UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Propuesta de vivienda modular sostenible mediante la utilización de paneles
de quincha prefabricada para atención de las demandas de refugio en

Sondorillo, Huancabamba, Piura

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Chavez More, Jordys David (0000-0001-9286-6394)

Cueva Sandillan, Jhon Julio (0000-0002-2886-4906)

ASESOR

Huerta Campos, Carlos Alberto (0000-0003-3758-3126)

Lima, 9 de octubre de 2020

DEDICATORIA

*A nuestros padres, familiares y amigos por su apoyo incondicional. A Dios por la salud y
fortaleza para cumplir nuestras metas.*

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres y familiares por el apoyo emocional y cariño incondicional, por los buenos consejos para enfrentar los obstáculos que se presentan en la vida.

Agradecemos al Ing. Carlos Huerta y al Arq. César Lozano por su tiempo y dedicación a las asesorías para la correcta planificación y realización de la presente tesis.

RESUMEN

En el presente documento se propone el proceso constructivo de una Vivienda Modular en respuesta a la demanda de refugios por parte de la población afectada por el Fenómeno El Niño de Sondorillo, Huancabamba, Piura, mediante el uso de materiales como el bambú, carrizo y barro disponibles en la zona de estudio.

Con el sistema modular propuesto se ha logrado ajustar a un plazo de 7 días para su ejecución mediante la sectorización acorde al número de cuadrillas y a los metrados para un área total de 41.00 m^2 ; así mismo, mediante la planificación de partidas en paralelo para incrementar su ejecución in situ, a través de los procesos constructivos propuestos para el proyecto. Además, se demuestra la factibilidad del proyecto por su baja inversión y ahorro a través del tiempo en comparación a otras propuestas de vivienda. Finalmente, se realizó una simulación en 4D con el programa Navisworks obteniéndose una visualización virtual de los procesos constructivos para una adecuada capacitación de la mano de obra del proyecto y un mayor entendimiento de los procesos de trabajo respecto a la programación previamente realizada.

Palabras clave: Viviendas modulares; Carrizo; Bambú; Fenómeno El Niño; Optimización de recursos; Procesos constructivos; Programación y Navisworks.

Proposal of sustainable modular housing through the use of prefabricated quincha panels to
meet requests for shelter in Huancabamba, Piura

ABSTRACT

This document proposes the construction process of a Modular Housing in response to the demand for shelters by the population affected by the El Niño phenomenon of Sondorillo, Huancabamba, Piura, through the use of materials such as bamboo, reed and mud available in the study area.

With the proposed modular system, it has been possible to adjust to a period of 7 days for its execution through the sectorization according to the number of crews and the metrados for a total area of 41.00 m^2 ; likewise, by planning parallel items to increase their execution in situ, through the construction processes proposed for the project. In addition, the feasibility of the project is demonstrated by its low investment and savings over time compared to other housing proposals. Finally, a 4D simulation was carried out with the Navisworks program, obtaining a virtual visualization of the construction processes for an adequate training of the workforce of the project and a greater understanding of the work processes with respect to the previously performed programming.

Keywords: Modular homes; Reed; Bamboo; El Niño phenomenon; Resource Optimization; Constructive processes; Programming and Navisworks.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: GENERALIDADES	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PROBLEMÁTICA	2
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3.1 Hipótesis	3
1.3.2 Objetivos.....	3
1.3.2.1 Evaluar la factibilidad de la disponibilidad de materiales en Piura para la fabricación de los paneles de quincha prefabricada	4
1.3.2.2 Realizar un planeamiento constructivo de la vivienda modular de quincha y el desarrollo del metrado, presupuesto y cronograma de obra	4
1.3.2.3 Desarrollar una metodología de construcción para estandarizar los procesos constructivos de la Vivienda Modular Sostenible a base de quincha.....	4
1.3.2.4 Efectuar el análisis comparativo costo beneficio de la vivienda modular de quincha frente a las alternativas existentes en Piura.....	4
1.3.2.5 Realizar la simulación virtual en 4D de la vivienda modular de quincha mediante los softwares Navisworks, Revit y MS Project y la representación a escala del proyecto vivienda modular de quincha	4
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.5 INDICADORES DE LOGRO.....	5
1.6 DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO.....	6
1.7 ALCANCE DEL PROYECTO DE VIVIENDA	7
2.1 QUINCHA TRADICIONAL.....	8
2.2 QUINCHA PREFABRICADA	8
2.3 METODOLOGÍAS DE CONSTRUCCIONES DE VIVIENDAS CON QUINCHA PREFABRICADA A NIVEL INTERNACIONAL Y NACIONAL.....	9
2.4 MANTENIMIENTO DEL PANEL DE QUINCHA	12
2.4.1 Protección de la madera contra insectos.....	12
2.4.2 ¿Cómo reforzar o reparar viviendas de quincha?	13
2.5 BENEFICIO DE LA QUINCHA EN VIVIENDAS.....	14
2.5.1 Vulnerabilidad sísmica de la quincha prefabricada.....	14
2.5.2 Disponibilidad en la zona	14

2.6	COMPARACIÓN ENTRE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE VIVIENDA.....	14
3.1	UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	17
3.2	CONSTRUCCIONES TÍPICAS EN SONDORILLO - HUANCABAMBA	18
3.2.1	Preferencias de tipos de viviendas.....	19
3.2.2	Problemas de sismorresistente con las construcciones de adobe	20
3.3	SITUACIÓN ACTUAL DE SONDORILLO – HUANCABAMBA	22
3.3.1	Nivel de desarrollo del distrito de Sondorillo.....	22
3.3.2	Fenómeno El Niño.....	23
3.4	DISPONIBILIDAD DE MATERIALES PARA LAS CONSTRUCCIONES DE VIVIENDAS MODULARES	24
3.4.1	Producción de Bambúes en Piura	24
3.4.2	Producción de Carrizo y Caña brava	25
3.4.3	El Barro para la quinchá	26
4.1	DEFINICIÓN MÍNIMA DE AMBIENTES	28
4.2	PROPUESTA DE VIVIENDA MODULAR SOSTENIBLE DE QUINCHA PREFABRICADA..	28
4.2.1	Configuración arquitectónica	28
4.2.2	Propuesta Estructural.....	29
4.2.3	Instalaciones Sanitarias.....	30
4.2.4	Instalaciones Eléctricas.....	31
5.1	METRADOS	33
5.1.1	Metrados de Estructuras y arquitectura	33
5.1.2	Instalaciones eléctricas (II.EE.) e instalaciones sanitarias (II.SS.).....	35
5.2	ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS (ACU)	35
5.2.1	Estructuración del Análisis de Costos Unitarios	35
5.2.2	Desarrollo de las cuadrillas dentro del Análisis de Costos Unitarios.....	37
5.2.2.1	Sectorización del trabajo	37
5.2.2.2	Cuadrillas.....	38
5.2.3	Desarrollo de Análisis de Costos Unitarios de partidas no comunes	38
5.3	PRESUPUESTO DE LA VIVIENDA MODULAR SOSTENIBLE	42
5.3.1	Costo directo.....	42
5.3.2	Costo Gasto Generales	45
5.3.3	Presupuesto total.....	45
5.4	FASE 1: PREFABRICACIÓN DE PANELES DE QUINCHA	46

5.4.1	Implementación de la prefabricación en la construcción	46
5.4.2	Sistemas constructivos de prefabricados	47
5.4.3	Sistema de quincha prefabricada	47
5.4.3.1	Taller de prefabricación.....	49
5.4.3.2	Las cuadrillas para el taller.....	50
5.4.3.3	Cronograma para la etapa de prefabricación de los paneles de quincha .	50
5.4.3.4	Construcción del módulo en 7 días.....	50
5.5	FASE 2: EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE LA VIVIENDA MODULAR SOSTENIBLE	51
5.5.1	Cálculo de los diferentes tiempos para la ejecución de partidas	51
5.5.1.1	Cálculo de horas hombre	51
5.5.1.2	Generación del cronograma.....	53
5.5.2	Cronograma de obra	54
5.5.2.1	Programación diaria.....	54
5.5.2.2	Horas extras	58
5.5.3	Cronograma valorizado	59
5.5.4	Compra de materiales	62
6.1	FUNDAMENTOS Y ESTRUCTURA DE LA METODOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA MODULAR SOSTENIBLE	63
6.2	DESARROLLO DE LA FASE N°1 – PANELES DE QUINCHA PREFABRICADA	64
6.2.1	Procesos de calidad de los materiales de quincha	64
6.2.1.1	Pruebas de calidad para la tierra.....	64
6.2.2	Selección adecuada para la calidad de la madera	65
6.2.2.1	Procesos de calidad de la madera: El secado y la preservación	66
6.2.2.2	Secado puesto a la iluminación solar.....	66
6.2.3	Pruebas para determinar la calidad de la caña Guayaquil o bambú	67
6.2.3.1	Madurez y calidad	67
6.2.3.2	Cosecha o corte de tallos para una producción a futuro	68
6.2.4	Paneles modulares de quincha de la vivienda	69
6.2.5	Prefabricación de los paneles de quincha	72
6.2.6	Acabado final de los paneles de quincha.....	75
6.3	DESARROLLO DE LA FASE N° 2 – PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LA VIVIENDA MODULAR SOSTENIBLE	76
6.4	RECOMENDACIONES PARA LA UBICACIÓN DE LA VIVIENDA MODULAR	94

7.1	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA VIVIENDA MODULAR Y OTROS PROYECTOS DE VIVIENDA.....	95
7.1.1	Análisis comparativo entre el Módulo de Vivienda Temporal y la Vivienda Modular	95
7.1.2	Análisis comparativo entre la Vivienda Modular propuesta y la alternativa de una Vivienda Modular sin sistema eléctrico ni sanitario.....	99
7.1.3	Análisis comparativo entre una Vivienda de Albañilería y la Vivienda modular	100
7.2	ANÁLISIS FACTIBILIDAD CONFORME A LOS RECURSOS DE SONDORILLO	102
7.2.1	Análisis comparativo entre una Vivienda de Albañilería y la Vivienda modular	102
7.2.2	Análisis gráfico del ingreso familiar per cápita en Piura y Lima	103
8.1	SIMULACIÓN DEL MÓDULO DE VIVIENDA EN 4D PARA LA VISUALIZACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS	106
8.1.1	Aplicación del BIM en la Vivienda Modular Sostenible	106
8.1.2	Modelación en 3D de la Vivienda Modular Sostenible.....	107
8.1.3	Cronograma de los procesos constructivos en Ms Project	109
8.2	SIMULACIÓN 4D DE LA VIVIENDA MODULAR SOSTENIBLE	110
8.2.1	Programación a nivel de software en Navisworks.....	110
8.2.2	Simulación en 4D de los procesos constructivos de la Vivienda Modular Sostenible	111
8.3	REPRESENTACIÓN A ESCALA EN MAQUETA DE LA VIVIENDA MODULAR SOSTENIBLE.....	121
9.1	EVALUAR LA FACTIBILIDAD DE LA DISPONIBILIDAD DE MATERIALES EN PIURA PARA LA FABRICACIÓN DE LOS PANELES DE QUINCHA PREFABRICADA.....	122
9.2	REALIZAR UN PLANEAMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA VIVIENDA MODULAR DE QUINCHA Y EL DESARROLLO DEL METRADO, PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE OBRA...	122
9.3	DESARROLLAR UNA METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN PARA ESTANDARIZAR LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LA VIVIENDA MODULAR SOSTENIBLE A BASE DE QUINCHA	123
9.4	EFFECTUAR EL ANÁLISIS COMPARATIVO COSTO BENEFICIO DE LA VIVIENDA MODULAR DE QUINCHA FRENTE A LAS ALTERNATIVAS EXISTENTES EN PIURA.....	123

9.5	REALIZAR LA SIMULACIÓN VIRTUAL EN 4D DE LA VIVIENDA MODULAR DE QUINCHA MEDIANTE LOS SOFTWARES NAVISWORKS, REVIT Y MS PROJECT Y LA REPRESENTACIÓN A ESCALA DEL PROYECTO VIVIENDA MODULAR DE QUINCHA	124
CAPITULO X: RECOMENDACIONES.....		125
10.1	EVALUAR LA FACTIBILIDAD DE LA DISPONIBILIDAD DE MATERIALES EN PIURA PARA LA FABRICACIÓN DE LOS PANELES DE QUINCHA PREFABRICADA.....	125
10.2	REALIZAR UN PLANEAMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA VIVIENDA MODULAR DE QUINCHA Y EL DESARROLLO DEL METRADO, PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE OBRA...	125
10.3	DESARROLLAR UNA METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN PARA ESTANDARIZAR LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LA VIVIENDA MODULAR SOSTENIBLE A BASE DE QUINCHA	125
10.4	EFFECTUAR EL ANÁLISIS COMPARATIVO COSTO BENEFICIO DE LA VIVIENDA MODULAR DE QUINCHA FRENTE A LAS ALTERNATIVAS EXISTENTES EN PIURA	126
10.5	REALIZAR LA SIMULACIÓN VIRTUAL EN 4D DE LA VIVIENDA MODULAR DE QUINCHA MEDIANTE LOS SOFTWARES NAVISWORKS, REVIT Y MS PROJECT Y LA REPRESENTACIÓN A ESCALA DEL PROYECTO VIVIENDA MODULAR DE QUINCHA	126
ANEXOS		132
ANEXO 1: SITUACIÓN ACTUAL DEL DISTRITO DE SONDORILLO, HUANCABAMBA – PIURA.		132
ANEXO 2: PLANOS CORTE - ELEVACIÓN DE LA VIVIENDA		133
ANEXO 3: METRADOS DEL PROYECTO		134
ANEXO 4: ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS		136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Ventajas y desventajas según técnica constructiva</i>	14
Tabla 2. <i>Población censada por área urbana y rural según distrito en la provincia de Huancabamba (2007)</i>	18
Tabla 3. <i>Tipo de Material de construcción que predomina en los muros</i>	20
Tabla 4. <i>Piura. Índice de Desarrollo Humano según distrito en la provincia de Huancabamba (2012)</i>	22
Tabla 5. <i>Producción de caña brava por región (2005-2010)</i>	26
Tabla 6. <i>Metrado de estructura y arquitectura</i>	33
Tabla 7. <i>Metrado instalaciones eléctrica e instalaciones sanitarias</i>	35
Tabla 8. <i>Formato para el análisis de los costos unitarios</i>	36
Tabla 9. <i>Distribución del personal para la formación de las cuadrillas de obra</i>	38
Tabla 10. <i>Análisis de costos unitarios de la partida Columnas de 4"x4"</i>	39
Tabla 11. <i>Análisis de costos unitarios de la partida Techo módulo principal</i>	39
Tabla 12. <i>Análisis de costos unitarios de la partida Techo módulo secundario</i>	40
Tabla 13. <i>Análisis de costos unitarios de la partida Paneles P – 1.20 m x 2.40 m</i>	40
Tabla 14. <i>Análisis de costos unitarios de la partida Paneles S – 0.65 m x 1.00 m</i>	41
Tabla 15. <i>Análisis de costos unitarios de la partida Paneles T – 0.25 m x 1.20 m</i>	41
Tabla 16. <i>Costo directo de la Vivienda Modular Sostenible</i>	43
Tabla 17. <i>Presupuesto para orden de compra con las cantidades de los recursos redondeados</i>	44
Tabla 18. <i>Personal adicional requerido para el proyecto de vivienda</i>	45
Tabla 19. <i>Presupuesto total del proyecto Vivienda Modular Sostenible</i>	45
Tabla 20. <i>Detalle de los paneles de quincha para una vivienda prefabricada</i>	48
Tabla 21. <i>Horas hombre según número de cuadrillas</i>	53
Tabla 22. <i>Costos diarios y costo acumulados de la Vivienda Modular Sostenible</i>	61
Tabla 23. <i>Distribución de los paneles de quincha según su tamaño</i>	70
Tabla 24. <i>Determinación de la Máxima demanda de la Vivienda Modular Sostenible</i>	87
Tabla 25. <i>Estimación del costo inicial del Módulo Temporal de Vivienda</i>	96
Tabla 26. <i>Comparación de inversión y pagos mensuales durante el tiempo</i>	97
Tabla 27. <i>Comparación de inversión entre el Caso hipotético y la Vivienda Modular</i>	99
Tabla 28. <i>Comparación de inversión entre una Vivienda de Albañilería y la Vivienda Modular</i>	101

