PARA RED DE DISTRIBUCIÓN SEGÚN EL CAUDAL</i>	<i>108</i>
<i>TABLA 21 DIÁMETROS DE DISEÑO DE LA RUTA CRITICA</i>	<i>109</i>
<i>TABLA 22 UNIDADES DE DESCARGA</i>	<i>110</i>
<i>TABLA 23 UNIDADES DE DESCARGA EN EL PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL.....</i>	<i>110</i>
<i>TABLA 24 POTENCIAS DE LLAVES TÉRMICAS EN TABLERO GENERAL.....</i>	<i>116</i>
<i>TABLA 25 MATRIZ PODER VS INTERÉS CON LOS STAKEHOLDERS DEL PROYECTO MODULAR</i>	<i>126</i>
<i>TABLA 26 CUADRO FODA DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL IN SITU</i>	<i>128</i>
<i>TABLA 27 MATRIZ DE ENFRENTAMIENTO PARA FACTORES INTERNOS</i>	<i>129</i>
<i>TABLA 28 MATRIZ DE ENFRENTAMIENTO PARA FACTORES EXTERNOS</i>	<i>129</i>
<i>TABLA 29 RANGO DE PUNTUACIONES MATRIZ EFI Y EFE.....</i>	<i>130</i>
<i>TABLA 30 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE FACTORES INTERNOS - EFI</i>	<i>130</i>
<i>TABLA 31 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE FACTORES EXTERNOS - EFE.....</i>	<i>131</i>
<i>TABLA 32 RELACIÓN ENTRE MATRIZ EFI Y MATRIZ EFE.....</i>	<i>132</i>
<i>TABLA 33 CUADRANTES RESULTANTES EN LA RELACIÓN ENTRE MATRICES EFI Y EFE</i>	<i>133</i>
<i>TABLA 34 ANÁLISIS FODA DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN MODULAR OFF SITE.....</i>	<i>134</i>
<i>TABLA 35 ESCALA DE EVALUACIÓN PARA CUADRO COMPARATIVO.....</i>	<i>135</i>
<i>TABLA 36 NIVEL DE ALCANCE PARA CUADRO COMPARATIVO</i>	<i>135</i>
<i>TABLA 37 CUADRO COMPARATIVO CON PARTIDAS ESPECÍFICAS PARA CADA SISTEMA CONSTRUCTIVO</i>	<i>136</i>

TABLA 38 CUADRO COMPARATIVO CON CARACTERÍSTICAS GENERALES PARA CADA SISTEMA

<i>CONSTRUCTIVO</i>	138
<i>TABLA 39 DEBILIDADES DE LA MATRIZ EFI</i>	144
<i>TABLA 40 CUADRO COMPARATIVO CON 3 PARTIDAS ESPECÍFICAS DE SIMILAR PUNTAJE</i>	145
<i>TABLA 41 CUADRO COMPARATIVO CON 2 PARTIDAS ESPECÍFICAS DE MAYOR VARIACIÓN</i>	146



ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 1 METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL PROYECTO</i>	22
<i>FIGURA 2 BONOS FAMILIARES HABITACIONALES DESEMBOLSADOS 2003-2020</i>	27
<i>FIGURA 3 BONOS FAMILIARES HABITACIONALES POR MODALIDAD 2003-2020</i>	28
<i>FIGURA 4 HOGARES CON DÉFICIT HABITACIONAL EN EL PERÚ</i>	31
<i>FIGURA 5 HOGARES CON DÉFICIT HABITACIONAL CUANTITATIVO EN EL PERÚ</i>	32
<i>FIGURA 6 HOGARES CON DÉFICIT HABITACIONAL CUALITATIVO EN EL PERÚ</i>	33
<i>FIGURA 7 VIGAS CONTINUAS DE CIMENTACIÓN PREVIO ENSAMBLAJE DE CASETA MODULAR</i>	51
<i>FIGURA 8 VIGAS CONTINUAS DE CIMENTACIÓN ENSAMBLADAS A CASETA MODULAR</i>	51
<i>FIGURA 9 LOSA MACIZA DE HORMIGÓN ARMADO APOYADA DIRECTAMENTE AL TERRENO</i>	52
<i>FIGURA 10 LOSA DE CIMENTACIÓN CON DADOS DE CONCRETO COMO CIMENTACIÓN DE VIVIENDA MODULAR</i>	53
<i>FIGURA 11 PROCESO DE INSTALACIÓN SIMPLIFICADO DE UN PILOEDRE</i>	54
<i>FIGURA 12 VIVIENDA MODULAR PREFABRICADA SOPORTADA POR PILOEDRES COMO CIMENTACIÓN SUPERFICIAL</i>	55
<i>FIGURA 13 VIVIENDA PREFABRICADA SOBRE PILOEDRES EN CAMBRILS, TARRAGONA 2016</i>	56
<i>FIGURA 14 ESTRUCTURA DE ACERO A36 EN SISTEMA CONSTRUCTIVO PROMET-METAL</i>	57
<i>FIGURA 15 PARTES DE UN CONTENEDOR MARÍTIMO</i>	58
<i>FIGURA 16 MÓDULOS SUMINISTRADOS EN KITS O PAQUETES</i>	59
<i>FIGURA 17 COMPOSICIÓN DE PISO VINÍLICO CON SISTEMA CLIC</i>	61
<i>FIGURA 18 PANEL METÁLICO AIS-T6 - COBERTURA Y CERRAMIENTO</i>	63
<i>FIGURA 19 PANEL SÁNDWICH TERMOAISLANTE PARA TECHOS AIS COPPO</i>	64
<i>FIGURA 20 MURO PERIMETRAL CON FIBROCEMENTO</i>	66

<i>FIGURA 21 PANEL DE FIBRA DE YESO MARCA FERMACELL</i>	68
<i>FIGURA 22 COMPOSICIÓN PANEL TIPO SÁNDWICH TERMOAISLANTE DE POLIURETANO - PUR</i>	69
<i>FIGURA 23 UNIÓN DE PANELES TIPO SÁNDWICH POR MACHIHEMBRADO</i>	70
<i>FIGURA 24 MÓDULO FLAT-PACK EN KIT LISTO PARA SU TRASLADO A OBRA</i>	74
<i>FIGURA 25 PIEZAS Y ACCESORIOS DENTRO DEL KIT FLAT-PACK</i>	74
<i>FIGURA 26 ESTRUCTURA METÁLICA DEL MÓDULO FLAT-PACK</i>	75
<i>FIGURA 27 COLOCACIÓN DE CERRAMIENTO EN MÓDULO FLAT-PACK</i>	75
<i>FIGURA 28 MÓDULO FLAT-PACK LISTO PARA SU USO</i>	76
<i>FIGURA 29 RENDER PROTOTIPO DE VIVIENDA SOCIAL 01</i>	77
<i>FIGURA 30 MODULO BÁSICO PROTOTIPO VIVIENDA SOCIAL 01</i>	77
<i>FIGURA 31 MODULO BÁSICO PROTOTIPO DE VIVIENDA SOCIAL 02</i>	78
<i>FIGURA 32 MODULO CON CRECIMIENTO PROGRESIVO PROTOTIPO DE VIVIENDA SOCIAL 02</i>	78
<i>FIGURA 33 DISEÑO ARQUITECTÓNICO CASA MODULAR</i>	80
<i>FIGURA 34 DISTRIBUCIÓN DE AMBIENTES PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL MODULAR</i>	81
<i>FIGURA 35 FACHADA PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL MODULAR</i>	82
<i>FIGURA 36 ELEVACIÓN NORTE Y SUR PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL MODULAR</i>	82
<i>FIGURA 37 CORTE DORMITORIO 01 Y DORMITORIO PRINCIPAL</i>	83
<i>FIGURA 38 CORTE CUARTO DE ESTUDIO Y COCINA – LAVANDERÍA</i>	83
<i>FIGURA 39 CORTE BAÑO PRINCIPAL Y BAÑO 01</i>	83
<i>FIGURA 40 CORTE LIVING</i>	84
<i>FIGURA 41 CORTE LAVANDERÍA – COCINA</i>	84
<i>FIGURA 42 LOSA DE CIMENTACIÓN EN VIVIENDA PREFABRICADA</i>	85
<i>FIGURA 43 LOSA DE CIMENTACIÓN DEL PROYECTO DE ADAPTACIÓN MODULAR</i>	86

<i>FIGURA 44 PISO VINÍLICO CON SISTEMA CLIC</i>	87
<i>FIGURA 45 SISTEMA CLIC ENTRE PISOS VINÍLICOS</i>	88
<i>FIGURA 46 PISO VINÍLICO TIPO CERÁMICO MEDIUM BLUE</i>	89
<i>FIGURA 47 PISO VINÍLICO TIPO MADERA BEECHWOOD NATURAL</i>	89
<i>FIGURA 48 PISO VINÍLICO TIPO TIERRA RED OAK ESPRESSO TOMADO DE ELABORACIÓN PROPIA – PERÚ (2021). MODELADO REVIT AMBIENTE DORMITORIOS</i>	90
<i>FIGURA 49 SISTEMA DE ANCLAJE ENTRE PANELES TIPO SÁNDWICH</i>	91
<i>FIGURA 50 CONEXIÓN ENTRE PANELES TIPO SÁNDWICH VISTA EN PLANTA</i>	91
<i>FIGURA 51 FICHA TÉCNICA PANEL TIPO SÁNDWICH MODELO AIS 3G</i>	92
<i>FIGURA 52 SOBREPOSICIÓN ENTRE PANELES TIPO SÁNDWICH DEL PROYECTO</i>	93
<i>FIGURA 53 TECHO CON PANEL TIPO SÁNDWICH MODELO AIS 3G</i>	94
<i>FIGURA 54 DISTRIBUCIÓN DE AMBIENTES PROYECTO DE ADAPTACIÓN</i>	95
<i>FIGURA 55 DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS PARA EL PROYECTO DE ADAPTACIÓN</i>	97
<i>FIGURA 56 CIRCUITO ALUMBRADO E INTERRUPTORES PARA EL PROYECTO DE ADAPTACIÓN</i>	97
<i>FIGURA 57 CIRCUITO TOMACORRIENTES PARA EL PROYECTO DE ADAPTACIÓN</i>	98
<i>FIGURA 58 ESQUEMA TÍPICO DE PUESTA A TIERRA INTERIOR EN UNA VIVIENDA</i>	103
<i>FIGURA 59 ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE TANQUE ELEVADO 600L</i>	105
<i>FIGURA 60 RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y CALIENTE PARA EL PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL</i>	106
<i>FIGURA 61 RUTA CRÍTICA CON UNIDADES DE GASTO DEL PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL</i>	106
<i>FIGURA 62 RED DE DESAGÜE Y VENTILACIÓN PARA EL PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL MODULAR</i>	111
<i>FIGURA 63 DISTRIBUCIÓN DE FLUORESCENTES LEDS EN EL PROYECTO</i>	114
<i>FIGURA 64 DISTRIBUCIÓN DE TOMACORRIENTES PARA EL PROYECTO DE ADAPTACIÓN</i>	115

<i>FIGURA 65 TOMACORRIENTE ALTO EN COCINA Y BAÑO 01</i>	<i>115</i>
<i>FIGURA 66 UBICACIÓN DEL TABLERO ELÉCTRICO DEL PROYECTO</i>	<i>116</i>
<i>FIGURA 67 KIT DE MÓDULOS DESMONTABLES FLAT PACK</i>	<i>118</i>
<i>FIGURA 68 IZAJE DE MÓDULOS FLAT PACK EN CAMPO TOMADO DE KIZUROKO – PERÚ (2020).</i>	
<i>PROYECTOS TRABAJADOS CON EL SISTEMA FLAT PACK (FUENTE: KIZUROKO, 2021).</i>	<i>118</i>
<i>FIGURA 69 LEVANTAMIENTO DE SOPORTES VERTICALES PARA ENSAMBLAJE DE TECHO</i>	<i>119</i>
<i>FIGURA 70 LOGÍSTICA CONSTRUCTIVA SISTEMA FLAT PACK</i>	<i>120</i>
<i>FIGURA 71 UNIÓN HORIZONTAL ENTRE MÓDULOS ADYACENTES</i>	<i>120</i>
<i>FIGURA 72 POLIURETANO CARBONIZADO DESPUÉS DEL CONTACTO CON FUEGO</i>	<i>122</i>
<i>FIGURA 73 CAPAS PROTECTORAS DE ACERO GALVANIZADO O ALUZINC EN PANEL TIPO PUR</i>	<i>123</i>
<i>FIGURA 74 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN PARA LA COMPARACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS</i>	<i>124</i>
<i>FIGURA 75 SECTORES RESULTANTES EN LA RELACIÓN ENTRE MATRICES EFI Y EFE</i>	<i>133</i>
<i>FIGURA 76 FLUJOGRAMA DE PROCESOS PARA LA ADAPTACIÓN - FACTIBILIDAD Y VIABILIDAD</i>	<i>140</i>
<i>FIGURA 77 FLUJOGRAMA DE PROCESOS PARA LA ADAPTACIÓN - FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO</i>	<i>141</i>
<i>FIGURA 78 FLUJOGRAMA DE PROCESOS PARA LA ADAPTACIÓN - DESARROLLO DEL PROYECTO</i>	
<i>MODULAR - CIERRE DEL PROYECTO</i>	<i>142</i>

Capítulo I

PLANTEAMIENTO

1.1. Introducción

A la presente fecha, se viene atravesando una de las mayores crisis mundiales nunca antes registradas debido a la expansión del virus Covid-19. Según datos del MINSA, se tiene más de tres millones de casos positivos y más de doscientos mil casos lamentables de personas fallecidas (Estado Peruano, 2022). En consecuencia, ello se ve reflejado como un año gris para el país en donde se ve afectada la economía del Perú.

En enero del 2020, Guido Valdivia (2020) sostuvo que en el 2019 se obtuvo un resultado positivo sobre los programas de vivienda social. “Tanto Mivivienda como Techo Propio han tenido un interesante desempeño” mencionó. Guido estimó que “en la ciudad de Lima podríamos bordear las 20 000 unidades habitacionales de venta y quizá lleguemos a unas 40 000 a nivel nacional” (La República, 2020).

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) indica que en el Perú se constituyen más de 140 mil familias al año ocasionando que el déficit habitacional en el país sea de alrededor de un millón y medio de viviendas (La República, 2020). Es aquí donde se hace necesario y fundamental el poder contar con un rápido acceso a una vivienda de calidad para el sector social del país y donde los programas como Fondo MIVIVIENDA y Techo Propio deben tomar la responsabilidad de disminuir este déficit habitacional proponiendo nuevos métodos de gestión y construcción de vivienda social.

La construcción modular o OSC (*off site-construction*) por sus siglas en inglés, es una técnica de construcción que se apoya en la industrialización de procesos

constructivos posibilitando un sistema de creación y ensamble de módulos prefabricados estandarizados habitables que permitan la creación de espacios únicos de diseño.

Este sistema consiste en la fabricación de piezas fuera del lugar de instalación o ensamble, conllevando a la creación de módulos en plantas industriales bajo condiciones estrictamente controladas para así ensamblarlas in situ como piezas de lego demostrando la facilidad y optimización de tiempo y recursos respetando el diseño y especificaciones iniciales de la infraestructura.

Por otro lado, la construcción prefabricada debe entenderse más como una categoría de métodos constructivos en lugar de un método de construcción específico. Es decir, se trata de una categoría en donde dentro de ella se encuentra la construcción de casas modulares, casas prefabricadas, casas con paneles, prefabricación por elementos entre otros.

Este sistema de prefabricación se viene integrando en las construcciones del día a día en elementos estructural tales como columnas, vigas y losas. El diseño y producción de estos elementos se fabrica en serie en una fábrica fuera de su ubicación final para finalmente ser llevados a su posición definitiva en donde serian ensamblados con parte de la construcción ya existente del lugar.

Adicional a ello, tanto la construcción modular como construcción prefabricada permiten una reducción de peligros en obra, además que son transportables, desarmables y reutilizables permitiendo impulsar múltiples funcionalidades, inclusive dándole un nuevo uso al que fueron fabricados.

La aplicación de la construcción modular y de prefabricados se muestra como una buena opción ante el déficit existente de viviendas masivas en el sector social. Es por

ello, que el presente tema de tesis propone la adaptación técnica de un proyecto de vivienda social Techo Propio hacia construcción modular en el Perú apartando el enfoque clásico de construcción in situ en concreto armado.

Para ello, se inicia conociendo la evolución de la construcción modular en el mundo y su aplicación en programas del sector social. Se propone la implementación de un sistema de construcción industrial que agilizaría los procesos constructivos de las viviendas dejando de lado los métodos tradicionales constructivos. “Para lograr un aumento en la productividad es necesario romper con el pasado, salirse del plano y pensar en la construcción como un sistema de producción” (Díaz ,Ortega ,Díaz ,Álvarez, 2018).

Según el INEI, en el último censo del 2017, el Perú registró una población de 31 millones de habitantes siendo el quinto país más poblado en América del Sur y el sexto país en América Latina con una tasa de crecimiento promedio anual del 1% comparada al 1.6% del 2007 (INEI, 2018). Si bien la actualidad del país no presenta tasas altas de crecimiento poblacional, se debe prever las consecuencias de la coyuntura de crecimiento de la población mundial que se viene atravesando.

El Departamento de Asuntos Económicos y Sociales Pueblos Indígenas menciona que “La población mundial actual de 7 600 millones de personas alcanzaran los 8 600 millones para el año 2030. Además llegará a 9 800 millones para 2050 y a 11 200 para 2100” (Naciones Unidas, 2017). Ante esta realidad, la capacidad de ofrecer viviendas asequibles de calidad se muestra como una necesidad inminente en donde la construcción *off-site* (OSC) o construcción modular toma mayor valor e interés debido a que ofrece mayores estándares de calidad, optimizando la producción, minimizando los residuos generados y reduciendo los costos de construcción.

Incorporar la idea de una construcción liviana, adaptable al terreno, de alta calidad, segura, rápida, económica y de utilización y optimización de materiales reciclables con alta accesibilidad conllevaría un gran aporte al área de la construcción y en consecuencia a la economía y bienestar de todos los peruanos.



1.2. Objetivo principal

Proponer la adaptación técnica de un proyecto de vivienda social Techo Propio de construcción in situ con materiales tradicionales a una construcción *off-site* prefabricada modular

1.3. Objetivos secundarios

- Recopilar las opciones de materiales prefabricados usados en la construcción de viviendas en el Perú y el mundo
- Plantear la distribución de ambientes de un proyecto modular de vivienda social Techo Propio en función de su viabilidad técnica
- Emplear sistemas constructivos industrializados y adaptar la construcción prefabricada modular hacia vivienda social Techo Propio
- Realizar un flujograma de procesos para analizar la factibilidad y viabilidad técnica de un proyecto de vivienda social Techo Propio utilizando construcción prefabricada modular.

En la presente tesis, la metodología a desarrollar ha sido dividida en 2 etapas. Una primera etapa de estudio e investigación de materiales prefabricados usados en la construcción de viviendas en el mundo para con ello proceder a una propuesta arquitectónica y su modelado Revit. Seguidamente, una segunda etapa de factibilidad y viabilidad técnica del proyecto complementándolo con un flujograma de procesos para su adaptación en el programa Techo Propio.

1.4. Etapa I: Estudio y adaptación de materiales prefabricados y procesos hacia vivienda social en el Perú

En esta etapa se inicia conociendo los materiales prefabricados y procesos constructivos usados en la construcción de vivienda social en el mundo. Se analiza la posibilidad de su adaptación en un proyecto de vivienda social en la zona costa del Perú teniendo en cuenta factores de calidad, automatización de procesos, público objetivo, seguridad y rapidez en la construcción.

Posterior a ello, se inicia el apartado técnico y diseño arquitectónico de la vivienda. Se realiza el modelado Revit con una propuesta de distribución de ambientes propia que se adecue a los materiales y procesos elegidos además de los requerimientos y necesidades de los usuarios de Techo Propio.

1.5. Etapa II: Factibilidad y viabilidad técnica

En esta etapa, se realiza el estudio de la factibilidad y viabilidad técnica del proyecto de vivienda social modular en el Perú. Se hace uso de herramientas y métodos de evaluación para así conocer el éxito o no del proyecto en base a sus características propias frente a una vivienda social construida con los métodos tradicionales.

Asimismo, se realizará un flujograma de procesos en donde se podrá analizar la factibilidad y viabilidad de esta adaptación desde su etapa de financiamiento y desarrollo del proyecto hasta el cierre del mismo.

Las etapas y procesos de la metodología se pueden observar en el diagrama de flujo propuesto en la *Figura 1*.

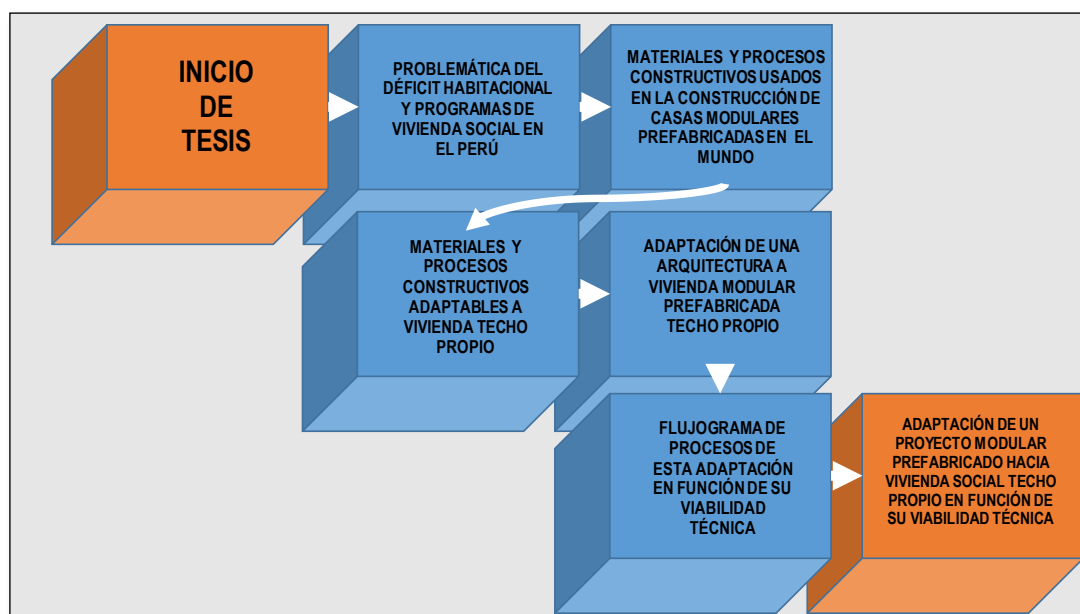


Figura 1 Metodología propuesta para el proyecto

Elaboración propia. Metodología propuesta en consecuencia de los objetivos propuestos en la tesis.

Capítulo II

ANTECEDENTES Y CONTEXTO DE PROYECTOS MODULARES Y PREFABRICADOS DE VIVIENDA SOCIAL EN EL MUNDO

En la actualidad, se tiene la idea que la construcción modular o industrialización de la construcción son términos relativamente nuevos para el sector de la construcción, sin embargo, hay un pasado escrito y comprobado en donde se ha venido desarrollando esta técnica constructiva.

2.1. Antecedentes

Jean Prouvé (1901), arquitecto, herrero y diseñador francés, es considerado “El padre de las casas pre fabricadas”. Fue un gran inventor de nuevos sistemas constructivos y defensor del montaje in situ de piezas prefabricadas en taller para la construcción de viviendas (Arquitectura Sostenible, 2021).

En 1946 fabricó de manera industrial piezas en serie usadas posteriormente en construcción. Asimismo, en 1939 diseñó la *Maison des Jours Meilleurs* o “Casa de los mejores días” con 57 m² que podía ser montada por el propio usuario y transportada con facilidad al lugar de vacaciones. Este diseño aportaría su utilización y reconversión en barracones militares para la II Guerra Mundial. Después de ello, Jean Prouvé colaboró con la reconstrucción de Francia, y es cuando desarrolla la producción de casas pre fabricadas y de mobiliario para grandes colectivos. El objetivo de Prouvé era desarrollar casas sencillas y, económicamente, asequibles pudiendo ser adquiridas por todos los estratos sociales. Prouvé decía que “hay que mostrar al público que la casa pre fabricada es confortable y así, romper con la rutina” (Arquitectura Sostenible, 2021).

Así como Prouvé aportó al desarrollo de viviendas pre fabricadas en Francia, se tiene al arquitecto danés Jorn Utzon quien patentó el sistema de construcción modular “Expansiva” en 1969 resultando un gran aporte a la construcción modular “El sistema Expansiva se convierte en algo así como un juego de piezas, un Lego” (Sarmiento Ocampo, 2017). Como lo menciona Jaime Sarmiento en su publicación “Cuadernos de Vivienda y Urbanismo” este sistema constaba de unos pórticos en madera laminada que se iban conectando unos a otros con elementos transversales formando prismas estructurales (Sarmiento Ocampo, 2017). Jorn Utzon adoptó una variedad de módulos con diferentes configuraciones y geometrías según ambiente y tamaño para diversos usos como módulos pequeños para cocinas y baños, módulos intermedios para habitaciones y módulos grandes para salas o zonas de estar.

Por otro lado, en Norteamérica (1911-1917) Frank Lloyd Wright desarrolló un sistema denominado “The American System-Built Houses”, el cual consistía en la construcción de viviendas con tiempos reducidos en construcción y costos de trabajo, y a la vez que sean personalizables para cada cliente. Para Wright, la vivienda económica representaba la posibilidad de que la gente de bajos recursos pudiera acceder a la vivienda con la posibilidad de expresar la individualidad en medio de una democracia. Como lo llamó Wright, este sistema de vivienda representaba “*The forerunner of democracy*” o en su traducción “precursor de la democracia” (Sarmiento Ocampo, 2017).

En Europa (1914), Le Corbusier muestra su propuesta introduciendo el término de la “industrialización de la vivienda” con las casas en serie. Patentó un entrecruzado estructural de losas y pilares que denominó Maison Dom-ino, el cual reemplazaba el tradicional sistema de muros de carga (Sarmiento Ocampo, 2017).

En Asia, Japón es el líder mundial de la construcción *off-site* con compañías como Sekisui Homes produciendo 70 000 casas manufacturadas al año. Al final del año 2015 el 15% de las casas construidas en Japón fueron prefabricadas (The Building Housing of Japan, 2018).

Con todo lo expuesto, se evidencia que el uso y desarrollo de viviendas prefabricadas y modulares se viene aplicando hace muchos años en diversas partes del mundo satisfaciendo las necesidades del momento.

En la actualidad, el país presenta problemas de invasiones a los cerros o terrenos privados, personas con hogares en condiciones no aptas para residir, desorden, ausencia de planificación en la construcción, problemas de refugiados, desplazados, entre otros. Pudiendo ser todas ellas reducidas brindando la posibilidad de contar con fácil acceso a una vivienda social económica de rápida de construcción.

2.2. Historia del desarrollo de proyectos de vivienda social en el Perú

Los proyectos de vivienda social van enfocados hacia personas de bajos recursos que no pueden acceder a una vivienda propia de calidad. Estos proyectos se caracterizan por tener un precio de alquiler o venta muy por debajo del mercado teniendo precios a partir de la capacidad económica de los interesados, ya que su principal objetivo no es monetario, sino contribuir con la reducción del déficit habitacional del país.

El tesista Meza Parra (2016) brinda una perspectiva sobre los proyectos de vivienda social en América Latina para así entender su funcionamiento político y programas que abarcan. Meza menciona que existen dos momentos en el desarrollo de la vivienda social. El primero entre 1940 y 1960 en donde el Estado tenía el principal protagonismo en el proyecto viendo temas de planificación y compra de terrenos

otorgando responsabilidad a empresas privadas sobre la construcción de los conjuntos de vivienda. Asimismo, este primer momento tenía como principal característica la aplicación de subsidios como principal fuente de ayuda a las personas de menores recursos lo cual funcionó hasta que los fondos públicos se agotaron y dejó la regularización de propiedades informales. El Dr. Julio Calderón (2016) argumenta que el fracaso de este método fue producto del costo elevado del suelo urbano así como el costo elevado de construcción y mala gestión por parte del Estado (Meza Parra, 2016).

En un segundo momento, a finales de los noventas, la vivienda social aparece como medida preventiva de los asentamientos informales con baja calidad arquitectónica y que posteriormente serían regularizados. Sin embargo, en este periodo volvió a surgir el problema del elevado costo del suelo. En búsqueda de una solución, se comenzaron a desarrollar los proyectos de vivienda social en la periferia de las ciudades donde el suelo tiende a ser más barato, además, se ofrecía viviendas de baja calidad para así abaratar costos de construcción. De este modo, se venía otorgando a las personas de menores recursos, ubicadas en los alrededores lejanos de la ciudad, viviendas de baja calidad generando una segregación socio – espacial donde los ricos se agrupan en el centro de la ciudad y los pobres se dispersan por las periferias del centro.

Se concluye que el desarrollo de los programas de vivienda social en el país ha presentado problemas, en principio, económicos por el consumo de los fondos públicos debido al elevado precio del suelo urbano y por el costo elevado de construcción y mala planificación constructiva por parte del Estado. Todo ello pudiendo ser resuelto aplicando la adaptación de un proyecto de vivienda social hacia construcción modular y

prefabricada haciendo uso de procesos automatizados, costos reducidos, corto plazo constructivo entre otras ventajas que presenta la industrialización de la construcción.

2.3. Actividad inmobiliaria de vivienda social en el Perú

Después de la creación del programa Techo Propio en el 2002, se comenzó implementando programas enfocados en atender necesidades habitacionales de la población diferenciándolos según su condición socio-económica, ubicación geográfica y preferencias de los ciudadanos. IEC N°32 resume estos programas como: MIVIVIENDA para hogares urbanos de ingresos medios, Techo Propio para hogares urbanos en condición de pobreza no extrema, y Mibarrío para familias en pobreza extrema (CAPECO, 2020a).

Desde la creación de estos programas, se ha venido entregando bonos familiares habitacionales (BFH) teniendo fuerte demanda en ciertos periodos y en otros una decaída severa como se puede observar en la *Figura 2*.

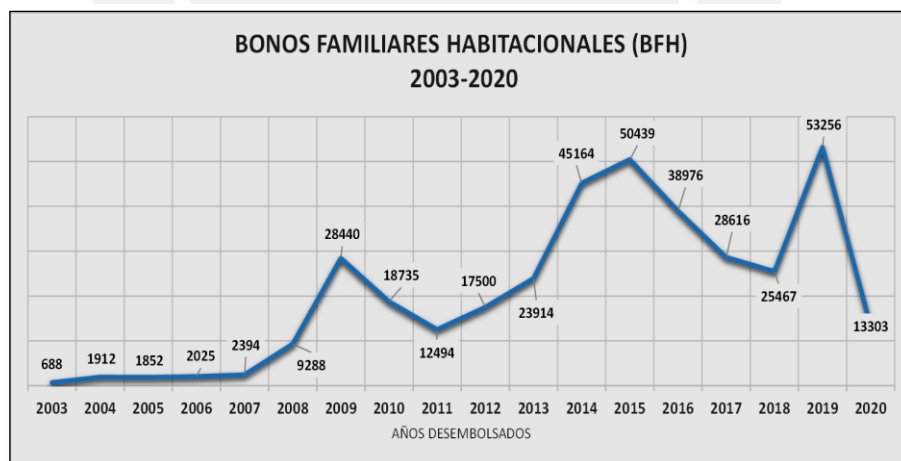


Figura 2 Bonos familiares habitacionales desembolsados 2003-2020
Elaboración propia. Tomado de IEC (2020). La construcción en el Perú: de la emergencia a la postpandemia (Fuente: CAPECO, 2020b).

Nota: Registro de entrega de BFH hasta el primer semestre del 2020

Entre los años 2003-2007 fue el periodo de acople y adaptación del sistema en donde se daba a conocer la funcionalidad y eficiencia de estos programas de vivienda social mostrándose como una opción atractiva para quienes querían contar con una vivienda de calidad según sus alcances económicos. Este periodo comenzó con una entrega de 688 BFH llegando a 2 394, teniendo un crecimiento de más del 200%. Luego en el 2011 empieza una considerable y más importante expansión de entrega de bonos creciendo de 12 494 a 50 439 BFH desembolsados en el 2015 generando un incremento de más del 300%. Cabe mencionar que en los dos únicos periodos en los que se observa una caída en los otorgamientos de subsidios Techo Propio fueron en el 2009-2011 (reducción de más del 50%) y 2015-2018 (reducción del 49.5%), esto debido a temas financieros como la reducción sucesiva de recursos presupuestales.

El reciente Informe Económico de la Construcción IEC-agosto (CAPECO, 2020a) muestra la cantidad de bonos familiares habitacionales desembolsados por modalidad entre AVN (Adquisición de Vivienda Nueva) y CSP (Construcción en Sitio Propio) mostrando claramente la mayor demanda por la modalidad CSP.

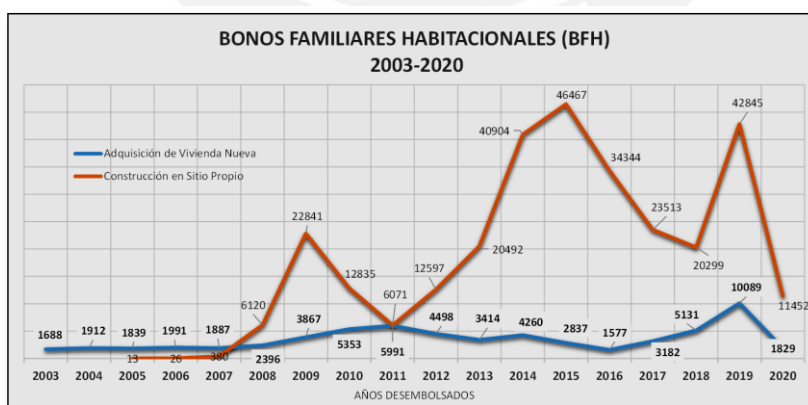


Figura 3 Bonos familiares habitacionales por modalidad 2003-2020

Elaboración propia. Tomado de IEC (2020). La construcción en el Perú: de la emergencia a la postpandemia (Fuente: CAPECO, 2020b).

Nota: Registro de entrega hasta el primer semestre del 2020

Para la modalidad de Adquisición de Vivienda Nueva se tuvo un primer pico de 5 991 BFH desembolsados en el 2011 siendo superado, recientemente, en el 2019 por el nuevo pico de 10 089 BFH desembolsados. Este aumento de BFH desembolsados resultaba alentador para así invertir más en los programas y llegar a más personas con mayor accesibilidad. Sin embargo, la crisis actual obligó a que se presente una caída a 1 829 BFH registrados hasta el primer semestre del 2020.

Sin contar la reducción de los BFH otorgados consecuencia de la crisis sanitaria COVID 19. Se presenta estadísticas alentadoras que hacen saber que cada día son más los usuarios que adquieren una vivienda a través de estos programas.

Se espera que pasada y superada la crisis sanitaria regrese el aumento de los otorgamientos de subsidios Techo Propio y, mucho más aun, si se vuelve atractivo para los usuarios la adquisición de una vivienda social en base a procesos industrializados y materiales pre fabricados dejando de lado la construcción tradicional in situ.

Capítulo III

DÉFICIT HABITACIONAL Y PROGRAMAS DE VIVIENDA SOCIAL EN EL PERÚ

Se entiende por “*déficit habitacional*” a la carencia o ausencia del conjunto de requerimientos que tiene la población para poder contar con una vivienda digna de calidad. Justamente esta carencia de requerimientos esenciales es motivo para la creación de programas de vivienda social diferenciados dirigidos a atender las necesidades habitacionales de la población. La necesidad habitacional empieza a ser entendida y considerada como un derecho y una necesidad básica que debe ser satisfecha brindando el acceso a familias para que puedan contar con alojamientos con calidad de atributos y de alcance no muy lejano.

3.1. Déficit habitacional en el Perú

Según el INEI, este déficit consta de dos componentes importantes: componente cuantitativo y componente cualitativo.

Tabla 1

Definición de los componentes cuantitativo y cualitativo del déficit habitacional según el INEI

DÉFICIT HABITACIONAL	
Componente cuantitativo	Cuantifica la carencia de viviendas aptas que puedan cubrir las necesidades habitacionales básicas de los hogares
Componente cualitativo	Cuantifica las deficiencias en calidad de las viviendas existentes para así ser mejoradas en su infraestructura en el aspecto de materialidad, espacio habitable y servicios básicos

Nota: Elaboración propia. Tomado de INEI (2011-2016). Encuesta Nacional de Programas Presupuestales (Fuente: INEI, 2018).

Después de los datos extraídos de la encuesta nacional de programas presupuestales 2011-2016 por parte del INEI, se puede evidenciar que en promedio existe mayor déficit habitacional en la zona rural que en la zona urbana por más del 50% en puntos porcentuales.

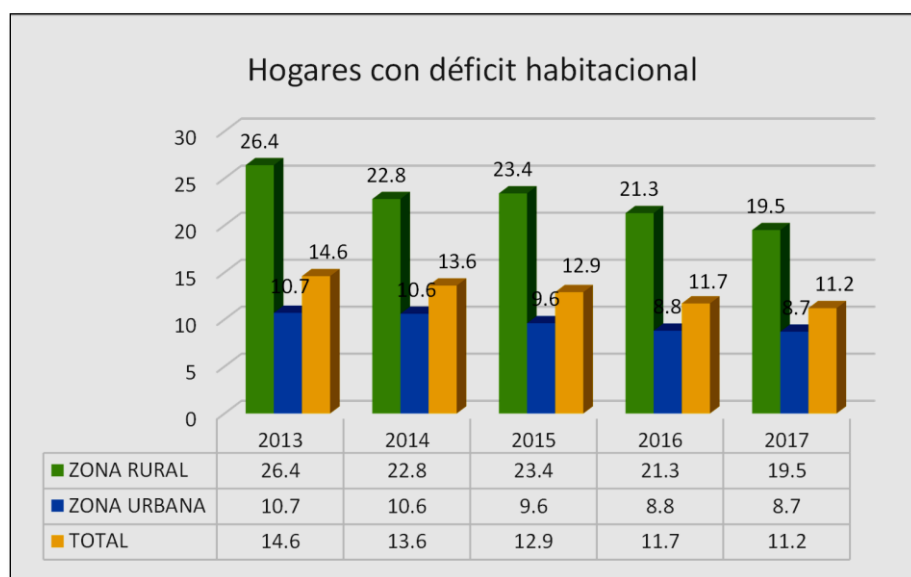


Figura 4 Hogares con déficit habitacional en el Perú

Elaboración propia. Tomado de INEI (2011-2016). Encuesta Nacional de Programas Presupuestales (Fuente: INEI, 2018).

Nota: Se observa porcentajes de hogares con déficit habitacional en el Perú, tanto para zona rurales y urbanas desde el 2013 hasta el 2017.

Del mismo modo, se puede apreciar que el déficit habitacional en el país bajó 3.4 puntos porcentuales del 2013 al 2017 teniendo mayor progreso en la zona rural en donde se ha evidenciado una reducción de 6.9 puntos, a comparación de la zona urbana en donde solo se redujo en 2 puntos porcentuales.

3.1.1. Déficit cuantitativo

Según la Encuesta Nacional de Programas Presupuestales 2011-2016, en el 2013 a nivel nacional se contaba con un 2.1% de hogares con déficit cuantitativo reduciendo este nivel porcentual a 1.9% para el 2017. Asimismo, basándose en los datos proporcionados

por el INEI, la mayor cantidad de hogares con déficit cuantitativo se presenta en la zona urbana, y un muy bajo porcentaje en la zona rural. A mayor población concentrada, mayor demanda de viviendas y si no se tiene un correcto manejo de abastecimiento y accesibilidad de viviendas de calidad, como consecuencia crecerá el déficit habitacional cuantitativo en la zona.

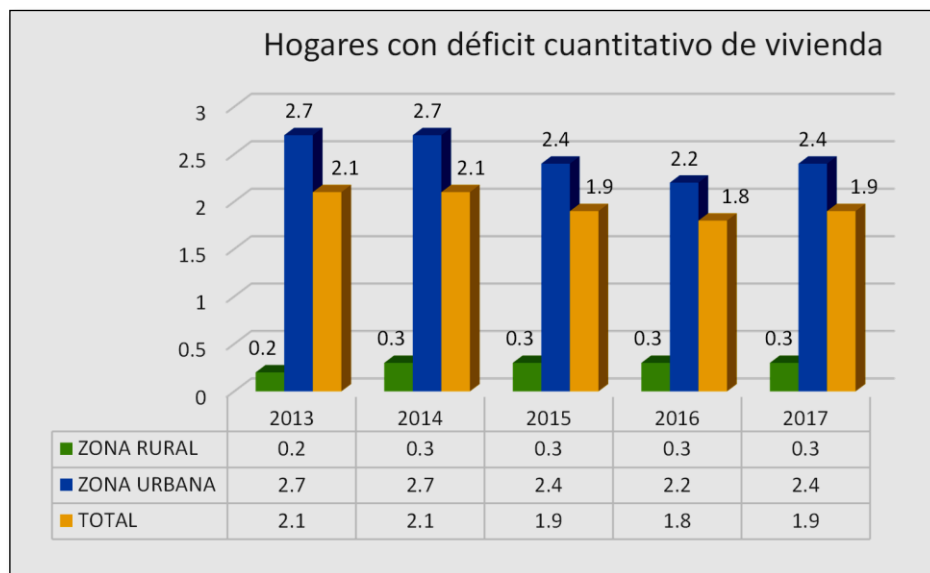


Figura 5 Hogares con déficit habitacional cuantitativo en el Perú
Elaboración propia. Tomado de INEI (2011-2016). Encuesta Nacional de Programas Presupuestales (Fuente: INEI, 2018).

Nota: Se observa porcentajes de hogares con déficit habitacional cuantitativo en el Perú, tanto para zona rurales y urbanas desde el 2013 hasta el 2017.

3.1.2. Déficit cualitativo

La zona rural presenta menor número de habitantes comparada con la zona urbana o zona céntrica, es por ello que el número de personas que no cuentan con una casa es menor. Sin embargo, eso no implica que todas las viviendas del sector rural sean consideradas como viviendas de calidad con todas las exigencias básicas. En estas zonas poder contar con los servicios básicos es un privilegio. Poder contar con un suministro de agua y desagüe o energía eléctrica es muy escaso o en algunos casos imposible. Este alto

porcentaje es evidenciado por la Encuesta Nacional de Programas Presupuestales INEI llegando a un 26.1% en el 2013 y reduciéndose a un 19.2 para el año 2017.

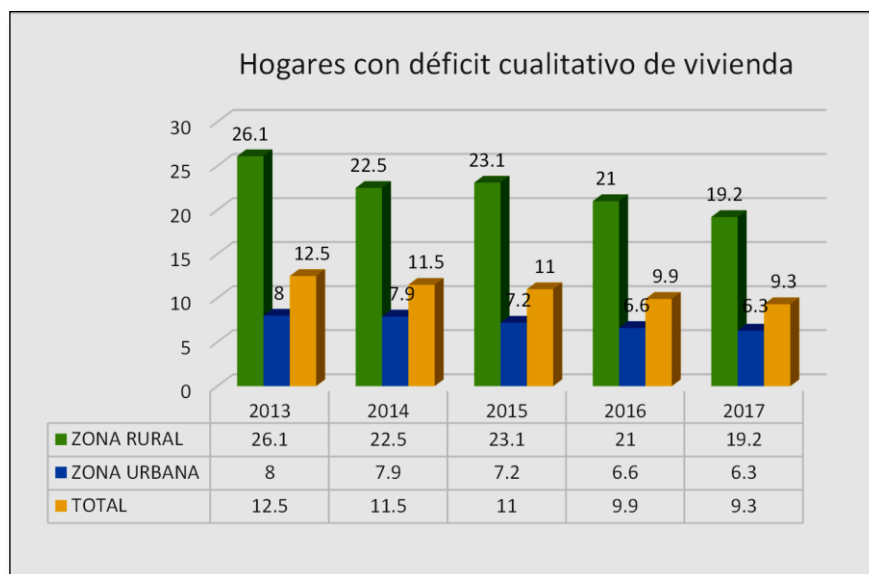


Figura 6 Hogares con déficit habitacional cualitativo en el Perú
Elaboración propia. Tomado de INEI (2011-2016). Encuesta Nacional de Programas Presupuestales (Fuente: INEI, 2018).

Nota: Se observa porcentajes de hogares con déficit habitacional cualitativo en el Perú, tanto para zona rurales y urbanas desde el 2013 hasta el 2017

3.2. Fondo MIVIENDA

El fondo MIVIVIENDA fue creado en el año 1998, mediante la Ley N° 26912, convirtiéndose en Sociedad Anónima (S.A) en el 2006 en virtud de la Ley N° 28579 y según el Decreto Supremo N° 024-2005-VIVIENDA (Fondo Mivivienda SA, 2021).

El fondo MIVIVIENDA S.A se presenta como apoyo a la reducción del déficit habitacional en el país promoviendo el acceso a una vivienda única apta que pueda cubrir las necesidades habitacionales básicas de los hogares, teniendo mayor enfoque en las familias con menores ingresos, a través de la articulación entre el Estado y los Sectores Inmobiliario y Financiero. El fondo MIVIVIENDA en uno de sus reportes menciona como objetivo principal “Hacer posible que familias en el Perú con déficit habitacional

cuenten con solución habitacional adecuada que mejore su calidad de vida” (Fondo Mivivienda SA, 2014).

Según el IEC-JUNIO (2020), el desembolso de créditos MIVIVIENDA alcanzó las 12 224 operaciones lo que implicó un aumento de 33.7% respecto al año 2018. Sin embargo, en los dos primeros meses del año 2020 solo se logró otorgar 2 297 operaciones teniendo una reducción de 37% respecto al mismo periodo del año 2019 (CAPECO, 2020b).

La reducción de créditos hipotecarios para adquisición de vivienda a través de instituciones financieras venía reduciendo en los últimos doce meses – julio 2019 a junio 2020- lo cual puede ser considerado como impacto del Coronavirus (CAPECO, 2020b).

3.2.1. Programa Techo Propio

El Programa Techo Propio tiene como finalidad hacer que más peruanos puedan adquirir una vivienda de calidad con participación activa del promotor inmobiliario y constructor que ven al sector inmobiliario como una unidad de negocio (Fondo Mivivienda SA, 2021).

3.2.1.1. Techo propio

El programa Techo Propio fue creado el 13 de setiembre del 2002 como una reafirmación del Gobierno de impulsar el diseño y la implementación de políticas. Se plantea la ejecución de medidas económicas y financieras necesarias para propiciar la construcción de viviendas mejorando las condiciones de vida de la población y facilitando su acceso a una vivienda digna (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2005).

Meza (2016) indica que el programa Techo Propio está dirigido a familias de menores recursos potencialmente elegibles según el Sistema de Focalización de Hogares (SISFOH) que cumplan con:

- No propietarias de una vivienda
- Dentro del límite establecido de ingreso anual
- No hayan recibido previamente apoyo del Estado para adquirir, construir o mejorar su vivienda
- Contar con el ahorro mínimo requerido

Adicionalmente, el programa incentiva la participación del sector privado para la ejecución de proyectos de Vivienda de Interés Social (VIS) lo cual encamina a garantizar el derecho a una vivienda digna a las personas de menores ingresos dentro del país.

Este programa posee las siguientes modalidades:

- Adquisición de Vivienda Nueva (AVN)
- Construcción en Sitio Propio (CSP)
- Mejoramiento de Vivienda (MV)

3.2.1.1.1. Adquisición de Vivienda Nueva (AVN)

Modalidad de adquisición de una Vivienda de Interés Social haciendo uso del Bono Familiar Habitacional dirigida a Grupos Familiares Beneficiarios (GFB) que no cuenten con vivienda, terreno o aires independizados por lo que se encontrarían dentro del grupo de familias con déficit habitacional cuantitativo (Fondo Mivivienda SA, 2021).

Modalidad destinada a atender el déficit habitacional cuantitativo en la población pobre no extrema para de este modo evitar o reducir que en el futuro prevalezca el tráfico

de terrenos y la construcción informal como mecanismos atractivos para este sector de la población.

3.2.1.1.2. Construcción en Sitio Propio (CSP)

La Construcción en Sitio propio es una modalidad dirigida a familias que poseen un terreno propio (con servicios básicos) o aires independizados inscritos en Registros Públicos sin cargos ni gravámenes. Modalidad destinada a atender el déficit habitacional cualitativo que, según el IEC N°32, a la fecha aún afecta a 1 millón de hogares.

3.2.1.1.3. Mejoramiento de Vivienda (MV)

Modalidad que te permite remodelar, rehabilitar, culminar o ampliar una vivienda existente que cuente con las condiciones mínimas que exige una Vivienda de Interés Social según el Reglamento Operativo del Bono Familiar Habitacional

3.2.2. Modalidad Adquisición de Vivienda Nueva (AVN)

La adaptación del proyecto de vivienda social modular propuesto hacia el programa techo propio se vendría dando a través de la modalidad de Adquisición de Vivienda Nueva (AVN). Este se encuentra dirigido a familias que no cuentan con vivienda ni terreno y que se encuentren interesadas en comprar una Vivienda de Interés Social (VIS) o VIS Priorizada con ayuda del Bono Familiar Habitacional (BFH)

3.2.2.1. Bono Familiar Habitacional - BFH

La principal ventaja del programa Techo Propio es, justamente, el BFH el cual se entiende como un subsidio directo que otorga el Estado a las familias como premio a su esfuerzo ahorrador, por única vez y no se devuelve (Programa Techo Propio, 2020).

Creado en setiembre del 2002 mediante la Ley N° 27829 como un subsidio otorgado a familias que no cuenten con ingresos económicos suficientes para adquirir, construir o mejorar una vivienda (Fondo Mivivienda SA, 2021).

Requisitos de elegibilidad para acceder al Bono Familiar Habitacional (Programa Techo Propio, 2020):

- Conformar un Grupo Familiar (GF): Conformado por un jefe de familia que pueda declarar a uno o más dependientes
- No haber recibido apoyo habitacional del Estado (Enace, Fonavi, BANMAT o el FMV)
- El Ingreso Familiar Mensual (IFM) neto no debe exceder de S/ 3,715 (aplicable a la jefatura familiar)
- No tener vivienda, terreno propio o aires independizados para vivienda a nivel nacional

El valor del BFH depende del tipo y valor de la vivienda a adquirir:

Tabla 2

Valor del Bono Familiar Habitacional según valor de la vivienda

Tipo Vivienda de Interés Social (VIS)	Valor de Vivienda	Bono Familiar Habitacional
VIS Priorizada en Lote Unifamiliar	Hasta S/ 55,000	9.4 UIT S/ 41,360
VIS Priorizada en Edificio Multifamiliar / Conjunto Residencial / Quinta	Hasta S/ 68,000	9.7 UIT S/ 42,680
VIS en Lote Unifamiliar	Hasta S/ 87,400	8.75 UIT
VIS en Edificio Multifamiliar / Conjunto Residencial / Quinta	Hasta S/ 109,200	S/ 38,500 (*)

Nota: Elaboración propia. Tomado de Adquisición de Vivienda Nueva – Fondo Mivivienda (Fuente: Fondo Mivivienda SA, 2021)

(*) Monto del BFH aprobado por Decreto Supremo N°016-2020-VIVIENDA hasta el 31 de diciembre de 2021

(*) BFH adicional (S/ 47,031.25) para personas con discapacidad de las FFAA y PNP

(*) BFH adicional (S/ 51,944) para víctimas que perdieron sus viviendas a causa del terrorismo

3.2.2.2. Financiamiento Complementario Techo Propio – FCTP

Adicional al BFH, se tiene la opción de postular a un financiamiento complementario. Se trata de un crédito hipotecario canalizado a través de las Instituciones Financieras Intermediarias (IFI) con recursos del Fondo MIVIVIENDA que complementa al BFH y ahorro del beneficiario siempre que cumpla con los requisitos del Programa Techo Propio y del FCTP. Ante alguna eventualidad que impida al titular el pago de las cuotas, se presenta la figura de Deudor Solidario para garantizar el pago con un plazo de hasta 25 años a una tasa fija en soles (Programa Techo Propio, 2020).

Tabla 3

Aplicación del Financiamiento Complementario Techo Propio - FCTP

Aplicación para VIS Unifamiliar	
Valor de Vivienda	S/ 85,700
Bono Familiar Habitacional - BFH	S/ 38,500
Financiamiento Complementario Techo Propio maximo **	S/ 47,200
Aplicación para VIS en Edificio Multifamiliar / Conjunto Residencial / Quinta	
Valor de Vivienda	S/ 107,000
Bono Familiar Habitacional - BFH	S/ 38,500
Financiamiento Complementario Techo Propio maximo **	S/ 68,500

Nota: Elaboración propia. Tomado de Financiamiento Complementario Techo Propio (Fuente: Programa Techo Propio, 2020).

Capítulo IV

INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN: CONSTRUCCIÓN MODULAR Y PREFABRICADA FRENTE A LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL

La industria de la construcción parte como una oportunidad de “evolución o transformación de la construcción” para empresas del sector AEC (Architecture , Engineering & Construction) las cuales siguen aplicando sus procesos constructivos de antaño sin adaptar técnicas manufactureras y digitales (García de Soto et al., 2019).

La aplicación de la tecnología en la construcción haciendo uso de softwares informáticos, robótica, utilización de drones, escáneres 3D, softwares de modelado 3D junto con la metodología BIM generan interoperabilidad de diferentes disciplinas creando formas de trabajo colaborativo en la nube haciendo que la construcción se encamine hacia la industrialización con un pensamiento 4.0. El sector de la construcción podría incrementar su productividad si adquiere un estilo 4.0 canalizando sus procesos en la industrialización y en la incorporación de herramientas tecnológicas (Schwalbe, 2015).

4.1. Construcción industrializada

Se define como el anticipo de un porcentaje de tareas constructivas respecto al total de la obra, donde las acciones anticipadas se llevan a cabo fuera del lugar a construir (taller, planta industrial) con un entorno más automatizado y controlado (Structuralia, 2019).

A diferencia de una construcción prefabricada que también produce piezas de hormigón armado u otros materiales en un taller o fabrica. La industrialización propone que desde el inicio de la concepción de la obra se plantee trasladar la máxima producción de elementos o sistemas constructivos que conformarán la obra final hacia el taller o

planta industrial. Además, el concepto de industrialización viene acompañado con un proceso racional de estudio y selección de los mejores métodos de producción y tecnologías eficaces que puedan ser aplicadas a la rama de la construcción (Sánchez Gonzalez, 2021).

Alejandro López Vidal, director técnico de ANDECE y quien dirige el Máster de Construcción Industrializada en Hormigón de STRUCTURALIA, realiza un comparativo entre Construcción tradicional y Construcción industrializada para su mejor entendimiento:



Tabla 4

Cuadro comparativo entre las principales características de la construcción convencional frente a la construcción industrializada

	Construcción tradicional	Construcción industrializada
Definición	Mayor posibilidades de cambios a lo largo del proceso constructivo del proyecto	Etapas definidas desde el inicio del proyecto
Calidad	Creación y ejecución de elementos en la propia obra dando mayor posibilidades al error humano	Menor influencia del error humano. Mayor control en la fabricación de las piezas
Precisión	Se admiten errores debido a su proceso constructivo. Tolerancias en centímetros	La precisión dimensional y espacial de los elementos es crucial debido a su proceso constructivo. Tolerancias en milímetros
Mano de obra	Dependencia de la capacitación técnica de mano de obra humana disponible	Procesos mas automatizados
Costo	Precio menor inicialmente, sin embargo , existe mayor riesgo de imprevistos y desviaciones económicas	Precio cerrado desde el inicio del proyecto
Limpieza	Debido a que la obra es la fábrica al mismo tiempo existe mucho desorden y excedentes de materiales	Mejor generación y gestión de residuos
Impacto	Mayor tiempo de ejecución. Mayor necesidad de espacio para el desarrollo de todas las tareas involucradas	Menor tiempo de ejecución. Menor impacto en zonas aledañas al proyecto

Nota: Elaboración propia. Tomado de Módulo 1: Aproximación a la industrialización en hormigón de Structuralia (Fuente: Structuralia, 2019).

4.2. Semejanzas y diferencias entre casas modulares y casas prefabricadas

Antes de mencionar las diferencias que existen entre casas modulares y casas prefabricadas se debe tener claro que el término “modular” es más específico que “prefabricado”. Toda casa modular es considerada una construcción prefabricada pero no toda construcción prefabricada es necesariamente modular. Tanto las casas modulares

como las casas prefabricadas son diseñadas y construidas en condiciones controladas fuera de su ubicación final en donde serian ensambladas.

Se debe entender como casas modulares a casas construidas por unión de módulos diseñados y fabricados casi en su totalidad en ambientes controlados. Un buen método para entender este concepto modular es pensar en los juegos Lego donde cada pieza o ladrillo representa un módulo que luego se fijan entre sí para formar un todo (normalmente todo ello sobre una solera base o cimentación previamente construida de hormigón armado), uniendo ambientes completos como salas, baños, cocinas y dormitorios los cuales en conjunto formarían la vivienda.

Por otro lado, anteriormente el concepto de casas prefabricadas era fácilmente relacionado con “casas móviles”, remolques o trailers los cuales cumplían normas menos estrictas que una construcción modular, pero tenían las ventajas de ser móviles y accesibles haciendo que su potencial comprador no tenga un compromiso serio monetario ni geográfico.

Algunas diferencias entre casas modulares y prefabricadas:

- ✓ El resultante de las casas modulares son lo más parecidas a las casas construidas con los métodos tradicionales ya que ambos respeten los estándares y normativas de construcción. Por otro lado, las casas prefabricadas no necesitan cumplir con normativas tan estrictas facilitando su construcción y accesibilidad
- ✓ Las casas modulares son más resistentes que una casa prefabricada e inclusive más resistente que una casa construida completamente en el sitio de manera tradicional. Según la FEMA, Federal Emergency Management Agency, agencia del Gobierno de los Estados Unidos que protege a la nación de todo tipo de

desastre como huracanes, terremotos, inundaciones y otros desastres naturales menciona:

“En general, se observó un daño estructural relativamente mínimo en los desarrollos de viviendas modulares. La combinación de las unidades de modulo a modulo parece haber proporcionado un sistema inherentemente rígido que funcionó mucho mejor que la estructura residencial convencional”(Con Containers, 2021).

Cabe mencionar que la fabricación de estos módulos se realiza en ambientes mucho más controlados que una construcción tradicional además que el tipo de cimentación usado en las viviendas modulares permite cierto movimiento independiente entre la base de cimentación y el módulo ya que ellos se encuentran unidos por placas de anclajes.

- ✓ En tanto al valor, la normativa estatal del código civil de España describe en el Art.334 a los inmuebles como *“tierras, edificios, caminos y construcciones de todo género adheridas al suelo”* mientras que define a los muebles como aquellos que *“se pueden transportar de un punto a otro sin menoscabo de la cosa inmueble a que estuvieron unidos”* (Código Civil, 2021). Con esta consideración, una casa prefabricada tendría la misma categoría de propiedad personal que un carro lo que desvalorizaría la casa. Para que una casa prefabricada sea considerada inmueble se debe asegurar que esta fue construida siguiendo los mismos estándares que una casa construida de forma tradicional, además que necesite la administración y enganche de suministros de agua y energía.

- ✓ En cuanto a la apariencia y estilo, las casas modulares permiten realizar viviendas de diversos tamaños dando libertad al cliente en elegir el diseño arquitectónico, estilos y acabados de su preferencia siendo totalmente personalizables. Por otro lado, las casas prefabricadas pueden ser viviendas ya construidas relativamente más pequeñas que una casa modular y de bajo costo con un menor compromiso por parte del cliente.

Una importante semejanza entre casas modulares y casas prefabricadas es que ambas son respetuosas con el medio ambiente generando menor desperdicio de materiales, menor contaminación del agua, polvo y ruido. Gran parte de su sostenibilidad se basa en su alta eficiencia, diseñadas para consumir menos agua y energía.

Asimismo, la gran diferencia entre construcción pre fabricada y construcción modular radica en la forma en que estas se llevan a cabo. Es decir, la construcción modular se realiza en serie con elementos repetitivos donde su éxito arquitectónico se basa en la forma en que se lleguen a combinar los módulos prefabricados creando arquitecturas innovadoras, por otro lado, una construcción pre fabricada se puede hacer solo en piezas por unidad juntando diferentes componentes como si fuera una sola pieza.

Es de suma importancia entender las diferencias entre estos tipos de casas que a menudo se usan indistintamente cuando se habla de construcción de vivienda pero que ahora queda claro que ambos términos no son idénticos teniendo cada uno características que lo diferencia del otro. De este modo, se podrá reducir la influencia de los estigmas, la tergiversación y poco conocimiento reflejado en la ignorancia cuando se hable de viviendas modulares o prefabricadas.

4.3. Comparativo entre construcción modular y prefabricada frente a la construcción tradicional

A continuación, se dará a conocer las ventajas y desventajas más relevantes de la construcción modular y construcción prefabricada. Se uniformizarán ambos conceptos con el objetivo de realizar el comparativo entre “construcciones modulares y prefabricadas” frente a “construcciones por métodos tradicionales” teniendo mayor énfasis en temas de producción, producto y precio.

Este comparativo se basa en el artículo presentado por la arquitecta Bellanith Vargas Garzón titulado “Industrialización de la construcción para vivienda social” en el cual se realiza el estudio de casos de dos proyectos de vivienda social desarrollados en España y Colombia (Vargas Garzón, 2007).

4.3.1. En la producción

4.3.1.1. Ventajas

- ✓ Los tiempos de producción, implementación, construcción y entrega son menores comparándolo a los métodos constructivos tradicionales in situ
- ✓ Permite hacer uso de tecnologías en la fabricación de módulos para la entrega final del producto satisfaciendo ciertas características exigidas por el cliente brindando seguridad, confiabilidad y calidad
- ✓ La industrialización de módulos permite un mayor control de residuos permitiendo la reutilización de partes sobrantes teniendo un efecto positivo hacia el medio ambiente
- ✓ Al tener su producción y ensambles de partes en fábrica, permite un fácil y mejor manejo sobre los controles de calidad

- ✓ El porcentaje de pérdidas en la producción es mínimo ya que se tiene calculada, previamente, la cantidad de materia prima requerida para cada módulo
- ✓ Uso de diversidad de materiales en la producción de casas modulares

4.3.1.2. Desventajas

- ✓ Al convertirse en un proceso industrial, su producción requiere no solo conocimientos constructivos sino también profesionales capacitados en producción y planeamiento de procesos y uso de maquinarias más complejas
- ✓ Movilización y armado de las casas modulares de manera cautelosa ya que al dañarse una pieza imposibilitaría su armado final. Se tendría que volver a producir la pieza
- ✓ Se requiere espacio suficiente para el flujo de procesos en la producción y armado de las casas modulares (plantas industriales)
- ✓ Es esencial el tener información previa hacia quien va dirigido el producto, saber su uso final, lugar de ubicación y el tipo de usuario final ya que en base a ello depende todo su diseño y producción
- ✓ No existe leyes puntuales ni protocolos sobre la construcción de casas modulares por lo que su construcción y producción de cada infraestructura se basa en la construcción no tradicional

4.3.2. En el producto

4.3.2.1. Ventajas

- ✓ Los productos pre fabricados son diseñados usando tecnologías y materiales que le permiten soportar condiciones extremas tanto de clima como de terreno

- ✓ Debido a la gestión controlada de las casas modulares, estas poseen una alta adaptabilidad a diferentes entornos inclusive en aquellos en donde el terreno es inestable
- ✓ Ya que en su fabricación se encuentra involucrados diferentes materiales, el producto final permite una gran variedad de colores, formas y texturas en acabados satisfaciendo lo pedido por el cliente
- ✓ Alto porcentaje de sostenibilidad en su proceso constructivo. Su fabricación en planta permite un mayor control en materias primas sobrantes contribuyendo al cuidado del medio ambiente
- ✓ Debido a la diversidad de materiales en la producción de casas modulares, estas pueden tener diversos usos como: domicilios residenciales, vivienda social, casas de campo, casa de playa, hogares para refugiados, oficinas, hospitales temporáneos entre otros

4.3.2.2. Desventajas

- ✓ Las instalaciones tanto eléctricas, sanitarias y mecánicas deben tener una planeación previa bien programada y clara
- ✓ El desconocimiento y poca oferta de construcciones prefabricadas o modulares hace que sean vistas como edificaciones poco resistentes, por lo contrario, ven a la construcción tradicional como más rígidas y confiables debido a los materiales que implementa
- ✓ La falta de regulación y estándares para el uso de estos productos hace que esta se encuentre en desventaja frente a la construcción tradicional

- ✓ Existe un rechazo cultural por la construcción pre fabricada o modular consecuencia del desconocimiento del sistema por lo que su demanda es baja comparada con la construcción tradicional

4.3.3. En el precio

4.3.3.1. Ventajas

- ✓ Su costo de fabricación es menor comparándola con la construcción tradicional compuesta por concreto y acero principalmente
- ✓ Para los inversionistas, apostar por las construcciones modulares trae consigo un menor tiempo de retorno de la inversión ya que estas poseen un corto tiempo de construcción, venta al contado en la mayoría de los casos y menor riesgo de accidentabilidad

4.3.3.2. Desventajas

- ✓ Estas construcciones poseen un menor precio comparado al de una construcción tradicional, sin embargo, esto puede variar significativamente ya que su valor depende de factores como: materiales a usar, tipo de acabado, estilo, ubicación, transporte, diseño entre otros
- ✓ Debido a la poca demanda, escasas de oferta y desconocimiento cultural, su financiación es muy complicada o casi nula. En su mayoría, las construcciones modulares o pre fabricadas se venden al contado
- ✓ Requerimiento de mantenimiento más focalizado para cada parte de la infraestructura lo que genera un costo adicional a tener en cuenta
- ✓ El terreno donde se ubicaría la vivienda modular debe pertenecer al cliente final como un terreno privado o alquilado según el uso de la edificación

Capítulo V

MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS MODULARES PREFABRICADAS

Se presentará los materiales y procesos constructivos mayormente usados en la construcción de casas modulares prefabricadas haciendo enfoque en las partidas de cimentación, estructura, pisos, techos y tabiquería.

5.1. En la cimentación

Parte fundamental en todo tipo de edificación respetando los resultados del estudio geotécnico, aplica tanto para los métodos tradicionales de construcción como para los procesos sistematizados referente a construcciones modulares prefabricadas.

Para este último, se tiene un concepto erróneo sobre su cimentación. Al tratarse de una vivienda modular prefabricada no debe entenderse como que no deba anclarse al terreno como una edificación convencional. Todo lo contrario, como lo menciona el Art.334 de la normativa estatal del código civil de España, para ser considerada un inmueble, esta debe estar adherida al terreno y cumplir con normativas vigentes en materia de seguridad, estabilidad y normas sismo resistentes.

Una ventaja en cimentación que tiene la construcción modular frente a una tradicional es la considerable reducción del peso de la vivienda. Esto debido a dos factores importantes en su fabricación. Primero, en su ejecución optimizan la fabricación y diseño de los módulos estructurales que utilizan como armazón de la vivienda ya sea de acero, madera o concreto armado. Segundo, que se trata de una construcción que implementa sistemas constructivos en seco en acabados, fachadas y revestimientos interiores. De este modo se obtiene una vivienda resistente y duradera, pero sobre todo

más ligera lo cual se traduce en un menor peso aplicable al terreno y una mejor distribución de cargas simplificando geometrías y dimensionamientos de la cimentación (Pérez, 2021).

Todo tipo de cimentación planteada en esta tesis son ejecutadas a base de hormigón armado con un estudio geotécnico previo de donde se obtiene parámetros importantes para su diseño como tensión admisible del terreno, presencia de nivel freático, cohesión del terreno, ángulo de rozamiento interno. Con todo ello se calcula la capacidad del terreno para soportar cargas sin producir fallos por cortante ni asentamiento.

5.1.1. Tipos de cimentaciones en viviendas modulares prefabricadas

5.1.1.1. Vigas continuas de cimentación

Hace referencia a vigas de concreto armado unidas dejando zonas huecas centrales con una base de concreto de limpieza. El peralte de las vigas de cimentación genera que la cota de la casa modular quede por encima del terreno aislando la vivienda de la humedad, asimismo, estos huecos centrales funcionan como espacio para una correcta colocación de instalaciones eléctricas y sanitarias.

Sobre estas vigas se distribuye estratégicamente placas de anclaje embebidas en la masa del hormigón las cuales ayudarían como ensamble con los módulos prefabricados. “Esta unión por anclajes permite pequeños desplazamientos y posibles movimientos producidos por las dilataciones y contracciones o posibles sismos, sin que estos sufran daños” (Pérez, 2021).



Figura 7 Vigas continuas de cimentación previo ensamblaje de caseta modular Tomado de Tres60 arquitectura. Imágenes propias de archivo de proyectos desarrollados en el estudio (Fuente: Perez, 2021).

En la *Figura 7* se observa la distribución de placas de anclaje sobre las vigas de cimentación. Se observa cómo han dejado tubos de pases para las conexiones e instalaciones de fontanería, así como puntos de ventilación cruzada para evitar que se produzcan condensaciones que, a futuro, podrían afectar las condiciones del terreno.



Figura 8 Vigas continuas de cimentación ensambladas a caseta modular Tomado de Tres60 arquitectura. Imágenes propias de archivo de proyectos desarrollados en el estudio (Fuente: Perez, 2021).

5.1.1.2. Platea de cimentación

Son placas de concreto armado apoyadas directamente sobre el terreno compuestas por una doble parrilla de acero diseñada por el ingeniero estructural según el tipo de terreno y sismicidad del lugar. Las plateas de cimentación se encuentran, principalmente, sometidas a esfuerzos de flexión por lo que su espesor dependerá de la magnitud de los momentos flectores actuantes sobre ella.



Figura 9 Losa maciza de hormigón armado apoyada directamente al terreno
Tomado de Proyecto Casas INHAUS – España (Fuente: Casas inHAUS S.L., 2020).

Sobre la losa de cimentación se ensambla los módulos prefabricados fijando las estructuras metálicas y panales de cerramiento. Se dejan tuberías embebidas en el concreto para así facilitar la conexión de fontanería e instalaciones eléctricas de la vivienda modular. Claramente se puede observar como la losa de cimentación se encuentra lista para recibir el módulo prefabricado y de este modo poder asegurar una distribución uniforme de las cargas hacia el terreno.

Algunos proyectos colocan dados de concreto sobre la losa de cimentación distribuida por las esquinas del terreno de este modo ganan altura sobre el nivel del terreno aprovechable para las instalaciones sanitarios o eléctricas, así como una

separación del terreno en caso de inundaciones por lluvias o, simplemente, si el proyecto lo requiere según diseño estructural.



Figura 10 Losa de cimentación con dados de concreto como cimentación de vivienda modular

Tomado de Alquimodul - Perú. Proyecto de construcción modular fija (CMF) (Fuente: Alquimodul, 2017a).

Alquimodul, empresa peruana especializada en el sector de la construcción modular, muestra este tipo de cimentación, en su sistema de Construcción Modular Fija CMF, combinando una losa de cimentación con dados de concreto distribuidos estratégicamente cumpliendo con la distribución de cargas uniformes hacia el terreno calculada, previamente, conforme a la normativa antisísmica y estudio geotécnico del terreno.

5.1.1.3. Dados de concreto armado

De los dos tipos de cimentación mostrados anteriormente, este representa el sistema más económico y rápido de implementar, sin embargo, su uso se restringe a viviendas ligeras o temporales.

Siguiendo la idea de un dado de concreto, en España – Barcelona se presenta al “Piloedre”, el cual por definición es un sistema de cimentación superficial prefabricado y reutilizable para estructuras ligeras formado por cuatro barras de anclaje al terreno inclinadas y entrelazadas entre sí por un bloque de concreto armado el cual incorpora los mecanismos de conexión con la estructura a soportar (Piloedre, 2016).

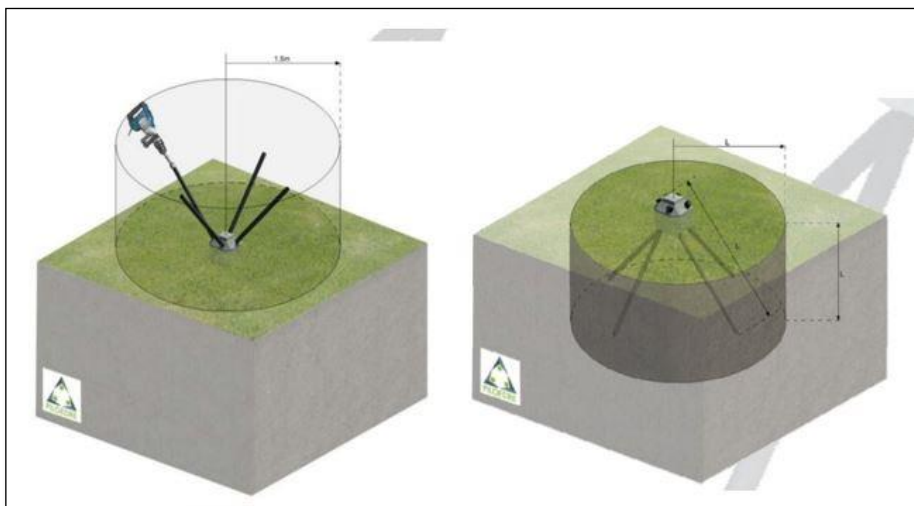


Figura 11 Proceso de instalación simplificado de un Piloedre

Tomado de Piloedre (2016). Manual de instalación, desinstalación y reutilización del Piloedre (Fuente: Piloedre, 2016).

En primera instancia se debe realizar un estudio geotécnico y obtener parámetros como la cohesión, densidad y ángulo de rozamiento del suelo. Posterior a ello, se plantea dos escenarios: Piloedre desmontable y reutilizable o Piloedre fijo una vez haya entrado en carga. Finalmente, se calcula la cantidad y combinación de Piloedres a utilizar y se procede a embutir las tuberías con ayuda de un martillo de repercusión asegurando el nivel del dado de concreto.