Tabla 29. <i>Encuesta re calculada por el PNUD (2010)</i>	103
Tabla 30. <i>Proyección re calculada de ingresos familiar per cápita por el PNUD (2010)</i>	104
Tabla 31. <i>Niveles referenciales o de guía para la simulación en Revit</i>	107

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Árbol de problemas sobre la falta de viviendas para los damnificados en Huancabamba	5
<i>Figura 2.</i> Uso de la quincha tradicional en la vivienda.....	8
<i>Figura 3.</i> Panel de quincha elaborado en el laboratorio UPC	9
<i>Figura 4.</i> Vivienda modular de quincha en Colombia	10
<i>Figura 5.</i> Vivienda modular de quincha elaborado por Arquitectura Panamericana en Perú	12
<i>Figura 6.</i> Barniz empleado en el recubrimiento de madera	13
<i>Figura 7.</i> Mezcla de cemento o yeso para reforzamiento de paredes de quincha.....	13
<i>Figura 8.</i> Ubicación geográfica del distrito de Sondorillo	17
<i>Figura 9.</i> Vivienda 1 de quincha tradicional en Sondorillo en la provincia Huancabamba, departamento de Piura	19
<i>Figura 10.</i> Vivienda 2 de quincha tradicional en Sondorillo en la provincia Huancabamba, departamento de Piura	19
<i>Figura 11.</i> Fases de la simulación sísmica a escala real de quincha y el adobe. Adaptado de un ensayo en el laboratorio de estructuras de la PUCP.	21
<i>Figura 12.</i> Desborde el río Piura considerado el más crítico	23
<i>Figura 13.</i> Afectación de vías y viviendas por inundación en el distrito de Sondorillo	24
<i>Figura 14.</i> Fotografía relacionada al último reporte del alto crecimiento de Bambú en Piura, 2018	25
<i>Figura 15.</i> Local de venta, evidencia la alta producción de carrizo en Piura	25
<i>Figura 16.</i> Barro de la quincha necesaria para los paneles de quincha de la Vivienda Modular	26
<i>Figura 17.</i> Etapas de planeamiento de construcción de la Vivienda Modular.....	27
<i>Figura 18.</i> Detalle de las etapas de planeamiento de construcción de la Vivienda Modular	27
<i>Figura 19.</i> Configuración Arquitectónica de la Vivienda Modular Sostenible	28
<i>Figura 20.</i> Diseño estructural de la Vivienda Modular Sostenible	29
<i>Figura 21.</i> Vista isométrica de las instalaciones de agua de la Vivienda Modular Sostenible	30
<i>Figura 22.</i> Vista isométrica de las instalaciones de desagüe de la Vivienda	31

<i>Figura 23. Vista isométrica de las instalaciones eléctricas de la Vivienda Modular Sostenible</i>	32
<i>Figura 24. Los niveles de la innovación tecnológica, la relación entre inversión inicial y el costo de la construcción</i>	46
<i>Figura 25. Modelo de quincha prefabricada diseñada</i>	49
<i>Figura 26. Modelo de distribución de taller de prefabricación de quincha</i>	49
<i>Figura 27. Cronograma para los paneles prefabricados en Proyect</i>	50
<i>Figura 28. Sistemas Constructivos según la inversión inicial y costo de producción</i>	51
<i>Figura 29. Partida “Excavación de zanjas” para cimientos hasta 1.00 m</i>	52
<i>Figura 30. Programación del segundo día y distribución de las cuadrillas en las actividades</i>	54
<i>Figura 31. Día 1 destinada a obras provisionales y trabajos preliminares</i>	55
<i>Figura 32. Día 2, cimiento corrido y colocación de columnas - vigas</i>	55
<i>Figura 33. Día 3, sobrecimiento y colocación de tuberías previos al falso piso</i>	56
<i>Figura 34. Día 4, instalación del biodigestor y el vaciado del falso piso</i>	56
<i>Figura 35. Día 5 consiste en la construcción del techo y el inicio de la colocación de los paneles de quincha</i>	57
<i>Figura 36. Día 6 pertenece a la culminación de la colocación de los paneles de quincha y la instalación del panel solar</i>	58
<i>Figura 37. Día 7, partidas de cierre, colocación de aparatos sanitarios, puertas y ventanas</i>	58
<i>Figura 39. Cronograma valorizado y la Curva “S” incluido IGV</i>	61
<i>Figura 40. La figura muestra el desarrollo de las dos fases para la construcción de la Vivienda Modular Sostenible</i>	63
<i>Figura 41. Prueba de campo – método de la bolita</i>	65
<i>Figura 42. Secado puesto a sol de madera en un apoyo estable o caballete</i>	66
<i>Figura 43. Etapas del bambú para su uso en la construcción de viviendas</i>	67
<i>Figura 44. Corte adecuado e inadecuado del tocón del bambú</i>	68
<i>Figura 45. Elevación frontal de la vivienda modular de paneles de quincha</i>	70
<i>Figura 46. Elevación posterior de la vivienda modular de paneles de quincha</i>	71
<i>Figura 47. Elevación lateral izquierda de la vivienda modular de paneles de quincha</i>	71
<i>Figura 48. Elevación lateral derecha de la vivienda modular de paneles de quincha</i>	72
<i>Figura 49. Panel de quincha prefabricada Tipo P (1.20 m x 2.40 m)</i>	73

<i>Figura 50.</i> Panel de quincha prefabricada Tipo S (0.50 m x 1.00 m)	74
<i>Figura 51.</i> Panel de quincha prefabricada detallado	75
<i>Figura 52.</i> Método de triangulación para trazo y replanteo	78
<i>Figura 53.</i> Excavación localizada de la vivienda en Revit 2019	79
<i>Figura 54.</i> Cimentación corrida de la vivienda en Revit 2019	80
<i>Figura 55.</i> Representación isométrica del encofrado para el sobrecimiento	81
<i>Figura 56.</i> Sobrecimiento de la vivienda en Revit 2019	82
<i>Figura 57.</i> Cimentación de las columnas en Revit 2019.....	83
<i>Figura 58.</i> Columnas de madera en Revit 2019 de la Vivienda Modular Sostenible	84
<i>Figura 59.</i> Vigas de bambúes en Revit 2019	85
<i>Figura 60.</i> Detalle del techo de bambú con pendiente	85
<i>Figura 61.</i> Vista 3D del techo finalizado en Revit 2019.....	86
<i>Figura 62.</i> Distribución de los centros de luz de la Vivienda Modular Sostenible.....	88
<i>Figura 63.</i> Distribución de los tomacorrientes de la Vivienda Modular Sostenible	88
<i>Figura 64.</i> Ubicación del panel solar en planta y la vista isométrica de las instalaciones eléctricas de la Vivienda Modular Sostenible	89
<i>Figura 65.</i> Vista en planta de la red de agua en Revit 2019.....	90
<i>Figura 66.</i> Vista isométrico de la red de agua en Revit 2019	90
<i>Figura 67.</i> Vista en planta de la red de desagüe en Revit 2019	91
<i>Figura 68.</i> Vista isométrica de la red de desagüe en Revit 2019	92
<i>Figura 69.</i> Vista isométrica de las puertas y ventanas de la vivienda.....	93
<i>Figura 70.</i> Vista en planta del Módulo Temporal de Vivienda.....	95
<i>Figura 71.</i> Comparación de precios entre la propuesta de Vivienda Modular y el Módulo Vivienda Temporal	98
<i>Figura 72.</i> Diferencia en soles entre el MTV y la Vivienda Modular Sostenible.....	98
<i>Figura 73.</i> Diferencia en soles entre el Caso hipotético y la Vivienda Modular Sostenible	100
<i>Figura 74.</i> Análisis comparativo entre una Vivienda de Albañilería y la Vivienda Modular	102
<i>Figura 75.</i> Línea de tendencia del ingreso familiar per cápita en Piura (Sondorillo)	104
<i>Figura 76.</i> Línea de tendencia del ingreso familiar per cápita en Lima (Chorrillos).....	104
<i>Figura 78.</i> Vista 3D de la Vivienda Modular Sostenible en el software Revit.....	108
<i>Figura 79.</i> Modelación de la vivienda modular en el software Revit, vista en planta	108

<i>Figura 80. Secuencia para la construcción del módulo por grupo de elementos en Ms Project</i>	110
<i>Figura 81. Programación en el software Navisworks</i>	111
<i>Figura 82. Proceso constructivo, el “cimiento corrido”, en Navisworks</i>	112
<i>Figura 83. Colocación de las columnas 4”x4” en simultaneo junto a las columnas de 2”x4” en Navisworks</i>	113
<i>Figura 84. Colocación de las vigas de la vivienda modular en Navisworks</i>	113
<i>Figura 85. Colocación del sobre cimiento de la vivienda modular en Navisworks</i>	114
<i>Figura 86. Colocación Tuberías de Desagüe y caja de registro de la vivienda modular en Navisworks</i>	114
<i>Figura 87. Colocación de la tubería de agua de la vivienda modular en Navisworks</i>	115
<i>Figura 88. Colocación de la tubería de I.EE de la vivienda modular en Navisworks</i>	115
<i>Figura 89. Colocación del tanque elevado de la vivienda modular en Navisworks</i>	116
<i>Figura 90. Colocación del biodigestor de la vivienda modular en Navisworks</i>	116
<i>Figura 91. Colocación del falso piso de la vivienda modular en Navisworks</i>	117
<i>Figura 92. Colocación del piso de baño de la vivienda modular en Navisworks</i>	117
<i>Figura 93. Colocación del Techo del módulo principal en simultaneo con el techo del módulo secundario de la vivienda modular en Navisworks</i>	118
<i>Figura 94. Colocación de los paneles de quinchas Tipo P y Tipo S en simultáneo de la vivienda modular en Navisworks</i>	118
<i>Figura 95. Colocación del panel tipo S, panel tipo T y el panel solar en simultáneo de la vivienda modular en Navisworks</i>	119
<i>Figura 96. Colocación del panel solar y llaves de grifería en simultáneo de la vivienda modular en Navisworks</i>	119
<i>Figura 97. Colocación de las instalaciones eléctricas, lavadero manual con pedestal e inodoro sifón jet con asiento en simultáneo de la vivienda modular en Navisworks</i>	120
<i>Figura 98. Colocación de lavadero, puertas y ventanas en simultáneo de la vivienda modular en Navisworks</i>	120
<i>Figura 99. Vivienda Modular Sostenible finalizada en el software Navisworks</i>	121
<i>Figura 100. Maqueta de la Vivienda Modular Sostenible</i>	121

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

En este capítulo se muestra los antecedentes de la propuesta del módulo de vivienda para el beneficio de la población frente a diferentes problemas que ocurren en el país. Por otro lado, se determina el problema, la hipótesis para posteriormente determinar los objetivos de la propuesta de vivienda. Finalmente, se menciona la descripción y alcance de la propuesta de construcción del módulo de Vivienda Modular Sostenible en la región de Piura.

1.1 Antecedentes

Se registra viviendas modulares como proyectos en el norte del país, pero estas viviendas no están precisamente con las mejores condiciones que requiere la demanda en la región, por ejemplo, la Gestión (2017) informó que se hizo una inversión innecesaria en los módulos de vivienda o “casas de cartón”, cuyo término fue acuñado por el ex presidente Pedro Pablo Kuczynski. Además, estos módulos solo tienen 18 m^2 de área construida, cuentan básicamente con muros de triplay y un techo común de calamina. Además, la vivienda no cuenta con un baño, peor aún carecen de los servicios básicos de luz y agua. Todo ello con un exagerado costo total de vivienda igual a S/ 15,000.00, cabe señalar que el tiempo de vida promedio de estas viviendas era de un máximo de tres años. Se estima que alrededor de 12,000 viviendas serán instaladas entre las regiones de Tumbes, Piura, La Libertad y Lambayeque. Estos datos sobre costo, tiempo y calidad nos indican que se requiere un mayor control en la ejecución y propuesta de viviendas modulares, además buscar alternativas óptimas según las condiciones que la demanda requiera.

(Cuitiño, Esteves & Hernández, 2012) concluyen que el uso de la tierra cruda en la construcción de viviendas es considerado como una buena opción si se busca el equilibrio y protección del medio ambiente, ya que no es agresivo y de fácil solución para las necesidades en medios rurales y es considerada como una parte del patrimonio de la humanidad. Esto lo saben y los defienden los pueblos de tradiciones locales, en especial las que están más ligadas a cultos ancestrales a la tierra que se han mantenido con el tiempo. Por ello, con el conocimiento popular crean arquitectura sin arquitectos en relación a las costumbres y el clima de cada sitio de manera que se ofrece una buena calidad de vida utilizando los recursos aprovechables y a la vez de utilizar recursos realmente aprovechables, de manera que se logra optimizar las alternativas disponibles y de manera más acertada reducir el déficit habitacional.

Por otra parte, según H. Arslan, “Re-design, re-use and recycle of temporary houses”. Hay un gran número de las personas desplazadas y la necesidad de vivienda y otras infraestructuras enfatizan la necesidad de una planificación proactiva. En esencia, el número de hogares temporales en el campamento de vivienda era comparable a la población. El proyecto de vivienda temporal piloteó el uso de materiales reciclados para crear la vivienda y los diseños permitieron que las unidades de vivienda fueran deconstruido o actualizado a una residencia de tiempo completo si surge la necesidad de poder ampliar. De este modo, cada refugio tiene la capacidad de reemplazar sus aspectos "temporales" con más permanentes a través de la deconstrucción. (Perruci, 2016)

En el 2015, en Carcercel (Francia), se realizó un concurso basada en diseñar casas modulares ecológicas con la finalidad de contrarrestar las construcciones convencionales que agravan la contaminación ambiental. El proyecto ganador fue “Familia de barriles” en donde un grupo de estudiantes tuvo la oportunidad de experimentar todo el proceso desde la planificación, construcción hasta la entrega final del proyecto con la finalidad de que los alumnos utilicen todas las habilidades adquiridas en una construcción real. Los módulos en forma de barriles fueron hechos a base de madera, cada sección transversal estaba formado por cuatro bloques de madera en forma de cuarto de corona circular unidos por pernos (método CNC). Con respecto a la logística, los alumnos buscaron patrocinadores con la finalidad de obtener materiales gratuitos. (Flach, Baumgartner & Maderebner, 2016)

Por otro lado, Bautista y Loaiza (2017) pretenden disminuir el grado de impacto de la construcción en temas ambientales. La actividad de la construcción contribuye con el agotamiento natural y el uso de manera irresponsable de los recursos naturales. Según los autores, la actividad de la construcción es uno de los que más residuos producen y el cual usa grandes proporciones de agua, luz. Según el consejo mundial de la construcción sostenible (2012) “el sector residencial y de oficinas a nivel mundial, consume el 40% de energía, 30% de emisiones de carbono (CO₂) que van a la atmosfera, 50 % materias primas de desperdicios y 20 % de agua potable”. Esta actividad es la que más impacto negativo produce sobre el medio ambiente.

1.2 Problemática

Según datos extraídos de la revista Correo (2018) en el mes de enero, hay aún una gran cantidad de personas damnificados del norte sin reconstrucción con cambios. Ha pasado casi un año desde que fueron azotados muchas familias del norte del país por el fenómeno de El

Niño y muchas de ellas aún viven a la intemperie y solo cubiertos con carpas o casas prefabricadas. Además, muchas familias requieren apoyo urgente y el trabajo del Estado aún es lento. Esta es una realidad en la que nos enfrentamos y en la que viven muchos de los ciudadanos golpeados por el fenómeno.

A finales de marzo del 2018, el diario El Comercio (2018) informó la data del Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN). Solo en Piura hubo 91 835 damnificados tras las intensas lluvias en el mes de marzo del 2017. Miles de personas fueron trasladadas a campamentos de Chiclayo (kilómetros 980). Actualmente, unas 10 mil personas aún siguen viviendo en carpas, casas de esteras y calaminas en condiciones precarias y con servicios muy básicos. Para contrarrestar la falta de viviendas, existe una variedad de técnicas constructivas como la quinchita tradicional con la que se busca fomentar y mejorarla con técnicas innovadoras. Por ello, se debe considerar como un sistema que no ha caído en el olvido, ya que es ideal porque además de satisfacer las necesidades de resistencia sísmica, resulta más económico y de rápida construcción (ya que emplea básicamente materiales locales) siendo muy maleables y versátiles.

1.3 Formulación del problema

¿Se podría construir módulos de vivienda más seguros y aprovechando los recursos propios de la zona para refugiar a las personas afectadas por el Fenómeno El Niño?

1.3.1 Hipótesis

Sí se puede construir módulos de viviendas seguras a base de quinchita prefabricada aprovechando los recursos propios de la zona para refugiar a las personas afectadas por el Fenómeno El Niño.

1.3.2 Objetivos

Objetivo general

Proponer una vivienda modular sostenible a través del empleo de paneles prefabricados de quinchita para satisfacer la necesidad de refugio en Huancabamba – Piura

Objetivos específicos

- 1.3.2.1 Evaluar la factibilidad de la disponibilidad de materiales en Piura para la fabricación de los paneles de quincha prefabricada
- 1.3.2.2 Realizar un planeamiento constructivo de la vivienda modular de quincha y el desarrollo del metrado, presupuesto y cronograma de obra
- 1.3.2.3 Desarrollar una metodología de construcción para estandarizar los procesos constructivos de la Vivienda Modular Sostenible a base de quincha
- 1.3.2.4 Efectuar el análisis comparativo costo beneficio de la vivienda modular de quincha frente a las alternativas existentes en Piura
- 1.3.2.5 Realizar la simulación virtual en 4D de la vivienda modular de quincha mediante los softwares Navisworks, Revit y MS Project y la representación a escala del proyecto vivienda modular de quincha

1.4 Justificación

El proyecto se debe realizar por muchos motivos, entre los cuáles tenemos la falta de conocimiento para la correcta auto-construcción, el buen aprovechamiento de los materiales propios de la zona, y, sobre todo, la falta de viviendas como consecuencia del Fenómeno El Niño, tal como se muestra en el árbol de problemas de la Figura 1.

Figura 1. Árbol de problemas sobre la falta de viviendas para los damnificados en Huacabamba

Fuente: Elaboración propia.

1.5 Indicadores de logro

El Perú posee muchos recursos naturales para la construcción sostenible, como lo son la caña y el barro, que se utilizarán para la construcción del módulo. Por ejemplo, la producción de carrizo en Piura en año 2006 fue de 18 726 y en el 2007 fue de 26 571 unidades (Ministerio de Agricultura [MINAG], 2012).

Además, las familias del norte del país necesitan construir un ambiente habitable; por ello, se practica de autoconstrucción con la finalidad de optimizar recursos económicos. Sin embargo, el resultado de la auto-construcción es un lugar poco económico e inhabitable. Este trabajo de investigación sustentará por qué se deben construir módulos de vivienda sostenible y que sean lo más asequibles posible.

En suma, el equipo estudiará la zona afectada para la recolección de información y reconocer la situación actual de las familias damnificadas. El lugar de estudio es Sondorillo, Huancabamba, Piura.

1.6 Descripción del contenido

El presente trabajo de investigación es un proyecto de construcción de Vivienda Modular Sostenible basado en la construcción de un módulo de vivienda ecológica y sustentable con la finalidad de utilizar lo más posible los recursos propios de la zona, proponer nuevas técnicas constructivas para contrarrestar el frío y fomentar la correcta construcción de una vivienda económica.

Luego de las generalidades, el segundo capítulo hace enfoque a la quincha prefabricada, a los beneficios de su uso; también, se realiza una comparación entre otras técnicas constructivas. El tercer capítulo aborda la situación actual de Sondorillo, como el tipo de viviendas predominante, la demografía, el clima, entre otros factores sociales y económicos. Asimismo, se realiza el análisis de la disponibilidad de los materiales para su construcción, tales como el carrizo, barro, bambú, entre otros. En el cuarto capítulo se define, según la necesidad de una familia de Sondorillo, Huancabamba, el dimensionamiento de la vivienda; en consecuencia, se realizan las propuestas por especialidades (estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias). En el quinto capítulo se desarrolla el metrado, los ACU, el presupuesto y el cronograma para la vivienda. En el sexto capítulo se propone la metodología constructiva teniendo en cuenta procesos estandarizados para la correcta ejecución de los procesos constructivos; aquí se expone lo económico y sencillo que resulta construir siguiendo la metodología propuesta y la utilización de los recursos como la caña y barro. En el séptimo capítulo, se expone la factibilidad del proyecto Vivienda Modular Sostenible; para ello, se realiza comparaciones económicas con proyectos similares, siendo este el más óptimo. Por último, se realiza una simulación de los procesos constructivos para mayor comprensión y coordinación de los trabajos a realizar.

1.7 Alcance del proyecto de vivienda

El presente proyecto tiene como finalidad la construcción de un módulo de vivienda a base de paneles de quinchá para los muros, columnas de madera y techo conformado por vigas de bambúes y cobertura de bambúes partidos. Asimismo, se realiza una planificación de 7 días con la finalidad de satisfacer la gran cantidad de viviendas que se necesita en la región de Piura.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO PARA LA QUINCHA

En este capítulo se va a conocer a detalle sobre la quinchá, por lo que se realiza una comparación de la quinchá tradicional y prefabricada, además de las recomendaciones para la protección y reforzamiento de la quinchá. Finalmente, se reafirma sobre los beneficios del uso de la quinchá en las viviendas para posteriormente realizar una comparación con otro tipo de viviendas.

2.1 Quinchá tradicional

La quinchá tradicional principalmente es un sistema de entramado de carrizo con barro (ver Figura 2). Es considerado un sistema constructivo tradicional de Sudamérica.

Según el blog BIOGUIA (2012), la ligereza de la quinchá facilita su montaje aminorando las cargas de la vivienda y, en caso de colapso, no se producen demasiados daños. Además, su utilización masiva se difundió como material antisísmico debido a su poco peso y elasticidad de la misma.

Figura 2. Uso de la quinchá tradicional en la vivienda

Fuente: Bioguia, 2012.

2.2 Quinchá prefabricada

A diferencia de la quinchá tradicional, la prefabricada emplea paneles modulares consistentes en bastidores de madera rellenos con caña trenzada (tal como se aprecia en el panel de quinchá elaborado en los laboratorios de la UPC, ver Figura 3) y recubiertos con barro o algún otro material como yeso o cemento. Además, la parte inferior de los paneles

se fijan sobre un sobre cimienta de hormigón y verticalmente se apoyan en una estructura de columnas de madera.

Figura 3. Panel de quincha elaborado en el laboratorio UPC

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Metodologías de construcciones de viviendas con quincha prefabricada a nivel internacional y nacional

En los siguientes párrafos se muestra dos metodologías sobre la quincha prefabricada en distintos países.

Caso Colombia: descripción de la metodología

LA CASA DE BAHAREQUE MODULAR QUINCHA, solución para la vivienda en áreas rurales y peri-urbanas

En un caso en particular como Colombia, en un proyecto de vivienda, se empleó una metodología en la que intervienen la comunidad junto con las entidades del entorno; por lo cual, se llega a un acuerdo mutuo a utilizar e identificar los diferentes aspectos y prioridades que pueden desarrollarse a lo largo del proceso de construcción de la vivienda modular. En consecuencia, las fases que comprende la metodología son tres. La primera fase, la identificación, consiste en que las entidades analicen el entorno y las necesidades de su

población para dar propuestas y desarrollarlas. En la segunda fase, la movilización – organización, se desarrolla estrategias para poder llegar a un acuerdo junto con la población y organizar el trabajo a realizar en beneficio de todos. Ya en la tercera fase, la ejecución, es donde se desarrolla el trabajo colaborativo; en esta última etapa, las entidades del entorno deben estar dispuestos a elaborar programas de capacitación, y la comunidad, tienen el deber de poner en práctica lo desarrollado en las capacitaciones (Flores, 1984, p. 80)

Un ejemplo del trabajo colaborativo es la Vivienda modular de quincha mostrada en la Figura 4.

Figura 4. Vivienda modular de quincha en Colombia

Fuente: La casa de Bahareque modular quincha, 1984.

Caso Venezuela: descripción de la metodología

TRES PASOS PARA LA RECUPERACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA EN EL ESTADO ZULIA, VENEZUELA.

El término de bahareque (quincha en varias regiones de Sudamérica) fue acuñada por los españoles en el Estado de Zulia, Venezuela, en el siglo XVII. Es considerada una técnica vernácula debido al uso continuo durante largos períodos; además, varias edificaciones de bahareque consideradas patrimonio nacional, aún se mantienen en pie. La técnica de bahareque consiste en columnas de madera (horconadura), madera horizontal (enlatado) que en muchos casos es reemplazado por caña brava y un relleno (empañetado) conformado por barro, piedras u otro material similar como retazos de concreto. Esta técnica cumple con el

principio de construcción sostenible debido a la disponibilidad de recursos en la zona, al uso mínimo de agua y la poca energía utilizada durante su construcción debido a que el trabajo se realiza de forma manual; además, genera muy pocos residuos. (Henneberg, 2014)

Caso Perú: descripción de la metodología

CONSTRUCCIÓN DE 16 VIVIENDAS DE QUINCHA MEJORADA MODULAR para damnificados del Terremoto del 15 de agosto de 2007 en Ica, Perú

La metodología de la vivienda se ha basado en un estudio de la cultura habitacional del sur peruano, de esta manera se favorece el confort interior mediante el sistema de ventilación cruzado, por lo que se busca una estética exterior acorde con la tipología de la localidad. Por ello, una vivienda de bajo coste no está lejos también de ser una vivienda arquitectónicamente de calidad, donde se habite de una manera digna, segura y cómoda. Para una mejor adaptación de los diferentes terrenos, los muros están conformados por paneles de quincha que se distribuyen por toda la vivienda, permitiendo mayor flexibilidad y facilidad de montaje del mismo. En la metodología se busca crear un re-traqueo del volumen de la vivienda teniendo un espacio exterior cubierto, junto a un pequeño jardín que rompe la continuidad de la fachada. La vivienda cuenta con los espacios comunes; la sala - comedor y cocina, pueden ir delante de la distribución; y los dos dormitorios con el baño, al fondo de la vivienda. Cabe recalcar que este orden puede ser invertido (Lacarra, 2018)

La Figura 5 muestra un ejemplo de la vivienda de quincha mejorada modular.

Figura 5. Vivienda modular de quincha elaborado por Arquitectura Panamericana en Perú

Fuente: Proyectobaq, 2008.

2.4 Mantenimiento del panel de quincha

El mantenimiento periódico de una vivienda construida con quincha hace que esta pueda durar varias generaciones. Ello implica proteger la vivienda de agentes nocivos, medidas de reforzamiento y de reparaciones. Los insectos, la humedad y el agua son los agentes que normalmente perjudican a las viviendas de quincha.

2.4.1 Protección de la madera contra insectos

Existe la técnica de recubrimiento superficial mediante preservantes de madera y barniz los cuales deben aplicarse solo una capa homogénea, previamente lijándola, tal como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Barniz empleado en el recubrimiento de madera

Fuente: Laboratorio UPC.

Si aparecen grietas en el revestimiento, se recomienda resanarlos con una mezcla de cemento Portland y yeso, como se aprecia en la Figura 7; posteriormente, se debe nivelar para una vista homogénea del panel de quincha.

Figura 7. Mezcla de cemento o yeso para reforzamiento de paredes de quincha

Fuente: Laboratorio UPC.

2.4.2 ¿Cómo reforzar o reparar viviendas de quincha?

Si la madera ha sido carcomida por la polilla en casi su totalidad, será necesario reemplazarla por otra madera sana. Si los paneles se encuentran dañados, pero la vivienda cuenta con un adecuado diseño, se podrá realizar el cambio del panel completo sin perjudicar a la estructura de la vivienda

2.5 Beneficio de la quinchá en viviendas

2.5.1 Vulnerabilidad sísmica de la quinchá prefabricada

Los paneles para viviendas a base de quinchá han demostrado tener un mejor desempeño en términos de vulnerabilidad frente a eventos sísmicos. Las viviendas de quinchá presentan un comportamiento adecuado, ya que los materiales que la conforman le otorgan ductilidad necesaria para poder resistir grandes deformaciones. Además, los materiales el uso de paneles permite tener muros más ligeros.

Los muros están dispuestos uno tras otros para resistir los efectos sísmicos horizontales en las dos direcciones principales en planta. Los muros estructurales de quinchá sirven para transmitir las fuerzas verticales, desde el punto más alto del panel hasta la cimentación. Los muros soportan las cargas verticales debido a la cubierta, a los entrepisos, si los hay, y su propio peso.

La quinchá modular es un sistema que obliga al trabajo conjunto de los muros estructurales. A través de amarres se transmiten los esfuerzos de panel a otro. Por último, los esfuerzos producidos por los paneles deben ir a la cimentación, y estos deben ser capaces de resistir y prevenir asentamientos diferenciales.

2.5.2 Disponibilidad en la zona

Con la propuesta de la vivienda modular se promueve el uso de materiales propios de la zona, por lo que se hace más económico la ejecución de la vivienda junto a la mano de obra no calificada.

Es una ventaja la utilización de materiales económicos propios de la zona, aunque hay lugares alejados donde los materiales convencionales son de difícil acceso y por ende caros. Y se busca promover la replicabilidad con la participación de la población en los procesos de construcción de las viviendas modulares (Predes, 2008).