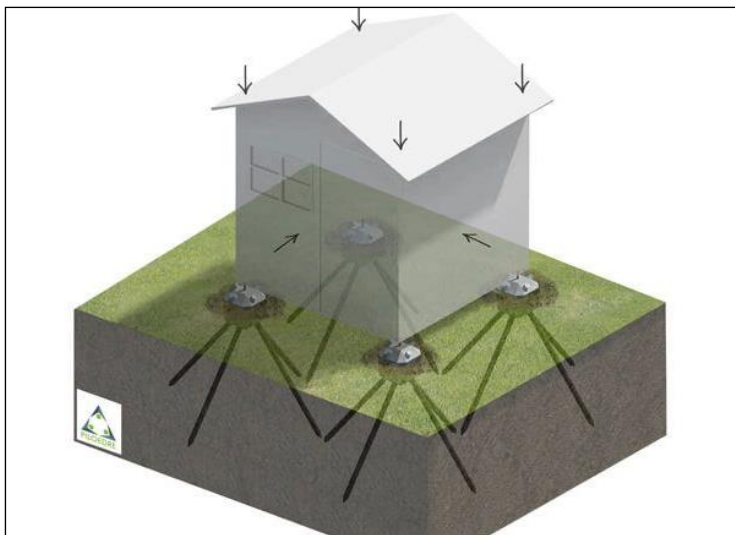


Figura 12 Vivienda modular prefabricada soportada por Pilodres como cimentación superficial

Tomado de Piloedre (2016). Manual de instalación, desinstalación y reutilización del Piloedre (Fuente: Piloedre, 2016).

Piloedre es reconocida como una cimentación superficial ya que su mecanismo resistente se desarrolla únicamente en los primeros metros del terreno. Cabe mencionar, según la ficha técnica Piloedre, que este sistema puede soportar esfuerzos verticales de hundimiento máximos de 100 kN por punto de apoyo, apoyos de esfuerzos verticales máximos de 25 kN, flexiones máximas de 6 kN*m y esfuerzos laterales máximos de 20 kN. Sin embargo, estos valores pueden variar y aumentar según el tipo de terreno y la cantidad de Pilodres bajo un apoyo (Piloedre, 2017a).

Su precio de venta en Barcelona varía entre los 189 a 297 euros según el modelo y cantidades solicitadas (Piloedre, 2020).



Figura 13 Vivienda prefabricada sobre Piloedres en Cambrils, Tarragona 2016
Tomado de Piloedre España (2017). Portafolio de proyectos (Fuente: Piloedre, 2017b).

Para la cimentación del proyecto Cambrils se hizo uso de 30 Piloedres a cargo de dos operarios durante una jornada laboral. Se aprovechó la rapidez de su instalación reduciendo costos al proyecto y permitiendo que al día siguiente de su instalación se colocaran los módulos sobre los Piloedres (Piloedre, 2017b).

5.2. En la estructura

Representa el armazón resistente de la vivienda el cual junto con la cimentación se fijan al terreno brindando estabilidad, seguridad y durabilidad a la construcción. Al igual que una construcción tradicional, el procedimiento de armado es el mismo. Después de las cimentaciones se construyen los elementos verticales estructurales (columnas y placas) seguidamente de los elementos horizontales estructurales (losas y vigas).

A diferencia de una construcción tradicional en donde el casco estructural se construye a base de concreto armado in situ o elementos prefabricados de concreto armado. En las construcciones de viviendas modulares prefabricadas se hace uso, en su mayoría de casos, de estructuras metálicas, madera o plásticos haciéndolos más susceptibles a la industrialización y automatización del ensamble de sus componentes.

5.2.1. Tipos de estructuras en viviendas modulares prefabricadas

5.2.1.1. Estructura metálica

En Promet Perú, empresa especialista en infraestructura modular, en su sistema constructivo Promet-METAL hace uso de perfilera de acero A36 el cual consiste en una aleación de acero al carbono comúnmente usado por su bajo costo, alta soldabilidad y excelente resistencia y fuerza para un acero bajo en carbono con un porcentaje máximo de 0.29% (Promet, 2019).

Promet Perú menciona que las columnas y vigas conforman pórticos conectados entre sí mediante viguetas, correas y arriostres. Las uniones son empernadas o soldadas, arenadas y pintadas con pintura epóxica brindando alta resistencia química a sustancias corrosivas.



Figura 14 Estructura de acero A36 en sistema constructivo Promet-Metal Tomado de Promet Perú (2019). Ficha técnica sistema constructivo Promet-Metal (Fuente: Promet, 2019).

Se observa en la *Figura 14* un proyecto tipo Promet-Metal conformando una estructura de soporte a dos aguas entre columnas y vigas para, posteriormente, ser

revestidos por paneles metálicos termoacústicos fabricados bajo las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

5.2.1.2. Contenedores marítimos

El uso de contenedores marítimos como módulos de vivienda personalizable representan una forma de construcción rápida y económica. En caso se desea construir una vivienda de un piso, es posible adquirir un contenedor de segunda mano reduciendo los costos del proyecto.

Por tratarse de un contenedor usado en carga marítima, su armazón resistente ya se encuentra ensamblado. Normalmente, se encuentran realizados en acero corrugado, existiendo también en aluminio y madera contrachapada para, posteriormente, ser reforzados con fibra de vidrio como aislante térmico y acústico, se galvanizan sus cierres y se aplica una pintura anticorrosiva ante los efectos del clima.

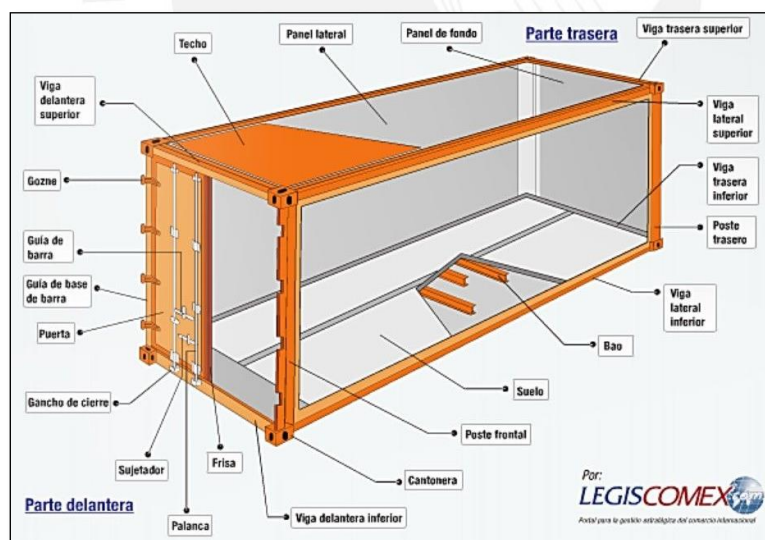


Figura 15 Partes de un contenedor marítimo

Tomado de Sistema de inteligencia comercial Legiscomex (2021). Contenedores (Fuente: Legiscomex, 2021).

Como se observa en la *Figura 15*, el armazón de acero corrugado se encuentra listo desde fabrica. Cabe mencionar que existen diversos tamaños y pesos de estos contenedores respetando la misma forma de contenedor: contenedores de 10',20' y 40'

5.2.1.3. Sistema Flat-Pack

Es un sistema de construcción modular que consiste en el suministro de módulos prefabricados móviles en donde resalta su efectividad en el transporte e inversión económica ya que viaja y se mantiene encapsulada como un kit o paquete de construcción permitiendo un ahorro significativo en transporte y tiempos de ensamblaje en el terreno final. La fabricación de los módulos se realiza en planta “*off site*” y se entregan semi armados con los materiales dentro de un kit conteniendo la estructura de pisos, puertas, paneles y techos los cuales salen de planta completamente terminados.



Figura 16 Módulos suministrados en kits o paquetes

Tomado de Alquimodul – Perú (2017). Sistema de construcción modular *Flat-Pack* (Fuente: Alquimodul, 2017b).

Este sistema permite un ahorro de hasta un 75% en logística, posee un buen aislador termo-acústico, resistente a todo clima aparte de su fácil armado y libertad de

crear diversos ambientes desde oficinas, campamentos, salas de reuniones, dormitorios, laboratorios, vivienda entre otros.

Asimismo, las construcciones de vivienda mediante este sistema no requieren losa de cimentación o vigas continuas de cimentación, su proceso constructivo solo exige contar con dados de concreto como soporte de la estructura.

5.3. En pisos

Más que tipos de pisos, lo que se busca es el tipo de revestimiento que tendrán los pisos de las viviendas modulares ya que el sistema *Flat Pack* escogido ofrece la colocación de paneles en los pisos para así evitar realizar un contrapiso de concreto.

5.3.1. Tipos de pisos en viviendas modulares prefabricadas

5.3.1.1. Piso vinílico

Tipo de piso que se viene usando con mayor demanda debido a su alta facilidad en su instalación. Se trata de un piso heterogéneo reforzado con fibra de vidrio el cual se coloca sobre la superficie plana existente, ya sea una losa de concreto, losa de madera o, inclusive, sobre el piso de mayólica o madera a cambiar.

El piso vinílico se caracteriza por su flexibilidad en su instalación y alta durabilidad. Casa Belforte, empresa argentina especializada en venta de pisos, menciona que el tiempo de vida de estos pisos varía entre 20 y 30 años dependiendo la calidad de la baldosa o rollo y su forma de instalación. Asimismo, presenta una alta resistencia al tráfico y la humedad, no se rayan y su limpieza es sencilla ya que solo necesita un paño húmedo. Otra ventaja de usar pisos vinílicos es que presentan una amplia variedad de estilos con diseños imitando texturas de madera, cerámico o piedra

Casa Belforte comenta las presentaciones y facilidad de instalación de sus productos. Los pisos vinílicos suelen tener las siguientes variantes (Casa Belforte, 2021):

- Piso vinílico en rollo: esta presentación viene en rollos de varios metros, presenta una gran facilidad de instalación y es recomendable para grandes ambientes donde se haya que realizar pocos ajustes o cortes
- Piso vinílico en formato de baldosas o listones: su instalación no es tan rápida como los rollos, pero su ventaja es que debido al tamaño de sus piezas y los sistemas clics simplifican su instalación



Figura 17 Composición de piso vinílico con sistema clic

Tomado de El Espartano – Argentina (2017). Nueva línea de pisos vinílicos (Fuente: El Espartano, 2017).

Algunas ventajas de usar piso vinílico frente al típico piso estructurado o enchape en mayólica son:

- Facilidad en la limpieza: ya que se trata de un material completamente impermeable puede ser humedecido para limpiarlo de forma rápida y eficiente
- Fácil instalación: no es necesario retirar el piso anterior para instalar el revestimiento vinílico lo cual hace que su instalación sea rápida, asimismo,

su instalación no requiere de mano especializada, basta con conocimientos básicos debido a su sistema clic o paños en rollos

- Variedad de diseños: ofrece una amplia gama de modelos
- Aislación acústica
- Resistente a hongos, bacterias, insectos y roedores
- Material ignífugo

5.4. En techos

Hace referencia a la cobertura que tendría la vivienda modular. En este caso, como se trata de una vivienda social ubicada en la zona costa del país. Se presentarán opciones relacionado con el clima subtropical de Lima, un clima con pocas lluvias en invierno, por lo que se consideran techos con una sola pendiente (techo 1 agua)

5.4.1. Tipos de techos en viviendas modulares prefabricadas

5.4.1.1. Panel metálico

Son paneles de acero usado comúnmente para coberturas y cerramientos en edificaciones comerciales, industriales y de servicio. Se caracteriza por su resistencia a la corrosión y su reflectividad al calor. Aisla.pe (2019) menciona que sus coberturas metálicas son fabricadas con Aluzinc el cual se caracteriza por su recubrimiento de alta durabilidad conformado por aluminio y zinc garantizando que la lámina de acero se encuentre altamente protegida del oxido y la corrosión.

Existen presentaciones con secciones trapezoidales desde 3 hasta 6 trapecios por ancho de desarrollo, estos trapecios brindan resistencia estructural, facilidad de instalación y acabado atractivo al gusto del cliente.

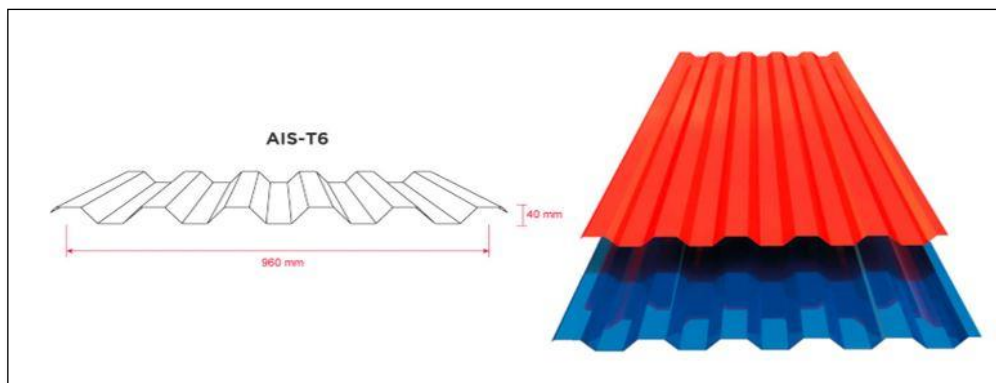


Figura 18 Panel metálico AIS-T6 - Cobertura y cerramiento

Tomado de Aisla.pe (2019). Paneles metálicos de cobertura y cerramiento (Fuente: AISLA.PE, 2019).

Aisla.pe hace mención de algunas ventajas de usar este producto como:

- Larga vida útil: los paneles metálicos fabricados con acero Zinalum son hasta 4 veces más durables que los de acero galvanizado ordinario
- Resistencia: el perfil trapezoidal que posee brinda gran rigidez y resistencia a la flexión, lo que permite tener mayores luces entre apoyos
- Fácil y rápida instalación: para su ensamble se requiere herramientas sencillas, accesorios y detalles estandarizados. Gracias a su ancho útil, se minimiza la ocurrencia de traslapes obteniendo un alto rendimiento por m²
- Estético: el Aluzinc brinda a los paneles resistencia a la corrosión obteniendo un acabado superior con colores firmes y durables

5.4.1.2. Panel sándwich termoacústico

Son paneles aislantes para techos con aislamiento de poliuretano (PUR) y lana de roca. Formado por dos láminas de acero y un núcleo de espuma rígida de poliuretano y lana de roca. Aisla.pe en su línea de paneles para techos se encuentra AIS COPPO el cual es un panel aislante termoacústico de poliuretano con acabado imitación a teja. Este producto es un panel especial orientado para el sector residencial y hotelero para

proyectos de construcción de vivienda en donde se desea mantener la imagen tradicional del techo de teja y, a su vez, disfrutar el aislamiento térmico y acústico de los paneles de poliuretano.

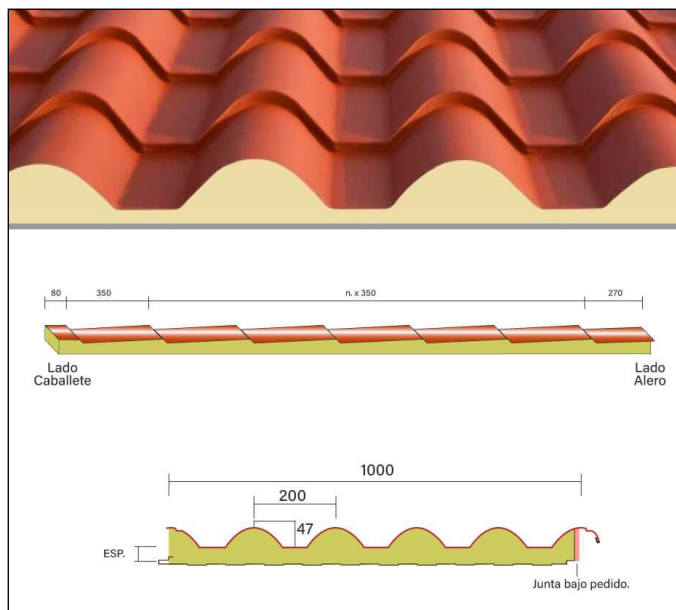


Figura 19 Panel sándwich termoaislante para techos Ais Coppo

Tomado de Aisla.pe (2019). Paneles Aislantes para techo – Termotecho (Fuente: AISLA.PE, 2019).

Su ventaja al ser un panel prefabricado es la facilidad y rapidez de su montaje, homogeneidad y calidad de sus acabados. El estilo de tejas se integra en paisajes rústicos y tradicionales.

5.5. En tabiquería

Hace referencia a las paredes que sirven como divisores de ambientes usados en el interior de una edificación ya sea en viviendas, oficinas u otra edificación en particular. Si bien es cierto existe y es usado en ciertas edificaciones tabiquería estructural como muros portantes. La tabiquería, originalmente, se caracteriza por ser, únicamente, particiones de ambientes sin capacidad portante más que su propio peso.

En construcciones tradicionales es comúnmente usado como tabiquería aislada o tabiquería estructural los ladrillos de arcilla pandereta o ladrillos King Kong por su bajo costo, así como el uso de ladrillo blanco o ladrillo King block Unicon por su rapidez en el asentado y colocación de instalaciones sanitarias y eléctricas embutidas en el muro, así como, su ahorro en el tarrajeo ya que con estos materiales basta con un solaqueo del muro para proceder al masillado y pintado correspondiente.

5.5.1. Tipos de tabiquería en viviendas modulares prefabricadas

5.5.1.1. Fibrocemento

Consiste en un tipo de tabiquería que forma parte del sistema drywall o construcción en seco que cuenta con revestimiento exterior e interior de una placa de fibrocemento lisa.

El arquitecto Jaime Coronel, jefe de innovación en Eternit, en una entrevista realizada por El Comercio (2019) menciona que el fibrocemento es un material que está compuesto por cemento al 60%, sílice (compuesto natural que se encuentra en las rocas) y celulosa (sustancia compuesta por agua, alcohol y éter).



Figura 20 Muro perimetral con fibrocemento

Tomado de Volcán – Perú. Muro perimetral con fibrocemento (Fuente: Volcan, 2021).

Presenta una alta adaptabilidad frente a los climas en el Perú, resistencia a la humedad e intemperie, es 10 veces más ligero que un muro de concreto armado, no se pudre ni se pica, ignífugo y de fácil instalación y pintado.

Además, se trata de un sistema sismorresistente. “Es muy flexible, por eso es muy resistente a los sismos. Se mueve y luego vuelve a su posición. Nunca se desploma. Hemos hecho análisis en el CISMID – Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres -, y soporta el tipo de sismo que ha habido en el Perú”, señala el arquitecto Jaime Coronel en la entrevista realizada por el grupo El Comercio (2019).

Como dato adicional, el fibrocemento es un material que se aplica en el revestimiento de las edificaciones, en caso se desee usar este sistema como muro portante, se tiene autorización del Ministerio de Vivienda en construir hasta dos niveles enteramente con el sistema drywall. Ahora, si se utiliza un sistema a porticado de vigas, columnas y losas no habría mayor inconveniente de usar toda la tabiquería con el sistema

drywall. Jaime Coronel nos da el ejemplo del hotel Westin que tiene 30 pisos en donde casi no hay muros de ladrillos, toda la tabiquería es bajo el sistema drywall.

5.5.1.2. Paneles de fibra – yeso

Al igual que el fibrocemento, el uso de estos paneles forman parte del sistema de construcción en seco (drywall). La empresa Fermacell, marca líder en construcción seca de gama alta, muestra sus paneles de fibra-yeso los cuales son fabricados como placas homogéneas de yeso combinado con fibras de celulosa reciclada, estos dos componentes se mezclan con agua sometidos a alta presión para obtener el paneleado. El yeso reacciona con el agua, penetra y envuelve las fibras generando alta resistencia y densidad a todo el conjunto (Fermacell, 2021).

A diferencia de los paneles de yeso, los paneles de fibra-yeso son más densos (14kg/m² frente a 9 kg/m²) haciéndolos más resistentes a los impactos haciendo que sus paredes puedan soportar más peso por metro lineal permitiendo colgar estanterías o muebles sin limitaciones. Asimismo, los paneles de fibra de yeso Fermacell cuenta con los requerimientos de ser ignífugos, acústicos y estructurales en una sola capa haciendo menores los costos de reducción de materiales y mano de obra (Fermacell, 2021).

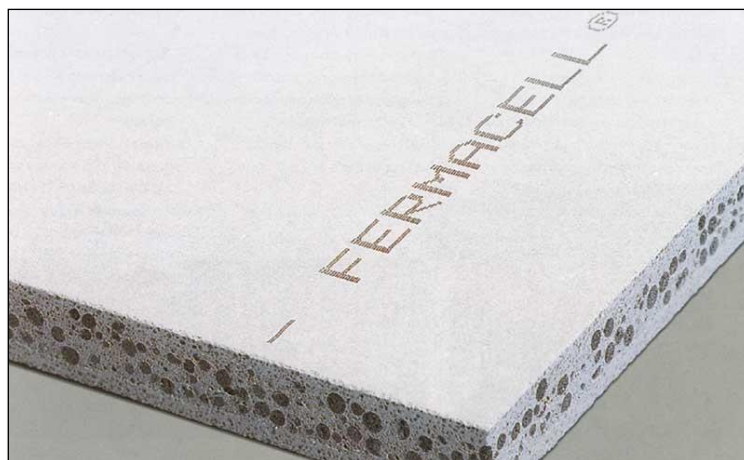


Figura 21 Panel de fibra de yeso marca Fermacell

Tomado de Fermacell – España. Productos de fibra yeso (Fuente: Fermacell, 2021).

Una gran ventaja del uso de tabiquería en seco frente a la tabiquería tradicional de ladrillo es el tiempo de montaje y limpieza en obra. La tabiquería en seco posee un proceso constructivo más rápido ya que no tiene tiempo de espera en el secado del muro ni necesidad de revestirlas con cemento para un mejor acabado. Además, el no uso de cemento y agua en obra hace que se tenga un espacio de trabajo más limpio, ordenado y seguro.

5.5.1.3. Panel sándwich termoaislante de poliuretano – PUR

Se trata de una propuesta versátil compuesto por dos capas de acero galvanizado de 0.50 mm y un núcleo de poliuretano inyectado (densidad 38 kg/m³). Las capas de acero aportan resistencia al conjunto mientras que el núcleo de poliuretano (PUR) proporciona el aislamiento térmico y acústico.

En el área de la construcción es un material utilizado en naves industriales, almacenes, centros de distribución, centros comerciales, fabricación de módulos para campamentos entre otras edificaciones.

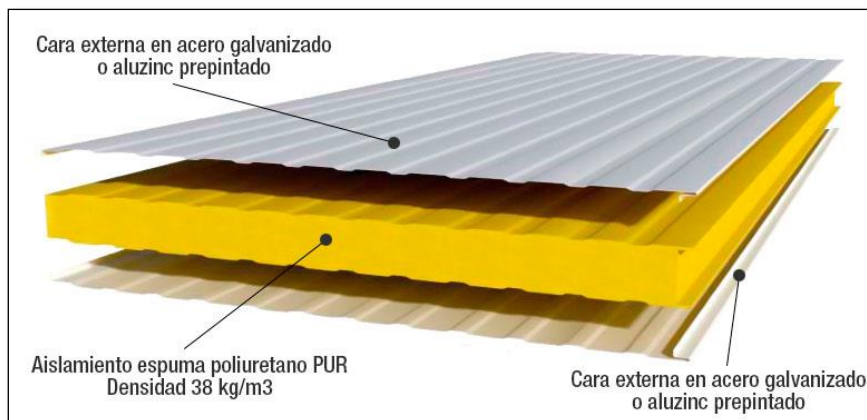


Figura 22 Composición panel tipo sándwich termoaislante de poliuretano - PUR Tomado de Aisla.pe (2019). Panel sándwich termoaislante de poliuretano – PUR (Fuente: AISLA.PE, 2019).

Multitainer (2018), empresa encargada en la fabricación de paneles de poliuretano para soluciones habitacionales y cámaras de frío, menciona que su proceso de fabricación de los paneles tipo sándwich consiste en:

- Preparar las capas de acero en rollo
- Transportarlo hacia una prensa, proceso en donde también se le da figura al acero mediante rodillos
- En la prensa se le inyecta la espuma de poliuretano líquido
- La reacción química produce crecimiento de la espuma adhiriéndose a las capas de acero (inferior y superior), estando un tiempo bajo presión dependiendo el espesor del panel
- Finalmente se cortan según las medidas del proyecto, se apila y empaquetan hacia su destino final

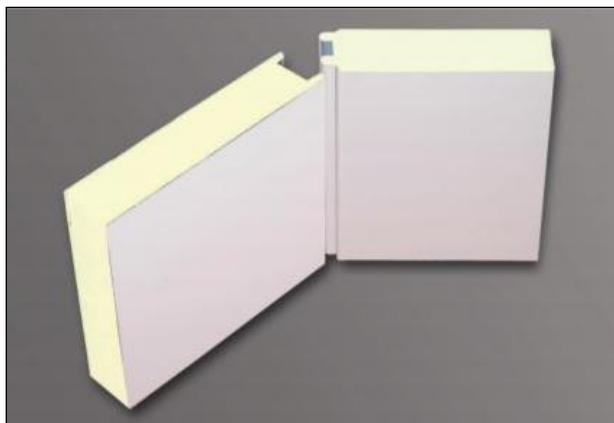


Figura 23 Unión de paneles tipo sándwich por machihembrado

Tomado de Metecno Latinoamérica. Ficha técnica Metboard (Fuente: Metecno The Specialist, 2017)

A diferencia de una tabiquería de drywall típica, el proceso constructivo de los paneles tipo sándwich no requiere de una estructura previa para su colocación. Metecno (Metecno 2017) indica que si se desea realizar un proyecto de un solo piso no es necesario contar con una estructura de acero como soporte ya que el machihembrado entre los paneles tipo sándwich hace que la unión entre sus paneles sea muy eficiente, basta con la colocación de perfilierías tipo U o esquineras en la parte inferior para su correcto ensamble y se comporten como paneles auto soportantes.

Ventajas de este sistema según Asila.pe (2019), especialistas en proyectos de aislamiento térmico en todo tipo de edificaciones de la empresa Alquimodul, son:

- Excelente aislamiento térmico, acústico y resistencia al fuego
- Material ligero, manejable y con alta capacidad de carga
- Instalación rápida y sencilla
- Alta rigidez
- Resistente a los impactos
- Personalizable según el tipo de proyecto

Capítulo VI

MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS ADAPTADOS AL PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL MODULAR TECHO PROPIO

En este capítulo se sustentará el uso del sistema constructivo industrializado *Flat Pack* para el proyecto de vivienda social modular. Asimismo, después de conocer los materiales expuestos en el capítulo anterior, se escogerá los que mejores calzan a las condiciones y características del proyecto.

6.1. Sistema constructivo Flat Pack

Una de las características de este sistema es que la fabricación y construcción de todas las piezas, elementos y acabados que presenta la vivienda se realizan *off site* en plantas industriales y son entregados semi armados en una especie de kit con todos los complementos necesarios para su ensamblaje final facilitando su montaje en obra.

Resaltando su efectividad en el transporte, a comparación de los módulos prefabricados o contenedores, este sistema permite el transporte en grupos mayores. Kizuroko, empresa de ingeniería modular, menciona que es posible trasladar hasta ocho módulos *Flat Pack* encapsulados en un camión con plataforma de doce metros. Este envío equivale a 120m² de área construida por camión de carga. Bastaría un solo envío para la construcción de una vivienda social estimada en no más de 60 metros cuadrados.

Además de ello, se apuesta por este sistema constructivo ya que da oportunidad a desarrollar la industrialización de la construcción en el país. Como menciona el arquitecto Juan C. Sánchez Gonzales en el diario electrónico Acento “La industrialización, como tal, viene precedida de un proceso racional de estudio y selección de los mejores métodos de

producción y las tecnologías más eficaces que pueden ser aplicadas a la trama constructiva” (Sánchez Gonzalez, 2021).

Lo que se busca, justamente, es el uso del sistema *Flat Pack* en viviendas sociales para así ir desarrollando tecnologías y procesos automatizados que desplacen los métodos constructivos tradicionales in situ. Se debe apostar por la construcción off site y el uso de máquinas en serie, como menciona Blachère en su libro “Tecnologías de la construcción industrializada” edición 1977, justifica el uso del término industrialización como toda vez en la “fabricación” intervenga una máquina y deje de ser una producción artesanal.

Don Alfonso del Águila en su libro “La industrialización de la Edificación de viviendas” Tomo 1 cita a Blachère cuando expresa la definición de industrialización mediante la siguiente ecuación:

INDUSTRIALIZACIÓN

= MECANIZACIÓN + RACIONALIZACIÓN + AUTOMATIZACIÓN

La ecuación es clara al expresar que existen tres elementos fundamentales a los que se tiene que recurrir para el desarrollo de la industrialización. Se entiende que la mecanización debe ser la mayor posible, la racionalización como todo el proceso lógico referente al proyecto y la automatización presente al máximo en todas las áreas, todo ello con el fin de construir un mayor número de edificios, económicos y de mayor calidad (Vargas Garzón, 2007).

La idea general es que, con estos cambios en la construcción, la adquisición de una vivienda social sea más beneficiaria para el usuario y contributaria para el país.

A continuación, se muestra las ventajas que presente el sistema *Flat Pack* frente a una construcción tradicional in situ. Adicional a ello, se da a conocer el proceso de ensamblaje que se seguiría para la colocación in situ de la vivienda social.

6.1.1. Ventajas del sistema Flat pack

La empresa Kizuroko, encargada de ingeniería modular y habilitación de viviendas modulares prefabricadas, menciona algunas ventajas de porque utilizar el sistema Flat Pack

- En economía:
 - Presenta un 75% de ahorro en costo de logística y transporte
 - Es desarmable, de fácil almacenaje y reutilizable en futuros proyectos
 - Presente bajo costo en climatización debido al aislante térmico que presenta
 - Fácil y rápido ensamblaje exigiendo cuadrillas mínimas para su montaje
 - No requiere de una cimentación tipo losa o cimiento corrido
- En calidad:
 - Durable e inalterable en el tiempo, resistente al deterioro por agentes externos
 - Alta flexibilidad en su diseño adaptable para todo uso
 - Apropiado para todo tipo de clima por su eficiente aislamiento térmico
- En seguridad y Medio Ambiente:
 - Módulos asísmicos
 - Bajo porcentaje de desperdicios producto del ensamblaje del modulo
 - Obra limpia, materiales utilizados de baja toxicidad e ignífugos
- En transportable

- Alta facilidad de transporte, capaz de movilizar 8 módulos flat pack en una plataforma de 12 m equivalente a 120 m² de área construida por camión

6.1.2. Ensamblaje del sistema Flat Pack

Alquimodul (2017b) divide su sistema de ensamblaje en 5 pasos importantes:

En planta: La estructura de piso y techo, así como todas las partes de los módulos son industrializados fabricados en planta para posteriormente colocarlo en un kit o paquete y ser transportado al montaje de obra

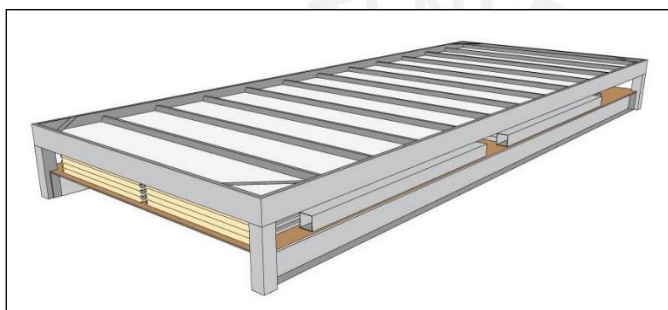


Figura 24 Módulo *Flat-Pack* en kit listo para su traslado a obra

Tomado de Alquimodul – Perú (2017). Sistema de construcción modular *Flat-Pack* (Fuente: Alquimodul, 2017b).

Estructura inicial: Con el kit en obra, se procede a abrir el paquete en cuyo interior se encontrarán todas las partes y accesorios necesarios para su montaje, entre ellos, columnas, paneles de cerramiento, estructura metálica, puertas, ventanas, entre otros.

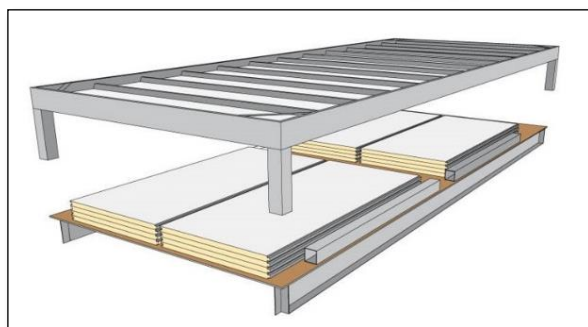


Figura 25 Piezas y accesorios dentro del kit *Flat-Pack*

Tomado de Alquimodul – Perú (2017). Sistema de construcción modular *Flat-Pack* (Fuente: Alquimodul, 2017b).

Montaje: Previo a su montaje, se debe realizar una visita al terreno y levantar observaciones o condiciones inusuales en donde se realizará el montaje del módulo, asimismo, debe realizarse la cimentación superficial exigida por el proyecto. Posterior a ello, el montaje empieza con el armado del armazón del módulo. Se colocan las columnas en las esquinas emperradas a los bastidores de piso y techo.



Figura 26 Estructura metálica del módulo *Flat-Pack*
Tomado de Alquimodul – Perú (2017). Sistema de construcción modular *Flat-Pack* (Fuente: Alquimodul, 2017b).

Cerramientos: Con la estructura metálica sobre los dados de concreto, se procede a la colocación de paneles de muro, puertas, ventanas y divisores internos según el proyecto. Asimismo, se procede con la instalación eléctrica y sanitaria.

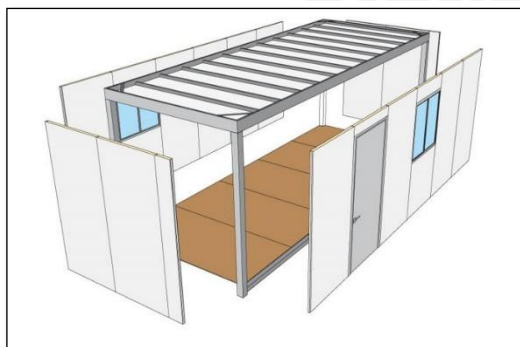


Figura 27 Colocación de cerramiento en módulo *Flat-Pack*
Tomado de Alquimodul – Perú (2017). Sistema de construcción modular *Flat-Pack* (Fuente: Alquimodul, 2017b).

Acabado final: Finalmente, se colocan todos los accesorios sea muebles, iluminarias, aparatos sanitarios, electrodomésticos entre otros y se procede a los acabados interiores y exteriores dependiendo del diseño quedando así el módulo listo para su uso.

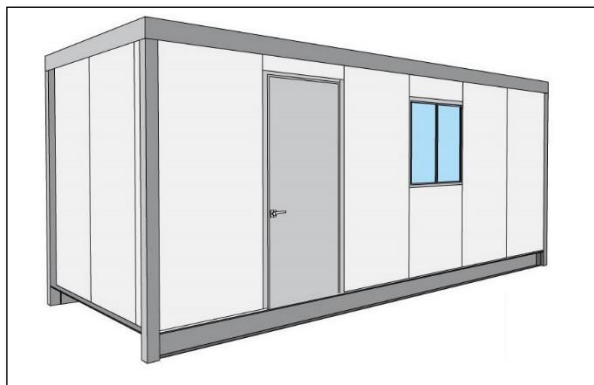


Figura 28 Módulo *Flat-Pack* listo para su uso
Tomado de Alquimodul – Perú (2017). Sistema de construcción modular *Flat-Pack* (Fuente: Alquimodul, 2017b).

6.2. Diseño arquitectónico

Fondo Mivivienda, a fin de promover y dar a conocer estrategias sostenibles y diseños arquitectónicos enfocadas a vivienda social organiza concursos y seminarios fomentando el interés y la creatividad de estudiantes y profesionales del rubro de la construcción.

En el 2018, se organizó el “VI Concurso Nacional de Vivienda Social-Construye para Crecer 2018” en donde se presentaron propuestas de vivienda social sostenible para edificio multifamiliar Techo Propio. Estas propuestas se pueden encontrar en el catálogo suministrado por fondo Mivivienda y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento como “Prototipos de vivienda social progresiva Edición 2018”.

Algunos parámetros de estos diseños arquitectónicos fueron tomados en cuenta para la adaptación de la presente tesis. Parámetros como la distribución de espacios, la

cantidad de ambientes típicos en una vivienda social, las dimensiones mínimas para baños, dormitorios, cocina, el área promedio de una vivienda social, entre otros.

Dos de los proyectos que se encuentran en el catálogo se muestran a continuación:

Vivienda social 01:



Figura 29 Render prototipo de vivienda social 01

Tomado de Fondo Mivivienda: Prototipos de vivienda social progresiva – Edición 2018 (Fuente: Fondo Mivivienda SA, 2018).

El prototipo de vivienda social 01 perteneciente a los proyectistas de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa liderados por la arquitecta Glenda Benita Gonzales Taco obtuvieron mención honrosa en el concurso Construye para Crecer 2018 (Fondo Mivivienda SA, 2018).