2.6 Comparación entre técnicas constructivas de vivienda

En la Tabla 1, se muestra detalladamente las ventajas y desventajas de las técnicas constructivas. Para un mayor conocimiento de las diferentes técnicas constructivas y la elección de las mismas de las diferentes construcciones en Piura.

Tabla 1. *Ventajas y desventajas según técnica constructiva*

TECNICA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CONSTRUCTIVA		
LA TAPIA	No presenta contracciones en el secado, construcciones con poca madera, buen comportamiento frente a incendios, homogeneidad del muro, mano de obra económica y se puede realizar sin revoque	Se puede alterar con la lluvia y posibles fluidos absorbidos por el muro.
LA MADERA	Es un recurso natural y renovable, es aislante lo cual permite reducir la cantidad de energía para la climatización de espacios, fácil de trabajar y de durabilidad en el tiempo.	Es muy sensible al medio ambiente lo cual causa que reduzca y aumente su tamaño, combustible lo cual es riesgoso para las viviendas
EL CONCRETO	Resiste grandes esfuerzos a tracción y compresión, es adaptable a conseguir diversas formas arquitectónicas, es dúctil y tiene resistencia al fuego	Se requieren materias primas no renovables, la extracción de estas se dan en minas a cielo abierto generando deterioro ambiental y emisiones de CO ₂ al ambiente.
EL BAHAREQUE ENCEMENTADO	Es resistente y eficiente, genera pocos residuos, de rápida construcción confort térmico, sostenible y renovable, no daña el medio ambiente, económico, materiales de ecosistemas cercanos en abundancia y facilidad para resistir sismos	La resistencia a fuerzas perpendiculares es muy baja.

EL ADOBE	Es económico.es aislante generando bajo consumo energético, es fácil de construcción, fácil de modificar.	Se puede alterar con la lluvia y posibles fluidos absorbidos por el muro y no es adecuado para resistir sismos.
----------	---	---

Nota. Se muestra una comparativa de diferentes técnicas constructivas con diferentes materiales. Adaptado de Pineda, 2017, pág. 46.

CAPÍTULO III: FACTIBILIDAD DE LA DISPONIBILIDAD DE MATERIALES EN PIURA PARA LA FABRICACIÓN DE LOS PANELES DE QUINCHA PREFABRICADA

En este capítulo, se muestra la zona de estudio con las construcciones típicas de la región de Sondorillo para dar a conocer las necesidades actuales. Además, se explica sobre la disponibilidad de los materiales principales para las construcciones de las viviendas de quincha.

3.1 Ubicación de la zona de estudio

Sondorillo es uno de los ocho distritos que conforman la provincia de Huancabamba. Se encuentra a 214 km del sur oeste de la ciudad de Piura con coordenadas de latitud $05^{\circ} 08' 79''$ y longitud de $79^{\circ} 36' 10''$; tiene una altitud de 1 888 msnm y su extensión territorial es de 226.09 km^2 .

Su clima es variable, pero en Huancabamba es ligeramente húmedo y templado; en las partes altas es muy húmedo y frío acentuado.

La región geográfica del distrito de Sondorillo se muestra en la Figura 8.

Figura 8. Ubicación geográfica del distrito de Sondorillo

Fuente: Perutouristguide, 2018.

Finalmente, la población del distrito representa el 8.46% (10 518 hab / 124 298 hab) del total de la provincia de Huancabamba. Además, la población rural en el distrito de estudio es la mayor respecto a las demás con un 97.04% (ver Tabla 2); por lo tanto, se elige al distrito de Sondorillo para la propuesta de Vivienda Modular Sostenible ya que la mayor parte de sus habitantes están alejados de las ciudades y el desarrollo se dificulta.

Tabla 2. *Población censada por área urbana y rural según distrito en la provincia de Huancabamba (2007)*

Huancabamba	Total	Urbana		Rural	
		Habitantes	%	Habitantes	%
Huancabamba	30 116	8 120	26.96	21 996	73.04
Canchaque	8 957	1 716	19.16	7 241	80.84
El Carmen de la Frontera	12 681	487	3.84	12 194	96.16
Huamarca	39 416	2 186	5.55	37 230	94.45
Lalaquiz	5 115	568	11.10	4 547	88.9
San Miguel de El Faique	9 096	983	10.81	8 113	89.19
Sóndor	8 399	987	11.75	7 412	88.25
Sondorillo	10 518	311	2.96	10 207	97.04

Nota. Población censada por área urbana y rural según distrito en la provincia de Huancabamba. Adaptado de «Compendio Estadístico Piura 2017, por INEI, 2017. Pág. 80».

3.2 Construcciones típicas en Sondorillo - Huancabamba

La mayoría de las construcciones de viviendas son antiguas con una cubierta de calamina; además, los techos son inestables por el viento tal como se aprecian en la Figura 9 y Figura 10.

Figura 9. Vivienda 1 de quincha tradicional en Sondorillo en la provincia Huancabamba, departamento de Piura

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Vivienda 2 de quincha tradicional en Sondorillo en la provincia Huancabamba, departamento de Piura

Fuente. Elaboración propia.

3.2.1 Preferencias de tipos de viviendas

Según la encuesta del INEI en el distrito de Sondorillo, en la Tabla 3 se muestra el porcentaje de casos según el tipo de material de construcción que predominan en los muros (o técnicas constructivas) según las últimas encuestas del año 2017, en la página oficial de INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática).

Tabla 3. *Tipo de Material de construcción que predomina en los muros*

Material de construcción predominante en los muros	Casos	%	Acumulado %
Ladrillo o bloque de cemento	12	0.43 %	0.43 %
Adobe	2 299	82.11 %	82.54 %
Tapia	167	5.96 %	88.50 %
Quincha	251	8.96 %	97.46 %
Piedra con barro	14	0.50 %	97.96 %
Madera (pona, tornillo, etc.)	43	1.54 %	99.50 %
Triplay / calamina / estera	14	0.50 %	100.00 %
Total	2800	1	1

Nota. La tabla muestra los porcentajes según el material predominante de construcción en las paredes, en el distrito de Sondorillo, Huancabamba, Piura. Adaptado de INEI, 2017.

En el distrito de Sondorillo hay una gran preferencia hacia las viviendas en quincha, siendo primero de la lista de la Tabla 3 las construcciones en adobe; sin embargo, este último presenta problemas que se detallarán en el siguiente punto 3.2.2 de la presente tesis. Entonces, la quincha, luego del adobe, representa el mayor porcentaje con respecto a toda la provincia indicada. En tal sentido, la ejecución del proyecto de Vivienda modular se hace factible.

3.2.2 Problemas de sismorresistente con las construcciones de adobe

Según las encuestas realizadas, como se indica en la Tabla 3, en el distrito de Sondorillo, las viviendas de adobe son las más predominantes, pero hay una gran diferencia por su tiempo de construcción y el comportamiento sismorresistente. Lo indicado se respalda mediante una simulación a escala real en el laboratorio de estructuras de la PUCP (Pontificia Universidad Católica del Perú), tal como indica la Figura 11.

En la simulación, se realiza el análisis a una vivienda de dos niveles. El primer nivel fue hecho de adobe y el segundo nivel de quincha, de 21 cm y 10 cm de espesor, respectivamente. A continuación, se presentan las fases de la simulación.

Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Fase 5

Figura 11. Fases de la simulación sísmica a escala real de quincha y el adobe. Adaptado de un ensayo en el laboratorio de estructuras de la PUCP.

Fuente: Rivera, 2016.

En cada fase, antes de iniciar se aplica una vibración libre con 1.5 mm de desplazamiento como se muestra en la Figura 11. En la primera fase no se apreciaron fisuras.

El informe del laboratorio de estructuras de la PUCP indicó:

Las pequeñas fisuras que aparecieron en la Fase 2 se incrementan en la Fase 3 y aparecen otras fisuras muy finas que nacen del dintel hacia las esquinas superiores, formando triangulaciones escalonadas. Además, se da lugar a fisuras en las esquinas inferiores de las ventanas en forma escalonada. En la cuarta fase se pronuncian las fisuras de la Fase 3; estas son de las esquinas superiores del encuentro entre muros de ventanas con el muro de la puerta, pronunciándose las triangulaciones escalonadas; además, las nuevas fisuras forman triangulaciones escalonadas en la esquina inferior derecha entre muro de ventana con muro de puerta (se aprecia en la Figura 11). En la quinta fase las fisuras de la fase anterior se convierten en grietas. En la sexta fase las grietas se pronunciaron significativamente, hubo deslizamientos hasta de 10cm, también se produjo desprendimiento de adobes en una de las esquinas (encuentro de muro de ventana con muro de puerta), como se aprecia en las fotos. A pesar de estas grietas el modulo queda estable, hubo desprendimiento de adobes y

mortero, pero no hubo colapso, el muro de quincha quedó deslizado sobre el muro de adobe aproximadamente 5.0 cm.” (Rivera, 2016)

3.3 Situación actual de Sondorillo – Huancabamba

3.3.1 Nivel de desarrollo del distrito de Sondorillo

Sondorillo es el distrito donde menos ha llegado el desarrollo. Según la INEI, Sondorillo presenta el Índice de Desarrollo Humano más bajo de la provincia de Huancabamba con un valor de 0.1621, ver Tabla 4. Esto quiere decir que el desarrollo social urbano no ha llegado aún al distrito y que el acceso al distrito se dificulta.

Tabla 4. *Piura. Índice de Desarrollo Humano según distrito en la provincia de Huancabamba (2012)*

Huancabamba	Total	Índice de Desarrollo Humano	Esperanza de vida al nacer	Población con secundaria completa	Ingreso familiar per cápita
		IDH	Años	%	Nuevos Soles/mes
Huancabamba	30 703	0.2471	62.54	33.69	235.4
Canchaque	8 626	0.2502	64.67	34.51	213.1
El Carmen de la Frontera	13 572	0.1974	63.82	20.63	183.4
Huamarca	41 069	0.1460	62.78	18.51	102.5
Lalaquiz	4 877	0.1870	62.33	38.79	148.6
San Miguel de El Faique	9 156	0.2097	65.01	51.43	137.9
Sóndor	8 613	0.2042	62.26	21.67	200.4
Sondorillo	10 807	0.1621	64.66	24.51	121.4

Nota. Según tabla, Sondorillo es el distrito con menor Índice de Desarrollo Humano en la provincia de Huancabamba. Adaptado de «Compendio Estadístico Piura 2017, por INEI, 2017. Pág. 242».

3.3.2 Fenómeno El Niño

Es un fenómeno climático, tiene repercusiones atmosféricas y perjudica directamente a la costa norte del Perú. Se han registrado FEN intensos en los años 1891, 1925, 1941-1942, 1957-1958, 1965, 1972. Afecta las zonas central y oriental del Océano Pacífico; en consecuencia, perjudica a la costa norte del Perú. Según el Diario Comercio, el 27 de marzo del 2017, el río Piura se desbordó. Fue el punto más crítico de la temporada de lluvias de El Niño costero en esta región, como se aprecia en la Figura 12. (Woodman, 2007)

Figura 12. Desborde el río Piura considerado el más crítico

Fuente: El Comercio, 2018.

En la Figura 13, se muestra la situación vivida durante el Fenómeno El Niño en el departamento de Piura. Posterior al acontecimiento ocurrido se produce la necesidad de tomar diferentes medidas como refugio, tales son las viviendas provisionales o en condiciones precarias por parte de las diferentes localidades afectadas en el departamento de Piura. Además, en el Anexo 1, se muestra imágenes de la preferencia que se tiene con viviendas de quincha en el distrito de Sondorillo, por lo que se requiere reforzar y promover el uso de estos materiales por la tradición de la región.

Figura 13. Afectación de vías y viviendas por inundación en el distrito de Sondorillo

Fuente: Diario El Correo, 2019.

3.4 Disponibilidad de materiales para las construcciones de viviendas modulares

Es importante buscar oportunidades de apoyo rápidas para las personas desamparadas, por lo que se plantea una vivienda modular prefabricada quincha en 7 días, como una propuesta hacia el Estado para las personas afectadas. En los siguientes párrafos se verá la disponibilidad de los materiales principales en la fabricación de los paneles de quincha.

3.4.1 Producción de Bambúes en Piura

Según la agencia de Prensa Ambiental Inforegión, en Piura existe un gran apogeo y creciente producción de los bambúes (ver Figura 14) en Piura, publicación emitida en diciembre del 2018. “Lo llaman el acero vegetal que por su multiplicidad de uso y versatilidad es materia prima de productos artesanales e industriales de alto valor”.

Así mismo “el cultivo y la producción de bambúes en el Perú representa un reto en todo sentido para las autoridades y productores. Se estima que el potencial nacional de plantaciones alcanza las 2 600 hectáreas, de las cuales un importante porcentaje se concentra en Piura” (Timana, 2018).

Figura 14. Fotografía relacionada al último reporte del alto crecimiento de Bambú en Piura, 2018

Fuente: Timana, 2018.

3.4.2 Producción de Carrizo y Caña brava

Según el Plan de Gestión de Riesgo de desastres de la ciudad de Piura (2011), para el desarrollo sostenible, la venta de carrizos se encuentra en ambientes libres y expuestos en la vía pública, apiñados sin soporte y con el riesgo de colapsar por la gran cantidad y efectos del viento, como se muestra en la Figura 15). Además, estos materiales son utilizados para construcciones relacionadas con la agropecuaria (granjas) y en viviendas.

Figura 15. Local de venta, evidencia la alta producción de carrizo en Piura

Fuente: INDECI, 2011, pág. 181.

Asimismo, Piura es una de las regiones con mayor producción de caña; por ello, se hace mención a las buenas condiciones de esta esta región, ya que cuenta con los recursos necesarios como la caña brava, representando aproximadamente un 56.79 % respecto a las regiones norte del país, como recurso ideal y en mayor proporción para la construcción del

módulo (Tabla 5). Además, debería ser aprovechada ya que es un material excedente y útil en la región para el uso en las viviendas modulares de quincha prefabricada. De esta forma, se le da un mejor uso como parte de los muros de quincha junto al barro y marcos de madera prefabricada, en tal sentido se hace posible la construcción de un módulo de vivienda económica y ecológica.

Tabla 5. *Producción de caña brava por región (2005-2010)*

Región	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total	%
Piura	5,662	18,726	26,571	15,461	1,350	-	67,770	56.79
La Libertad	-	-	2,450	3,000	2,360	3,950	11,760	9.86
Lambayeque	28,300	1,000	-	-	2,000	8,500	39,800	33.35
Total	33,962	19,726	29,021	18,461	5,710	12,450	119,330	100

Nota. Producción de caña brava por región en unidades. Adaptado de “Estadística Forestal del Perú 2000-2010”, por Ministerio de Agricultura, 2012. Pág. 84.

Por todo ello, se ha estudiado y mejorado el sistema de quincha prefabricada, considerándose muy apropiada, segura y saludable para las futuras viviendas modulares de esta región.

3.4.3 El Barro para la quincha

El barro es parte del acabado final de los elementos de quincha, como se muestra en la Figura 16. En la región Huancabamba, Piura se tiene grandes áreas de terreno disponible con este material, el barro, para el uso en la fabricación de elementos con quincha. De esta manera, se determinó emplear una vez más los recursos propios de la zona de Huancabamba.