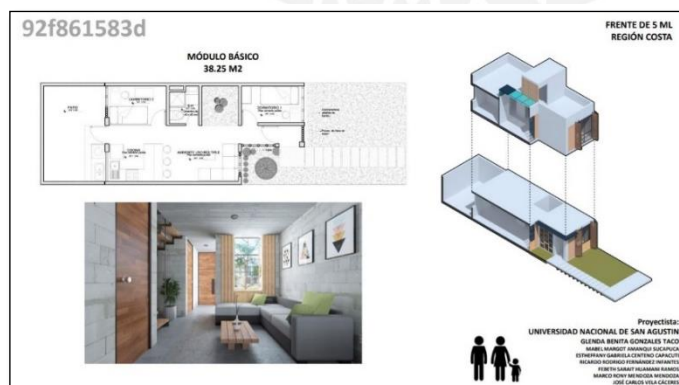


Figura 30 Módulo básico prototipo vivienda social 01

Tomado de Fondo Mivivienda: Prototipos de vivienda social progresiva – Edición 2018 (Fuente: Fondo Mivivienda SA, 2018).

El módulo básico corresponde a un ambiente de 38.25 m² distribuido en dos dormitorios, un único baño con ducha, un patio/lavandería y un ambiente grande compartido entre cocina y ambiente de usos múltiples. Asimismo, posee un jardín pequeño y un retiro que podría usarse como cochera o jardín de entrada.

Vivienda social 02:



Figura 31 Módulo básico prototipo de vivienda social 02

Tomado de Fondo Mivivienda: Prototipos de vivienda social progresiva – Edición 2018 (Fuente: Fondo Mivivienda SA, 2018).

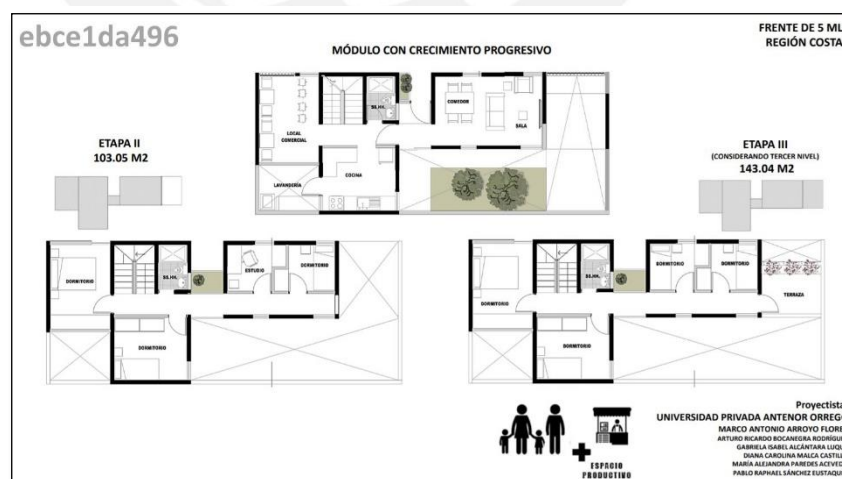


Figura 32 Módulo con crecimiento progresivo prototipo de vivienda social 02

Tomado de Fondo Mivivienda: Prototipos de vivienda social progresiva – Edición 2018 (Fuente: Fondo Mivivienda SA, 2018).

Este prototipo de vivienda social 02 perteneciente a los proyectistas de la Universidad privada Antenor Orrego liderados por Marco Antonio Arroyo Flores presentan, en principio, un módulo básico de 37.12 m², similar al primero mostrado, con dos dormitorios, un baño, una cocina y una lavandería, proyecto idealizado para una familia con tres integrantes (papá, mamá e hijo, por ejemplo).

Sin embargo, pensando en una familia de mayor envergadura, este prototipo plantea módulos con crecimiento progresivo en dos etapas. En la primera se añade un segundo nivel haciendo que el proyecto crezca a 103.05 m² y en la segunda se considera un tercer nivel del proyecto con un área total de 143.04 m². Con esta distribución de espacios, el proyectista enfoca el proyecto a una familia de cuatro integrantes añadiendo un espacio productivo que puede ser implementado como quiosco.

Todos los proyectos presentados en el catálogo comparten la característica de brindar una vivienda de calidad que pueda satisfacer las necesidades básicas en espacios reducidos sin perder el enfoque de ofrecer viviendas a un precio accesible para el sector social como lo viene realizando los programas de vivienda social.

Así como se tomaron ideas y parámetros de los proyectos presentados en el catálogo. El diseño arquitectónico de la presente tesis se basó, principalmente, en una arquitectura propuesta por la empresa Co-ol Construcciones modulares el cual entre sus proyectos de casas modulares presenta una vivienda de 88 m² correctamente distribuidos entre un dormitorio principal, dos dormitorios simples, un living, una cocina, un estar y dos baños.

Por la dimensión del proyecto, este se encuentra enfocado, en primera instancia, para una familia de tres integrantes (padres e hijo, por ejemplo) en donde cada uno contaría con un dormitorio y baño propio.

La distribución de ambientes propuesto para la adaptación del proyecto de vivienda social modular se muestra a continuación:

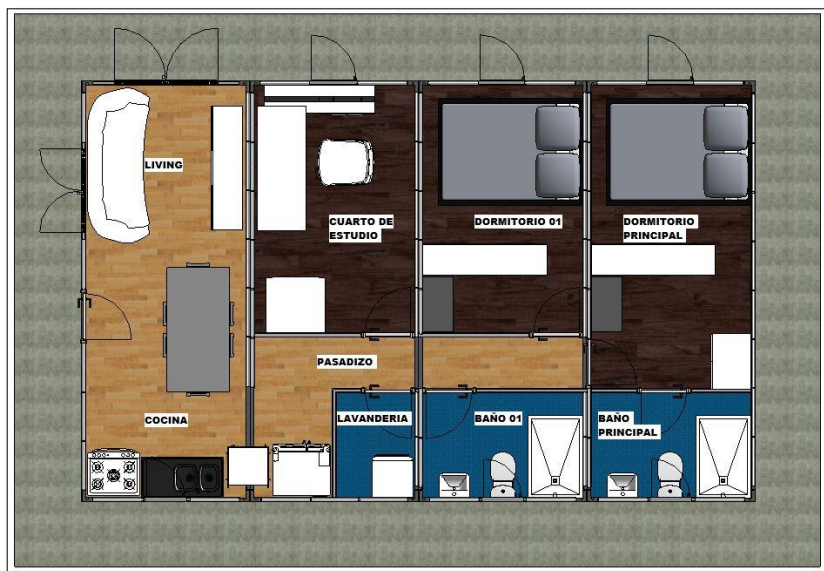


Figura 34 Distribución de ambientes proyecto de vivienda social modular
Tomado de Elaboración propia – Lima (2021). Modelado Revit vista en planta

En el primer módulo de ingreso a la vivienda se tiene un living y cocina compartida en un área de 15 m², en el segundo módulo se comparte parte del área para la cocina y lavandería, así como un cuarto adicional destinado, en este caso, como cuarto de estudio. El tercer módulo conformado por un dormitorio más un baño compartido y en el cuarto módulo se encuentra el dormitorio principal con único baño privado.

Las dimensiones y áreas de cada ambiente presentado se muestran a continuación:

Tabla 5

Dimensiones por tipo de ambiente del proyecto

Características del proyecto			
Ambiente	Ancho (m)	Largo (m)	Area (m ²)
Living - Cocina	-	-	16.32
Cuarto de estudio	2.4	3.7	8.88
Dormitorio 01	2.4	3.7	8.88
Dormitorio principal	2.4	4.4	10.56
Lavandería	1.2	1.6	1.92
Baño 01	2.4	1.6	3.84
Baño principal	2.4	1.6	3.84
Pasadizo	0.8	4.8	3.84
		Total:	58.08

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos del modelado 3D realizado para la adaptación del proyecto

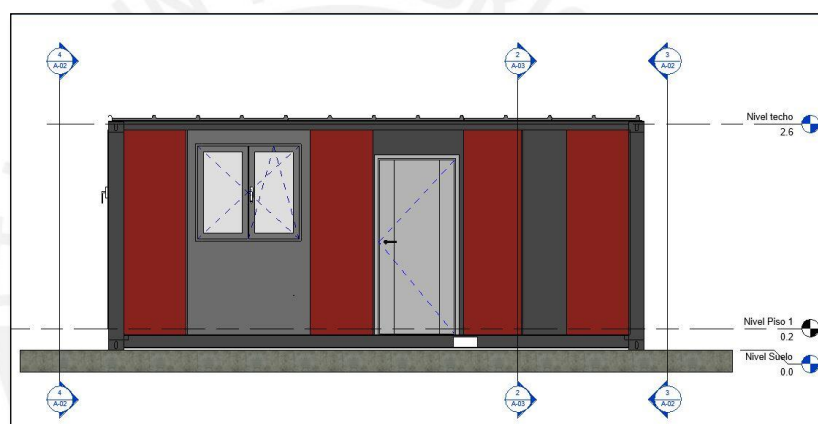


Figura 35 Fachada proyecto de vivienda social modular

Tomado de Elaboración propia – Lima (2021). Modelado Revit vista Elevación Este



Figura 36 Elevación Norte y Sur proyecto de vivienda social modular

Tomado de Elaboración propia – Lima (2021). Modelado Revit

A continuación, se muestra los cortes en elevación de cada ambiente del proyecto

siguiendo la distribución arquitectónica mostrada en la *Figura 34*:

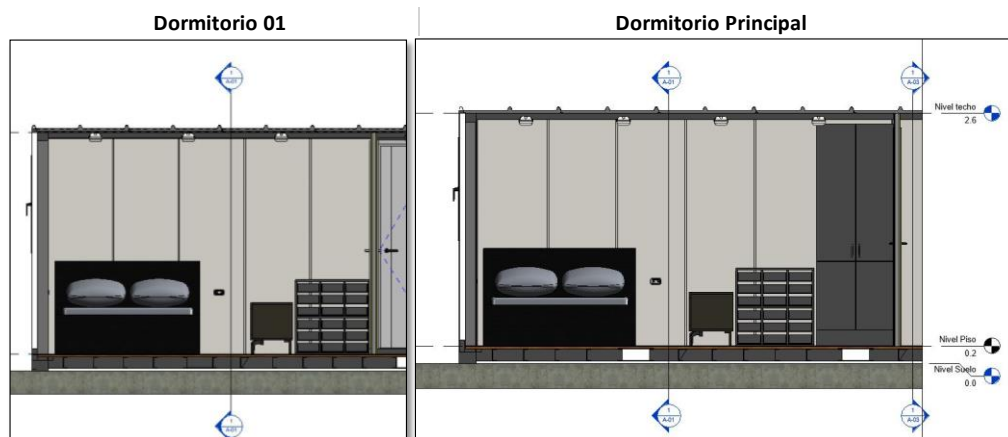


Figura 37 Corte Dormitorio 01 y Dormitorio principal

Tomado de Elaboración propia – Lima (2021). Modelado Revit del proyecto de vivienda social modular

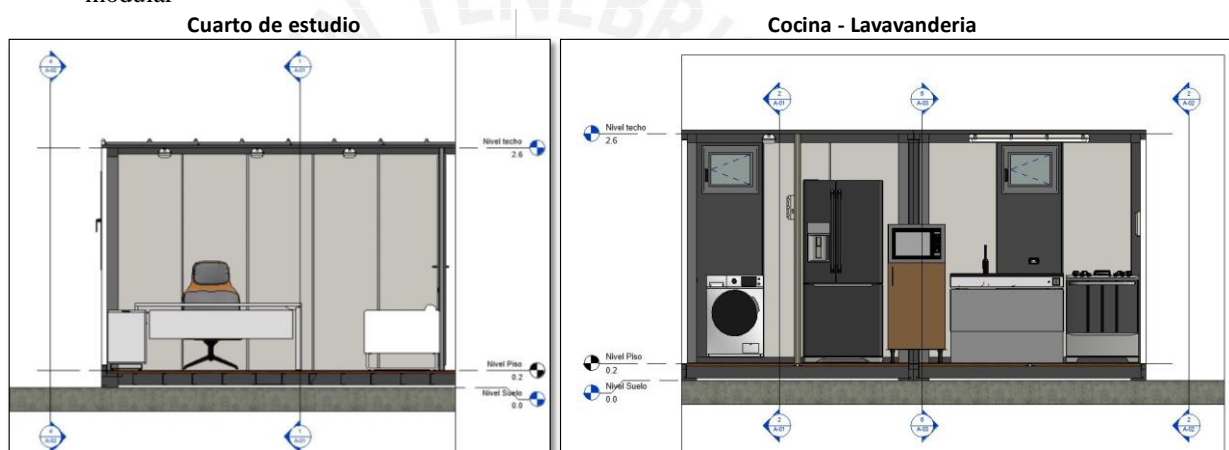


Figura 38 Corte Cuarto de estudio y Cocina – Lavandería

Tomado de Elaboración propia – Lima (2021). Modelado Revit del proyecto de vivienda social modular

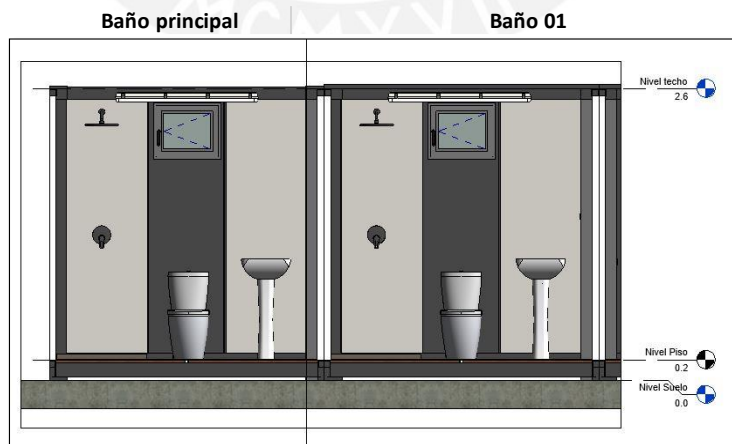


Figura 39 Corte Baño principal y Baño 01

Tomado de Elaboración propia – Lima (2021). Modelado Revit del proyecto de vivienda social modular



Figura 40 Corte Living

Tomado de Elaboración propia – Lima (2021). Modelado Revit del proyecto de vivienda social modular

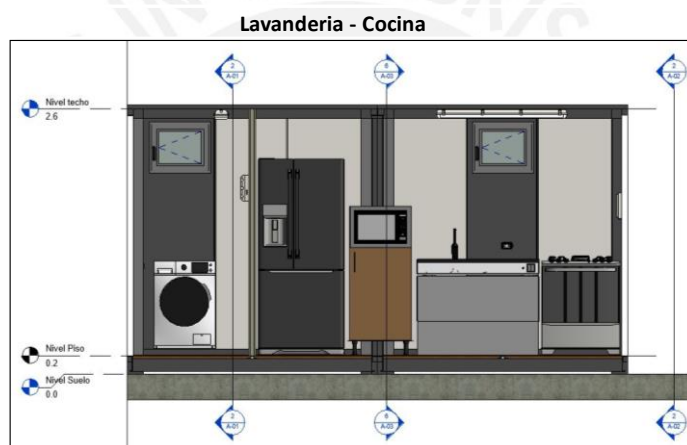


Figura 41 Corte Lavandería – Cocina

Tomado de Elaboración propia – Lima (2021). Modelado Revit del proyecto de vivienda social modular

6.2.2. Materiales a utilizar en la adaptación

En el capítulo anterior se presentó las diversas opciones de materiales y procesos constructivos que se vienen usando en proyectos modulares prefabricadas, desde la etapa de cimentación hasta el tipo de techo a utilizar.

De todas ellas se ha escogido las que más se acoplan a un proyecto de vivienda social en términos técnicos y en su facilidad de instalación.

6.2.2.1. En la cimentación

En esta etapa inicial se optó por el método constructivo tradicional mayormente usado en construcciones prefabricadas debido a su rápido y sencillo proceso constructivo. Se trata de una cimentación superficial: losa de cimentación de concreto armado. Este tipo de cimentación permite reducir los asentamientos diferenciales que puedan existir en suelos no homogéneos además de la facilidad de poder dejar pases de tuberías para la colocación del suministro de agua, desagüe y central eléctrica quedando embutidas en la losa de cimentación de 25 cm de espesor.

Ventajas de su uso:

- Corto tiempo de ejecución
- Reducción de mano de obra calificada
- Indicado para suelos arcillosos
- Reduce la humedad en terrenos con presencia de nivel freático alto



Figura 42 Losa de cimentación en vivienda prefabricada

Tomado de Modular Home – España (2020). Los cimientos, sobre lo que descansa tu casa (Modular Home, 2020).

Para la modulaci3n del proyecto se ha considerado una losa de cimentaci3n de 25 cm de espesor con refuerzo de doble malla de 3/8 con un 1rea de 95 m² considerando un retiro de un metro por todo el per3metro de la vivienda.

Tabla 6

Especificaciones t3cnicas: losa de cimentaci3n del proyecto de adaptaci3n modular

Losa de cimentacion	
Especificaciones	Dimensiones
Base:	8.10 m
Largo:	11.75 m
1rea:	95.17 m ²
Perimetro:	39.7 m
Espesor:	0.25 m
Refuerzo:	doble malla 3/8 @ 0.25
1rea ocupada:	59.54 m ²
1rea libre (retiro):	35.63 m ²

Nota: Elaboraci3n propia. Datos extra3dos del modelado 3D realizado para la adaptaci3n modular



Figura 43 Losa de cimentaci3n del proyecto de adaptaci3n modular

Tomado de Elaboraci3n propia – Per3 (2021). Modelado Revit Proyecto de vivienda social modular

6.2.2.2. En pisos

En este apartado se deja de lado los enchapes en may3lica o porcelanato, parqu3 o piso estructurado para optar por los pisos vin3licos. Como se mencion3 en el cap3tulo V, este producto posee ventajas considerables frente a los pisos tradicionales ya que no se

trata de un material rígido, por lo contrario, el piso vinílico es un producto flexible resistente al desgaste, arañazos y manchas, además de su alta impermeabilidad haciéndolo ideal para ambientes húmedos como baños y cocinas.

Para este proyecto se ha decidido trabajar con los pisos vinílicos en forma de baldosas y no con las presentaciones en rollos. Esto debido a que no contamos con espacios tan amplios en donde poder aprovechar la fácil instalación de los pisos vinílicos en rollos, por lo contrario, se cuenta con ambientes distribuidos que requieren cortes exactos y es por ello que en su formato de baldosas con el sistema clic encajan perfectamente en el proyecto modelado.

Miceli (2020), empresa argentina enfocada en la venta de madera para carpintería y construcción, así como pisos en general, muestra la sencilla instalación del piso vinílico con sistema clic.



Figura 44 Piso vinílico con sistema clic

Tomado de Miceli – Argentina (2020). Instalación de pisos vinílicos 4mm con sistema clic (Fuente: Miceli, 2020).



Figura 45 Sistema clic entre pisos vinílicos

Tomado de Miceli – Argentina (2020). Instalación de pisos vinílicos 4mm con sistema clic (Fuente: Miceli, 2020).

Con este sistema clic, la colocación del piso vinílico se convierte en algo muy parecido a una rompecabeza, sin necesidad de pegamento más que cortes exactos según la distribución de ambientes del proyecto.

Además de sus ventajas técnicas, los pisos vinílicos presentan una amplia variedad de diseños para cada ambiente del hogar al gusto del cliente. Por ejemplo, para el proyecto de adaptación se optó por combinar tres tipos de pisos vinílicos dividiendo las zonas en: living-cocina-pasadizo, dormitorios y baños-lavandería.

Tabla 7

Tipos de pisos vinílicos por ambiente del proyecto modelado

Piso Vinilico				
Ambiente	Sistema	Espesor	Apariencia	Color
Baños	Sistema clic	5 mm	Ceramico Tile Square	Medium Blue
Lavanderia	Sistema clic	5 mm	Ceramico Tile Square	Medium Blue
Cocina	Sistema clic	5 mm	Wood - Strugal - Softwood Lumber	Beechwood natural
Living	Sistema clic	5 mm	Wood - Strugal - Softwood Lumber	Beechwood natural
Pasadizo	Sistema clic	5 mm	Wood - Strugal - Softwood Lumber	Beechwood natural
Dormitorios	Sistema clic	5 mm	Tierra	Red oak espresso

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos del modelado 3D realizado para la adaptación modular

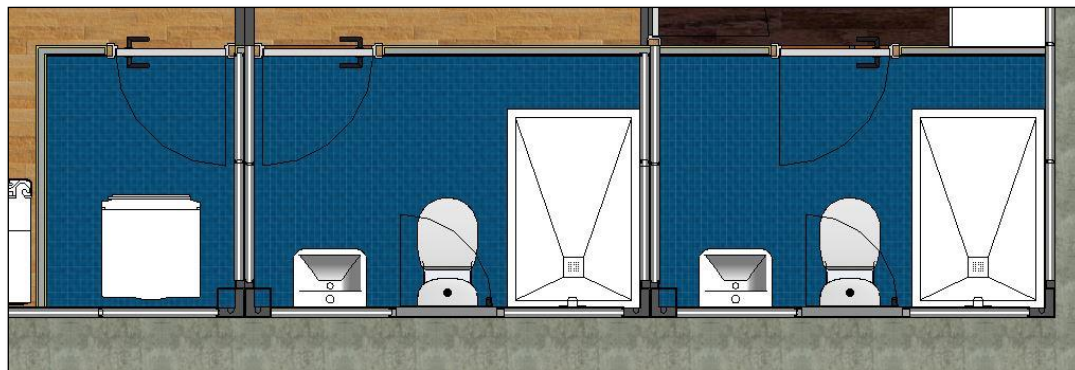


Figura 46 Piso vinílico tipo cerámico Medium blue

Tomado de elaboración propia – Perú (2021). Modelado Revit ambiente de baños y lavandería

Nota: Piso vinílico tipo cerámico Medium blue para baños y lavandería con posible contacto con agua.

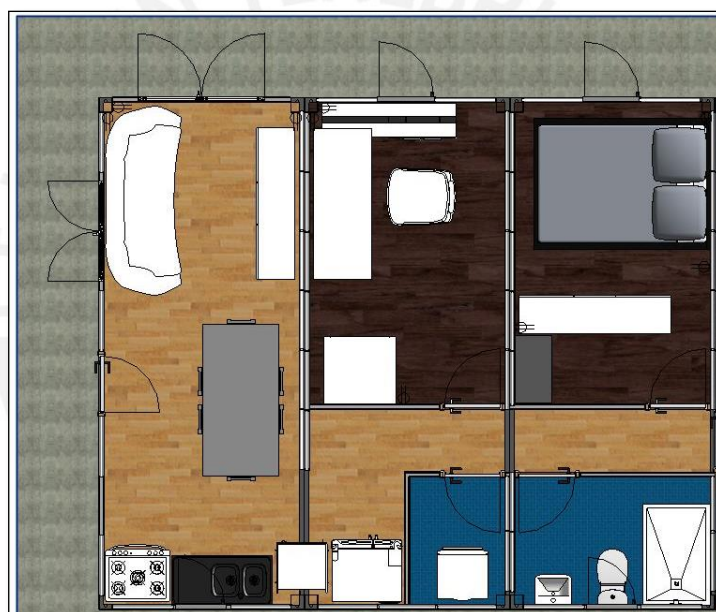


Figura 47 Piso vinílico tipo madera Beechwood natural

Tomado de elaboración propia – Perú (2021). Modelado Revit ambiente cocina-living-pasadizo

Nota: Piso vinílico tipo madera Beechwood natural para el living, cocina y pasadizo.



Figura 48 Piso vinílico tipo tierra Red oak espresso

Tomado de elaboración propia – Perú (2021). Modelado Revit ambiente dormitorios

Nota: Piso vinílico tipo tierra Red oak espresso para dormitorios y cuarto de estudio.

6.2.2.3. En tabiquería

Cada vez es más común el uso de drywall como tabiquería no portante en construcciones prefabricadas. Esto debido a su fácil instalación y adaptación en proyectos, precio económico y alta disponibilidad en el mercado. Sin embargo, presenta ciertas deficiencias que hace que este material no sea considerado como tabiquería principal para la presente adaptación. Algunas de ellas como el fácil deterioro al contacto con el agua o que no son resistentes a los golpes ya que son láminas de yeso que paran en constante desgaste.

Por otro lado, la mejor opción para el proyecto en estudio son los paneles tipo sándwich termoaislante de poliuretano - PUR. Estos paneles están compuestos por dos capas de acero galvanizado o Aluzinc pre pintado de 0.50 mm de espesor y un núcleo de poliuretano inyectado de alta densidad.

Este tipo de tabiquería, a diferencia de los paneles de drywall, no requieren de una estructura previa para su colocación (rieles o estructura metálica), son totalmente

independientes constructivamente e, inclusive, pueden llegar a ser considerados tabiquería portante para pequeñas viviendas de un solo nivel.

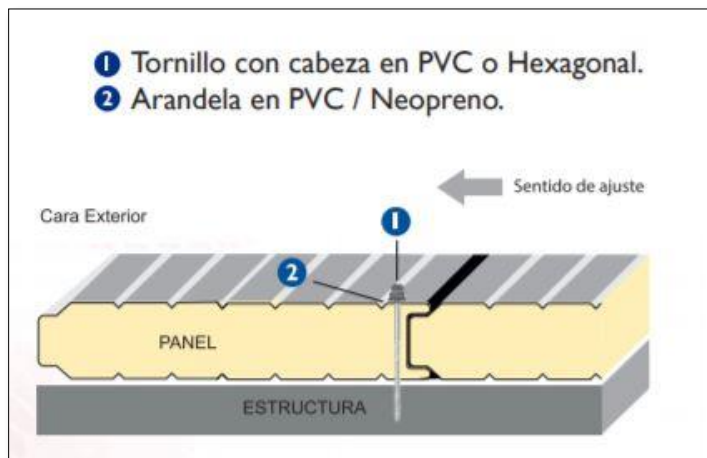


Figura 49 Sistema de anclaje entre paneles tipo sándwich

Tomado de Metecno Latinoamérica. Ficha técnica paneles tipo sándwich (Fuente: Metecno The Specialist, 2017).

Otra característica importante y resaltante de los paneles tipo sándwich es su manera de conectar entre ellos. Al igual que los pisos vinílicos con sistema clic, los paneles tipo sándwich también poseen un sistema que permite la unión y sellado entre paneles. Se trata de un machihembrado que sella la junta entre paneles formando un perfecto ensamblaje con traslape evitando el paso del agua hacia el interior sin necesidad de color sellos adicionales



Figura 50 Conexión entre paneles tipo sándwich vista en planta

Tomado de elaboración propia – Perú (2021). Modelado Revit tabiquería vista en planta

6.2.2.4. En techos

En primera instancia, el proyecto de vivienda social modular de la presente tesis tiene idealizada su aplicación en la costa del país en el departamento de lima por lo que el clima predominante a considerar, según el resumen ejecutivo del Senamhi, es un “Clima árido y templado, con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año” (Senamhi, 2020) por lo que el tema de las fuertes lluvias no es un criterio a considerar en el modelado del proyecto.

El material seleccionado para el techo del proyecto es el panel sándwich termoacústico y, por el registro del clima predominante obtenido, basta con un techo con única pendiente sobre un lado (techo a un agua).

Al igual que los paneles sándwich usados en la tabiquería, estos paneles aislantes para techos están formado por dos láminas de acero y un núcleo de espuma rígida de poliuretano y lana de roca.

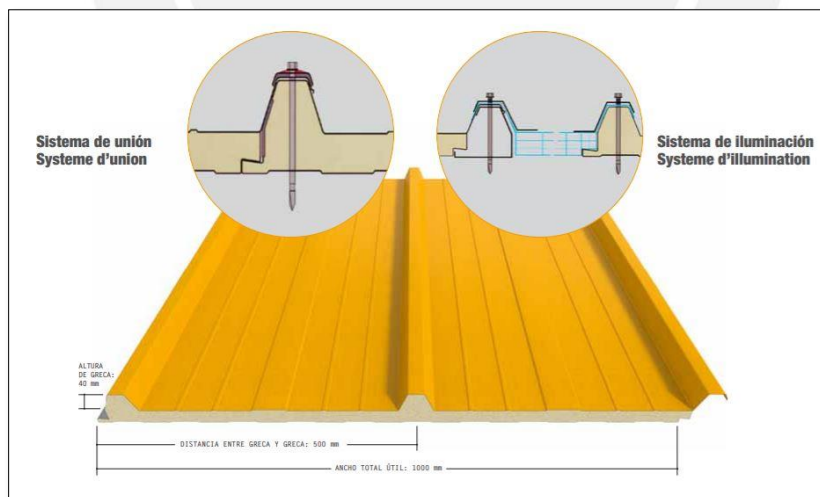


Figura 51 Ficha técnica panel tipo sándwich modelo AIS 3G

Tomado de Panelais Producciones – España. Project sandwich panels (Fuente: Panelais producciones, 2019).

Presenta un ancho útil de un metro, distancia entre grecas de medio metro y altura de greca de cuarenta milímetros. Estas distancias permiten que los paneles tengan resistencia estructural y un fácil manejo de los paneles. Además, la unión entre paneles horizontales resulta sencillo ya que cada panel cuenta en uno de sus extremos con una especie de media greca sin relleno que permite que el panel se sobreponga sobre la greca del otro extremo y así sucesivamente se va realizando su colocación en el lugar.

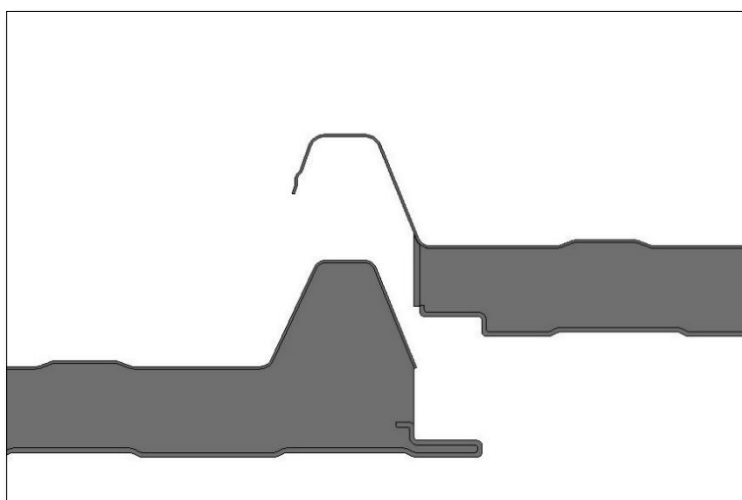


Figura 52 Sobreposición entre paneles tipo sándwich del proyecto
Tomado de elaboración propia – Lima (2021). Modelado Revit vista West Techo del proyecto

Como se observa en la *Figura 52*, extraída del modelado del proyecto, existe una sobreposición entre paneles para luego asegurarlo con autoperforante y de este modo asegurar el sellado total de los paneles impidiendo el pase del agua al interior de los ambientes.



Figura 53 Techo con panel tipo sándwich modelo AIS 3G
Tomado de elaboración propia – Lima (2021). Modelado Revit vista 3D

6.3. Diseño eléctrico

Se presentará el diseño correcto y eficiente de las instalaciones de alumbrado, instalaciones de tomacorrientes, así como la ubicación del tablero general y pozo tierra garantizando una correcta funcionalidad para la adaptación del proyecto respetando los parámetros indicados por el Reglamento Nacional de Edificaciones R.N.E – Norma EM-0.10.

Respecto al suministro de energía, este sería brindado por la empresa ENEL (o empresa encargada del suministro de energía de la zona) con una alimentación de baja tensión 220v – trifásica. Asimismo, la ubicación del medidor y los estándares de construcción del mismo serían aprobados por la misma ENEL junto con la municipalidad del distrito cumpliendo con las normas y reglamentos exigidos.

Cumpliendo con la Norma EM-0.10 de instalaciones eléctricas y el Código Nacional de Electricidad (CNE), la memoria descriptiva del presente proyecto incluiría:

- Cuadro de áreas
- Número de circuitos

– Carga instalada

6.3.1. Cuadro de áreas

Se trata de una vivienda unifamiliar de un piso con distribuciones de ambientes satisfaciendo las necesidades básicas del propietario tal y como se puede observar en la *Figura 54*.

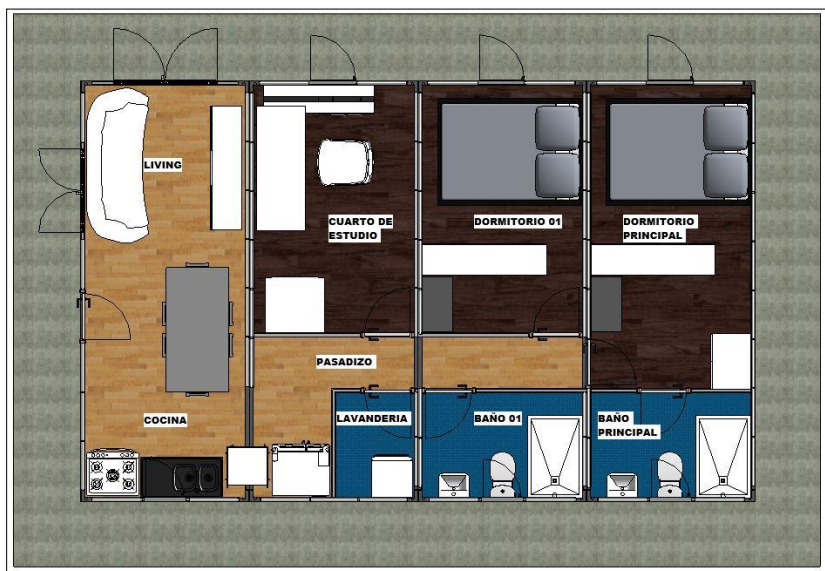


Figura 54 Distribución de ambientes proyecto de adaptación
Tomado de elaboración propia – Lima (2021). Modelado Revit vista en planta

Tabla 8

Cuadro de áreas de la vivienda social unifamiliar

Cuadro de áreas	
Ambiente	Área (m2)
Living - Cocina	16.32
Cuarto de estudio	8.88
Dormitorio 01	8.88
Dormitorio principal	10.56
Lavandería	1.92
Baño 01	3.84
Baño principal	3.84
Pasadizo	3.84
Total (m2)	58.08

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos del modelado 3D realizado para la adaptación del proyecto

El área total techada del proyecto es de 58.08 m2

6.3.2. Número de circuitos

Las consideraciones adoptadas en base a los reglamentos EM-0.10 y el Código Nacional de Electricidad son:

- Se debe colocar un circuito de alumbrado por cada 100m² de área techada
- Se debe colocar un circuito de tomacorrientes por cada 18 salidas
- Se considera un circuito para la puerta levadiza del estacionamiento
- Se considera un circuito independiente por cada terma
- Se considera un circuito independiente por cada cocina eléctrica
- Se considera un circuito para el ascensor
- Se considera un circuito para la escalera
- Se considera un circuito para la electrobomba
- Se considera un circuito de reserva
- Cada departamento cuenta con un medidor
- Se emplea un medidor único para los estacionamientos y las áreas compartidas

La distribución de circuitos considerados para el proyecto de vivienda social unifamiliar es:

- No hay presencia de tableros de distribución más que el tablero general
- Se está considerando un único circuito de alumbrado para un área techada de 58m²
- Se está considerando 2 circuitos de tomacorrientes
- Se está considerando 1 circuito independiente para terma

A continuación, se muestra los circuitos de alumbrado y tomacorriente para el proyecto de adaptación:

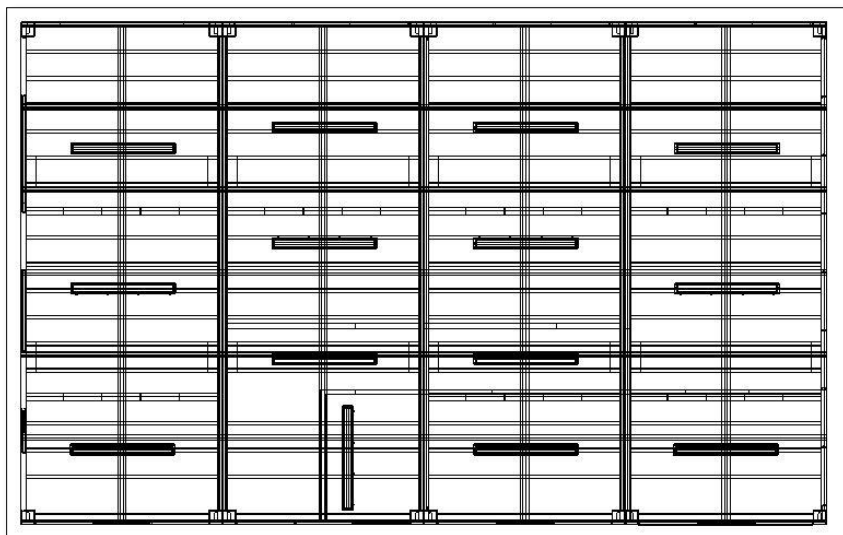


Figura 55 Distribución de luminarias para el proyecto de adaptación
Tomado de Elaboración propia – Lima (2021). Diseño en AutoCAD

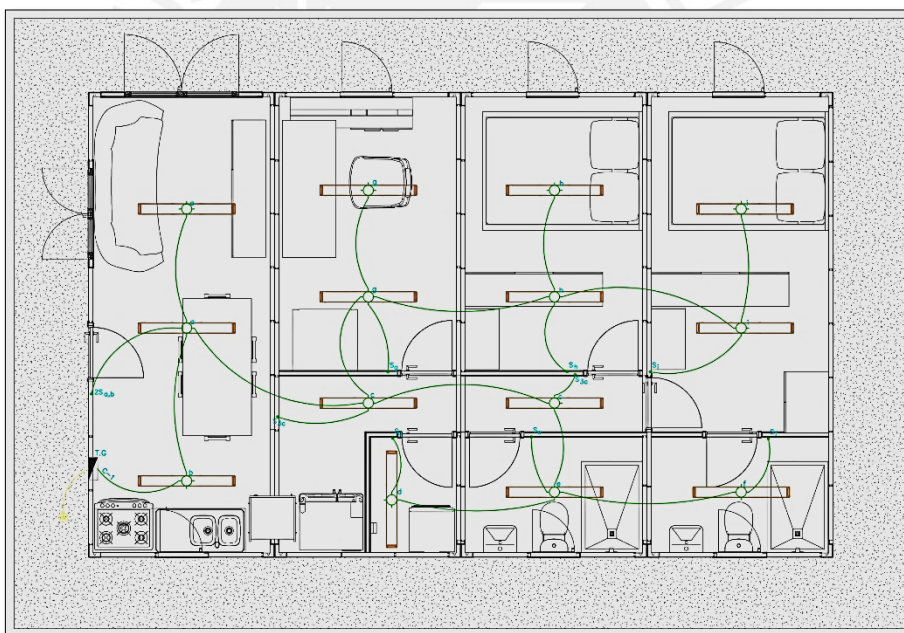


Figura 56 Circuito alumbrado e interruptores para el proyecto de adaptación
Tomado de Elaboración propia – Lima (2021). Diseño en AutoCAD

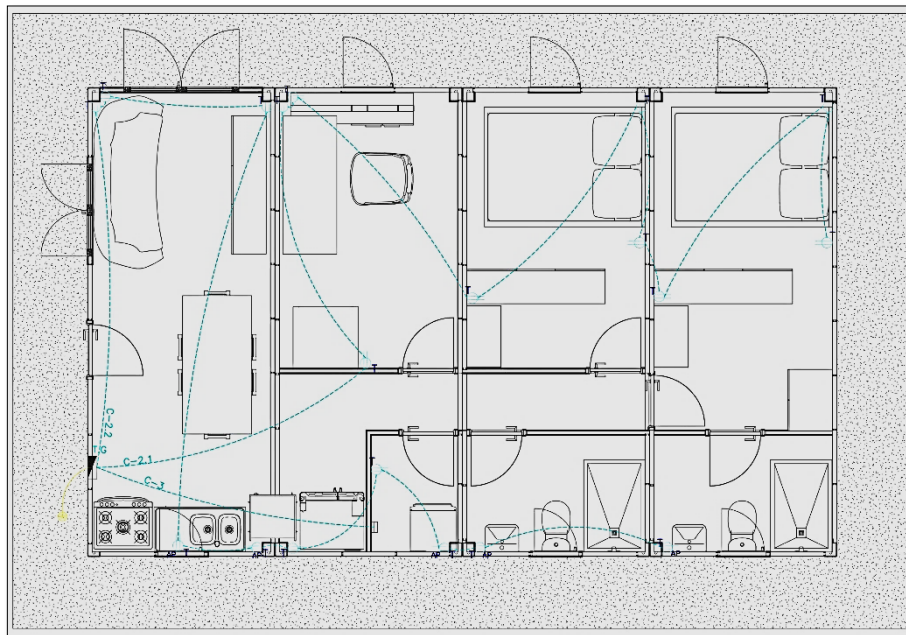


Figura 57 Circuito tomacorrientes para el proyecto de adaptación
Tomado de Elaboración propia – Lima (2021). Diseño en AutoCAD

Como se observa en la Figura 57, existen dos circuitos de tomacorrientes: uno para dormitorios y cuarto de estudio y otro para baños, lavandería, cocina y living. Asimismo, un circuito independiente para la terma.

6.3.3. Carga instalada

Según el Ministerio de Energía y Minas, para una vivienda unifamiliar, se tiene 2 500 W para los primeros 90 m² de área techada; mas 1 000 W para cada 90 m² o fracción en exceso de los primeros 90 m².

Tabla 9

Cuadro de cargas instaladas del proyecto de vivienda social

Cargas de Alumbrado y Tomacorrientes						
Regla	Descripción		Pot.Inst (W)	F.D	De	D.M (W)
050-200(1)(a)(i)	Carga básica	58 m ²	2500			
050-200(1)(a)(ii)	Carga adicional	-	-			
050-200(1)(a)(ii)	Carga (fracción)	-	-			
			2500	1.00	2500	2500
Cargas de calefacción						
050-200(1)(a)(iii)	No aplica	-	-	-	-	-
270-500 270-116-2	A. Calefacción con control automático: Primeros 10 kW - F.D. 100 %, y el saldo F.D. 75% B. Aire acondicionado F.D. 100% Nota: Usar el mayor de A o B - Regla 050-106(4)					
Cargas de cocina eléctrica						
050-200(i)(a)(iv)	No aplica	-	-	-	-	-
Cargas de calentadores de agua						
050-200(i)(a)(v)	Calentador de agua para baño	2500 W	2500	1.00	2500	2500
TOTAL			5000			5000

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos del proyecto y del Manual de Sustentación del código nacional de electricidad utilización 2006 (Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2008).

De la Tabla 9, se obtiene la demanda máxima, carga instalada y factor de demanda del proyecto:

Tabla 10

Carga instalada, demanda máxima y factor de demanda del proyecto

C.I =	5 000	W
D.M =	5 000	W
F.D =	1.00	-

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos de Tabla 8 “Cuadro de cargas instaladas del proyecto de vivienda social”

Utilizando (i) y Tabla 10 para conocer la intensidad de un circuito trifásico:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \theta} \dots (i)$$

Para un voltaje de 220v, los valores de $\cos\theta$ son conocidos:

Tabla 11

Valores de factores de potencia para Alumbrado, Tomacorrientes, Electrobombas y alimentadores

Voltaje	220
$\cos\theta$	
Alumbrado	1.00
Tomacorriente	0.95
Electrobomba,alimentador	0.90

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos de diapositivas del curso Instalaciones de Edificaciones PUCP 2018-1

- Se obtiene 13.12 A con suministro trifásico de 220 V y considerando factor de potencia de 1.
- Los conductores de la acometida y del alimentador deben soportar 13 A.
- El dispositivo de protección contra sobre corrientes deberá ser de 13 A.

Para el diseño de los circuitos involucrados se hace uso de la *tabla 27.1 “Intensidades admisibles, en amperios, para diversos tipos de conductores aislados”* del National Electrical Code (1953) en la cual se puede determinar la sección transversal de los conductores conociendo su amperaje.

Tabla 12

Cuadro para diseño de conductores eléctricos según el National Electrical Code de los EE. UU (1953)

TABLA: 27.1 : Intensidades admisibles, en amperios, para diversos tipos de conductores aislados (NATIONAL ELECTRICAL CODE 1953)												
Máximo, tres conductores por tubo, conducto o envoltivo, a base de una temperatura del local de 30°C												
A	B		C*	D*	E	F	G	H	I	J	K*	
Número de la galga americana Standard AWG	Sección Transversal		Sección Comercial	Resistencia de un conductor en tubo reglamentario, en ohmios por 1000 metros a 60° C	Reactancia de un conductor en tubo reglamentario, en ohmios por 1000 metros, a 60 ciclos por segundo	Cauchos tipos R, RW, RU, RUW (14-2) - Termo plásticos tipos T, TW - Tipo RH, RW	Caucho tipo RH - Tipo RH, RW - Tipo RHW	Papel - Amianto termoplástico tipo TA - Cinta de Amianto, barnizados tipos AVA, AVL - Cinta de Amianto barnizada tipo AVB - Cable MI	Cinta de Amianto, barnizados tipos AVA, AVL	Amianto impregnado Tipo A1 (14-8) Tipo AIA	Amianto Tipo A (14-8) Tipo AA	Coeficiente aproximado de corrección para cuando los conductores están al aire libre (Multiplicar por)
	Milésimas circulares de pulgada	mm ²	mm ²									
14	4,107	2.1	2.5	9.57	-	15	15	25	30	30	30	1.2
12	6,530	3.3	4.0	6	-	20	20	30	35	40	40	1.4
10	10,380	5.3	6.0	3.81	-	30	30	40	45	50	55	1.4
8	16,510	8.7	9.0	2.38	0.1174	40	45	50	60	65	70	1.45
6	26,250 28,250	13.3 13.3		1.526 1.526	0.1101 0.1101	55 55	65 65	70 70	80	85	95	1.5
4	41,740	21.1		0.958	0.1043	70	85	90	105	115	120	1.55
3	52,630	26.7		0.761	0.1	80	100	105	120	130	145	1.55
2	66,370	33.6		0.604	0.0981	95	115	120	135	145	165	1.55
1	83,690	42.4		0.479	0.1	110	130	140	160	170	190	1.55
0	105,500	53.5		0.38	0.0974	125	150	155	19	200	225	1.55
0	133,100	67.4		0.301	0.0951	145	175	185	215	230	250	1.55
0	167,800	85		0.239	0.0922	165	200	210	245	265	285	1.55
0	211,600	107.2		0.189	0.0905	195	230	235	275	310	340	1.55

Nota: Tabla extraída de diapositivas del curso Instalaciones de Edificaciones PUCP 2018-1

Tabla 13

Diseño de conductores eléctricos para el proyecto de vivienda social modular

Circuito	Tipo	Descripcion	Potencia (vatios)	I (amp)	I min (amp)	Circuito	Llave diferencial	Diseño
C-1	2P	Alumbrado General	2500	11.36	10	2X20A	2x25A	2-1x4mm ² TW
C-2.1	2P	Tomacorrientes Cuarto de estudio y dormitorios	2500	11.96	10	2X20A	2x25A	2-1x4mm ² TW
C-2.2	2P	Tomacorrientes Living, cocina , baños y lavandería	2500	11.96	10	2X20A	2x25A	2-1x4mm ² TW
C-3	2P	Calentador de agua	2500	12.63	15	2X20A	2x25A	2-1x4mm ² TW
TG	3P	Tablero general	5000	14.58	15	3X30A		3-1x16mm ² TW

Nota: Elaboración propia. Tabla resumen de diseño de conductores para el proyecto de vivienda social modular

De este modo, se obtiene la composición de llaves térmicas que irían en el

Tablero General del proyecto:

Tabla 14

Composición de llaves térmicas a considerar en el proyecto

Composición Tablero General	
Tipo	Potencia
Llave termica General	2x30A
Llave termica Alumbrado General	2X20A
Llave termica Tomacorriente General	2X20A
Llave diferencial	2X25A

Nota: Elaboración propia. Tabla resumen con potencia de llaves térmicas requeridas para el proyecto

6.3.4. Pozo tierra

Para el presente proyecto se ha decidido utilizar un único pozo tierra ubicado, preferencialmente, alejado a 2 metros del perímetro de la vivienda (esto puede variar de acuerdo a la zona específica en donde se lleve a cabo el proyecto)

El diseño de pozo tierra consiste en una varilla de cobre enterrada (vertical o horizontal) con tratamiento higroscópico ecológico el cual cumple la función de conducir y dispersar las corrientes eléctricas por una ruta segura evitando consecuencias graves en personas y equipos.

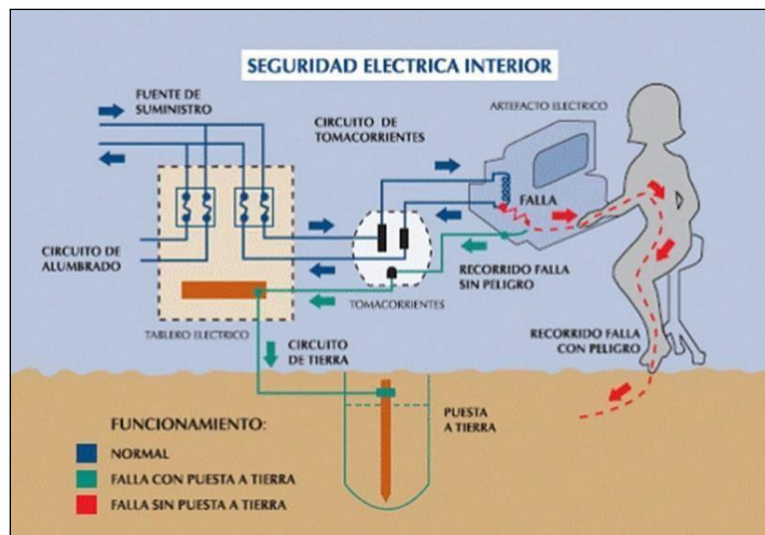


Figura 58 Esquema típico de puesta a tierra interior en una vivienda
Tomado de Global Electric Solar – Lima (2018) (Fuente: Global Electric Solar, 2018).

Como se entiende en la *Figura 58*, contar con un sistema a puesta tierra asegura que, ante cualquier falla eléctrica, las partes metálicas de todos los equipos electrónicos descarguen la corriente hacia el pozo tierra evitando que el usuario sufra alguna descarga eléctrica.

6.4. Diseño sanitario

El diseño sanitario del proyecto modular se ha desarrollado sobre la base del proyecto de arquitectura, compatibilizando la ubicación y suministro de agua potable y desagüe proyectados para el proyecto de vivienda social modular.

Se tiene como objetivo proyectar el sistema de agua potable y desagüe técnicamente eficiente y económicamente razonable teniendo en cuenta la distribución arquitectónica de los planos, asimismo, lograr que las familias propietarias cuenten con una infraestructura segura y servicios sanitarios funcionales.

6.4.1. Instalación de agua fría

- Cálculo de la dotación de agua potable

Para determinar la dotación se toma como premisa lo descrito en el Artículo N°6 de la Norma Técnica I.S 010 *Instalaciones Sanitarias para Edificaciones* en donde se puede conocer la dotación diaria mínima de agua para uso doméstico, comercial, industrial, escuelas, entre otros.

Tabla 15

Cuadro de dotación del sistema de agua potable proyectado en el proyecto

Ambiente	Uso (R.N.E)	Cantidad	Dotacion (l/p/d)	Dotacion parcial
Vivienda	Habitantes	3	150	450
Riego de jardín	Metros cuadrados	3	5	15
Dotación total m3/d:				0.465

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos de la Norma Técnica I.S 010 Instalaciones Sanitarias para Edificaciones (Fuente: Norma Técnica I.S.010, 2006).

- Cálculo de volumen y dimensionamiento de tanque elevado para agua

Para esta adaptación no se ha contemplado el contar con una cisterna enterrada o un tanque elevado como implementación en el suministro de agua potable por tema de costos y diseño arquitectónico. Sin embargo, se calcula su volumen y diseño en caso sea necesario su implementación.

De acuerdo con el R.N.E – IS. 010, art 8, f) el volumen mínimo de la Cisterna debe ser igual a la dotación diaria, no obstante, por recomendación se toma un factor conservador de 1.25 de la dotación diaria.

De este modo se obtiene:

Tabla 16

Volumen de tanque elevado para agua potable

	Volumen (Litros)
Dotación diaria	465
Factor	1.25
	581.25
Tanque elevado	600

Nota: Elaboración propia. Volumen calculado de tanque elevado para agua potable

Tabla 17

Dimensionamiento de tanque elevado para agua potable

Altura (m)	Diámetro (m)	Capacidad (L)
1.12	0.97	600

Nota: Elaboración propia. Especificaciones técnicas de tanque elevado para agua potable

Asimismo, se muestra el esquema de instalación de un tanque de agua potable

Rotoplas

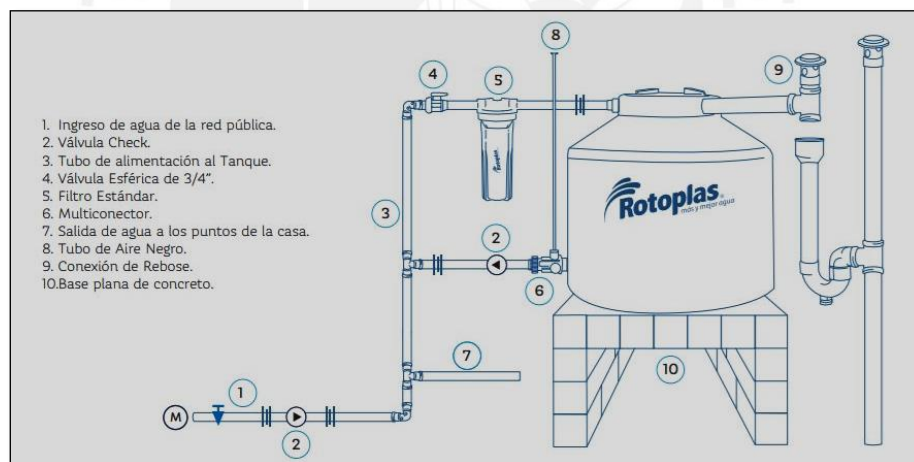


Figura 59 Esquema de instalación de tanque elevado 600L

Tomado de Rotoplas – México (2021). Ficha técnica tanque de agua 600L (Fuente: Rotoplas, 2021).

6.4.2. Diseño de diámetros

Previamente a dimensionar los diámetros de las tuberías sanitarias, se realiza el trazado de agua fría y agua caliente en toda la vivienda para así definir y conocer la ruta

crítica. Se calcula las unidades de gasto (UG), posteriormente, aplicando el Método de Hunter, se conoce los gastos probables en l/s y con ello poder conocer los diámetros de diseño.

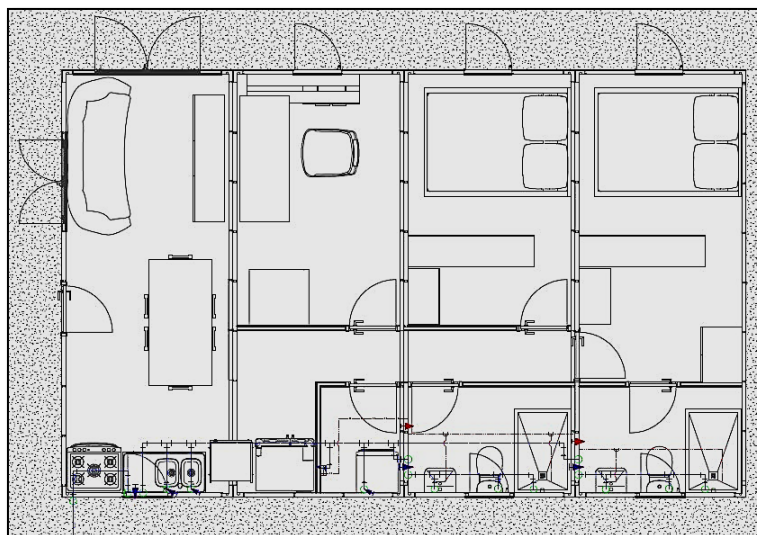


Figura 60 Red de distribución de agua fría y caliente para el proyecto de vivienda social

Tomado de Elaboración propia – Lima (2022). Diseño en AutoCAD vista en planta



Figura 61 Ruta crítica con Unidades de Gasto del proyecto de vivienda social

Tomado de Elaboración propia – Lima (2022). Diseño en AutoCAD vista en planta

En la *Figura 61* se observa en azul la ruta crítica del proyecto, se le asigna unidades de gasto según el aparato sanitario de acuerdo a la Tabla 18 tomada del Anexo 1 de la Norma Técnica I.S. 010.

Tabla 18

Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios (aparatos de uso privado)

Aparato sanitario	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Inodoro	Con tanque – descarga reducida.	1,5	1,5	-
Inodoro	Con tanque.	3	3	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática.	6	6	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida.	3	3	-
Bidé		1	0,75	0,75
Lavatorio		1	0,75	0,75
Lavadero		3	2	2
Ducha		2	1,5	1,5
Tina		2	1,5	1,5
Urinario	Con tanque	3	3	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática.	5	5	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida.	2,5	2,5	-
Urinario	Múltiple (por m)	3	3	-

Nota: Datos extraídos de la Norma Técnica I.S. 010 Instalaciones Sanitarias para Edificaciones (Fuente: Norma Técnica I.S.010, 2006).

Haciendo uso de la Tabla 19 del Anexo 3 de la Norma Técnica I.S. 010 aplicando el Método de Hunter se puede conocer el gasto probable o caudal (l/s) en cada tramo de la ruta crítica para posteriormente tener el diámetro de diseño de las tuberías.

Tabla 19

Gastos probable para aplicación del Método de Hunter

N° de unidades	GASTO PROBABLE		N° de unidades	GASTO PROBABLE		N° de unidades	GASTO PROBABLE
	TANQUE	VÁLVULA		TANQUE	VÁLVULA		
3	0,12	-	120	1,83	2,72	1100	8,27
4	0,16	-	130	1,91	2,80	1200	8,70
5	0,23	0,91	140	1,98	2,85	1300	9,15
6	0,25	0,94	150	2,06	2,95	1400	9,56
7	0,28	0,97	160	2,14	3,04	1500	9,90
8	0,29	1,00	170	2,22	3,12	1600	10,42
9	0,32	1,03	180	2,29	3,20	1700	10,85
10	0,43	1,06	190	2,37	3,25	1800	11,25
12	0,38	1,12	200	2,45	3,36	1900	11,71
14	0,42	1,17	210	2,53	3,44	2000	12,14
16	0,46	1,22	220	2,60	3,51	2100	12,57
18	0,50	1,27	230	2,65	3,58	2200	13,00
20	0,54	1,33	240	2,75	3,65	2300	13,42
22	0,58	1,37	250	2,84	3,71	2400	13,86
24	0,61	1,42	260	2,91	3,79	2500	14,29
26	0,67	1,45	270	2,99	3,87	2600	14,71
28	0,71	1,51	280	3,07	3,94	2700	15,12
30	0,75	1,55	290	3,15	4,04	2800	15,53
32	0,79	1,59	300	3,32	4,12	2900	15,97
34	0,82	1,63	320	3,37	4,24	3000	16,20
36	0,85	1,67	340	3,52	4,35	3100	16,51
38	0,88	1,70	380	3,67	4,46	3200	17,23
40	0,91	1,74	390	3,83	4,60	3300	17,85
42	0,95	1,78	400	3,97	4,72	3400	18,07
44	1,00	1,82	420	4,12	4,84	3500	18,40
46	1,03	1,84	440	4,27	4,96	3600	18,91
48	1,09	1,92	460	4,42	5,08	3700	19,23
50	1,13	1,97	480	4,57	5,20	3800	19,75
55	1,19	2,04	500	4,71	5,31	3900	20,17
60	1,25	2,11	550	5,02	5,57	4000	20,50
65	1,31	2,17	600	5,34	5,83		
70	1,36	2,23	650	5,85	6,09		
75	1,41	2,29	700	5,95	6,35		
80	1,45	2,35	750	6,20	6,61		
85	1,50	2,40	800	6,60	6,84		
90	1,56	2,45	850	6,91	7,11		
95	1,62	2,50	900	7,22	7,36		
100	1,67	2,55	950	7,53	7,61		
110	1,75	2,60	1000	7,84	7,85		

PARA EL NÚMERO DE UNIDADES DE ESTA COLUMNA ES INDIFERENTE QUE LOS APARATOS SEAN DE TANQUE O DE VÁLVULA

NOTA: Los gastos están dados en L/s y corresponden a un ajuste de la tabla original del Método de Hunter.

Nota: Datos extraídos de la Norma Técnica I.S. 010 Instalaciones Sanitarias para Edificaciones (Fuente: Norma Técnica I.S.010, 2006).

Tabla 20

Tabla para diámetros mínimos y máximos para red de distribución según el caudal

Diámetro (Max ó min) (Pulg.)	Velocidad máxima (m/s)	(Para Ø mínimo)	(Para Ø máximo)	<ul style="list-style-type: none"> • Para elegir el Ø mínimo: Comparar el gasto que se tiene con el Q_{max} y tomar el Ø inmediato siguiente. • Para elegir el Ø máximo: Comparar el gasto que se tiene con el Q_{min} y tomar el Ø inmediato anterior.
		Gasto máximo Q_{max} (l.p.s.)	Gasto mínimo Q_{min} (l.p.s.)	
1/2"	1.9	0.24	0.08	
3/4"	2.2	0.63 ↓	0.17 ↑	
1"	2.48	1.26	0.30	
1-1/4"	2.85	2.26	0.48	
1-1/2"	3	2.48	0.68	
2"	3	6.19	1.22	
2-1/2"	3	9.67	1.90	
3"	3	13.92	2.14	

Nota: Tabla extraída de Diapositivas del curso Instalaciones de Edificaciones PUCP (2018-1)

Haciendo uso de la Tabla 19 y Tabla 20 se puede calcular el diámetro de diseño de la red de distribución de agua fría para el proyecto de vivienda social propuesto.

Tabla 21

Diámetros de diseño de la ruta crítica

TRAMO	LONG (M)	UG	Q (L/S)	DIAM.MIN	DIAM.MAX	DIAM.DISEÑO
a - b	5.30	6	0.25	3/4"	3/4"	3/4"
b - c	0.42	12	0.38	3/4"	1"	1"
c - d	2.50	15	0.44	3/4"	1"	1"
d - e	0.35	18	0.50	3/4"	1-1/4"	1"
e - f	2.80	21	0.56	3/4"	1-1/4"	1"

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos usando Tabla 18 y Tabla 19

Para el proyecto de vivienda social modular se tiene:

- Unidades de gasto = 21 UG
- Gasto probable (caudal) = 0.56 litros/segundo
- Según el caudal a conducir para todo el proyecto, se recomienda que el diámetro del tubo de alimentación sea de 1"

6.4.3. *Instalación de desagüe y ventilación*

- Diámetros y pendientes

Para conocer los diámetros de las tuberías de desagüe de los aparatos sanitarios se debe conocer sus unidades de descarga (UD) las cuales se obtienen de la Tabla 22 del Anexo 6 de la Norma Técnica I.S. 010.

Tabla 22

Unidades de descarga

Tipos de aparatos	Diámetro mínimo de la trampa (mm)	Unidades de descarga
Inodoro (con tanque).	75 (3")	4
Inodoro (con tanque descarga reducida).	75 (3")	2
Inodoro (con válvula automática y semiautomática).	75 (3")	8
Inodoro (con válvula automática y semiautomática de descarga reducida).	75 (3")	4
Bidé.	40 (1 ½")	3
Lavatorio.	32 - 40 (1 ¼" - 1 ½")	1 - 2
Lavadero de cocina.	50 (2")	2
Lavadero con trituradora de desperdicios.	50 (2")	3
Lavadero de ropa.	40 (1 ½")	2
Ducha privada.	50 (2")	2
Ducha pública.	50 (2")	3
Tina.	40 - 50 (1 1/2" - 2")	2 - 3
Urinario de pared.	40 (1 ½")	4
Urinario de válvula automática y semiautomática.	75 (3")	8
Urinario de válvula automática y semiautomática de descarga reducida.	75 (3")	4
Urinario corrido.	75 (3")	4
Bebedero.	25 (1")	1 - 2
Sumidero	50 (2")	2

Nota: Datos extraídos de la Norma Técnica I.S. 010 Instalaciones Sanitarias para Edificaciones (Fuente: Norma Técnica I.S.010, 2006)

Tabla 23

Unidades de descarga en el proyecto de vivienda social

Aparato sanitario	Diámetro elegido (pulgadas)	Unidades de Descarga (UD)
Inodoro	4"	4
Lavatorio	2"	2
Ducha privada	2"	2
Lavadero de cocina	2"	2

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos usando la Tabla 21

Asimismo, la I.S 010 menciona que las pendientes de los colectores y de los ramales de desagüe interiores serán mayores a 1% para diámetros de 100 mm (4") y mayores; y mayores a 1.5% para diámetros de 75 mm (3") o inferiores.

- Diámetros mayores o iguales 4" → Pendiente \geq 1%
- Diámetros menores o iguales 3" → Pendiente \geq 1.5%

- Red de ventilación

La Norma Técnica I.S.010 indica que las tuberías destinadas a ventilar los aparatos sanitarios deben ser mayor a la mitad del mayor diámetro del desagüe diseñado (4") y como mínimo de 2". Es por ello que se escogió un sistema de ventilación para todo el proyecto con un diámetro de 3".



Figura 62 Red de desagüe y ventilación para el proyecto de vivienda social modular

Tomado de Elaboración propia – Lima (2022). Diseño en AutoCAD

Capítulo VII

VIABILIDAD DEL PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL MODULAR TECHO PROPIO APLICABLE EN EL PERÚ

Para tomar una decisión estratégica en el inicio de un proyecto es imprescindible el poder realizar un análisis de viabilidad. Este estudio completo brindará los conocimientos de si realmente la propuesta de un proyecto de vivienda social hacia construcción modular y prefabricada aportaría los beneficios esperados y si su adaptación permitiría su supervivencia en el mercado. En síntesis, permite predecir el eventual éxito o fracaso del proyecto en mención

Saber la cantidad de recursos con los que se cuenta, los que se necesitan y la capacidad de conseguirlos y generarlos en el futuro son aspectos claves para poder afirmar que un proyecto es viable. Por lo contrario, sino se cuenta con los recursos suficientes o no se tiene clara la capacidad de poder generarlos en el futuro es mejor aplazar o descartar el proyecto.

Para un proyecto desde una iniciativa de software hasta la construcción de grandes minas deben pasar por un análisis de viabilidad sin importar la envergadura del proyecto. Analizar su viabilidad es incluso, en algunos casos, más importante que la planificación del proyecto.

En la presente tesis se abordará y analizará la viabilidad técnica de una vivienda modular prefabricada adaptable a una vivienda social Techo Propio aplicable en la costa del Perú.

7.1. Viabilidad técnica

En este apartado se pretende corroborar si se cuenta con los medios técnicos para poder competir en el mercado actual y futuro. El estudio de viabilidad técnica resuelve la pregunta de si es posible, desde el punto de vista tecnológico y disponibilidad de recursos, desarrollar eficientemente el proyecto en mención.

Este estudio está vinculado a la seguridad y control que se debe tener teniendo clara las características del proyecto así como sus funcionalidades, interfaz, propiedades físicas y como es que, finalmente, se llevaría a cabo el proyecto.

Se debe conocer el proceso de fabricación y ensamblaje, los medios técnicos necesarios, la mano de obra calificada que va intervenir, los materiales necesarios a utilizar, la gestión de residuos que se obtendría y todo ello respetando los estándares de calidad exigidos para una vivienda habitable.

Se dará a conocer características básicas e importantes del proyecto teniendo en cuenta al sector económico que va enfocada la presente tesis. Este proyecto de vivienda tiene como consumidor objetivo al sector social del país como potenciales compradores que no cuenten con una vivienda de calidad habitable y que se encuentran en búsqueda de una que esté al alcance de ellos.

Para poder aumentar la probabilidad de éxito del proyecto es fundamental que este forme parte del programa Techo Propio. De este modo se podría contar con el Bono Familiar Habitacional – BFH e inclusive con el Financiamiento Complementario Techo Propio (FCTP) facilitando la adquisición de las viviendas.

7.1.1. Iluminación de ambientes

El proyecto de adaptación propone un total de catorce fluorescentes dobles led luz blanca de 220v. Como se observa en la *Figura 63*, se tiene dos fluorescentes para el dormitorio principal, dos para el cuarto de estudio, dos para el dormitorio 01 y tres para la zona compartida de living y cocina. así como uno para cada zona de baños y lavandería y dos en el pasadizo.

Cada equipo de fluorescente doble led al ser ahorrador posee un consumo de 36 Watts con una potencia de iluminación de 100 Watts obteniendo ambientes cómodamente alumbrados.

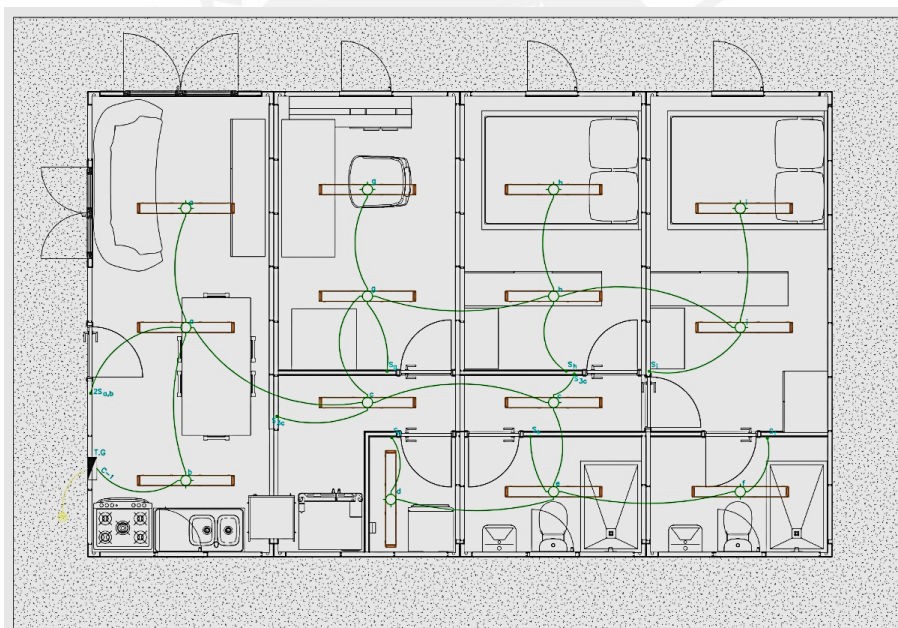


Figura 63 Distribución de fluorescentes leds en el proyecto
Tomado de Elaboración propia – Lima (2021). Diseño en AutoCAD

Cabe mencionar que el dormitorio principal, dormitorio 01, baños y lavandería cuentan con interruptores simples al ingreso de cada ambiente. Por otro lado, el living y cocina cuentan con un interruptor doble para un mejor control de la iluminación requerida debido al ambiente compartido y finalmente el pasadizo con un interruptor simple conmutado.

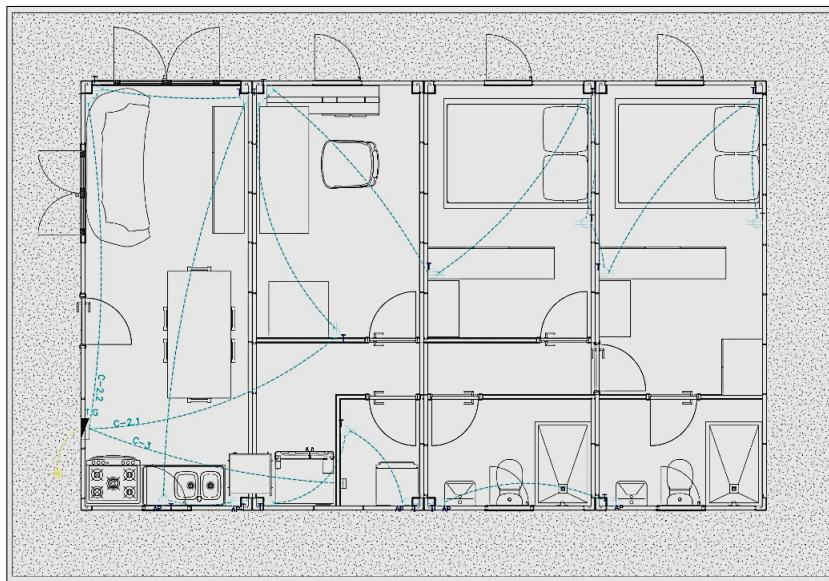


Figura 64 Distribución de tomacorrientes para el proyecto de adaptación
Tomado de elaboración propia – Lima (2021). Diseño en AutoCAD

Del mismo modo, como se observa en la *Figura 64* se ha implementado tomacorrientes eléctricos por cada ambiente, teniendo: tres tomacorrientes para cada dormitorio y cuarto de estudio, uno para cada baño, dos para la lavandería y seis tomacorrientes para el área compartida del living y cocina, todos ellos son tomacorrientes dobles 220- 240 v 15 A.



Figura 65 Tomacorriente alto en cocina y baño 01
Tomado de elaboración propia – Lima (2021). Modelado Revit vista en corte

Asimismo, en la *Figura 65* se muestra la ubicación del tablero eléctrico de la vivienda modular, este debe estar en un lugar de fácil intervención a una altura mínima de 1.2 m en caso sea necesario su operatividad.