Figura 16. Barro de la quincha necesaria para los paneles de quincha de la Vivienda Modular

Fuente: Mimbrea, 2014.

CAPÍTULO IV: PLANEAMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA VIVIENDA MODULAR DE QUINCHA

El proyecto Vivienda Modular es la unión de tres grupos de trabajo de investigación académica. El primer grupo se basa en el diseño estructural y de la evaluación mecánica de los materiales a usar en el proyecto; el segundo grupo, en el planeamiento constructivo de la vivienda y el tercer grupo, en el uso de la tecnología amigable con el ambiente tanto en instalaciones sanitarias como en instalaciones eléctricas. El presente documento está basado en el segundo grupo conformado por Chavez Jordys y Cueva Jhon; por tal razón, en este y los dos próximos capítulos, se realizará el desarrollo del siguiente flujo (ver Figura 17) basado en el planeamiento constructivo de la Vivienda Modular Sostenible, tal como se muestra en la Figura 18.

Figura 17. Etapas de planeamiento de construcción de la Vivienda Modular

Fuente: Adaptado de Grupos de Procesos de la dirección de proyectos, por PMBOK, 2016.

Figura 18. Detalle de las etapas de planeamiento de construcción de la Vivienda Modular

Fuente: Elaboración propia.

4.1 Definición mínima de ambientes

La vivienda contará con 5 ambientes, se analizó la preferencia de las familias según el modelo de encuesta del Anexo 5. La vivienda estará conformada por: una sala, dos dormitorios, uno principal y uno secundario. Incluirá un baño completo (inodoro, lavamanos y ducha). Asimismo, tiene una cocina amplia típica de Huancabamba. La vivienda propuesta será para una familia entre 4 y 6 integrantes.

4.2 Propuesta de Vivienda Modular Sostenible de quinchá prefabricada

4.2.1 Configuración arquitectónica

En este caso, la vivienda propuesta es de 41.00 m^2 , cuenta en la entrada con una sala de 8.10 m^2 , dos dormitorios, uno principal de 8.09 m^2 y uno secundario de 7.88 m^2 . Cuenta con un baño de 2.94 m^2 . Asimismo, tiene una cocina amplia de 9.10 m^2 típica de Huancabamba y acorde a las necesidades de una familia. (Ver Figura 19)

El piso será de concreto semipulido; y del baño, piso pulido. Los muros serán a base de quinchá prefabricada (paneles de $1.20\text{ m} \times 2.40\text{ m}$, de $1.00\text{ m} \times 2.40\text{ m}$, de $1.00\text{ m} \times 1.00\text{ m}$ y de $1.00\text{ m} \times 0.50\text{ m}$). Las columnas y las vigas serán de madera. El baño será completo; es decir, contemplará un inodoro con tanque, un lavamanos con pedestal y ducha. Las puertas serán contra placadas y las ventanas de madera. Finalmente, el techo será a base de bambú con una pendiente de 20% (relación de 1 a 5) para ambos techos, tendrá un alero en todo el contorno no menor a medio metro.

Figura 19. Configuración Arquitectónica de la Vivienda Modular Sostenible

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Propuesta Estructural

El diseño estructural se realizó bajo la norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada, norma E.010 Madera y la norma técnica E.100 Bambú. El diseño estructural fue diseñado por el primer grupo del proyecto Vivienda Modular.

La Vivienda Modular Sostenible cuenta con dos módulos, el principal de longitudes 4.80 m x 6.25 m (conformado a su vez por la sala, el dormitorio principal, el dormitorio secundario y el SS.HH.) y el secundario de longitudes 3.30 m x 3.30 m destinado a la cocina.

La Figura 20 muestra la estructura de la vivienda. La estructura lo conforman columnas principales de madera de sección transversal de 4"x4", vigas de amarre de madera de 2"x4", vigas de bambú para el techo de diámetro 4" y paneles de quincha con proporción máxima de 2 a 1, alto a ancho, con altura constante de 2.40 m; estos son, los paneles de 2.40 m x 1.20 m. Cabe recalcar que estos paneles son los únicos considerados para la estructuración, los demás paneles no, ya que no cumplen con la proporción máxima o son paneles muy pequeños. Asimismo, la cimentación lo conforman el cimiento corrido de sección 30 cm x 50 cm y el sobre cimiento de 10 cm x 30 cm.

Figura 20. Diseño estructural de la Vivienda Modular Sostenible

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Instalaciones Sanitarias

El sistema de abastecimiento de agua será indirecto; es decir, el agua se almacenará en un tanque elevado de 1 m^3 Rotoplas. Incluirá un baño completo (tres puntos, inodoro, lavamanos y ducha) y un punto para el lavadero de la cocina, como se muestra en la Figura 21.

Figura 21. Vista isométrica de las instalaciones de agua de la Vivienda Modular Sostenible

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, el sistema de desagüe de la vivienda recolectará de los 4 puntos antes mencionados e irán primero a una caja de registro y luego al biodigestor de 600 l Rotoplas para el tratamiento de las aguas grises y residuales, como se muestra en la Figura 22.

Figura 22. Vista isométrica de las instalaciones de desagüe de la Vivienda

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Instalaciones Eléctricas

Luego de una evaluación de sistemas (solar y eólico) para el abastecimiento eléctrico de la vivienda realizada por el tercer grupo del proyecto Vivienda Modular, se concluyó que el mejor sistema que abastezca a la vivienda sea el solar. Por ende, la propuesta contempla un panel solar.

El sistema solar se basa en la captación de la energía fotovoltaica; esto se obtiene a través de un panel solar, que, junto a un regulador, una batería y un inversor, abastece a los diferentes puntos de la vivienda. El sistema suministrará energía a los 5 ambientes descritos en la configuración arquitectónica (sala, dormitorio principal, dormitorio secundario, cocina y baño, uno por ambiente), tal como se muestra en la Figura 23. Además, el sistema ha sido diseñado para conectar un TV y una radio, electrodomésticos básicos en el distrito de Sondorillo.

Figura 23. Vista isométrica de las instalaciones eléctricas de la Vivienda Modular Sostenible

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo V: ANÁLISIS DEL METRADO, PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE OBRA PARA ESTABLECER EL COSTO DE UNA VIVIENDA MODULAR SOSTENIBLE DE QUINCHA

En este capítulo, se da a conocer el metrado o cantidad total de materiales, posteriormente se determina el presupuesto que conlleva ejecutar el proyecto de vivienda. Finalmente, se proyecta el cronograma para establecer el plazo de ejecución del proyecto; además, se logró optimizar los tiempos de las diferentes partidas para ejecutar el proyecto en solo 7 días.

5.1 Metrados

Los metrados son las cantidades, en m, m^2 , m^3 , unid, kg, etc., de cada una de las partidas según indican los planos de estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias.

5.1.1 Metrados de Estructuras y arquitectura

Se ha considerado un almacén para los materiales. Los demás metrados se obtienen de los planos en AutoCAD. La Tabla 6 muestra el desarrollo del metrado tanto de estructuras como de arquitectura.

Tabla 6. *Metrado de estructura y arquitectura*

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	LARGO	ANCHO	ALTURA	SUB TOTAL	TOTAL
1	OBRAS PROVISIONALES							
1.01	Almacén	Glb	1				1.00	1.00
1.02	Servicios higiénicos	Glb	1				1.00	1.00
1.03	Agua para la Construcción	Glb	1				1.00	1.00
1.04	Energía Eléctrica	Glb	1				1.00	1.00
2	TRABAJOS PRELIMINARES							
2.01	Corte de terreno	m^2	1	8.13	6.25			50.81
2.02	Eliminación de basura y elementos sueltos liv	m^3	1	8.13	6.25	0.10	5.08	5.08
2.03	Trazos, Niveles y Replanteo Preliminar	m^2	1	8.13	6.25		50.81	50.81
2.04	Excavación de Cimientos Corridos	m^3						5.40
	Ejes 1-1 y 5-5, entre ejes C-C y F-F		2	5.10	0.30	0.50	1.53	
	Ejes 3-3 entre ejes C-C y F-F		1	2.83	0.30	0.50	0.42	
	Ejes 2-2 y 4-4, entre ejes A-A y B-B		2	2.80	0.30	0.50	0.84	
	Eje A-A entre ejes 2-2 y 4-4		1	3.60	0.30	0.50	0.54	
	Eje B-B entre ejes 2-2 y 4-4		1	2.95	0.30	0.50	0.44	
	Ejes C-C entre ejes 1-1 y 5-5		1	2.55	0.30	0.50	0.38	
	Ejes F-F entre ejes 1-1 y 5-5		1	5.70	0.30	0.50	0.86	
	Eje D-D entre eje 1-1 y 3-3		1	2.55	0.30	0.50	0.38	
	Volumen excavado sin Esponjamiento							
2.05	Eliminación de material (+25% Esp.)	m^3						6.75

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	LARGO	ANCHO	ALTURA	SUB TOTAL	TOTAL
3	CONCRETO PARA CIMIENTOS							
3.01	Cimiento corrido, concreto ciclópeo, f'c=140	m³						5.40
	Ejes 1-1 y 5-5, entre ejes C-C y F-F		2	5.10	0.30	0.50	1.53	
	Ejes 3-3 entre ejes C-C y F-F		1	2.83	0.30	0.50	0.42	
	Ejes 2-2 y 4-4, entre ejes A-A y B-B		2	2.80	0.30	0.50	0.84	
	Eje A-A entre ejes 2-2 y 4-4		1	3.60	0.30	0.50	0.54	
	Eje B-B entre ejes 2-2 y 4-4		1	2.95	0.30	0.50	0.44	
	Ejes C-C entre ejes 1-1 y 5-5		1	2.55	0.30	0.50	0.38	
	Ejes F-F entre ejes 1-1 y 5-5		1	5.70	0.30	0.50	0.86	
	Eje D-D entre eje 1-1 y 3-3		1	2.55	0.30	0.50	0.38	
3.02	Encofrado de sobrecimiento	m³						15.66
	Ejes 1-1 y 5-5, entre ejes C-C y F-F		2	4.40		0.30	2.64	
	Ejes 2-2 y 4-4 entre ejes A-A y B-B		2	3.00		0.30	1.80	
	Eje 3-3 entre eje C-C y F-F		2	2.60		0.30	1.56	
	Eje A-A entre ejes 2-2 y 4-4		2	3.00		0.30	1.80	
	Eje B-B entre ejes 2-2 y 4-4		1.5	2.00		0.30	0.90	
	Eje C-C entre ejes 1-1 y 4-4		2	3.40		0.30	2.04	
	Eje D-D entre eje 1-1 y 3-3		2	2.40		0.30	1.44	
	Eje F-F entre eje 1-1 y 5-5		2	5.80		0.30	3.48	
3.03	Sobrecimiento, f'c=175Kg/cm2+25% P.M.	m³						1.02
	Ejes 1-1 y 5-5, entre ejes C-C y F-F		2	4.40	0.10	0.30	0.264	
	Ejes 2-2 y 4-4 entre ejes A-A y B-B		2	3.00	0.10	0.30	0.180	
	Eje 3-3 entre eje C-C y F-F		1	2.60	0.10	0.30	0.078	
	Eje A-A entre ejes 2-2 y 4-4		1	3.00	0.10	0.30	0.090	
	Eje B-B entre ejes 2-2 y 4-4		1	2.00	0.10	0.30	0.060	
	Eje C-C entre ejes 1-1 y 4-4		1	3.40	0.10	0.30	0.102	
	Eje D-D entre eje 1-1 y 3-3		1	2.40	0.10	0.30	0.072	
	Eje F-F entre eje 1-1 y 5-5		1	5.80	0.10	0.30	0.174	
3.04	Desencofrado de sobrecimiento	m²						15.66
3.05	Falso piso	m²						37.44
	Módulo principal		1	6.05	4.60	0.05	27.83	
	Módulo secundario		1	3.10	3.10	0.05	9.61	
4	ELEMENTOS ESCTRUCTURALES							
4.01	Columnas de 4"x4"	Und.						14
	Módulo principal		10	0.10	0.10	3.00	0.30	
	Módulo secundario		4	0.10	0.10	3.00	0.12	
4.02	Columnas de 2"x4"	Und.						19
	Módulo principal		11	0.10	0.10	3.00	0.33	
	Módulo secundario		8	0.10	0.10	3.00	0.24	
4.03	Vigas	Und.	30	0.10	0.10	3.00	0.90	30
4.04	Techo Módulo principal	m²	1	7.25	6.00		43.50	43.50
	Bambú partido	Und.	21.8	6.00	0.10	m²		
	Bambu Entero	Und.	3.0	7.25	0.10	m³		
4.05	Techo Módulo secundario	m²	1	4.30	4.00	m²	17.20	17.20
	Bambú partido	Und.	8.6	4.00	0.10	m³		
	Bambu Entero	Und.	1.4	4.30	0.10			
5	PANELES DE QUINCHA							65
5.01	Paneles P - 1.20 m x 2.40 m	Und.	28	1.20		2.40	7.20	201.60
5.02	Paneles S - 0.65 m x 1.00 m	Und.	23	0.65		1.00	3.30	75.90
5.03	Paneles T - 0.25 m x 1.20 m	Und.	14	0.25		1.20	2.90	40.60
10	PUERTAS Y VENTANAS							
10.01	Puertas	Und.	3	0.90	0.04			3
10.02	Ventanas	Und.	4	1.00	0.04			4

Nota. La tabla muestra el desarrollo de los metrados de las especialidades de estructuras y arquitectura del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Instalaciones eléctricas (I.EE.) e instalaciones sanitarias (I.SS.)

Este metrado incluye los equipos y accesorios necesarios para que la vivienda sea sostenible en el tiempo. Los demás metrados se obtienen de los planos en AutoCAD. La Tabla 7 muestra el metrado tanto de las instalaciones eléctricas como de las instalaciones sanitarias.

Tabla 7. *Metrado instalaciones eléctrica e instalaciones sanitarias*

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	TOTAL
6	INSTALACIONES ELÉCTRICAS		
6.01	Centro de luz	Und.	5
6.02	Salida para tomacorriente bipolar simple con PVC	Und.	4
6.03	Instalación de panel solar	Und.	1
7	INSTALACIONES SANITARIAS		
7.01	Caja de registro de 12" x 24" albañilería tapa de concreto	Und.	1
7.02	Tubería PVC 1/2" y 3/4" para red de agua	m	6.00
7.03	Llave de grifería de agua	Und.	3
7.04	Llave de paso	Und.	2
7.05	Tubería PVC 4" PARA DESAGÜE	m	6.00
7.06	Tubería PVC 2" PARA DESAGÜE	m	3.00
	Codos PVC 4"	Und.	3
	Y' de PVC 4"	Und.	3
8	APARATOS SANITARIOS		
8.01	Inodoro sifón jet con asiento	Und.	1
8.02	Lavatorio Manantial con pedestal	Und.	1
8.03	Lavadero	Und.	1
9	BIOGESTOR Y TANQUE ELEVADO		
9.01	Biodigestor 600 l	Und.	1
9.02	Tanque elevado 1.1 m3	Und.	1

Nota. La tabla muestra el desarrollo de los metrados de las especialidades de instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias del proyecto. Fuente propia.

5.2 Análisis de Costos Unitarios (ACU)

El Análisis de Costos Unitarios o ACU's se realiza por partidas y es complementaria a los metrados ya que juntos son necesarios para el posterior cálculo de los costos, así como de las horas hombre a utilizar por partida. En el Anexo 4, se adjunta cada uno de los análisis de costos unitarios.

5.2.1 Estructuración del Análisis de Costos Unitarios

La estructura de los ACU's está conformada por tres categorías en la mayoría de los casos. La primera es la mano de obra o cuadrilla, que incluye capataces, operarios, oficiales, peones, entre otros, según requiera la partida a analizar; la segunda, los materiales, estos

varían dependiendo de la partida, e incluso, en algunas no se considera ya que no lo requieren; y la tercera, los equipos, como la mezcladora de concreto en el caso de la producción de concreto in situ, además, en esta categoría se incluye las herramientas manuales que representa un porcentaje de la mano de obra. A modo de ejemplo, se ha analizado el ACU's de la partida “Excavación de zanjas” tal como muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. *Formato para el análisis de los costos unitarios*

Partida	2.04	Excavación de Zanjas					
Rendimient	M ³ /DIA	MO. 12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : M ³			14.40
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.2222	9.41	2.09	
	OPERARIO	hh	0.0000	0.0000	8.04	0.00	
	PEON	hh	3.0000	2.0000	5.81	11.62	
						13.71	
	Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	13.71	0.69	
						0.69	

Nota. La tabla muestra como ejemplo el desarrollo del análisis de costos unitarios de la partida Excavación de zanjas. Fuente: Elaboración propia.

Se ha determinado 8 horas por día (ejemplo de horario: de 8:00 am a 12:00 pm y de 1:00 pm a 5:00 pm). En esta partida, la cuadrilla es de 0.3333 capataz y 3 peones, el tiple de personal propuesto por la Cámara Peruana de Construcción (CAPECO, 2017) en la publicación titulada “Costos y Presupuestos en Edificación”.

En el análisis de costos unitarios (Tabla 8), la cantidad se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C \times H}{R} \quad \dots (1)$$

Donde:

Q: Cantidad

C: Cuadrilla, número de personas de la misma categoría que conforman la cuadrilla

H: Número de horas del jornal (h)

R: Rendimiento (m^3 /día)

Reemplazando en (1) para el cálculo del aporte de los peones (cantidad):

$$Q = \frac{3 \text{ peones} * 8 \text{ h}}{12 \text{ m}^3/\text{día}} = 2.000 \frac{hh}{\text{m}^3}$$

Tener en cuenta que el costo por hora hombre fue obtenido de Capeco.

Luego, el “Parcial” se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$P = Q * P.U. \quad \dots (2)$$

Donde:

P: Precio parcial

P.U: Precio Unitario

Reemplazando en (2) para el cálculo del precio del precio parcial respecto a los peones:

$$P = 2.000 \frac{hh}{\text{m}^3} * 5.81 \frac{\text{soles}}{hh} = 11.62 \frac{\text{soles}}{\text{m}^3}$$

Se realiza el mismo procedimiento para las demás categorías, ecuaciones (1) y (2).

Cabe mencionar que esta partida no cuenta con la categoría “Materiales” y se ha considerado para las herramientas manuales el 5% de la mano de obra.

Finalmente, el costo unitario directo de la partida se obtiene sumando todos los parciales.

5.2.2 Desarrollo de las cuadrillas dentro del Análisis de Costos Unitarios

Dentro del formato del ACU, se encuentran el ítem Cuadrillas. Este ítem busca evaluar los recursos; en este caso, analizar el tamaño del trabajo a realizar para la correcta distribución de la fuerza o capacidad laboral. Para ello, se debe analizar la sectorización y las cuadrillas que realmente se requieren para la correcta ejecución de las viviendas.

5.2.2.1 Sectorización del trabajo

La sectorización es dividir el total del trabajo en sub áreas de igual o parecido tamaño. Una adecuada sectorización sirve para una distribución adecuada de los trabajos de la construcción a desarrollar. Sin embargo, en la realidad, obtener sectores iguales es casi imposible, ya que la distribución vista en planta de la construcción posee áreas diferentes; una aproximada sectorización equitativa se podría conseguir si las construcciones fueran simétricas. A modo de ejemplo, el proyecto de Vivienda Modular Sostenible cuenta con un área total de aproximadamente 41.00 m^2 distribuidos en 30.00 m^2 para el módulo principal y 11.00 m^2 para el módulo secundario. Según el área total, se podría pensar en una

sectorización de dos áreas de 14.00 m^2 y una de 13.00 m^2 , o, dos áreas de 13.50 m^2 y una de 14.00 m^2 . No obstante, se debe tener en cuenta los módulos principal y secundario; por ende, los sectores serían dos 15.00 m^2 (sectores S1 y S2) y uno de 11.00 m^2 (sector S3).

5.2.2.2 Cuadrillas

Las cuadrillas son la cantidad de grupos que participarán en la ejecución de la obra. El número de cuadrillas dependerá de la cantidad total de trabajo a realizar (metrados) y del plazo previsto (cronograma).

Con la finalidad de culminar en una semana, en el proyecto de Vivienda Modular Sostenible se han considerado un total de tres cuadrillas, cada una de ella cuenta con un operario y tres ayudantes; además, se agrega un capataz y un jefe de obra que va a dirigir y supervisar a las tres cuadrillas, los cuales serán los exponentes de la presente tesis, Chávez Jordys y Cueva Jhon. A continuación, en la Tabla 9, se muestra la distribución del personal que estará en la obra.

Tabla 9. *Distribución del personal para la formación de las cuadrillas de obra*

Cuadrillas	Capataz	Operario	Peón	Total personas
C1	0.33	1	3	
C2	0.33	1	3	
C3	0.33	1	3	
Total	1	3	9	13

Nota. La tabla muestra las 3 cuadrillas de personal de la Vivienda Modular Sostenible. Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Desarrollo de Análisis de Costos Unitarios de partidas no comunes

Se realizó el ACU de las partidas de las cuatro especialidades del proyecto (arquitectura, estructuras, IIEE e IISS) en un formato Excel. A modo de ejemplo, se muestra en las siguientes tablas (desde la Tabla 10 hasta la Tabla 15) los ACU no comunes a una construcción tradicional de la zona, como es el caso de los paneles de quinchá modular prefabricada.

Tabla 10. *Análisis de costos unitarios de la partida Columnas de 4"x4"*

Partida	4.01	Columnas de 4"x4"				
Rendimient	Und/DIA	MO. 35.0000	EQ. 35.0000	Costo unitario directo por : Und.		49.46
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.0762	9.41	0.72
	OPERARIO	hh	1.0000	0.2286	8.04	1.84
	PEON	hh	3.0000	0.6857	5.81	3.98
						6.54
	Materiales					
	MADERA DE 4"x4"	Und.		1.0000	42.37	42.37
	BREA LÍQUIDA	gal		0.0286	5.93	0.17
	LIJA PARA MADERA	plg		0.1515	0.76	0.12
	CLAVOS PARA MADERA CON	kg		0.0571	3.81	0.22
						42.88
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		0.0500	6.54	0.05
						0.05

Nota. La tabla muestra el desarrollo del ACU para la colocación de las columnas principales por unidad. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. *Análisis de costos unitarios de la partida Techo módulo principal*

Partida	4.03	Techo Módulo principal				
Rendimient	m ² /DIA	MO. 30.0000	EQ. 30.0000	Costo unitario directo por : m2		15.50
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.0889	9.41	0.84
	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	8.04	2.14
	PEON	hh	3.0000	0.8000	5.81	4.65
						7.63
	Materiales					
	BAMBÚ PARA PARTIR	Und.		0.5000	12.71	6.36
	BAMBÚS VIGAS	Und.		0.0694	12.71	0.88
	CLAVOS PARA MADERA CON	kg		0.0667	3.81	0.25
						7.49
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		0.0500	7.63	0.38
						0.38

Nota. La tabla muestra el desarrollo del ACU para la construcción del techo del módulo principal por metro cuadrado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. *Análisis de costos unitarios de la partida Techo módulo secundario*

Partida	4.04	Techo Módulo secundario				
Rendimiento	m ² /DIA	MO. 30.0000	EQ. 30.0000	Costo unitario directo por : m2		15.68
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.0889	9.41	0.84
	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	8.04	2.14
	PEON	hh	3.0000	0.8000	5.81	4.65
						7.63
	Materiales					
	BAMBÚ PARA PARTIR	Und.		0.5000	12.71	6.36
	BAMBÚS VIGAS	Und.		0.0833	12.71	1.06
	CLAVOS PARA MADERA CON	kg		0.0667	3.81	0.25
						7.67
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		0.0500	7.63	0.38
						0.38

Nota. La tabla muestra el desarrollo del ACU para la construcción del techo del módulo secundario por metro cuadrado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. *Análisis de costos unitarios de la partida Paneles P – 1.20 m x 2.40 m*

Partida	5.01	Paneles P - 1.20 m x 2.40 m				
Rendimiento	und/DIA	MO. 24.0000	EQ. 24.0000	Costo unitario directo por : und		121.97
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.1111	9.41	1.05
	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	8.04	2.14
	PEON	hh	3.0000	1.0000	5.81	5.81
						9.00
	Materiales					
	CLAVOS CON CABEZA DE 2"	kg		0.2000	3.81	0.76
	CAÑA COMUN DE 5 m	und		27.000	0.50	13.50
	LISTÓN DE MADERA 2 1/2" x 1"	und		1.2500	8.39	10.49
	MADERA PARA MARCO 3" x 1 1/2"	und		4.0000	16.86	67.46
	TALADRO PERCUTOR	hm		1.0000	6.50	6.50
	TORNILLO PARA MADERA	und		0.0625	17.71	1.11
	ÁNGULOS	und		1.5000	8.47	12.71
	TIERRA DE CHACRA	Bls		6.0000	0.00	0.00
						112.52
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		0.0500	9.00	0.45
						0.45

Nota. La tabla muestra el desarrollo del ACU para la fabricación de los paneles principales; es decir, los paneles más grandes. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. *Análisis de costos unitarios de la partida Paneles S – 0.65 m x 1.00 m*

Partida	5.02	Paneles S - 0.65 m x 1.00 m				
Rendimiento	und/DIA	MO. 24.0000	EQ. 24.0000	Costo unitario directo por : und		76.15
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.1111	9.41	1.05
	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	8.04	2.14
	PEON	hh	3.0000	1.0000	5.81	5.81
						9.00
	Materiales					
	CLAVOS CON CABEZA DE 2"	kg		0.2000	3.81	0.76
	CAÑA COMUN DE 5 m	und		7.0000	0.50	3.50
	LISTÓN DE MADERA 2 1/2" x 1"	und		1.0000	8.39	8.39
	MARCO DE MADERA 3" x 1 1/2"	und		2.0000	16.86	33.73
	TALADRO PERCUTOR	und		1.0000	6.50	6.50
	TORNILLO PARA MADERA	und		0.0625	17.71	1.11
	ÁNGULOS	und		1.5000	8.47	12.71
	TIERRA DE CHACRA	Bls		6.0000	0.00	0.00
						66.70
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		0.0500	9.00	0.45
						0.45

Nota. La tabla muestra el desarrollo del ACU para la fabricación de los paneles secundarios; es decir, los paneles más pequeños. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. *Análisis de costos unitarios de la partida Paneles T – 0.25 m x 1.20 m*

Partida	5.03	Paneles T - 0.25 m x 1.20 m				
Rendimiento	und/DIA	MO. 32.0000	EQ. 32.0000	Costo unitario directo por : und		48.12
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.0833	9.41	0.78
	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	8.04	2.14
	PEON	hh	3.0000	0.7500	5.81	4.36
						7.29
	Materiales					
	CLAVOS CON CABEZA DE 2"	kg		0.2000	3.81	0.76
	CAÑA COMUN DE 5 m	und		1.3000	0.50	0.65
	LISTÓN DE MADERA 2 1/2" x 1"	und		0.2500	8.39	2.10
	MARCO DE MADERA 3" x 1 1/2"	und		1.0000	16.86	16.86
	TALADRO PERCUTOR	und		1.0000	6.50	6.50
	TORNILLO PARA MADERA	und		0.0500	17.71	0.89
	ÁNGULOS	und		1.5000	8.47	12.71
	TIERRA DE CHACRA	Bls		4.0000	0.00	0.00
						40.47
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		0.0500	7.29	0.36
						0.36

Nota. La tabla muestra el desarrollo del ACU para la fabricación de los paneles triangulares; es decir, los paneles que van debajo del techo inclinado. Fuente: Elaboración propia.

5.3 Presupuesto de la Vivienda Modular Sostenible

Luego de haber realizado el metrado y su respectivo análisis de costos unitarios, se procede a obtener los precios totales por partidas multiplicando estos dos factores. El presupuesto se divide en dos categorías, el costo directo y los gastos generales.

5.3.1 Costo directo

El costo directo lo conforman los elementos contables y exclusivos para el desarrollo del proyecto. El costo directo estimado es de 19,197.86 soles, incluye IGV. La Tabla 16 muestra el presupuesto por partidas para la construcción de la vivienda.