Dicho tablero eléctrico general contará con:

Tabla 24

Potencias de llaves térmicas en Tablero General

Composición Tablero General	
Tipo	Potencia
Llave termica General	2x30A
Llave termica Alumbrado General	2X20A
Llave termica Tomacorriente General	2X20A
Llave diferencial	2X25A

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos según el estudio de cargas para una vivienda típica

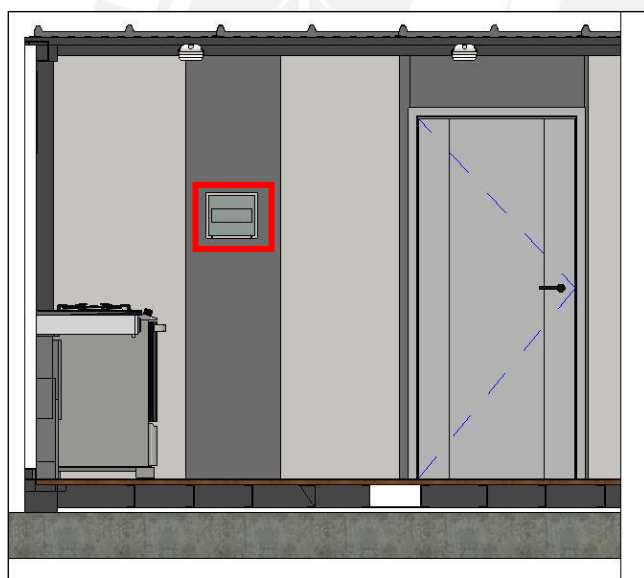


Figura 66 Ubicación del tablero eléctrico del proyecto

Tomado de elaboración propia – Lima (2021). Modelado Revit vista en corte

7.1.2. Proceso de fabricación

El proyecto de adaptación nace con la idea de poder suministrar masivamente viviendas de calidad a familias de bajos recursos económicos y de esta forma apoyar con la reducción del déficit habitacional del país. Es por ello, que se opta por una vivienda

modular la cual apoyada con el concepto de “industrialización de la construcción” son fabricadas masivamente fuera del sitio (construcción off site) y solo ensambladas en el lugar final del proyecto.

Siguiendo la idea expuesta, el trabajo que se realiza en una construcción tradicional de concreto armado in situ se convertiría en un trabajo sistematizado en planta que traería beneficios como:

- Reducción en tiempos de ejecución
- Disminución de adicionales
- Baja la tasa de accidentes en obra
- Mayor productividad
- Reducción considerable de perdidas
- Detección temprana de incompatibilidades

Kizuroko, empresa especializada en viviendas prefabricadas, indica que la logística que usan para la construcción de los módulos *Flat Pack* se reduce en los siguientes pasos:

- 1) Teniendo claro el diseño arquitectónico, eléctrico y sanitario, involucrando a todos los stakeholders, se adapta el proyecto hacia un sistema de módulos *Flat Pack* y se evalúa su construcción en planta
- 2) Aprobado el diseño y adaptación, se procede a la fabricación industrializada en planta de los módulos *Flat Pack*



Figura 67 Kit de módulos desmontables Flat Pack

Tomado de Alquimodul – Perú (2017). Módulos en *Flat Pack* (Fuente: Alquimodul, 2017a).

- 3) Se carga y descarga los módulos *Flat Pack* desde la fábrica hasta el punto del proyecto. Al tratarse de la unión de cuatro módulos (2.40 x 6.00 m), estos irían en un único viaje aprovechando la ventaja del sistema *Flat Pack* que permite reducir el espacio volumen de los módulos, facilita su transporte, montaje y desmontaje in situ.



Figura 68 Izaje de módulos Flat Pack en campo

Tomado de Kizuroko – Perú (2020). Proyectos trabajados con el sistema *Flat Pack* (Fuente: Kizuroko, 2021).

- 4) Previo a la descarga, se debe asegurar que la cimentación o área donde iría el proyecto deba estar acondicionada ya sea con una losa de cimentación, dados de

concreto o de acuerdo al diseño estructural del proyecto. Asimismo, las acometidas sanitarias y eléctricas deben encontrarse listas para su acoplamiento al proyecto

- 5) Posterior a la descarga, con el uso de un camión grúa se iza el techo de cada módulo para así poder alzar los soportes verticales como paredes y perfilería para finalmente ensamblar el techo



Figura 69 Levantamiento de soportes verticales para ensamblaje de techo
Tomado de Alquimodul – Perú (2017). Módulos en *Flat Pack* (Fuente: Alquimodul, 2017a).

- 6) Finalmente, con el techo y paredes aseguradas se procede a los acabados, instalación de pisos, puertas, ventanas, iluminarias y amoblamiento del proyecto.



Figura 70 Logística constructiva sistema Flat Pack

Tomado de Kizuroko – Perú (2020). Proceso constructivo con el sistema Flat Pack (Fuente: Kizuroko, 2021).

7.1.3. Unión entre módulos

Para poder generar una continuidad horizontal entre los módulos del proyecto y puedan comportarse unitariamente frente a acciones horizontales producto de un sismo se implementan uniones horizontales o placas de unión horizontal.

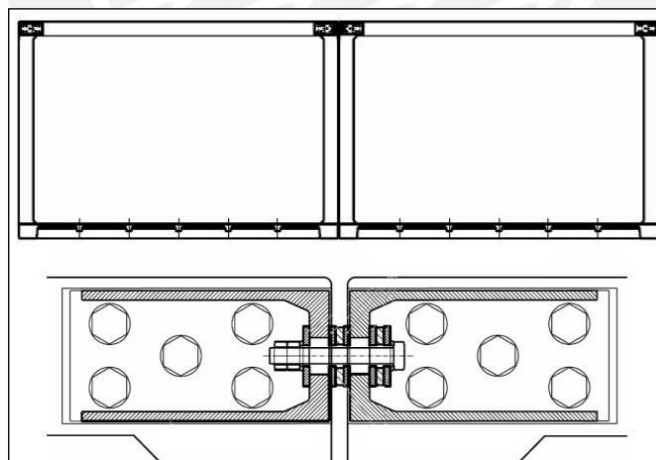


Figura 71 Unión horizontal entre módulos adyacentes

Tomado de Itec – Barcelona (2015). Módulo industrializado de hormigón armado para edificación Compact Habit (Fuente: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, 2015).

Las uniones horizontales incluyen una capa elástica intermedia que hace posible que la unión entre los módulos no sea rígida, lo que genera un buen comportamiento sísmico y acústico entre los diferentes módulos del proyecto.

7.1.4. Protección ante incendios

Como se mencionó en el Capítulo VI, el proyecto de adaptación emplearía los paneles tipo sándwich termoaislante de poliuretano - PUR como tipo de tabiquería seleccionada. Además de su capacidad portante, facilidad en la instalación, aislamiento térmico y acústico, estos paneles cuentan con propiedades específicas que protegen a los usuarios frente a un incendio.

Los paneles están compuestos por dos capas de acero galvanizado o Aluzinc de 0.50 mm de espesor y un núcleo de poliuretano inyectado de alta densidad (38 kg/m³). Precisamente el uso del poliuretano es quien brinda la protección ante incendios.

Para conocer el comportamiento del poliuretano frente a un incendio, ANPE (National Association of Rigid Polyurethane Foam) y PU Europe (European voice of the Polyurethane insulation industry) elaboraron un estudio comparativo en el que simularon las condiciones reales de un incendio entre una vivienda aislada con fibra mineral frente a un sistema de poliuretano. La fibra mineral no evitó la propagación del fuego, mientras que el sistema de poliuretano pudo mantenerse por debajo del límite requerido evitando la propagación y contribuyendo a su extinción.

Para evitar que un incendio dañe la estructura de la vivienda, los paneles PUR, además del núcleo de poliuretano, son protegidos por otros materiales más resistentes al fuego como el uso de acero galvanizado o Aluzinc como capas protectoras (*Figura 73*). En caso el incendio alcanzase magnitudes que ocasione que dicha protección cediera, el

uso del poliuretano, al tratarse de un material de origen orgánico, se quema con una particularidad. El poliuretano no se funde ni gotea como el poliestireno, por ejemplo. La superficie que entra en contacto con la llama se carboniza y protege al núcleo manteniendo cierta estabilidad estructural durante un cierto tiempo (Synthesia Technology, 2019).



Figura 72 Poliuretano carbonizado después del contacto con fuego

Tomado de Synthesia Technology – España (2019). ¿El poliuretano es seguro en caso de un incendio? (Fuente: Synthesia Technology, 2019).

En la *Figura 72* se observa la parte carbonizada que tuvo contacto inicial con fuego el cual, indirectamente, protege al núcleo brindando estabilidad al conjunto durante un cierto tiempo. Sin embargo, todo el expuesto no es suficiente para garantizar un reducido nivel de riesgo ante un incendio. IPUR (Asociación de la Industria del Poliuretano Rígido) menciona que existen tres factores fundamentales a considerar: el espesor y la calidad de chapas de acero, el diseño de las juntas entre paneles y el sistema de instalación y montaje. Todas ellas fundamentales para que las juntas permanezcan herméticas el mayor tiempo posible ante un incendio (IPUR, 2022).

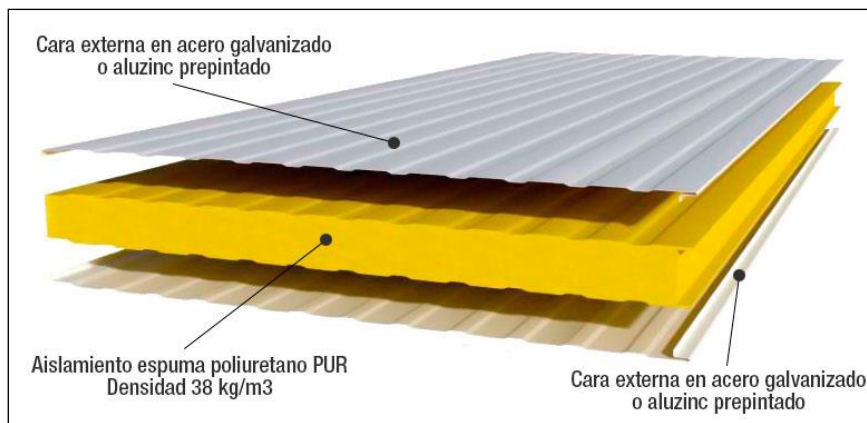


Figura 73 Capas protectoras de acero galvanizado o Aluzinc en panel tipo PUR
Tomado de Aisla.pe (2019). Panel sándwich termoaislante de poliuretano – PUR (Panelais producciones, 2019)

7.2. Métodos de evaluación y comparación

Luego de conocer las características que el proyecto modular conllevaría, es importante conocer si realmente su implementación en el programa techo propio es viable en aspecto comercial, estratégico y técnico. Para ello se realizarán análisis comparativos entre un sistema de construcción tradicional in situ (construcción en base a concreto armado) versus un sistema de construcción off site (construcción modular prefabricada).

Para la evaluación comercial y estratégica se hará uso de la herramienta FODA en donde se podrá conocer fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de cada sistema. Luego se realizarán dos cuadros comparativos, uno indicando partidas específicas de construcción en donde se podrá conocer las ventajas y desventajas de cada sistema: y en el segundo cuadro se podrá conocer características generales de cada sistema para así poder analizar la viabilidad técnica del proyecto propuesto.

Tanto la matriz FODA como los cuadros comparativos fueron herramientas utilizadas por el tesista Marco Chang en “Propuesta y evaluación de la aplicación del sistema de construcción industrializada modular” (Chang Breña, 2014).

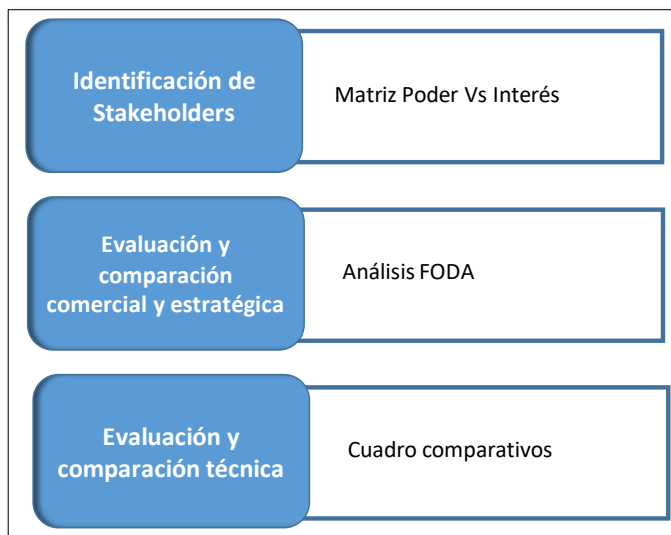


Figura 74 Metodología de evaluación para la comparación de sistemas constructivos

Tomado de elaboración propia. Herramientas seleccionadas por criterio propio para conocer la viabilidad del proyecto

7.2.1. Identificación de Stakeholders en el proyecto

Una vez que se conoce a todas las partes involucradas se puede generar una matriz Poder Vs Interés. Esta se obtiene del análisis de los involucrados o interesados “Stakeholders” en el proyecto y así conocer su conexión entre ellos. Asimismo, esta matriz ayuda a determinar el tipo de relación que ha de establecer la organización con cada uno de ellos.

Previo a la creación de la matriz, se identifica los stakeholders del proyecto:

- **Stakeholders primarios**
 - Personas, potenciales compradores, del sector social del país
 - Constructora modular privada
 - Unidad ejecutora – Fondo MIVIVIENDA
 - Supervisor de la ejecución del proyecto
 - Profesionales responsables de la gestión y programación del proyecto

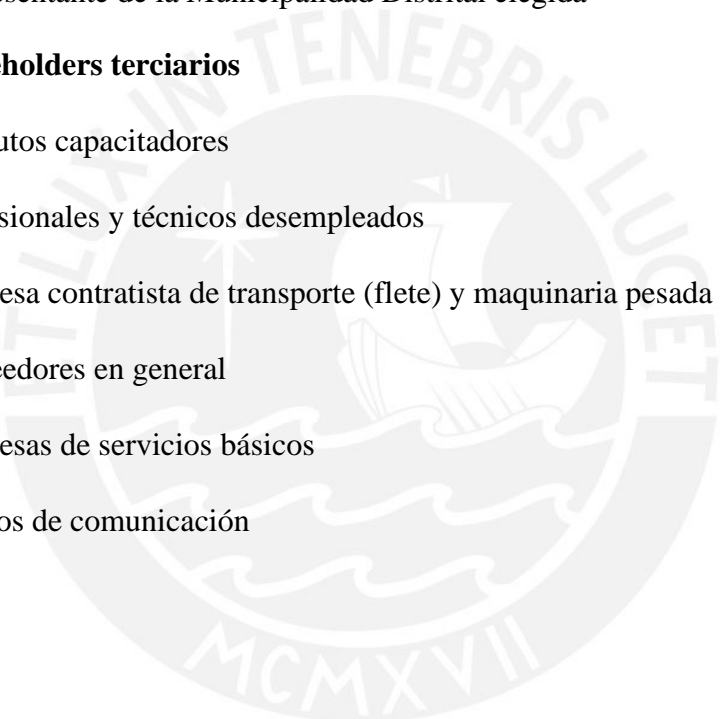
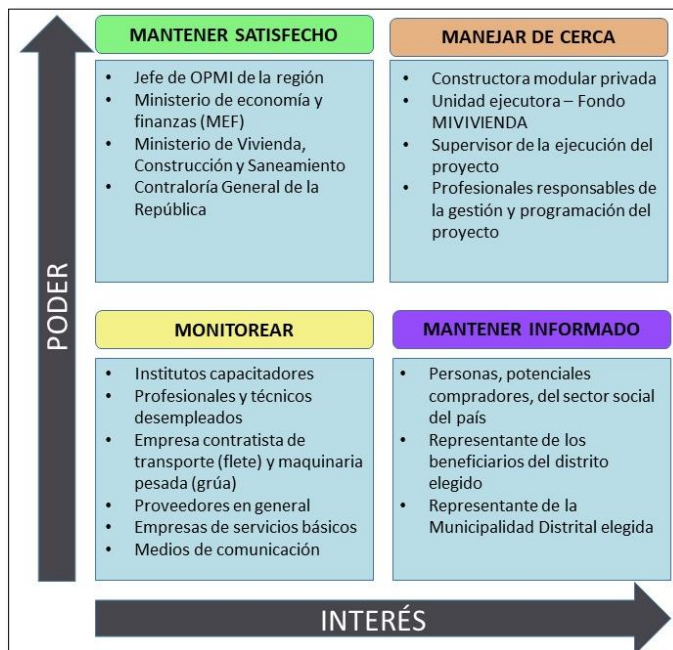
- **Stakeholders secundarios**
 - Jefe de OPMI de la región
 - Ministerio de economía y finanza (MEF)
 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
 - Contraloría general de la república
 - Representante de los beneficiarios del distrito elegido
 - Representante de la Municipalidad Distrital elegida
 - **Stakeholders terciarios**
 - Institutos capacitadores
 - Profesionales y técnicos desempleados
 - Empresa contratista de transporte (flete) y maquinaria pesada (grúa)
 - Proveedores en general
 - Empresas de servicios básicos
 - Medios de comunicación
- 

Tabla 25

Matriz Poder Vs Interés con los stakeholders del proyecto modular

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos del análisis de involucrados en el proyecto modular

En la matriz mostrada, se observa cuatro sectores según el nivel de poder e interés que tienen para el proyecto. Todos los sectores tienen un grado de importancia a considerar, resaltando, específicamente, el sector “MANEJAR DE CERCA” que es el que tiene MAYOR INTERÉS y MAYOR PODER sobre el proyecto. En este sector se encuentran stakeholders decisivos en la planificación y construcción del proyecto, entre ellos se tiene a la constructora modular privada encargada de la ejecución del proyecto, a la unidad ejecutora FONDO MIVIVIENDA el cual brinda el financiamiento para que el proyecto se lleve a cabo y a los supervisores y profesionales responsables del éxito en la gestión y programación del proyecto.

Por otro lado, los potenciales compradores de las viviendas se ubican en el sector “MANTENER INFORMADO” en donde su INTERÉS por el proyecto es alto pero su PODER para tomar decisiones en la ejecución del proyecto es bajo.

7.2.2. Evaluación y comparación comercial y estratégica

En este análisis comercial y estratégico se hará uso de la herramienta FODA que permitirá analizar cada método constructivo tanto para sus factores internos como externos.

El análisis FODA es una herramienta que utilizan las empresas para determinar características competitivas de un producto, proyecto, persona o empresa, así como (F) fortalezas, (O) oportunidades, (D) debilidades y (A) amenazas. El objetivo de este análisis es poder encontrar y reconocer factores críticos de ambos sistemas constructivos para así poder eliminar o reducir sus debilidades y amenazas y sacar el máximo provecho a las fortalezas y oportunidades propias de cada sistema.

Esta evaluación comenzará mostrando un cuadro FODA reconociendo fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del sistema de construcción tradicional in situ. Seguidamente, se sustentará el análisis FODA para un sistema de construcción off site. Para ello se inicia realizando dos matrices de enfrentamiento: una de factores internos (fortalezas y debilidades) y otra de factores externos (oportunidades y amenazas). Finalmente se realiza la matriz de evaluación para cada caso y se obtiene ponderaciones cuantitativas en base a pesos y puntajes.

Tabla 26

Cuadro FODA del sistema de construcción tradicional in situ

SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL DE CONCRETO ARMADO IN SITU	
<p>+ FORTALEZAS DEL SISTEMA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicable a cualquier geografía del Perú • Alta demanda del sistema de construcción • Alta oferta de personal técnico y profesional • Disponibilidad de equipos y herramientas tradicionales • Gran cantidad de proyectos ejecutados • Altos índices de rentabilidad promedio sobre el desarrollo de la actividad económica • Alta posibilidad de aceptar cambios durante todo el proceso constructivo 	<p>- DEBILIDADES DEL SISTEMA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Poco espacio en obra para almacenamiento de equipos, herramientas y materiales • Deficiencia en los estándares de calidad • Ausencia del uso de nuevas tecnologías y métodos de construcción • Informalidad en el desarrollo de la construcción • Índices bajos de productividad • Bajo grado de sistematización y tecnificación del sector • Emisiones de CO2 no controladas. Falta de conciencia ecológica
<p>✓ OPORTUNIDADES DEL ENTORNO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Creación de puestos de trabajo local • Mejora de los servicios municipales, desarrollo de la vivienda y comunidad fomentando el desarrollo económico • Programas institucionales y políticas públicas relacionadas a la capacitación técnica del personal • Estimulo de la inversión pública y privada para organizar e impulsar el sector de la construcción 	<p>! AMENAZAS DEL ENTORNO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de estabilidad en los precios, riesgo de imprevistos y desviaciones económicas • Sin una planificación clara, la producción y el proyecto pueden verse fuertemente afectados • Corrupción sobre los proyectos públicos y las instituciones gestoras • Falta de control a la intervención de agentes externos (paz social) • Falta de capacitación de los stakeholders • Grandes competidores dominan el mercado

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos del análisis FODA propios del sistema

A continuación, se expondrá el análisis FODA para el sistema constructivo off site mostrando las matrices de enfrentamiento y matrices EFI (Evaluación de factores internos) y EFE (Evaluación de factores externos).

Para las matrices de enfrentamiento se comparan los factores colocando “1” como el criterio de mayor impacto y “0” como el de menor impacto.

Las matrices y formatos mostrados a continuación siguen la metodología usada por la tesis Reneé Sánchez en su tesis titulada “Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de hilo poliéster a base de PET reciclado” (Sánchez Barzola, 2020).

Tabla 27

Matriz de enfrentamiento para factores internos

Factores Internos		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Conteo	Porcentaje
1	Etapas y planificación definidas desde el inicio del proyecto	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	7	11%
2	Uso de modernas tecnologías en equipos y herramientas	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	3%
3	Los proyectos cumplen con los estándares de calidad y plazos fijados	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	9	14%
4	Menor influencia del error humano. Reducción de costos	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	6	9%
5	Procesos industrializados y automatizados	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	9	14%
6	Mejor generación y gestión de residuos	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	3	5%
7	Menor impacto en zonas aledañas al proyecto	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	4	6%
8	Escasos de profesionales y técnicos especializados en el sistema constructivo	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	3	5%
9	Limitación de alturas constructivas	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	2%
10	Poca experiencia constructiva en el mercado	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	5	8%
11	Carencia de confianza por parte de los compradores	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9	14%
12	Bajo interés del sector público y privado por invertir en el mercado	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	8	12%
Total													66	100%	

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos de la evaluación subjetiva de fortalezas y debilidades del sistema constructivo *off site*

De la Tabla 27 se extrae que los factores internos con mayor grado de importancia son: “Los proyectos cumplen con los estándares de calidad y plazos fijados”, “Procesos industrializados y automatizados” y “Carencia de confianza por parte de los compradores”, todos ellos igualando con 14%.

Tabla 28

Matriz de enfrentamiento para factores externos

Factores Externos		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Conteo	Porcentaje
1	Mercado en constante crecimiento	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	4	6%
2	Creación de conciencia ecológica en la construcción	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	4	6%
3	Crecimiento de las inversiones y alza del PBI en el sector de la construcción	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	7	11%
4	Creación de puestos de trabajo y capacitación constante	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	5	8%
5	Estimulo de la inversión pública y privada para impulsar la construcción industrializada	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	10	15%
6	Posibilidad de tener buena aceptación en el rubro de la construcción del país	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	9	14%
7	Crecimiento lento en el mercado	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	3	5%
8	Cambio en las necesidades y gustos de los compradores	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2	3%
9	Desconfianza en los usuarios	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	6	9%
10	Normas legales y requisitos reglamentarios costosos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2%
11	Alza de costos en la construcción y poca estabilidad de los mismos	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	7	11%
12	Arraigo del sistema de construcción tradicional in situ	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8	12%
Total													66	100%	

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos de la evaluación subjetiva de oportunidades y amenazas del sistema constructivo *off site*

De la Tabla 28 se extrae que los factores externos con mayor grado de importancia son: “Estimulo de la inversión pública y privada para impulsar la

construcción industrializada” con 15% y “Posibilidad de tener buena aceptación en el rubro de la construcción del país” con 14%.

Con los porcentajes presentados, se procede a realizar la matriz de evaluación para los factores internos y externos referentes al sistema de construcción off site (construcción modular prefabricada). Para ello, se estable un rango de puntuación según el nivel a considerar:

Tabla 29

Rango de puntuaciones matriz EFI y EFE

Nivel	Puntaje
Factor muy positivo	4
Factor positivo	3
Factor negativo	2
Factor muy negativo	1

Nota: Elaboración propia

Tabla 30

Matriz de evaluación de factores internos - EFI

N°	Factores Internos	Peso	Puntaje	Ponderación
Fortalezas				
F1	Etapas y planificación definidas desde el inicio del proyecto	11%	4	0.42
F2	Uso de modernas tecnologías en equipos y herramientas	3%	3	0.09
F3	Los proyectos cumplen con los estándares de calidad y plazos fijados	14%	4	0.55
F4	Menor influencia del error humano. Reducción de costos	9%	3	0.27
F5	Procesos industrializados y automatizados	14%	4	0.55
F6	Mejor generación y gestión de residuos	5%	4	0.18
F7	Menor impacto en zonas aledañas al proyecto	6%	3	0.18
Debilidades				
D1	Escases de profesionales y técnicos especializados en el sistema constructivo	5%	1	0.05
D2	Limitación de alturas constructivas	2%	2	0.03
D3	Poca experiencia constructiva en el mercado	8%	2	0.15
D4	Carencia de confianza por parte de los compradores	14%	1	0.14
D5	Bajo interés del sector público y privado por invertir en el mercado	12%	1	0.12
Total		100%	SUMA:	2.73

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos de la evaluación subjetiva según el puntaje y peso obtenido de las matrices realizadas

De la Tabla 30 las fortalezas con mayor puntuación son “Los proyectos cumplen con los estándares de calidad y plazos fijados” y “Procesos industrializados y automatizados” ambos con 0.55 de puntaje ponderado, mientras que la fortaleza con menor puntaje es “Uso de modernas tecnologías en equipos y herramientas” con 0.09.

Por otro lado, las debilidades que más resaltan de la evaluación son: “Poca experiencia constructiva en el mercado”, “Carencia de confianza por parte de los compradores” y “Bajo interés del sector público y privado por invertir en el mercado” con 0.15, 0.14 y 0.12 de puntaje ponderado respectivamente.

Tabla 31

Matriz de evaluación de factores externos - EFE

N°	Factores Externos	Peso	Puntaje	Ponderación
Oportunidades				
O1	Mercado en constante crecimiento	6%	3	0.18
O2	Creación de conciencia ecológica en la construcción	6%	4	0.24
O3	Crecimiento de las inversiones y alza del PBI en el sector de la construcción	11%	3	0.32
O4	Creación de puestos de trabajo y capacitación constante	8%	3	0.23
O5	Estimulo de la inversión pública y privada para impulsar la construcción industrializada	15%	4	0.61
O6	Posibilidad de tener buena aceptación en el rubro de la construcción del país	14%	4	0.55
Amenazas				
A1	Crecimiento lento en el mercado	5%	2	0.09
A2	Cambio en las necesidades y gustos de los compradores	3%	2	0.06
A3	Desconfianza en los usuarios	9%	1	0.09
A4	Normas legales y requisitos reglamentarios costosos	2%	2	0.03
A5	Alza de costos en la construcción y poca estabilidad de los mismos	11%	1	0.11
A6	Arraigo del sistema de construcción tradicional in situ	12%	1	0.12
Total		100%	SUMA:	2.62

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos de la evaluación subjetiva según el puntaje y peso obtenido de las matrices realizadas

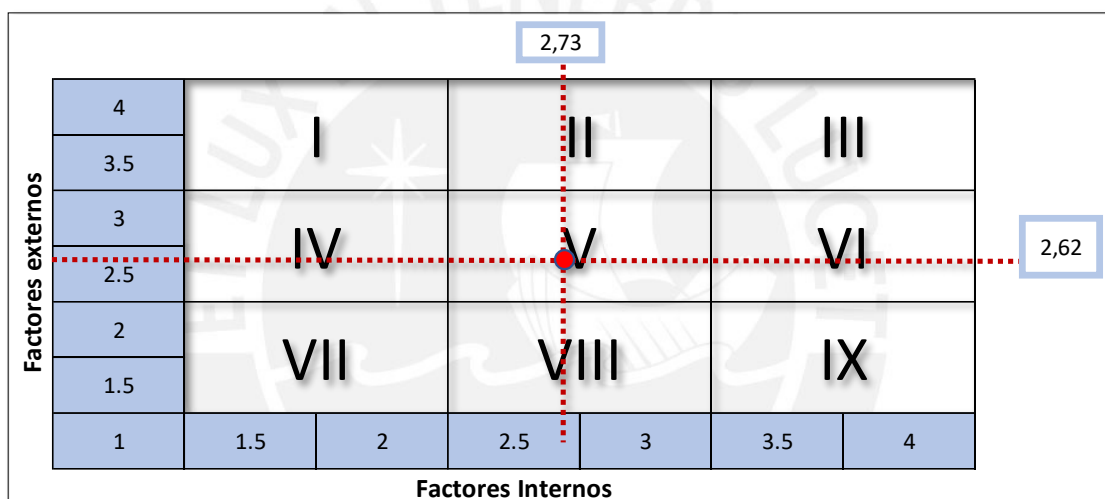
De la Tabla 31 las oportunidades con mayor relevancia son “Estimulo de la inversión pública y privada para impulsar la construcción industrializada” con 0.61 y “Posibilidad de tener buena aceptación en el rubro de la construcción del país” con 0.55 de puntaje ponderado. Mientras que la oportunidad con menor puntaje resulta “Mercado en constante crecimiento” con 0.18.

Asimismo, las dos amenazas registradas con mayor relevancia son: “Arraigo del sistema de construcción tradicional in situ” y “Alza de costos en la construcción y poca estabilidad de los mismos” con 0.12 y 0.11 de puntaje ponderado respectivamente.

Tanto de la matriz EFI y EFE se obtienen dos números que al relacionarlos pueden conjeturar la orientación del sistema de construcción off site. De la matriz EFI se obtiene una suma de 2.73 mientras que 2.62 para la matriz EFE.

Tabla 32

Relación entre matriz EFI y matriz EFE



Nota: Elaboración propia. Datos extraídos de las ponderaciones totales de las matrices EFI y EFE

Se puede identificar el cuadrante en el que se encuentra el sistema usando las ponderaciones totales de cada matriz de evaluación y de este modo determinar la estrategia correspondiente. En este caso, el cuadrante obtenido es el V que corresponde a “Desarrollarse selectivamente para mejorar” (Ver Tabla 33).

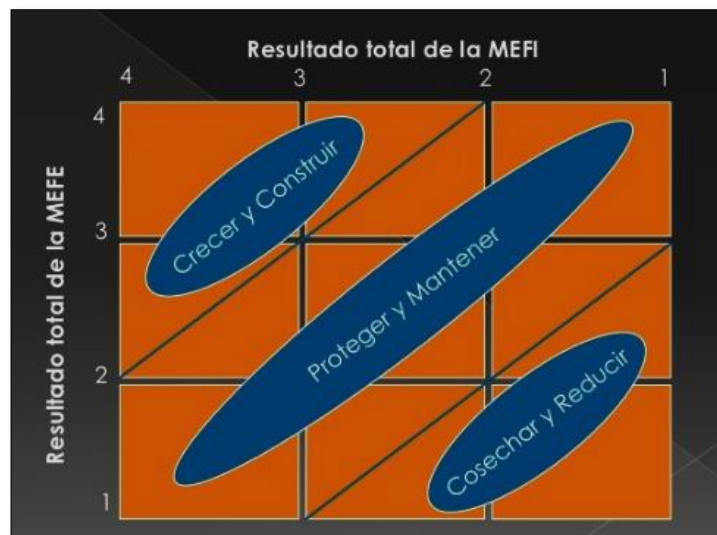


Figura 75 Sectores resultantes en la relación entre matrices EFI y EFE
Tomado de diapositivas Prezi perteneciente a la Lic. María Portillo (Fuente: Portillo Olmedo, 2009)

El sector obtenido es “Proteger y Mantener” del cual se infiere el tener que proteger y mantener la penetración del sistema en el mercado y el desarrollo del mismo.

Tabla 33

Cuadrantes resultantes en la relación entre matrices EFI y EFE

Resultado total de la matriz EDE	INVERTIR INTENSAMENTE PARA CRECER	INVERTIR SELECTIVAMENTE Y CONSTRUIR	DESARROLLARSE PARA MEJORAR
	INVERTIR SELECTIVAMENTE PARA CONSTRUIR	DESARROLLARSE SELECTIVAMENTE PARA MEJORAR	COSECHAR O DESINVERTIR
	DESARROLLARSE SELECTIVAMENTE Y CONSTRUIR CON SUS FORTALEZAS	COSECHAR	DESINVERTIR
	Resultado total de la matriz EFI		

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos de diapositivas Prezi perteneciente a la Lic. María Portillo (Fuente: Portillo Olmedo, 2009).

Finalmente, se realiza la matriz FODA correspondiente al sistema de construcción

off site.

Tabla 34

Análisis FODA del sistema de construcción modular off site

SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA MODULAR OFF SITE	
<p>+ FORTALEZAS DEL SISTEMA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etapas y planificación definidas desde el inicio del proyecto • Personal capacitado, preparado y destino a cada función • Moderna tecnología en equipos y herramientas • Los proyectos cumplen con los estándares de calidad y plazos fijados • Menor influencia del error humano. Reducción de costos • Procesos automatizados • Mejor generación y gestión de residuos • Menor impacto en zonas aledañas al proyecto 	<p>- DEBILIDADES DEL SISTEMA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escasez de profesionales y técnicos especializados en el sistema constructivo • Limitación de alturas frente al sistema tradicional (previo diseño estructural) • Poca experiencia constructiva en el mercado • Carencia de confianza para el sistema de construcción modular por parte de los compradores
<p>✓ OPORTUNIDADES DEL ENTORNO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mercado en constante crecimiento • Creación de conciencia ecológica de la sociedad en la construcción • Crecimiento de las inversiones y alza del PBI en el sector de la construcción • Creación de puestos de trabajo y capacitación constante del personal • Estimulo de la inversión publicas y privada para organizar e impulsar el sector de la construcción debido a la alta demanda de vivienda • Posibilidad de tener buena aceptación en el rubro de la construcción del país 	<p>! AMENAZAS DEL ENTORNO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento lento en el mercado • Cambio en las necesidades y gustos en los compradores • Desconfianza en los consumidores • Normas legales y requisitos reglamentarios costosos • Alza de costos en la construcción y poca estabilidad de los mismos • Arraigo del sistema de construcción tradicional

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos del análisis FODA identificando fortalezas, oportunidades, debilidades amenazas propias del sistema

7.2.3. *Evaluación y comparación técnica*

En este apartado, con la ayuda de cuadros comparativos, se podrá evaluar la viabilidad técnica del proyecto modular. Se comenzará evaluando el alcance de cada sistema en partidas específicas de construcción (cimentación, estructura, instalaciones, entre otros) y se asignará un puntaje de acuerdo al cuadro de escala de evaluación.

Asimismo, en otro cuadro comparativo se analizará características de cada sistema (calidad, limpieza, adaptación al cambio, entre otros) en donde se conocerá las ventajas y desventajas que posee una frente a otra.

Tabla 35

Escala de evaluación para cuadro comparativo

Escala de evaluación	
Descripción	Puntaje
No aceptable	1
Aceptable	2
Bueno	3
Excelente	4

Nota: Elaboración propia. Puntaje asignado por criterio propio

Tabla 36

Nivel de alcance para cuadro comparativo

NIVEL DE ALCANCE	
BAJA	Desarrolla a un bajo nivel la característica
MEDIA	Desarrolla a un nivel medio la característica
ALTA	Desarrolla a un alto nivel la característica

Nota: Elaboración propia. Nivel de alcance asignado por criterio propio

Tabla 37

Cuadro comparativo con partidas específicas para cada sistema constructivo

PROYECTO VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 1 PISO					
PARTIDAS	DESCRIPCIÓN	SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL DE CONCRETO ARMADO IN SITU		SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA MODULAR OFF SITE	
		ALCANCE	PUNTAJE	ALCANCE	PUNTAJE
Movimiento de tierras	Conjunto de acciones que se realizan sobre el terreno para la ejecución del proyecto	Movimiento de tierra hasta encontrar suelo firme. Profundidad de excavación entre 40 a 60 cm para zapatas superficiales	3	Menor trabajo de movimiento de tierra. Profundidad de excavación de 30 cm para losa de cimentación	4
Cimentación superficial	Cimentaciones que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo	Zapatas superficiales de 35 a 55 cm de peralte para uno o dos niveles de vivienda	4	Losa de cimentación de 25 cm de ancho. Rápido proceso constructivo	4
Estructura	Encargada de soportar cargas muertas y vivas y los efectos del mismo	Estructura de concreto armado aporricado. (zapatas, columnas, vigas)	4	Estructura metálica de acero. Tabiquería portante - paneles PUR. Trabajo estructural por módulos	4
Cerramiento y cobertura de techo	Sistema que cierra o tapa cualquier abertura, conducto o paso	Techo de concreto armado. Posibilidad de colocar rejas metálicas en traga luz	3	Techo con paneles sándwich termoacústicos	4
Instalaciones eléctricas	Conjunto de circuitos eléctricos que tiene como objetivo dotar de energía al proyecto	Pase de tuberías e instalaciones eléctricas realizadas en campo. Alta posibilidad de encontrar incompatibilidades	2	Pase de tuberías e instalaciones eléctricas realizadas en planta. Baja posibilidad de encontrar incompatibilidades	4
Instalaciones sanitarias	Sistema de tuberías que integran las redes de abastecimiento de agua potable, evacuación de aguas residuales y drenaje de aguas pluviales	Pase de tuberías e instalaciones sanitarias realizadas en campo. Alta posibilidad de encontrar incompatibilidades	2	Pase de tuberías e instalaciones sanitarias realizadas en planta. Baja posibilidad de encontrar incompatibilidades	4
Arquitectura	Conjunto de planos, dibujos y esquemas utilizados para plasmar el diseño de una edificación previa a ser construida	Arquitectura dependiente al diseño estructural. Posibilidad de cambio a lo largo del proceso previa coordinación	3	Arquitectura no dependiente al diseño estructural. Diseño definido previa fabricación de los módulos	3
Acabados en general	Revestimiento o recubrimiento. Todos aquellos materiales que se colocan sobre una superficie de obra negra	Acabados intermedio según el nivel económico del cliente	3	Acabados intermedio según el nivel económico del cliente	3
Montaje de módulos	Armado y ensamblaje de módulos in situ	-	-	Armado y ensamblaje de 4 módulos flat pack	3
Construcción in situ	Métodos o técnicas que se utilizan o tienen lugar en el mismo emplazamiento de la obra	Armado de estructuras, encofrados, vaciado de concreto, acabados, etc	3	-	-
Grúa para montaje, carga/descarga de módulos	Usado para el transporte de módulos, carga/descarga y ubicación de los módulos en obra	Uso de camiones para el transporte de materiales. Uso de Volquetes para eliminación de materiales	-	Rápida carga/descarga de módulos	3
PUNTAJE TOTAL			27		36

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos del estudio de investigación realizado. Puntajes asignados según criterio propio

Según el cuadro comparativo mostrado, se observa que el sistema de construcción industrializada modular off site obtuvo 36 de 44 puntos posibles (81.8%) superando al sistema tradicional que solo obtuvo 27 puntos.

En la partida de cimentaciones, ambos sistemas obtuvieron el mismo puntaje; por un lado, las zapatas superficiales poseen un proceso constructivo un poco más complejo, pero con mayor proyección en caso de ampliaciones, y, por otro lado, la losa de cimentación resulta más rápida en su proceso constructivo, pero a la vez más limitada en caso se requiera de un segundo piso, por ejemplo.

Del mismo modo para la partida de estructuras, ambos sistemas presentan diseños válidos para el proyecto en mención que es la construcción de una vivienda social unifamiliar de un solo nivel. Ambos cumplirán la función de soportar cargas muertas y vivas y un correcto comportamiento frente a un sismo en la costa del país.

Cabe mencionar que, para la presente tesis, el sistema constructivo tradicional in situ de concreto armado hace referencia a un sistema a porticado (elementos estructurales de vigas y columnas conectadas) mientras que el sistema de construcción industrializada modular off site hace referencia al uso del *Flat Pack*.

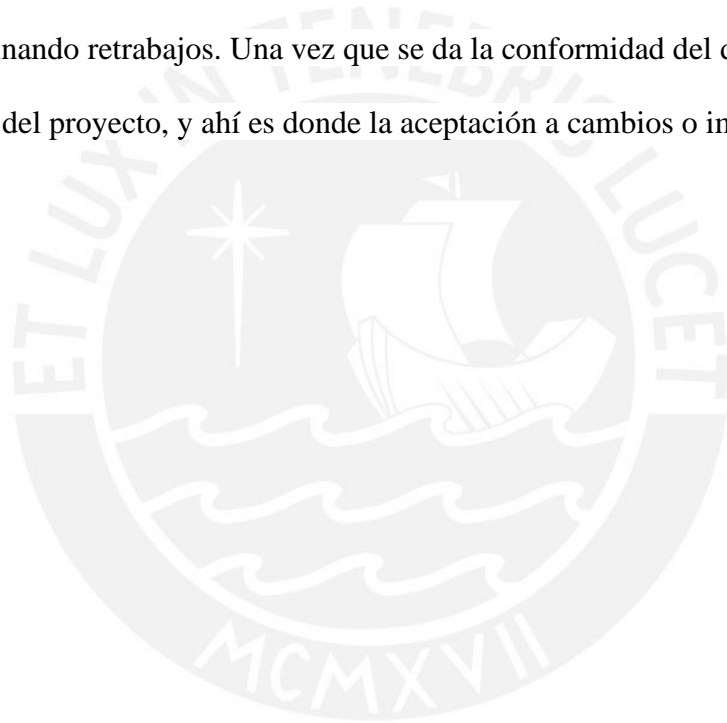
Tabla 38

Cuadro comparativo con características generales para cada sistema constructivo

PROYECTO VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 1 PISO				
CARACTERÍSTICAS	SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL DE CONCRETO ARMADO IN SITU		SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA MODULAR OFF SITE	
	ALCANCE	NIVEL	ALCANCE	NIVEL
Adaptación al cambio	Adicionales o deductivos a lo largo del proceso constructivo del proyecto	ALTA	Etapas definidas desde el inicio del proyecto	BAJA
Calidad	Pocos controles de calidad a lo largo del proyecto	MEDIA	Controles de calidad sistematizados en planta	ALTA
Precisión	Mayor intervención de mano de obra. Tolerancias en centímetros	MEDIA	Construcción industrializada de módulos. Tolerancias en milímetros	ALTA
Mano de obra	Dependencia de mano de obra capacitada. Mayor cantidad de personas involucradas	MEDIA	Procesos mas automatizados. Menor cantidad de personas involucradas	ALTA
Precio	Mayor riesgo de imprevistos y desviaciones económicas	MEDIA	Precio cerrado desde el inicio del proyecto	ALTA
Limpieza	Bajo presupuesto a la gestión de residuos sólidos	MEDIA	Proceso constructivo respetuoso con el medio ambiente	ALTA
Impacto	Mayor tiempo de ejecución. Alto impacto a personas y edificaciones aledañas	MEDIA	Menor tiempo de ejecución. Menor impacto a personas y edificaciones aledañas	ALTA
Localización	Zona costa del pais	ALTA	Zona costa del pais	ALTA
Tecnología	Uso de software no colaborativos, AutoCAD,S10	MEDIA	Uso de BIM, Lean cosntruction, VDC, construccion 4.0	ALTA

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos del estudio de investigación realizado. Puntajes asignados según criterio propio

Como se observa en el cuadro comparativo mostrado, el sistema de construcción industrializada modular off site presenta niveles ALTOS en la mayoría de las características a excepción de la primera; “Adaptación al cambio”, la cual hace referencia a la posibilidad de aceptar alteraciones en el proyecto (ya sea adicionales o deductivos). Presenta un nivel BAJO debido a que, al tratarse de una construcción industrializada, el diseño previo a su construcción es conversado con todos los involucrados incluido el cliente y así todos están alineados con el proyecto mejorando la colaboración de todo el equipo eliminando retrabajos. Una vez que se da la conformidad del diseño, se procede a la ejecución del proyecto, y ahí es donde la aceptación a cambios o imprevistos deja de ser factible.



7.3. Flujograma de procesos para la adaptación del proyecto

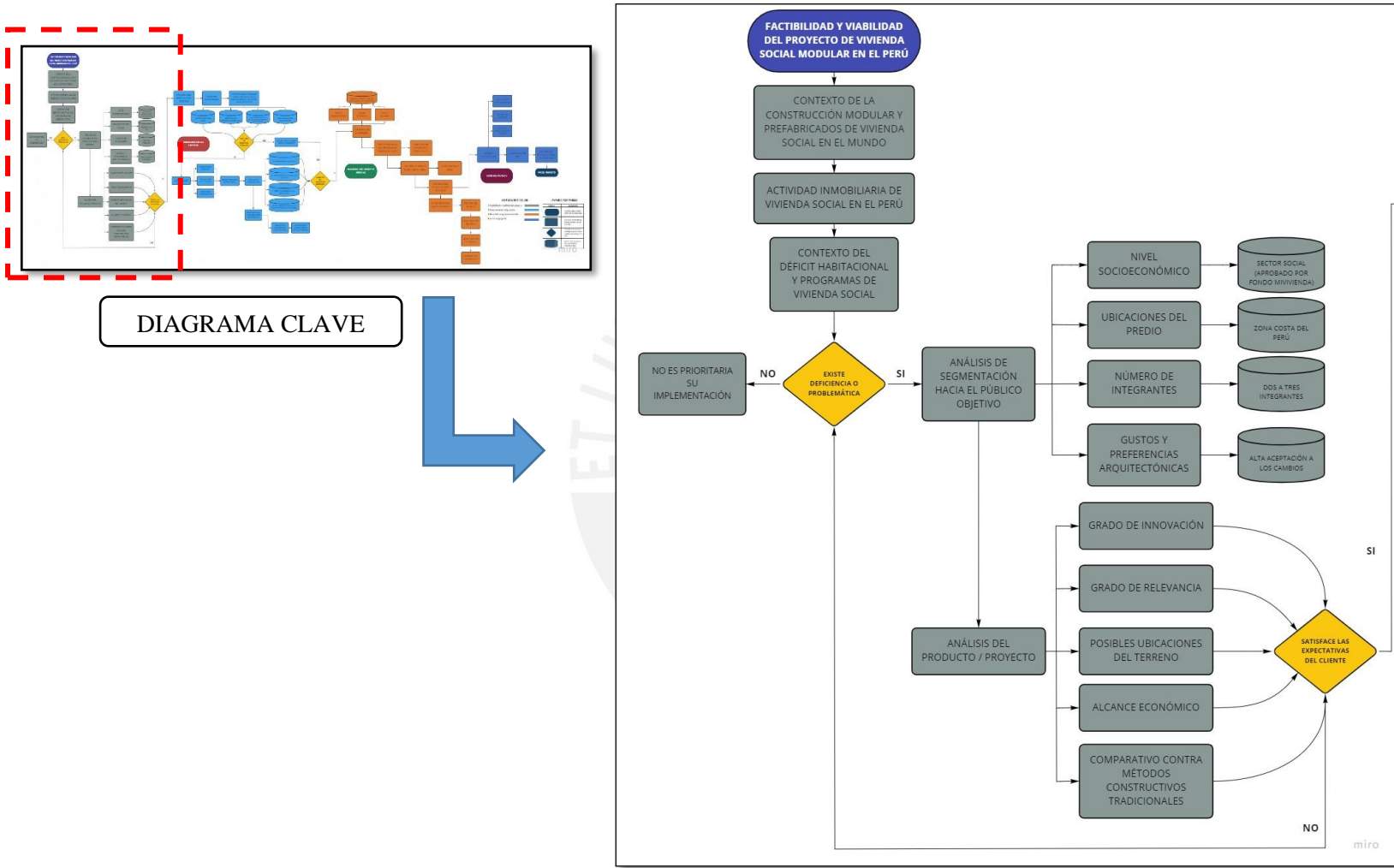


Figura 76 Flujograma de procesos para la adaptación - Factibilidad y viabilidad

Tomado de Elaboración propia – Perú (2022). Flujograma realizado en Miro.com

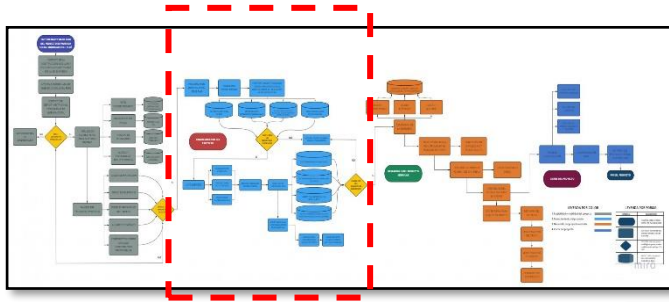


DIAGRAMA CLAVE

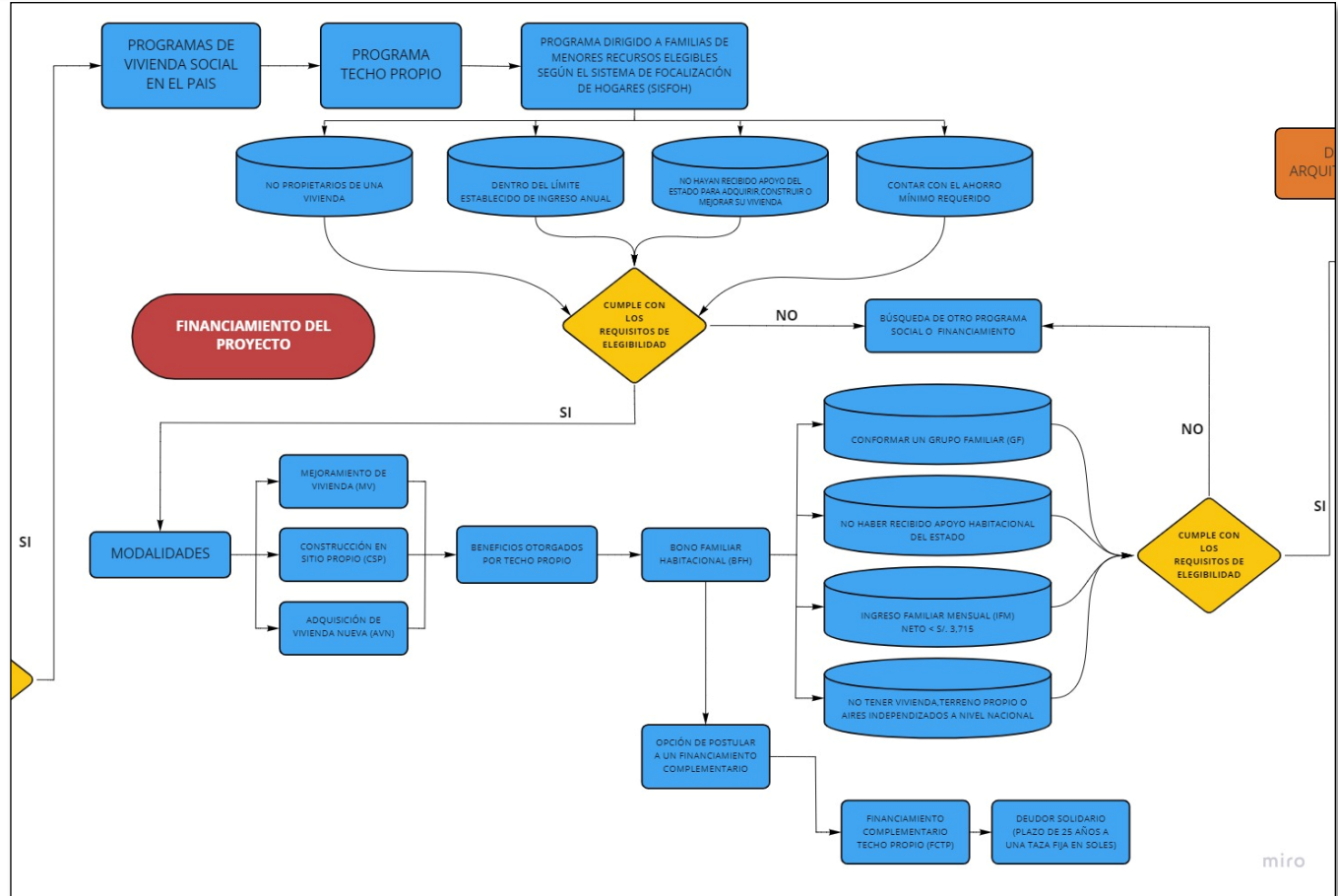
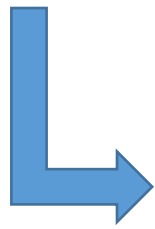


Figura 77 Flujograma de procesos para la adaptación - Financiamiento del proyecto

Tomado de Elaboración propia – Perú (2022). Flujograma realizado en Miro.com

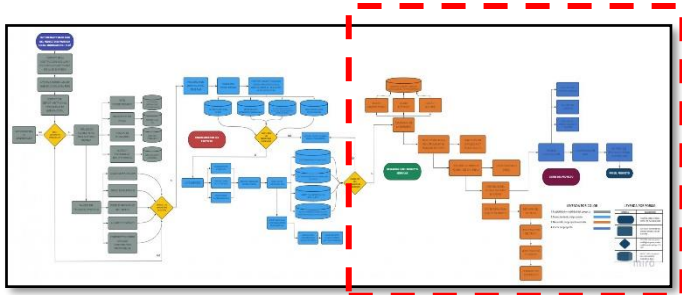


DIAGRAMA CLAVE

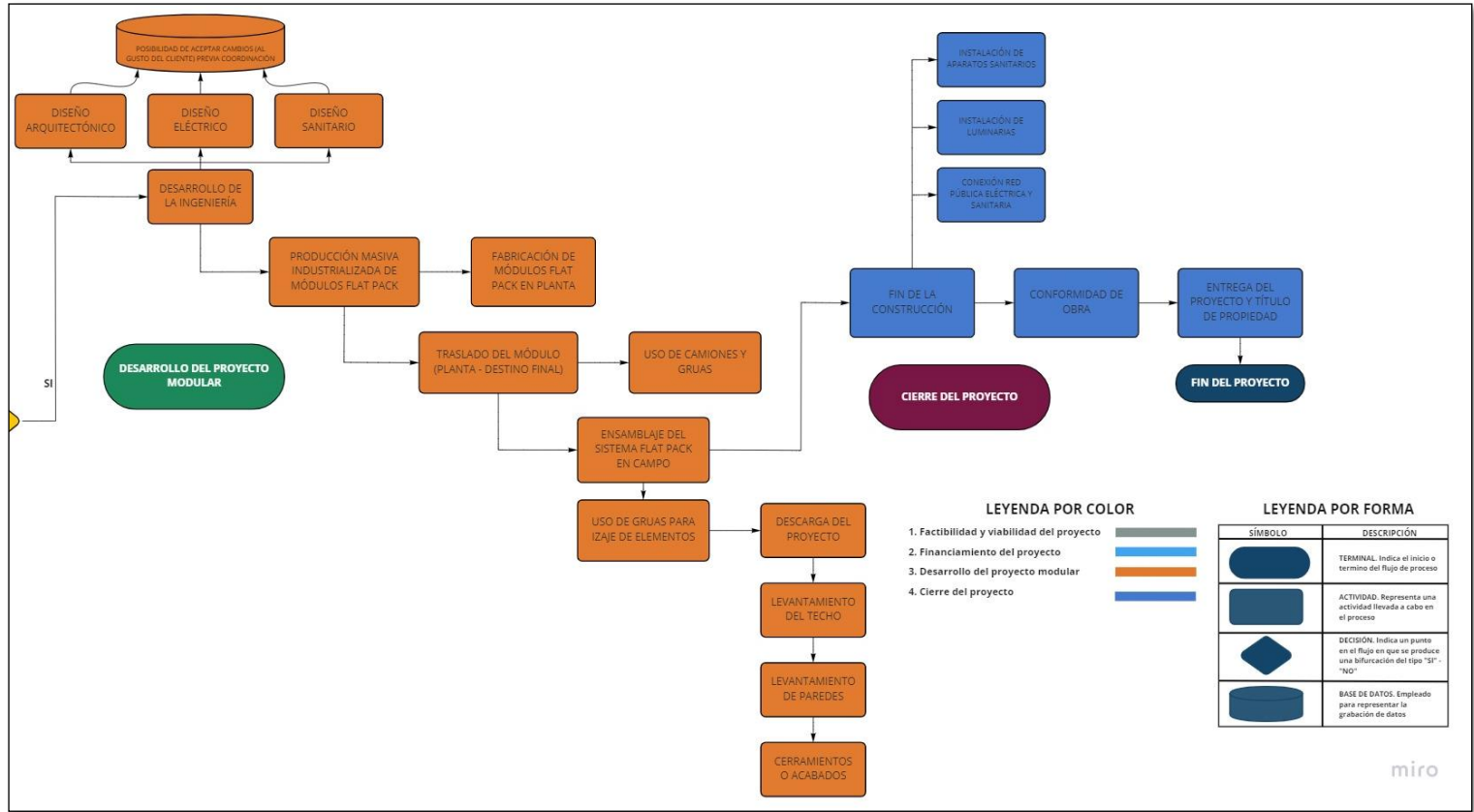
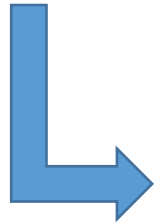


Figura 78 Flujograma de procesos para la adaptación - Desarrollo del proyecto modular - Cierre del proyecto
 Tomado de Elaboración propia – Perú (2022). Flujograma realizado en Miro.com

Capítulo VIII

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Considerando el tipo de cliente, sector económico y entorno que va enfocado el proyecto, además de realizar las matrices y cuadros comparativos analizando la viabilidad técnica del mismo, se logra obtener resultados importantes para la propuesta de adaptación de un proyecto de vivienda social hacia construcción modular y prefabricada.

8.1. Aspecto comercial

Una ventaja importante que presenta la construcción de viviendas sociales mediante el uso de métodos tradicionales in situ es la trayectoria, experiencia y confianza que posee en el sector de la construcción. Además, que, desde un inicio, los recursos, materiales y herramientas a utilizar son conocidas y altamente ofertadas en el mercado

Por otro lado, la implementación de un sistema de construcción industrializada modular off site en el país resultaría innovadora y altamente aprovechable, pero que, sin embargo, presentaría ausencia de recursos y mano de obra capacitada. De la matriz de evaluación de factores internos del sistema constructivo off site mostrada en el Capítulo VIII se sustrae las dos mayores debilidades que presenta el sistema, siendo ellas: “Poca experiencia constructiva en el mercado” con 0.15 de ponderación y “Carencia de confianza por parte de los compradores” con 0.14.

Tabla 39

Debilidades de la matriz EFI

Debilidades				
D1	Escasos de profesionales y técnicos especializados en el sistema constructivo	5%	1	0.05
D2	Limitación de alturas constructivas	2%	2	0.03
D3	Poca experiencia constructiva en el mercado	8%	2	0.15
D4	Carencia de confianza por parte de los compradores	14%	1	0.14
D5	Bajo interés del sector público y privado por invertir en el mercado	12%	1	0.12
Total		100%	SUMA:	2.73

Nota: Elaboración propia. Datos extraídos de la evaluación subjetiva según el puntaje y peso obtenido de las matrices realizadas

Por su lado, la construcción tradicional in situ cuenta con fortalezas como: “Alta demanda del sistema de construcción”, “Alta oferta de personal técnico y profesional”, “Gran cantidad de proyectos ejecutados” entre otros más mostrados en el cuadro FODA de este sistema. Todos ellos haciendo que, para el aspecto comercial, el sistema de construcción tradicional in situ resulte más atractivo para el sector social por el menor riesgo de apostar por lo desconocido a sabiendas que la industrialización de la construcción en el país no se encuentra implementada ni desarrollada, adecuadamente, presentando deficiencia en la tecnología de materiales, equipos, maquinarias y especialistas que permitan la aplicación de este sistema.

Cabe mencionar que este panorama podría cambiar siempre y cuando se logre contar con el apoyo del sector privado y sobre todo del estado peruano para así poder impulsar la industrialización de la construcción y poder invertir en la construcción modular off site de viviendas sociales.

Una vez se cuente con una trayectoria de proyectos ejecutados de vivienda off site, el usuario objetivo podrá analizar su viabilidad comercial y técnica con mayor exactitud reconociendo las ventajas propias del sistema frente a un sistema de construcción tradicional de concreto armado in situ.

8.2. Aspecto técnico

Como se menciona en el capítulo anterior, para el comparativo técnico entre un sistema constructivo tradicional de concreto armado in situ frente a un sistema industrializado modular off site se compara directamente el uso de un sistema a porticado en donde sus principales elementos estructurales consisten en vigas y columnas interconectadas formando pórticos resistentes en dos direcciones de análisis frente a un sistema Flat Pack el cual consiste en una estructura metálica tipo contenedores con tabiquería portante PUR teniendo como características principales su ahorro en el transporte de los módulos y su facilidad de montaje en obra.

De la Tabla 37 “Cuadro comparativo con partidas específicas para cada sistema constructivo” se observa que ambos sistemas poseen puntajes altos y similares en las partidas de “Movimientos de tierras”, “Cimentación superficial” y “Estructura”,

Tabla 40

Cuadro comparativo con 3 partidas específicas de similar puntaje

PROYECTO VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 1 PISO					
PARTIDAS	DESCRIPCIÓN	SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL DE CONCRETO ARMADO IN SITU		SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA MODULAR OFF SITE	
		ALCANCE	PUNTAJE	ALCANCE	PUNTAJE
Movimiento de tierras	Conjunto de acciones que se realizan sobre el terreno para la ejecución del proyecto	Movimiento de tierra hasta encontrar suelo firme. Profundidad de excavación entre 40 a 60 cm para zapatas superficiales	3	Menor trabajo de movimiento de tierra. Profundidad de excavación de 30 cm para losa de cimentación	4
Cimentación superficial	Cimentaciones que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo	Zapatas superficiales de 35 a 55 cm de peralte para uno o dos niveles de vivienda	4	Losa de cimentación de 25 cm de ancho. Rápido proceso constructivo	4
Estructura	Encargada de soportar cargas muertas y vivas y los efectos del mismo	Estructura de concreto armado a porticado. (zapatas, columnas, vigas)	4	Estructura metálica de acero. Tabiquería portante - paneles PUR. Trabajo estructural por módulos	4

Nota: Elaboración propia. Cuadro completo en Tabla 37

En las dos primeras partidas, la diferencia nace en que para una de ellas se requiere realizar una mayor profundidad de excavación para la construcción de la

cimentación. Por ejemplo, para la construcción de zapatas superficiales se requiere de 60 cm a 1 metro de excavación, por lo contrario, para una losa de cimentación basta con una excavación nivelada de 30 cm.

Es importante mencionar que para ambos casos es necesario asegurar que se cuenta con un terreno apto para construir en base a un previo estudio de suelo.

Para la partida de estructura ambas reciben un puntaje de 4 ya que ninguna desmerita a la otra. La construcción de miles de viviendas usando el sistema a porticado demuestra, día a día, su eficiencia y buen comportamiento ante un movimiento sísmico. Mientras que las viviendas modulares han demostrado tener daños estructurales mínimos. La FEMA menciona que al unir modulo a modulo hace que este funcione como un sistema inherentemente rígido , además, al tratarse de una construcción ligera resulta favorable, desde el punto de vista de daños, para los ocupantes y su entorno (FEMA, 2021).

Tabla 41

Cuadro comparativo con 2 partidas específicas de mayor variación

PROYECTO VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 1 PISO					
PARTIDAS	DESCRIPCIÓN	SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL DE CONCRETO ARMADO IN SITU		SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA MODULAR OFF SITE	
		ALCANCE	PUNTAJE	ALCANCE	PUNTAJE
Instalaciones eléctricas	Conjunto de circuitos eléctricos que tiene como objetivo dotar de energía al proyecto	Pase de tuberías e instalaciones eléctricas realizadas en campo. Alta posibilidad de encontrar incompatibilidades	2	Pase de tuberías e instalaciones eléctricas realizadas en planta. Baja posibilidad de encontrar incompatibilidades	4
Instalaciones sanitarias	Sistema de tuberías que integran las redes de abastecimiento de agua potable, evacuación de aguas residuales y drenaje de aguas pluviales	Pase de tuberías e instalaciones sanitarias realizadas en campo. Alta posibilidad de encontrar incompatibilidades	2	Pase de tuberías e instalaciones sanitarias realizadas en planta. Baja posibilidad de encontrar incompatibilidades	4

Nota: Elaboración propia. Cuadro completo en Tabla 37

Al observar la Tabla 37 se infiere que tanto la partida de instalaciones eléctricas como la de instalaciones sanitarias son las que mayor variación de puntaje presentan. El hecho de tratarse de una construcción industrializada off site que se caracteriza por tener

mayores controles de calidad, plazos fijos y automatización de procesos hace que se reduzca en gran medida el número de incompatibilidades de último momento, retrabajos, trabajos no productivos e interferencias con otras partidas. La construcción industrializada modular *off site* mejoraría el flujo de trabajo de todos los involucrados. Los estándares de calidad mejorarían y los plazos acordados del proyecto se cumplirían, asimismo, el impacto que podría generar la construcción a zonas aledañas del proyecto disminuiría considerablemente.

De la Tabla 38, en el comparativo de características generales entre ambos sistemas, se puede concluir que el sistema de construcción modular *off site* posee las características técnicas necesarias para poder sustituir a una construcción tradicional haciendo referencia a la construcción de viviendas sociales en la costa del país.

Este sistema posee características muy interesantes que pueden ser aprovechadas en el sector de la construcción, entre ellas: controles sistematizados en planta, mayor precisión en acabados, procesos automatizados repetitivos lo que genera menor cantidad de mano de obra reduciendo a su vez la tasa de accidentes, proceso constructivo respetuosos con el medio ambiente, menor tiempo de ejecución y todo ello en conjunto resultando un tipo de “evolución” de la construcción.

Capítulo IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. Conclusiones

- Se puede afirmar, según la recopilación de datos obtenidos del INEI 2017, que el mayor porcentaje de déficit cuantitativo se presenta en la zona urbana con un 2.4% frente a un 0.3% de la zona rural. Esto debido a que existe una sobrepoblación en la zona costa del país, no habiendo la cantidad suficiente de viviendas accesibles de calidad para los usuarios. En consecuencia, los habitantes recurren a las viviendas informales e invasiones a los cerros creando un desorden social.

Es aquí donde FONDO MIVIVIENDA junto con el Programa Techo Propio deben ayudar a la reducción de este déficit cuantitativo enfocándose en la población social del país que tengan la posibilidad de poder adquirir una vivienda de calidad y así, poco a poco, dejar de lado las construcciones informales lo cual a la larga beneficiaría al sector construcción del país.

- Después de haber realizado el comparativo entre una construcción tradicional in situ frente a una construcción modular off site, se concluye que el uso de módulos pre fabricados mediante el sistema Flat Pack adaptables a vivienda social resultan viables técnicamente. Sin embargo, en el aspecto comercial, se escoge como mejor opción al sistema tradicional in situ.

En el aspecto técnico se ha demostrado, en la presente tesis, que el sistema de construcción modular off site posee características interesantes que lo diferencia y resalta de una construcción tradicional in situ. De la Tabla 38, en el comparativo de características generales entre ambos sistemas, se puede concluir que el sistema de

construcción modular off site posee las características técnicas necesarias para poder sustituir a una construcción tradicional in situ haciendo referencia a la construcción de viviendas sociales en la costa del país. Este sistema posee características interesantes que pueden ser aprovechadas en el sector de la construcción, entre ellas: controles sistematizados en planta, mayor precisión en acabados, procesos automatizados repetitivos lo que genera menor cantidad de mano de obra reduciendo a su vez la tasa de accidentes, proceso constructivo respetuosos con el medio ambiente, una mejora en la gestión de residuos sólidos, menor tiempo de ejecución, uso de herramientas tecnológicas y todo ello en conjunto resultando un tipo de “evolución” de la construcción.

En el aspecto comercial, un sistema de construcción modular off site tendrá una buena aceptación por parte de los compradores después de haberse implementado y ejecutado proyectos exitosos que brinden seguridad y confianza al usuario de poder adquirir y arriesgar por este sistema constructivo. Existiría mayor número de profesionales y personal capacitado interesado en aprender y desarrollar la industrialización de la construcción.

- Un ente importante responsable del éxito de la implementación del proyecto modular en vivienda social es el programa Techo Propio. Este junto con los apoyos económicos que presenta como el Bono Familiar Habitacional y el financiamiento Complementario Techo Propio harían asequible este tipo de viviendas sociales a usuarios potenciales compradores, en consecuencia, el déficit habitacional del país se reduciría.

- En la ejecución de una vivienda social modular off site gran parte de las coordinaciones se llevarían a cabo en la misma planta industrial mientras que los módulos *Flat Pack* son fabricados. Algunas de las gestiones a considerar fuera de planta son: carga y descarga de los módulos, envío y transporte de los módulos, ensamblaje en campo de los módulos entre otros imprevistos que podrían presentarse. En consecuencia, la logística necesaria para este sistema reduciría notoriamente comparándolo con la construcción de una vivienda usando el sistema tradicional in situ.
- Como se ha mostrado en el desarrollo de la tesis, existe una amplia gama de materiales usados en la construcción de viviendas modulares prefabricadas en el mundo. Muchas de ellas pudiendo ser usadas en la adaptación hacia vivienda social debido a su rapidez constructiva, logística simplificada, menor uso de mano de obra, posibilidad de automatización y fabricación en planta. Sin embargo, para el éxito de la adaptación es fundamental contar con la oferta necesaria de estos materiales para así no encarecer el proyecto.
- El sistema constructivo tradicional de concreto armado presenta grandes emisiones de CO₂ desde la extracción de los materiales hasta la construcción in situ. Los residuos generados en este sistema presentan una baja importancia y gestión por parte de todos los involucrados. Los tipos de contaminación ambiental que se presentan en este sistema son: contaminación del suelo, contaminación acústica, contaminación visual, contaminación atmosférica y, en algunos casos, contaminación hídrica y lumínica. El sistema de construcción modular prefabricada off site resulta ser respetuoso con el medio ambiente, sistema eco friendly, desde los materiales usados hasta los procesos

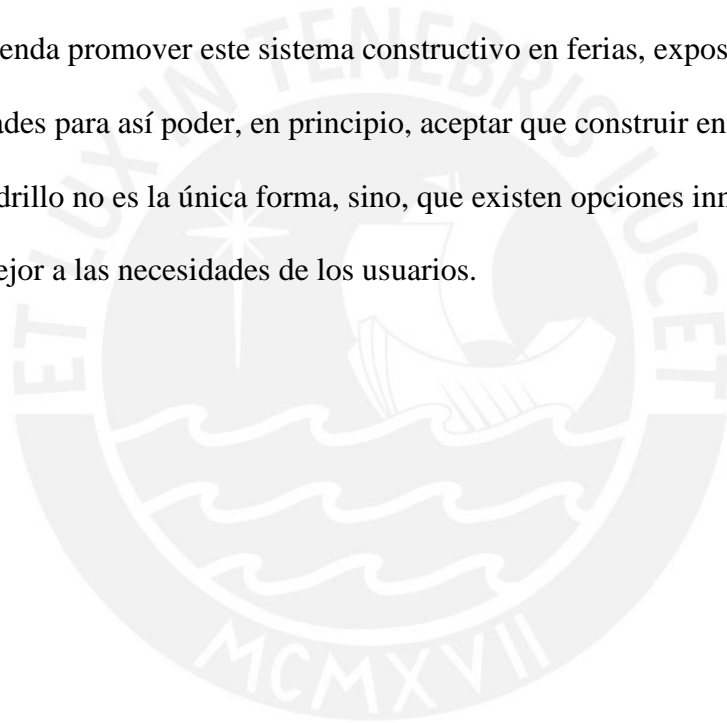
que conlleva en todo el ciclo de vida constructivo. Así mismo, la gestión de residuos sólidos se vuelve parte de un paso más ya que una de las principales características de este sistema es optimizar los materiales empleados reduciendo pérdidas en el proceso.

9.2. Recomendaciones

- Es importante reconocer que el sector construcción en el mundo sigue poniendo en práctica los mismos métodos constructivos de antaño. Algunos países como Japón, Singapur, Australia y Reino Unido están desarrollando tecnologías adaptándolas al sector construcción, optimizando procesos, para así enfrentar la escasez habitacional. El Perú debe empezar a seguir modelos exitosos en donde se hace uso de la construcción modular prefabricada off site, sobre todo, siendo un país donde el déficit habitacional rural llega a un 19.5% y en la zona urbana a un 8.7%. Para ello, se debe impulsar el apoyo del estado para invertir en la industrialización de la construcción, ya que, al inicio, al no tener grandes volúmenes de obra no se podrá asegurar la rentabilidad del proceso. Una vez que se propongan programas de construcción altamente industrializados administrados por el estado y que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento opten medidas necesarias para permitir el paso rápido de una construcción tradicional a una industrializada, el sector privado verá los buenos resultados y tomarán la propia iniciativa de empezar a invertir en nuevas tecnologías perdiéndole el miedo a lo desconocido.
- Debido a la poca experiencia de ejecución de obras modulares en el mercado, los usuarios lo ven poco atractivo, teniendo temor y desconfianza al adquirir una vivienda que este construida con materiales diferentes al concreto y acero.

La desinformación hace creer que una obra modular prefabricada solo puede ser vista como una obra provisional, que no pueden ser consideradas viviendas habitables ya que ante un sismo seguro terminaría colapsando. Sin embargo, todo ello es falso, inclusive la FEMA indicó que se observó un daño mínimo en las viviendas modulares y que la combinación de las unidades de modulo a modulo parece haber proporcionado un sistema inherente rígido que funciona mejor que la estructura residencial convencional.

Se recomienda promover este sistema constructivo en ferias, exposiciones y universidades para así poder, en principio, aceptar que construir en base a concreto, acero y ladrillo no es la única forma, sino, que existen opciones innovadoras que se ajustan mejor a las necesidades de los usuarios.