Tabla 16. *Costo directo de la Vivienda Modular Sostenible*

CODIGO	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	UND.	METRADO	P.U.	TOTAL
1.01	Almacén	Glb	1.00	75.00	75.00
1.02	Servicios higiénicos	Glb	1.00	50.00	50.00
1.03	Agua para la Construcción	Glb	1.00	25.34	25.34
1.04	Energía Electrica	Glb	1.00	25.00	25.00
2.01	Corte de terreno	m ²	50.81	1.41	71.53
2.02	Eliminación de basura y elementos sueltos liv	m ³	5.08	53.83	273.52
2.03	Trazos, Niveles y Replanteo Preliminar	m ²	50.81	2.49	126.30
2.04	Excavación de Cimientos Corridos	m ³	5.40	14.40	77.69
2.05	Eliminación de material (+25% Esp.)	m ³	6.75	4.80	32.37
3.01	Cimiento corrido, concreto ciclópeo, f'c=140	m ³	5.40	176.05	950.13
3.02	Encofrado de sobrecimiento	m ²	15.66	21.34	334.16
3.03	Sobrecimiento, f'c=175Kg/cm2+25%P.M.	m ³	1.02	174.78	178.28
3.04	Desencofrado de sobrecimiento	m ²	15.66	10.67	167.08
3.05	Falso piso	m ²	37.44	8.92	333.83
4.01	Columnas de 4"x4"	Und.	14	39.44	552.10
4.02	Columnas de 2"x4"	Und.	19	26.30	499.70
4.03	Vigas	Und.	30	13.14	394.20
4.04	Techo Módulo principal	m ²	43.50	15.50	674.36
4.05	Techo Módulo secundario	m ²	17.20	15.68	269.68
5.01	Paneles P - 1.20 m x 2.40 m	Und.	28	121.97	3,415.24
5.02	Paneles S - 0.65 m x 1.00 m	Und.	23	76.15	1,751.42
5.03	Paneles T - 0.25 m x 1.20 m	Und.	14	48.12	673.69
6.01	Centro de luz	ptos	5	57.86	289.30
6.02	Salida para tomacorriente bipolar simple con	ptos	4	50.18	200.73
6.03	Instalación de panel solar	Und.	1	1,115.29	1,115.29
7.01	Caja de registro de 12" x 24" albañilería tapa	Und.	1	134.43	134.43
7.02	Tubería PVC 1/2" y 3/4" para red de agua	ml	6.00	23.37	140.25
7.03	Llave de grifería de agua	Und.	3	27.38	82.13
7.04	Llave de paso	Und.	2	25.56	51.13
7.05	Tubería PVC 4" PARA DESAGÜE	ml	6.00	19.75	118.47
7.06	Tubería PVC 2" PARA DESAGÜE	ml	3.00	12.85	38.56
8.01	Inodoro sifón jet con asiento	Und.	1	180.90	180.90
8.02	Lavatorio Manantial con pedestal	Und.	1	111.44	111.44
8.03	Lavadero	Und.	1	132.55	132.55
9.01	Biodigestor 600 l	Und.	1	1,061.96	1,061.96
9.02	Tanque elevado 1.1 m3	Und.	1	676.42	676.42
10.01	Puertas	Und.	3	178.54	535.62
10.02	Ventanas	Und.	4	112.39	449.57
COSTO DIRECTO					S/16,269.37
IGV					18%
Presupuesto total					S/19,197.86

Nota. La tabla muestra el costo directo, incluyendo el IGV, que asciende a un poco más de diecinueve mil soles. Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se debe considerar el presupuesto por orden de compra, este término surge porque no solamente se compra la cantidad contabilizada en los metrados, sino que se

compra por valores enteros. Por ejemplo, la cantidad de cemento Portland tipo I es de 33.1806 bolsas; sin embargo, se debe comprar 34 bolsas, tal como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. *Presupuesto para orden de compra con las cantidades de los recursos redondeados*

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Costo	Parcial S/.
0.01	INSTALACIONES PRELIMINARES	Glb	1.0000	101.69	101.69
0.02	CAPATAZ	hh	32.0000	9.41	301.12
0.03	OPERARIO	hh	90.0000	8.04	723.60
0.04	PEON	hh	300.0000	5.81	1,743.00
0.05	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg	2.5000	5.17	12.92
0.06	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg	13.0000	3.81	49.58
0.07	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3 1/2"	kg	8.5000	3.81	32.42
0.08	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³	1.2000	51.61	61.93
0.09	ARENA FINA	m ³	7.0000	38.05	266.36
0.10	HORMIGÓN	m ³	8.5000	51.61	438.69
0.11	TIERRA DE CHACRA	Bls	360.0000	0.00	0.00
0.12	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	Bls	34.0000	18.81	639.66
0.13	PEGAMENTO OATEY PVC	Und.	3.0000	12.54	37.63
0.14	MADERA DE 4"x4"	Und.	14.0000	42.37	593.22
0.15	MADERA DE 2"x4"	Und.	19.0000	21.95	417.03
0.16	BAMBÚ	Und.	35.0000	12.71	444.92
0.17	CAÑA COMÚN DE 5m	Und.	1,000.0000	0.50	500.00
0.18	LISTÓN DE MADERA 2 1/2" x 1" CACHIMBO	Und.	135.0000	8.39	1,132.63
0.19	MARCO DE MADERA 3" x 1 1/2" CACHIMBO	Und.	171.0000	16.86	2,883.81
0.20	BREA LÍQUIDA	gal	1.0000	5.93	5.93
0.21	BISAGRAS DE FIERRO	und	9.0000	4.21	37.88
0.22	LIJA PARA MADERA	plg	5.0000	0.76	3.81
0.23	CABLE TW N°14	m	80.0000	0.95	75.93
0.24	TUBO PVC-SEL 5/8" X 3M	m	12.0000	0.96	11.53
0.25	BRAQUETAS E27 1/2 OCT 4 A - 250V EPEM	Und.	6.0000	2.53	15.17
0.26	INTERRUPTOR SIMPLE	Und.	6.0000	7.20	43.22
0.27	FOCO LED BULB	Und.	6.0000	8.45	50.68
0.28	TOMACORRIENTE SIMPLE	Und.	5.0000	11.78	58.90
0.29	KIT PANEL SOLAR 12v	Und.	1.0000	1,055.08	1,055.08
0.30	TUBO PVC CLASE 10 DE 1/2"	m	6.0000	9.75	58.47
0.31	CODOS 1/2"	Und.	12.0000	1.19	14.24
0.32	TEES 1/2"	Und.	5.0000	1.19	5.93
0.33	ROSCA 1/2"	Und.	6.0000	1.19	7.12
0.34	REDUCCIÓN	Und.	3.0000	1.86	5.59
0.35	LLAVE DE GRIFERÍA	Und.	3.0000	21.10	63.31
0.36	TEFLÓN	Und.	3.0000	1.69	5.08
0.37	LLAVE DE PASO	Und.	2.0000	12.29	24.58
0.38	TUBO PVC DESAGUE 4"	m	6.0000	6.19	37.12
0.39	TUBO PVC DESAGUE 2"	m	3.0000	2.68	8.05
0.40	INODORO CON ASIENTO	Und.	1.0000	143.98	143.98
0.41	LAVATORIO CON PEDESTAL	Und.	1.0000	59.24	59.24
0.42	ADAPTADOR PVC 1/2"	Und.	8.0000	1.27	10.17
0.43	LAVADERO	Und.	1.0000	38.05	38.05
0.44	JUEGO DE 2 PATAS DE GRANITO	Und.	1.0000	42.29	42.29
0.45	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo	0.0500	2,767.72	138.39

0.46	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3	hm	2.5000	100.00	250.00
0.47	MEZCLADORA DE TROMPO 9 P3 (8 HP)	hm	2.0000	8.47	16.95
0.48	BIOGESTOR DE 600L	Und.	1.0000	966.10	966.10
0.49	TANQUE ELEVADO 1.1 m3	Und.	1.0000	375.34	375.34
0.50	MADERA TANQUE	Und.	6.0000	44.24	265.42
0.51	PUERTAS	Und.	3.0000	211.86	635.59
0.52	VENTANAS	Und.	4.0000	110.17	440.68
0.53	MANGUERA DE 15 m	Und.	1.0000	25.34	25.34
0.54	VÁLVULA DE COMPUERTA	Und.	2.0000	16.86	33.73
0.55	TACOS DE MADERA 1"1"*6"	Und.	39.0000	1.00	39.00
0.56	TALADRO PERCUTOR INALAMBRICO 12v	hm	65.0000	6.50	422.50
0.57	TORNILLO PARA MADERA AGLOMERADO 4*2"	Und.	4.0000	17.71	70.85
0.58	ÁNGULOS	Und.	100.0000	8.47	847.46
0.59	CAJA DE REGISTRO	Und.	1.0000	114.41	114.41
TOTAL			S/.		16,801.61
IGV			%		18.00
PRESUPUESTO TOTAL			S/.		19,825.91

Nota. El presupuesto por orden de compra redondea las cantidades de los recursos. Fuente: Elaboración propia.

Por esta razón, el costo directo asciende a S/. 19,825.91 (diecinueve mil ochocientos veinticinco soles con 91/100 soles).

5.3.2 Costo Gasto Generales

Parte del presupuesto es necesario para el staff que será parte importante en la logística y coordinaciones del proyecto tal como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. *Personal adicional requerido para el proyecto de vivienda*

Personal	Und.	Sueldo
Coordinador y manejo de proveedor	1	S/ 1,000.00
Logística y control de materiales	1	S/ 1,000.00
Total		S/ 2,000.00

Nota. La tabla muestra el monto asignado a la gestión del proyecto. Cabe recalcar que dicho personal serían los exponentes de la presente tesis, Chavez Jordys y Cueva Jhon. Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Presupuesto total

Según la Tabla 19, el presupuesto total de la Vivienda Modular Sostenible asciende a S/. 21,825.91 (veintiún mil ochocientos veinticinco soles con 91/100 soles).

Tabla 19. *Presupuesto total del proyecto Vivienda Modular Sostenible*

ITEM	MONTO
Costo directo	S/ 19,825.91
Gastos generales	S/ 2,000.00
Presupuesto total	S/ 21,825.91

Nota. La tabla muestra presupuesto total del proyecto Vivienda Modular. Fuente: Elaboración propia.

5.4 Fase 1: Prefabricación de paneles de quincha

Dentro de los siete días calendarios, otro grupo de trabajo se encarga de la prefabricación de los paneles de quincha. Cabe recalcar que estos deben estar habilitados para su colocación el día cuatro ya que en el quinto día se realizará la colocación de los mismos. Para tal objetivo, se ha incurrido en la implementación de la construcción industrializada para los paneles de quincha prefabricados.

5.4.1 Implementación de la prefabricación en la construcción

Una construcción industrializada consiste en convertir la construcción de una vivienda en una producción industrial, es decir, una cadena de montaje, cuya principal ventaja es ofrecer un trabajo en cadena que implica mejorar la calidad de los materiales y acabados debido al mayor control de producción, aumento de la productividad, una especialización de la mano de obra, una reducción de los accidentes, y lo más esencial una reducción del plazo de obra y costos (ver Figura 24). El objetivo de la industrialización en la construcción es la reducción de las actividades sobre el terreno (Koskela, 2003).

Figura 24. Los niveles de la innovación tecnológica, la relación entre inversión inicial y el costo de la construcción

Fuente: Adaptado de Castillo, 1998.

5.4.2 Sistemas constructivos de prefabricados

Un sistema constructivo prefabricado es el conjunto de elementos y unidades de un edificio cuya producción es controlada y optimizada durante un taller, estas unidades forman una organización funcional con una misión constructiva común para cada sistema prefabricado; es decir, los sistemas están constituidos por unidades y estos se construyen a partir de determinados materiales considerados insumos.

Las unidades de paneles de quinchas deben ser capaces de ensamblarse para satisfacer flexiblemente un proyecto de vivienda modular.

A comparación de un sistema constructivo tradicional, un sistema constructivo industrializado presenta una elevada inversión inicial, pero un menor costo de producción gracias a la alta tecnología y calidad en la que ha sido desarrollado. Los sistemas constructivos prefabricados que incluye un proceso industrializado se dividen en dos categorías: los sistemas constructivos parcialmente industrializados y a la vez se subdividen en sistemas constructivos prefabricados en el mismo lugar de trabajo y en sistemas constructivos prefabricados en fábrica; y los sistemas constructivos ampliamente industrializados en los cuales se dividen en sistemas constructivos de módulos de acero, concreto, mixtos y del tipo contenedores.

5.4.3 Sistema de quinchas prefabricada

Se empleó el sistema constructivo prefabricado in situ del sistema constructivo parcialmente industrializado. Ello se traduce en la prefabricación de paneles de quinchas en grandes cantidades para poder emplear en varias viviendas en paralelo. En este caso, para ser exacto, se requiere de 65 paneles de quinchas prefabricadas para cada vivienda según el modelo explicado con el presupuesto empleado, tal como se indica en la Tabla 20 y para la madera y el carrizo se identifican proveedores.

Proveedor de madera: Se requiere de pino blanco para la estructura de las viviendas, por lo que se requiere madera en buena calidad para poder emplearlas. En tal sentido, se debe realizar una previa inspección durante la entrega de la madera para evitar defectuosos.

Proveedor de carrizo: Se busca un adecuado uso del carrizo para las viviendas de paneles prefabricados, es necesario la buena calidad del carrizo por parte del proveedor para la estabilidad de los paneles.

Tabla 20. *Detalle de los paneles de quincha para una vivienda prefabricada*

PANELES DE QUINCHA	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL	CANTIDAD TOTAL
PANELES P - 1.20 m x 2.40 m	Und.	1	28
Caña común de 5 m	Und.	27	756
Listón de madera 2 1/2" x 1" x 10.5' Cachimbo	Und.	1.25	35
Madera para marco 3" x 1 1/2" x 10.5 ' Cachimbo	Und.	4	112
PANELES S - 0.65 m x 1.00 m	Und.	1	23
Caña común de 5 m	Und.	7	161
Listón de madera 2 1/2" x 1" x 10.5' Cachimbo	Und.	1	23
Madera para marco 3" x 1 1/2" x 10.5 ' Cachimbo	Und.	2	46
PANELES T - 1.20 m x 2.40 m	Und.	1	14
Caña común de 5 m	Und.	1.3	18.2
Listón de madera 2 1/2" x 1" x 10.5' Cachimbo	Und.	0.25	3.5
Madera para marco 3" x 1 1/2" x 10.5 ' Cachimbo	Und.	1	14
TOTAL PANELES	Und.		65
TOTAL CAÑA COMÚN DE 5m	Und.		935
TOTAL LISTÓN DE MADERA 2 1/2" x 1"	Und.		62
MADERA PARA MARCO 3" x 1 1/2"	Und.		172

Nota. La tabla muestra el metrado de todos los paneles de quincha para la construcción de la Vivienda Modular Sostenible. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la quincha prefabricada requiere los materiales indicados en la tabla anterior. Asimismo, para llevar un buen control es necesario conocer a detalle la estructura de un panel de quincha. En la Figura 25, se puede visualizar la distribución de la madera para la fabricación de un panel de quincha.

Figura 25. Modelo de quinchas prefabricada diseñada

Fuente: Elaboración propia.

5.4.3.1 Taller de prefabricación

Se genera un ambiente disponible para la prefabricación de los marcos de quinchas con un área disponible para todos los materiales y herramientas que se requieran, tal como se muestra en la Figura 26. De esta manera, se organiza adecuadamente todos los procesos de quinchas prefabricadas.

Además, se tiene en cuenta la entrada de los materiales o insumos para los prefabricados y la misma salida para los marcos de quinchas ya concluidos para su transporte.

Figura 26. Modelo de distribución de taller de prefabricación de quinchas

Fuente: Elaboración propia.

5.4.3.2 Las cuadrillas para el taller

Para la vivienda se requiere realizar una inversión inicial alta, tanto el taller como en las cuadrillas, por lo que se presenta las cuadrillas sobredimensionadas necesarias para la rápida construcción.

Cuadrilla: 1 Operario + 2 peones

5.4.3.3 Cronograma para la etapa de prefabricación de los paneles de quincha

Es fundamental tener en cuenta el cronograma para la etapa de prefabricación de los paneles de quincha, ya que se tiene que evaluar los procesos necesarios que puedan requerir y este quede lista para entrar en la mitad del cronograma de la construcción de la Vivienda Modular Sostenible. Por ende, todo el proceso constructivo se realizará en 7 días según lo planeado.

Figura 27. Cronograma para los paneles prefabricados en Project

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 27, se presentan los procesos para la prefabricación de paneles en búsqueda de la correcta culminación de la misma.

Al tercer día de haber transcurrido la fase se habilita la entrega e ingreso de los muros de quincha prefabricados a la construcción de la vivienda modular sostenible.

5.4.3.4 Construcción del módulo en 7 días

La construcción completa se realiza en 7 días, desde la etapa inicial hasta que la obra esté concluida, por lo que se requiere emplear una inversión inicial mayor tal como se indica en la Figura 28, en contraste se genera un menor costo de producción u costo de operación.

Figura 28. Sistemas Constructivos según la inversión inicial y costo de producción

Fuente: Elaboración propia.

5.5 Fase 2: Ejecución del proyecto de la Vivienda Modular Sostenible

El cronograma sirve para el planeamiento de la ejecución de las partidas del proyecto. Asimismo, es una herramienta de control para verificar si lo ejecutado coincide o está dentro del margen de lo planificado.