Bibliografía

- AISLA.PE. (2019). *Panel aislante para techo Termotecho – AIS 3G*. 1–13.
- Alquimodul. (2017a). *Módulos en Flat-Pack. Construcción modular, módulos prefabricados y contenedores*.
- Alquimodul. (2017b). *Sistema de Construcción Modular Fija – CMF*. Alquimodul SAC.
<https://www.alquimodul-peru.com/sistemas-constructivos-modulares/sistema-de-construccion-modular-fija-cmf/>
- Alquimodul. (2017c). *Sistema flatpack alquimodul*. Alquimodul SAC. <https://www.alquimodul-peru.com/sistema-flatpack/>
- Arquitectura Sostenible. (2021). *Jean Prouvé , el padre de las casas prefabricadas*.
<https://arquitectura-sostenible.es/exposicion-jean-prouve/>
- CAPECO. (2020a). Construcción en el 2020 : Desafíos y oportunidades para reactivarla. *Informe Económico de La Construcción*, 32(Agosto), 1–96.
- CAPECO. (2020b). La construcción en el Perú: de la emergencia a la postpandemia. *Informe Económico de La Construcción*, 29–30(Junio), 1–95.
http://www.construccioneindustria.com/iec/descarga/IEC2930_0620.pdf
- Casa Belforte. (2021). *Pisos vinílicos Tipos de pisos vinílicos*. <https://casabelforte.com/pisos-vinilicos/>
- Casas inHAUS S.L. (2020). *Cimentación casas modulares INHAUS*. INHAUS.
<https://casasinhaus.com/la-cimentacion-de-una-casa-modular/>
- Chang Breña, M. A. (2014). *Propuesta y evaluación de la aplicación del sistema de construcción industrializada modular*.
- Código Civil. (2021). *Art.334 De los bienes inmuebles*.

- Con Containers. (2021). *Diferencias entre casas prefabricadas, modulares e industrializadas*.
<https://www.casalium.es/blog/diferencias-entre-casas-prefabricadas-modulares-e-industrializadas>
- Construcciones modulares CO-OL. (2019). *Casa CO-OL*. 88. <http://co-ol.com.pe/wp-content/uploads/2020/04/Plano-Casa-Modular-88m2.pdf>
- Díaz Piloñeta, M., Ortega Fernandez, F., Díaz Suárez, A., & Alvarez Cabal, V. (2018). Present and future of modular construction. *International Congress on Project Management and Engineering*, 22(July), 647–657.
- El Espartano. (2017). *Nueva línea de Pisos Vinílicos*.
<https://www.elespartano.com/noticias/pisos-vinilicos/>
- Estado Peruano. (2022). *Coronavirus (COVID-19) en Perú*. 1–7.
<https://www.gob.pe/coronavirus>
- FEMA. (2021). *Buscar su ubicación*.
- Fermacell. (2021). *Productos de fibra yeso*. 2021.
- Fondo Mivivienda SA. (2014). *Fondo Mivivienda Memoria Anual 2014*.
- Fondo Mivivienda SA. (2018). *Prototipos de Vivienda Social Progresiva 2018*.
<http://www.construyepararecer.com/EdicionesAntCatalogo.aspx>
- Fondo Mivivienda SA. (2021). *Fondo MIVIVIENDA*.
<https://www.mivivienda.com.pe/PORTALWEB/index.aspx>
- Garcia de Soto, B., Agustí-J, I. J., & S. & Hunhevicz, J. (2019). Implications of Construction 4.0 to the workforce and organizational structures. *International Journal of Construction Management*.
- Global Electric Solar. (2018). *¿Para qué sirve un pozo a tierra?*

- INEI. (2018). Inei 2011-2017. *Encuesta Nacional de Programas Presupuestales 2011-2017*, 53(9), 1689–1699.
- Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. (2015). *Evaluación Técnica Europea*. 1–56.
- IPUR. (2022). *Uso, instalación y mantenimiento de los paneles sándwich de poliuretano*.
- Kizuroko. (2021). *Sistema Flat Pack Modular*. <https://kizurokomodular.com/flat-pack/>
- La República. (2020). *Guido Valdivia: Reducir déficit habitacional requiere de 120 mil viviendas*. 1–9. <https://larepublica.pe/economia/2020/01/09/vivienda-capeco-reducir-deficit-habitacional-requiere-de-120-mil-residencias-guido-valdivia-mvcs-mivivienda-techo-propio/?ref=Ire>
- Legiscomex. (2021). *Contenedores*. Legiscomex.Com. [https://www.legiscomex.com/Documentos/CONTENEDORES#:~:text=Un contenedor es una caja,a punto como una unidad.&text=Tanto los contenedores de 20,sólida las medidas en milímetros.](https://www.legiscomex.com/Documentos/CONTENEDORES#:~:text=Un%20contenedor%20es%20una%20caja,a%20punto%20como%20una%20unidad.&text=Tanto%20los%20contenedores%20de%2020,s%C3%B3lida%20las%20medidas%20en%20mil%C3%ADmetros.)
- Metecno The Specialist. (2017). *Aislamiento térmico Construcción Utilitaria*. 283.
- Meza Parra, S. K. (2016). La vivienda social en el Perú.Evaluación de las políticas y programas sobre vivienda de interés social.Caso de estudio: Programa “Techo Propio.” In *Realidad: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades* (Issue Mayo). <https://doi.org/10.5377/realidad.v0i150.6168>
- Miceli. (2020). *Instalación de pisos vinílicos*. https://www.miceli.com.ar/wp-content/uploads/2019/07/Instalacion_pisos_vinilicos.pdf
- Ministerio de Energía y Minas. (2008). *Manual de sustentación del código nacional de electricidad utilización 2006*. 6, 749. www.minem.gob.pe

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2005). *Crean El Proyecto “Techo Propio”*.

Modular Home. (2020). *Los cimientos sobre lo que descansa tu casa*. 1–12.

<https://modularhome.es/los-cimientos-sobre-lo-que-descansa-tu-casa/>

Multitainer. (2018). *El Panel Sandwich Termoaislante de Multitainer*. 1–3.

Naciones Unidas. (2017). *Departamento de Asuntos Económicos y Sociales Pueblos Indígenas:*

Salud. 1–7. <https://www.un.org/development/desa/indigenous-peoples-es/areas-de-trabajo/salud.html>

Norma Técnica I.S.010. (2006). Instalaciones sanitarias para edificaciones. *Reglamento Nacional De Edificaciones*, 1–30.

Panelais producciones. (2019). *Sandwich panels*. 1–36. [https://doi.org/10.1016/0263-](https://doi.org/10.1016/0263-8231(93)90044-B)

[8231\(93\)90044-B](https://doi.org/10.1016/0263-8231(93)90044-B)

Perez, M. A. (2021). Así Es La Cimentación De Una Vivienda Modular Prefabricada.

Blog.Miguel A.Perez, Arquitecto, 1–9.

Piloedre. (2016). Manual de instalación, desinstalación y reutilización del Piloedre.

Departamento Técnico Piloedre, 1–29. [https://piloedre.es/wp-](https://piloedre.es/wp-content/uploads/2017/06/MANUAL-DE-INSTALACIÓN-PILOEDRE-versión.pdf)

[content/uploads/2017/06/MANUAL-DE-INSTALACIÓN-PILOEDRE-versión.pdf](https://piloedre.es/wp-content/uploads/2017/06/MANUAL-DE-INSTALACIÓN-PILOEDRE-versión.pdf)

Piloedre. (2017a). *Ficha técnica*. 1–8.

Piloedre. (2017b). *Piloedre para edificios modulares en Cambrils*. Portafolio de Proyectos

Piloedre. <https://piloedre.es/portfolio/cimentacion-edificio-prefabricado-cambrils/>

Piloedre. (2020). *Tarifa de precios piloedre® 2020* ®. 1.

Portillo Olmedo, M. I. (2009). *Matriz interna - externa*. <https://es.slideshare.net/marypol/matriz-interna-externa>

- Programa Techo Propio. (2020). Financiamiento Complementario Techo Propio. *Fondo Mi Vivienda*, 1–3. <https://www.mivivienda.com.pe/portalweb/usuario-busca-viviendas/pagina.aspx?idpage=30#:~:text=¿QUÉ ES EL PROGRAMA TECHO,de luz%2C agua%2C desagüe.>
- Promet. (2019). FICHA TÉCNICA | Sistema Constructivo METAL. *Promet Perú SAC*, 2–3.
- Rotoplas. (2021). *Ficha técnica tanque de agua*.
- Sánchez Barzola, R. A. (2020). Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de hilo poliéster a base de PET reciclado. In *Pontificia Universidad Católica Del Perú*.
- Sanchez Gonzalez, J. C. (2021). R que R con la industrialización en la construcción. *El Acento*, 1–8.
- Sarmiento Ocampo, J. (2017). Vivienda industrializada : antecedentes en el mundo y propuesta al déficit de vivienda social en Colombia. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 10(Agosto), 79–96.
- Schwalbe, K. (2015). *Information Technology Project Management* (p. 672). https://books.google.co.za/books?hl=en&lr=&id=mPeoBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=%09Information+technology+project+management+Kathy+Schwalbe,+Ph.D.,+PMP,+Professor+Emeritus,+Augsburg+College&ots=FMrxZtWV0g&sig=k5VstB_P4B3CzT4YhTodUzvWroA&redir_esc=y#v=onepag
- Senamhi. (2020). *Climas Del Peru: Mapas de Clasificacion Climatica Nacional. I*, 7. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Structuralia. (2019). *La construcción industrializada ha llegado para quedarse. Modulo 1: Aproximación a La Industrialización En Hormigón*. <https://blog.structuralia.com/la-construccion-industrializada-que-ha-llegado-para-quedarse>

Synthesia Technology. (2019). *¿El poliuretano es seguro en caso de incendio?*

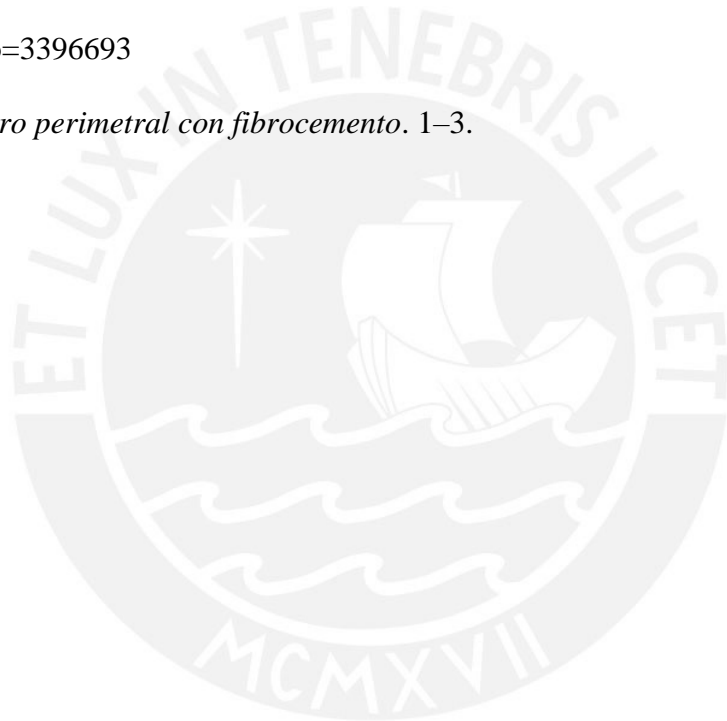
<http://fundamentosmaquinas.blogspot.com/2010/08/mecanismo-de-yugo-escoces.html>

The Building Housing of Japan. (2018). A quick look at housing in Japan. *The Building Center of Japan, June*, 1–10.

Vargas Garzón, B. (2007). Industrialización de la construcción para la vivienda social. *Nodo: Arquitectura. Ciudad. Medio Ambiente*, 2(3), 25–44.

<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3396693.pdf>
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=3396693>

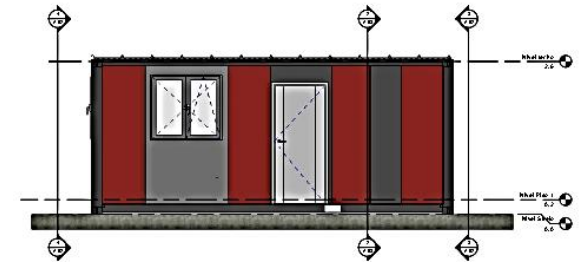
Volcan. (2021). *Muro perimetral con fibrocemento*. 1–3.



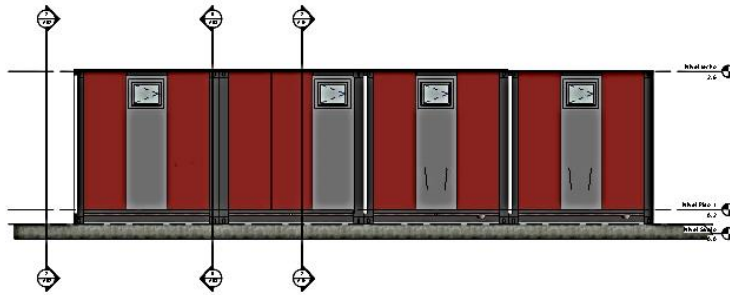
ANEXOS



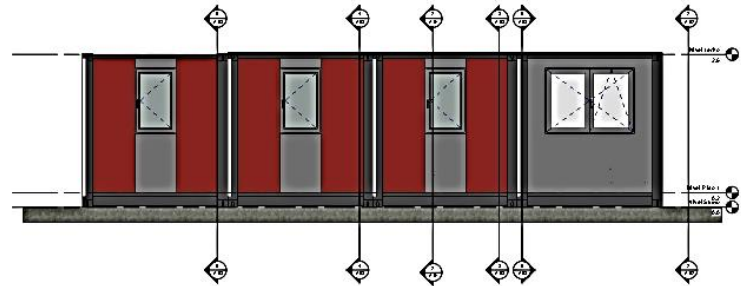
1 Vista 3D



2 Corte Oeste

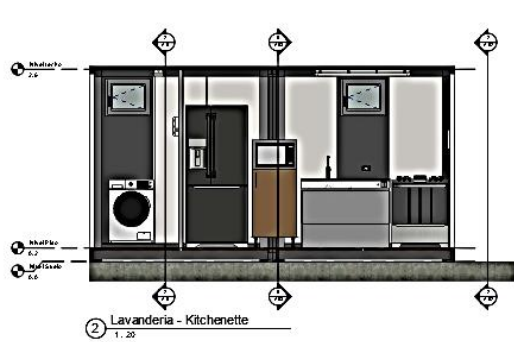


3 Corte Sur



4 Corte Norte

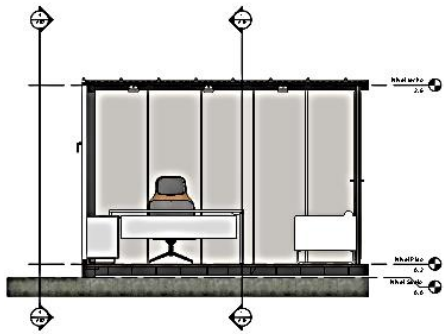
	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		<small>LÁMINA</small>
	PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL UNIFAMILIAR MODULAR		A-02
	<small>PLANO:</small> VSM-YBC-CN-P00-MIP-ARQ-001-S0	<small>DESCRIPCIÓN:</small> Vista 3D, Corte Norte, Sur, Oeste	
	<small>NOMBRE:</small> YEFERSON BENDEZÚ CHOQUE	<small>FECHA:</small> 01/03/22	<small>ESCALA:</small> 1 : 25



2 Lavandería - Kitchenette
1:20



6 Living
1:20



3 Cuarto de estudio
1:20



5 Dormitorio principal
1:20



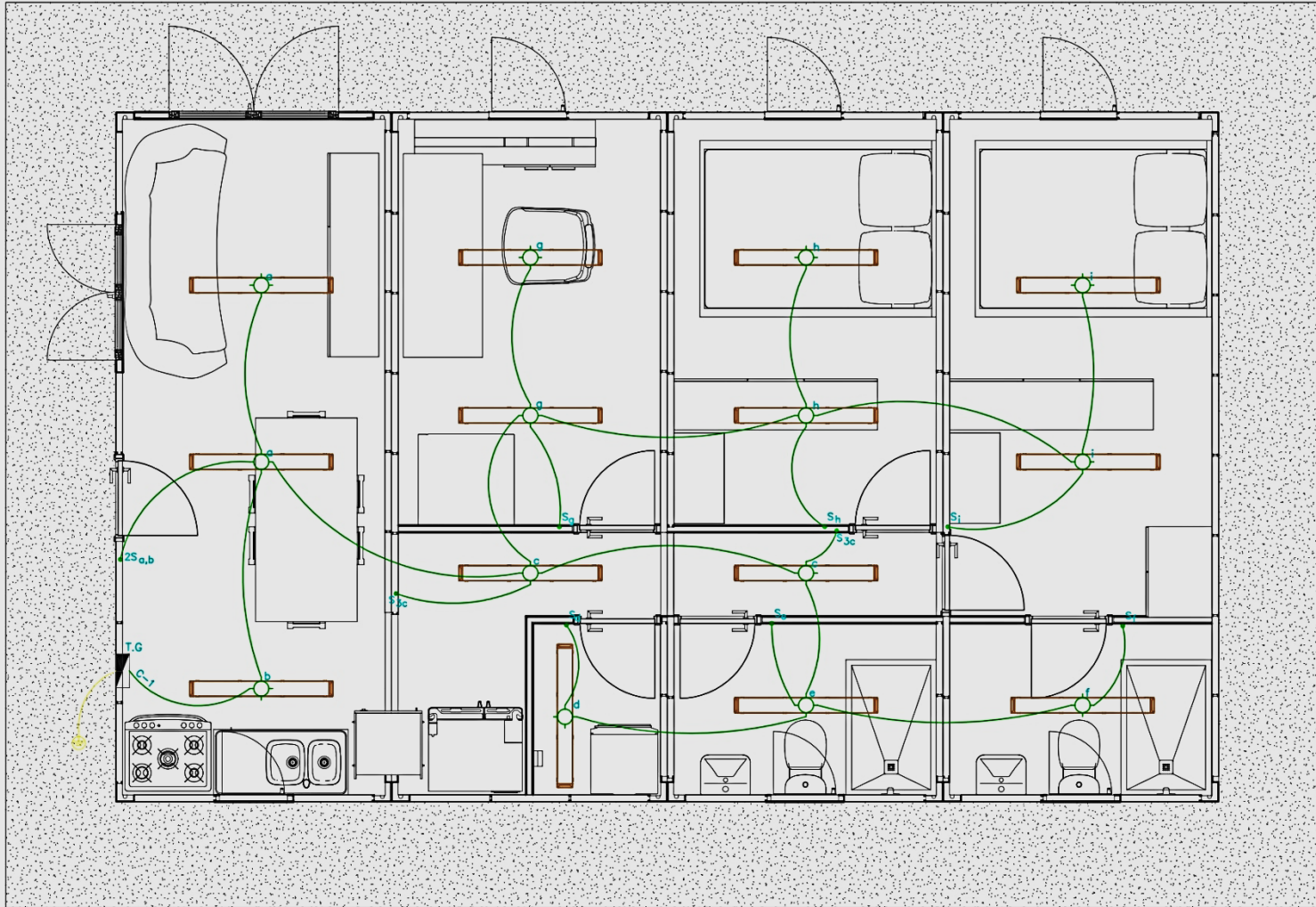
4 Dormitorio 01
1:20



1 Baño Principal - Baño 01
1:20



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL UNIFAMILIAR MODULAR		LÁMINA:
PLANO: VSM-YBC-CN-P00-MIP-ARQ-001-S0	DESCRIPCIÓN: Vista ambientes variados	A-03
NOMBRE: YEFERSON BENDEZÚ CHOQUE	FECHA: 01/03/22	

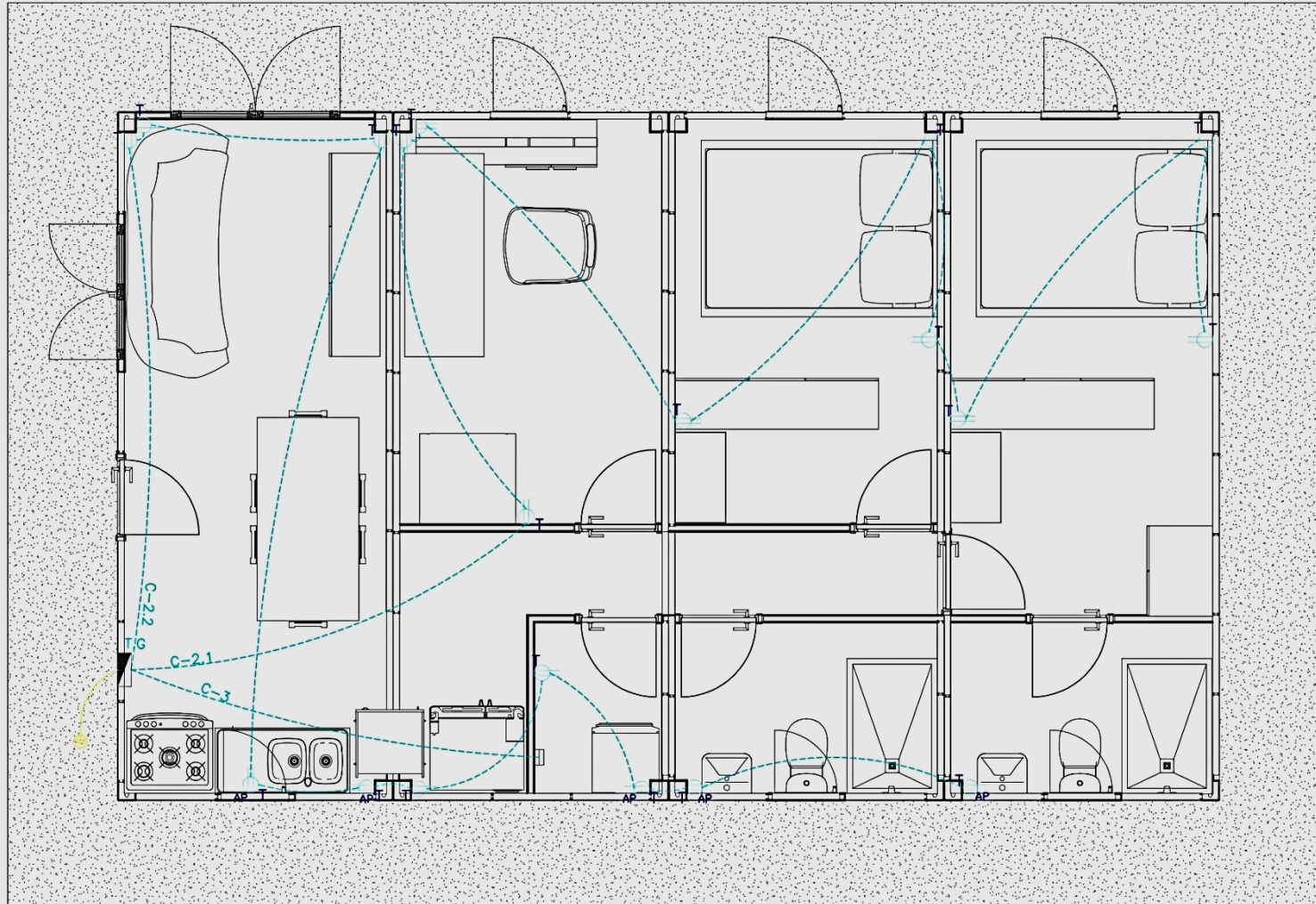


LEYENDA

- Cableado eléctrico pasa por el techo
- Fluorescente led 36V
- Tablero General
- Salida centro de luz
- Puesta a tierra
- Interruptor de luz unipolar de 1 golpe
- Interruptor de luz unipolar de 2 golpes
- Interruptor de luz conmutación



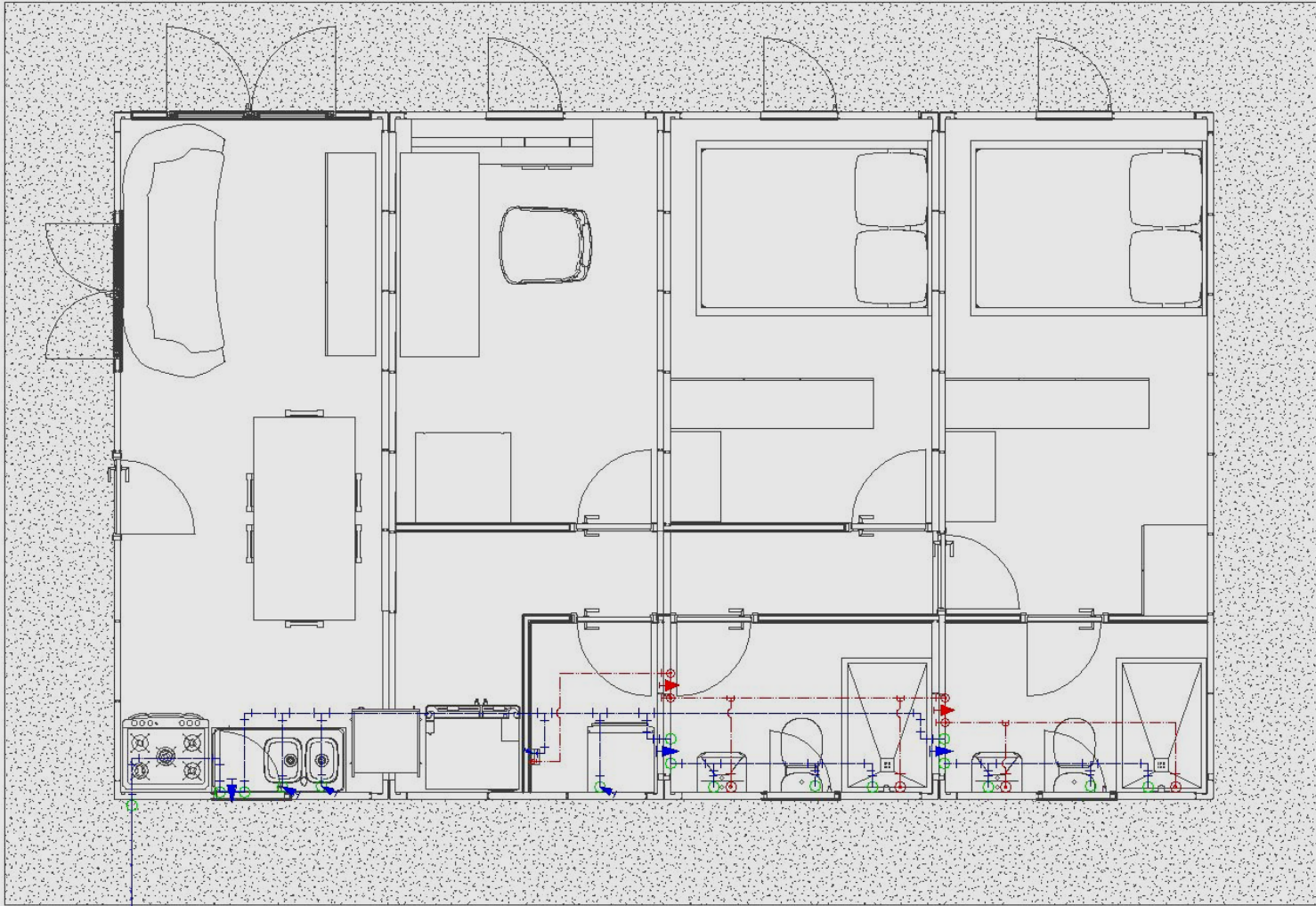
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ			IE-01
PROYECTO: PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL UNIFAMILIAR MODULAR			
PLANO: INSTALACIONES ELÉCTRICAS	NIVEL: RED DE ALUMBRADO		
NOMBRE: YEFERSON BENDEZÚ CHOQUE	FECHA: 11-01-22	ESCALA: 1:50	



LEYENDA	
	Cableado eléctrico pasa por el piso
	Tablero General
	Puesta a tierra
	Tonacorriente bipolar doble con puesta a tierra
	Tonacorriente bipolar doble con puesta a tierra y protección contra el agua
	AP



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		
PROYECTO: PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL UNIFAMILIAR MODULAR		
PLANO: INSTALACIONES ELÉCTRICAS	NIVEL: RED DE TOMACORRIENTE	IE-02
NOMBRE: YEFERSON BENDEZÚ CHOQUE	FECHA: 11-01-22	ESCALA: 1:50

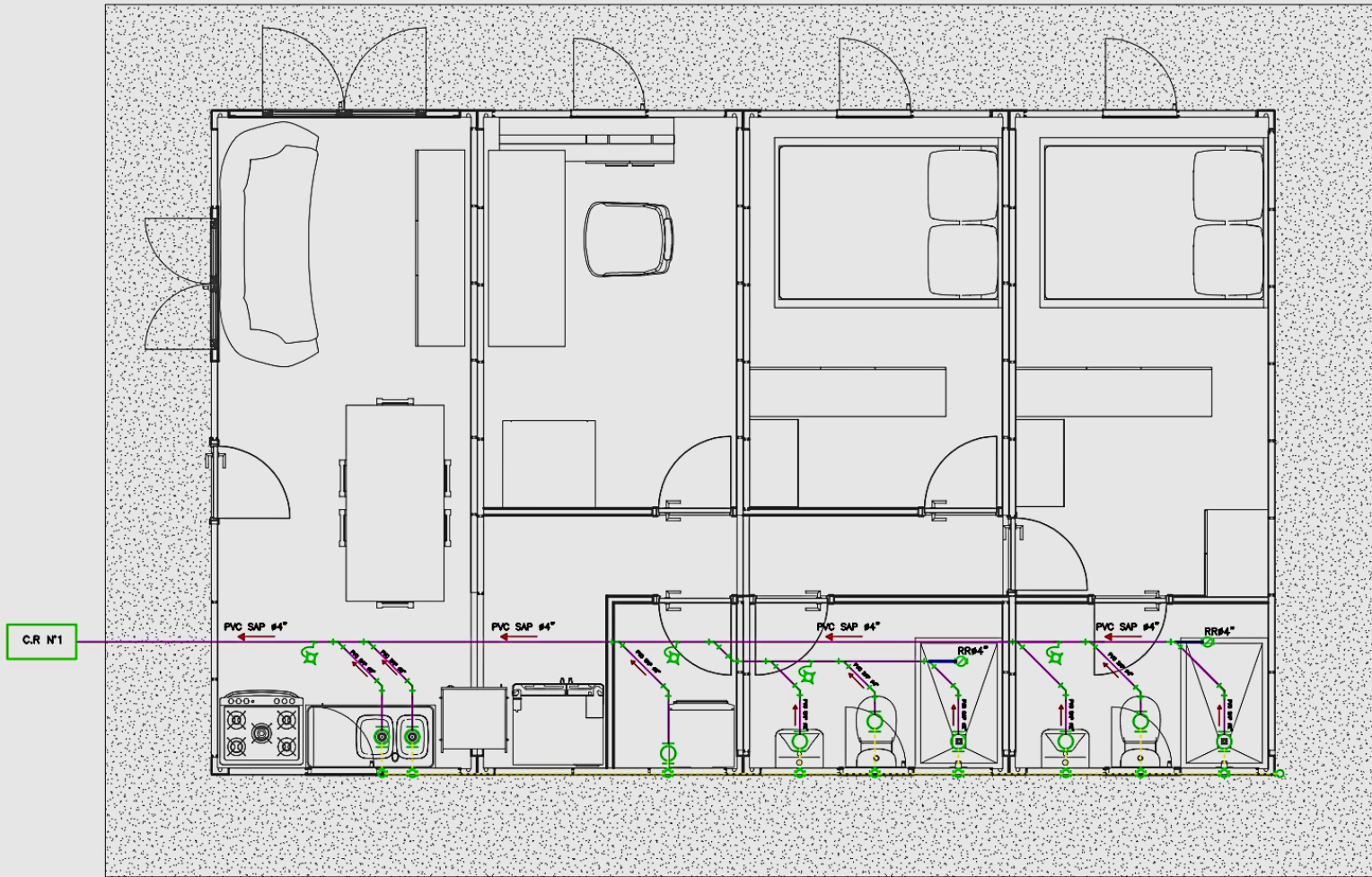


VIENE DE LA RED PUBLICA

- LEYENDA**
- Red de agua fría
 - Red de agua caliente
 - ⊥ Tee pvc clase 10
 - ◯ Codo de 90°
 - Druce de tuberías sin consola
 - ◯ Codo de 90°
 - ◯ Codo de 90°
 - ⊥ Valvula de control vertical
 - ⊥ Valvula de compuerta



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		IS-01
PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL UNIFAMILIAR MODULAR		
INSTALACIONES SANITARIAS	SIST. AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE	
YEFERSON BENDEZÚ CHOQUE	11-01-22	1:50

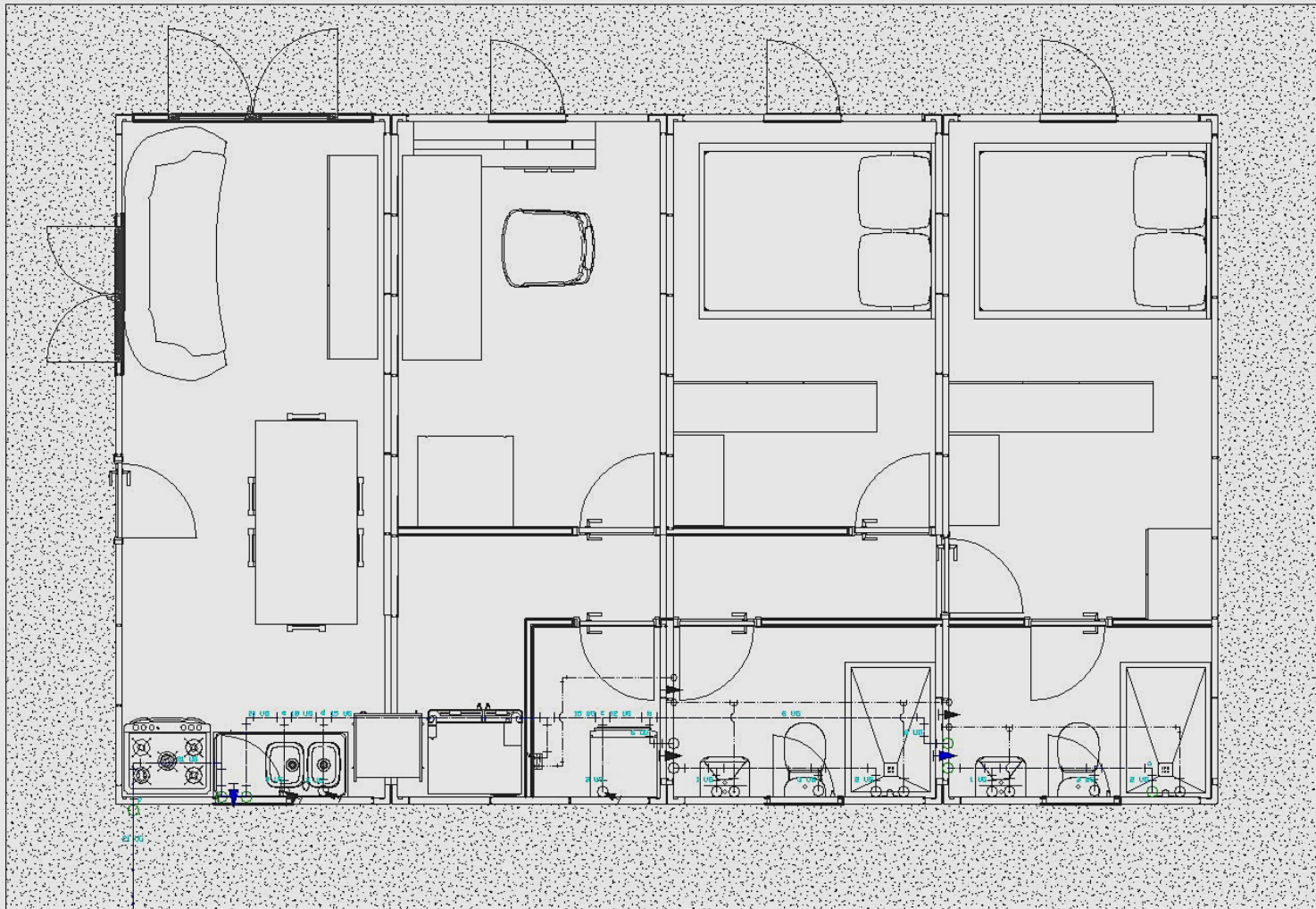


C.R. N°1

LEYENDA	
	TUBERIA DE DESAGUE
	TUBERIA DE VENTILACION
	CAJA DE REGISTRO
	COUDO 45°
	'Y' SIMPLE
	DBBLE 'Y'
	REGISTRO ROSCADO DE PISO
	SUMIDERO DE BRONCE



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		
PROYECTO: PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL UNIFAMILIAR MODULAR		
PLANO: INSTALACIONES SANITARIAS	NIVEL: SIST. DESAGÜE Y VENTILACIÓN	IS-02
NOMBRE: YEFERSON BENDEZÚ CHOQUE	FECHA: 11-01-22	



↑
VIENE DE LA
RED PUBLICA

LEYENDA	
	Red de agua fría
	Red de agua caliente
	Tee pvc clase 10
	Codo de 90°
	Cruce de tuberías sin conexión
	Codo de 90°
	Codo de 90°
	Valvula de control vertical
	Valvula de compuerta



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ			IS-03
PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL UNIFAMILIAR MODULAR			
PROYECTO: INSTALACIONES SANITARIAS	NÚMERO: SIST. UNIDADES DE GASTOS		
AUTOR: YEFERSON BENDEZÚ CHOQUE	FECHA: 11-01-22	ESCALA: 1:50	