5.5.1 Cálculo de los diferentes tiempos para la ejecución de partidas

Los tiempos de las partidas son útiles para la generación del cronograma de obra. Para ello, se deben calcular las horas hombre (HH) de las partidas del proyecto para el correcto desarrollo del cronograma.

5.5.1.1 Cálculo de horas hombre

Las horas hombre (hh) se obtienen al multiplicar la cantidad (horas hombre/unidad de medida de la partida) por el metrado de cada partida. Para ello, se tiene un análisis de un ejemplo proporcionado por la Capeco, cuya partida es “Excavación de zanjas” (ver Figura 29).

PARTIDA N°	: Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.00 m. de profundidad.	Unidad	: m3
Especificaciones	: En terreno normal seco, con pico y lampa.		
Cuadrilla	: 0,1 capataz + 1 peón		
Rendimiento	: 4,0 m3/día

Figura 29. Partida “Excavación de zanjas” para cimientos hasta 1.00 m

Fuente: Adaptado de Cámara Peruana de Construcción (Capeco), 2018.

Ahora se muestra un desarrollo de un ejemplo propuesto por Capeco.

- Ejemplo: Cuadrilla según Capeco

Cuadrilla: 0.1 capataz + 1 peón

- HH para cronograma de obra

$$1 * 4 = 4 \text{ m3} \dots\dots 8 \text{ h}$$

$$1 \text{ m3} \dots\dots x \text{ h}$$

$$x = 2 \text{ hh} * \text{m3}$$

∴ Por cada 1 m3 se necesita 2 h

Metrado: 5.40 m3

$$\text{HH total} = 5.40 * 2 = 10.80 \text{ HH}$$

- HH para el presupuesto

$$1 \text{ peón} \models 10.80 \text{ HH}$$

$$0.1 \text{ capataz} = 1.08 \text{ HH}$$

$$\therefore \text{Total} = 11.88 \text{ HH}$$

- Ejemplo: Cuadrilla propuesta

Cuadrilla: 0.33 capataz + 3 peón

- HH para cronograma de obra

$$3 * 4 = 12 \text{ m3} \dots\dots 8 \text{ h}$$

$$1 \text{ m3} \dots\dots x \text{ h}$$

$$x = 0.67 \text{ hh} * \text{m3}$$

∴ Por cada 1 m3 se necesita 0.67 h

Metrado: 5.40 m3

$$\text{HH total} = 5.40 * 0.67 = 3.60 \text{ HH}$$

- ¿Y para las 3 cuadrillas?

$$3.60 / 3 = 1.20 \text{ HH}$$

∴ Se necesita 3 cuadrillas para realizar la excavación en 1.2 horas.

Lo anterior se ha plasmado en una hoja de cálculo Excel, tal como muestra la Tabla 21.

Tabla 21. *Horas hombre según número de cuadrillas*

Mano de obra	Cantidad de horas requeridas	Número de cuadrillas			Total horas asignadas
		1	2	3	
Capataz	1.20	0.40	0.20	0.13	
Operario	0.00	0.00	0.00	0.00	
Peón	10.79	3.60	1.80	1.20	
					1.50

Nota. La tabla muestra la cantidad de horas hombre utilizadas en la partida Excavación de zanjas. Fuente: Elaboración propia.

En este ejemplo, se solicitaría tres cuadrillas para ejecutar la partida de excavación de zanjas en 1.20 horas; sin embargo, se le está asignando 1.50 horas para no ser tan rigurosos en cuanto al plazo de la ejecución de la obra.

5.5.1.2 Generación del cronograma

El cronograma de obra se ha realizado en Excel y está detallado por horas, además dentro de cada una de ellas, una distribución de cuatro cuadrículas; es decir, cada cuadrícula Excel equivale a un cuarto de hora (0.25h). Por ejemplo, para la “Excavación de zanjas”, la duración fue de 1.20 HH; sin embargo, se le debe asignar un tiempo mayor o redondeado hacia arriba para cubrir los márgenes de error en cuanto el tiempo de ejecución de la partida, por ello la duración asignada fue de 1.50 HH.

En la Figura 30, se muestra la programación del segundo día de la ejecución del proyecto. En esta, se puede observar tres fases. La primera fase está conformada solo por las celdas de color naranja (tres cuadrillas) y representa a las cuadrillas que están laborando en una misma partida. La segunda, por las celdas de color plomo (dos cuadrillas) y de color verde (una cuadrilla), se interpreta que dos cuadrillas están en una misma partida, color plomo, y la última cuadrilla está en una partida diferente, color verde. Por último, la tercera fase está conformada solo por las celdas de color verde; es decir, cada cuadrilla trabaja en una partida diferente. En la segunda y tercera fase se genera la programación de actividades en paralelo del proyecto.

CÓD.	Nº	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Asignado		Real	DÍA 2												EXT.
			Horas	Días	Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	1				
3		Obras de concreto																
3.01	10	Cimiento corrido, concreto ciclópeo, f'c=140Kg/cm2+25%P.A.	5.25	0.66	5.25	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
3.02	11	Encofrado de sobrecimiento	2.50	0.31	2.50													
3.03	12	Sobrecimiento, f'c=140Kg/cm2+25%P.A.	1.00	0.13	1.00													
3.04	13	Desencofrado de sobrecimiento	1.00	0.13	1.00													
3.05	14	Falso piso	4.50	0.56	4.50													
4		Obras de madera y bambú																
4.01	15	Columnas de 4"x4"	1.17	0.16	1.25					1	1	1			1	1		
4.02	16	Columnas de 2"x4"	1.50	0.19	1.50					1	1	1			2	2		
4.03	17	Vigas	0.80	0.13	1.00					1	1	1						

Fase 1: Las tres cuadrillas trabajan en una misma partida

Fase 3: Cada cuadrilla trabaja en una partida diferente

Fase 2: Dos cuadrillas trabajan en una misma partida, y la última cuadrilla, en otra partida

Figura 30. Programación del segundo día y distribución de las cuadrillas en las actividades

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2 Cronograma de obra

El cronograma de obra es el resultado del desarrollo de los metrados vistos en el punto 5.1 y de los costos unitarios por partidas del presente capítulo.

5.5.2.1 Programación diaria

Así como se indicó en el punto 5.4.1.2, la programación diaria es el resultado del análisis de los procesos constructivos con sus respectivas duraciones expresadas en horas o días. Se muestra la programación diaria de la obra con un plazo de ejecución igual a siete días útiles (ver desde Figura 31)

Día 1: En la programación se mencionó que el primer día se realizará las obras provisionales y todos los trabajos preliminares.

CÓD.	Nº	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Asignado		Real	DÍA 1							
			Horas	Días		1	2	3	4	5	6	7	8
1		Obras provisionales											
1.01	1	Almacén	1.50	0.19	1.50	3	3	3	3	3			
1.02	2	Servicios higiénicos	0.67	0.08	0.67		2	2	2	2			
1.03	3	Agua para la Construcción	0.33	0.04	0.33		1	1	1	1			
1.04	4	Energía Eléctrica	1.00	0.13	1.00			3	3	3			
2		Trabajos preliminares											
2.01	5	Corte de terreno	1.25	0.16	1.25				3	3	3	3	
2.02	6	Eliminación de basura y elementos sueltos	0.75	0.09	0.75					3	3	3	
2.03	7	Trazos, Niveles y Replanteo Preliminar	0.50	0.06	0.50						3	3	
2.04	8	Excavación de Cimientos Corridos	1.50	0.19	1.50						3	3	3
2.05	9	Eliminación de material (+25% Esp.)	0.50	0.06	0.50								3

Figura 31. Día 1 destinada a obras provisionales y trabajos preliminares

Fuente: Elaboración propia.

Día 2: El segundo día, se ejecutaría el cimiento corrido (obra de concreto) junto con la colocación adecuada de las columnas principales y secundarias (obras de madera) para el empotrado de las mismas en la cimentación. Las vigas se colocarán de manera conjunta con las columnas, esto de forma de pórticos para garantizar el espaciamiento óptimo dependiendo el tipo de panel que se colocarán en el día 5 (ver desde Figura 32).

CÓD.	Nº	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Asignado		Real	DÍA 2								EXT.
			Horas	Días		1	2	3	4	5	6	7	8	
3		Obras de concreto												
3.01	10	Cimiento corrido, concreto ciclópeo, f'c	5.25	0.66	5.25	3	3	3	3	3	3	3	3	
3.02	11	Encofrado de sobrecimiento	2.50	0.31	2.50									
3.03	12	Sobrecimiento, f'c=140Kg/cm2+25%P.A.	1.00	0.13	1.00									
3.04	13	Desencofrado de sobrecimiento	1.00	0.13	1.00									
3.05	14	Falso piso	4.50	0.56	4.50									
4		Obras de madera y bambú												
4.01	15	Columnas de 4"x4"	1.17	0.16	1.25			1	1	1		1	1	1
4.02	16	Columnas de 2"x4"	1.50	0.19	1.50			1	1	1		2	2	2
4.03	17	Vigas	0.80	0.13	1.00			1	1	1				2
4.04	18	Techo Módulo principal	3.87	0.50	4.00									
4.05	19	Techo Módulo secundario	1.50	0.19	1.50									

Figura 32. Día 2, cimiento corrido y colocación de columnas - vigas

Fuente: Elaboración propia.

Día 3: El tercer día, se realizaría el encofrado y vaciado del sobrecimiento. Este mismo día, se colocaría la red necesaria para las instalaciones sanitarias y eléctricas (un día antes del vaciado del piso). Asimismo, para culminar el día, se realizaría la instalación del tanque elevado. En este día se puede observar la fase 2, una primera cuadrilla se encargaría de realizar la colocación de las tuberías de las instalaciones eléctricas; otra cuadrilla, de la

colocación de las tuberías para la red de agua y de la instalación de la caja de registro; asimismo, una tercera cuadrilla, de la instalación de la red de desagüe (ver desde Figura 33).

CÓD.	Nº	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Asignado		Real	DÍA 3								1
			Horas	Días		1	2	3	4	5	6	7	8	
3		Obras de concreto												
3.01	10	Cimiento corrido, concreto ciclópeo, f _c	5.25	0.66	5.25									
3.02	11	Encofrado de sobrecimiento	2.50	0.31	2.50	3	3	3	3	3	3	3	3	
3.03	12	Sobrecimiento, f _c =140Kg/cm ² +25%P.M	1.00	0.13	1.00				3	3	3			
3.04	13	Desencofrado de sobrecimiento	1.00	0.13	1.00									
3.05	14	Falso piso	4.50	0.56	4.50									
6		Instalaciones eléctricas												
6.01	23	Centro de luz	1.50	0.19	1.50				1	1	1	1	1	
6.02	24	Salida para tomacorriente bipolar simple	1.25	0.16	1.25						1	1	1	
6.03	25	Instalación de panel solar	2.00	0.25	2.00									
7		Red de instalaciones sanitarias												
7.01	26	Caja de registro de 12" x 24" albañilería	0.67	0.08	0.67						1	1	1	
7.02	27	Tubería PVC 1/2" clase 10 para red de a	0.67	0.08	0.67				1	1	1	1	1	
7.03	28	Llave de grifería de agua	0.50	0.06	0.50									
7.04	29	Llave de paso	0.67	0.08	0.67									
7.05	30	Tubería PVC 4" PARA DESAGÜE	0.67	0.08	0.67				1	1	1	1	1	
7.06	31	Tubería PVC 2" PARA DESAGÜE	0.33	0.04	0.33						1	1	1	
9		Biogestor y tanque elevado												
9.01	35	Biogestor 600 l	2.50	0.31	2.50									
9.02	36	Tanque elevado 1.1 m3	1.33	0.18	1.42							2	2	

Figura 33. Día 3, sobrecimiento y colocación de tuberías previos al falso piso

Fuente: Elaboración propia.

Día 4: En el cuarto día, se programaría la instalación del biodigestor y del desencofrado del sobrecimiento. En este día, se culminaría con la ejecución de las obras de concreto con el vaciado del falso piso. Para ello, ya se tendría colocado todas las redes necesarias para las instalaciones sanitarias y eléctricas antes de vaciar el concreto (ver desde Figura 34).

CÓD.	Nº	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Asignado		Real	DÍA 4								1
			Horas	Días		1	2	3	4	5	6	7	8	
3		Obras de concreto												
3.01	10	Cimiento corrido, concreto ciclópeo, f _c	5.25	0.66	5.25									
3.02	11	Encofrado de sobrecimiento	2.50	0.31	2.50									
3.03	12	Sobrecimiento, f _c =140Kg/cm ² +25%P.M	1.00	0.13	1.00									
3.04	13	Desencofrado de sobrecimiento	1.00	0.13	1.00				3	3	3			
3.05	14	Falso piso	4.50	0.56	4.50					3	3	3	3	
9.01	35	Biogestor 600 l	2.50	0.31	2.50	3	3	3	3	3	3	3	3	
9.02	36	Tanque elevado 1.1 m3	1.33	0.18	1.42									
10		Puertas y ventanas												
10.01	37	Puertas	1.50	0.19	1.50									
10.02	38	Ventanas	1.60	0.21	1.67									

Figura 34. Día 4, instalación del biodigestor y el vaciado del falso piso

Fuente: Elaboración propia.

Día 5: En el quinto día, se realizaría la construcción de los techos del módulo principal y secundario. Asimismo, este es el día en el que se empiezan a colocar los paneles de quincha (ver desde Figura 35).

CÓD.	Nº	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Asignado		Real	DÍA 5																					
			Horas	Días	Horas	1	2	3	4	5	6	7	8														
4		Obras de madera y bambú																									
4.01	15	Columnas de 4"x4"	1.07	0.15	1.17																						
4.02	16	Columnas de 2"x4"	1.50	0.19	1.50																						
4.03	17	Techo Módulo principal	3.87	0.50	4.00	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
4.04	18	Techo Módulo secundario	1.50	0.19	1.50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
5		Paneles de quincha																									
5.01	19	Paneles P - 1.20 m x 2.40 m	3.11	0.40	3.17													1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
5.02	20	Paneles S - 0.65 m x 1.00 m	2.56	0.33	2.67																	1	1	1	1	1	1
5.03	21	Paneles T - 0.25 m x 1.20 m	1.17	0.17	1.33																						

Figura 35. Día 5 consiste en la construcción del techo y el inicio de la colocación de los paneles de quincha

Fuente: Elaboración propia.

Día 6: En el sexto día (ver desde Figura 36)., se finalizaría de colocación de los paneles de quincha. Además, solo una cuadrilla estaría con la instalación del panel solar (durante seis horas). Y los otros dos grupos harían a cargo de culminar la colocación de los paneles de quincha y de colocación de las llaves y grifos de la red de agua. Cabe señalar que en la hoja de trabajo Excel se resalta seis horas de color verde; sin embargo, las horas asignadas para esta partida es igual a dos. Esto sucede porque la hoja de cálculo trabaja en base a las cuadrículas de color naranja (en donde los tres grupos trabajan en la misma partida); es decir, si se rellenaría el valor de “3”, solo se pintaría ocho cuadrículas o dos horas para que se registre la misma cantidad de horas. En este caso, como solo una cuadrilla estaría realizando el trabajo, el tiempo estimado de ejecución se triplica (de dos horas a seis o de ocho cuadrículas a veinticuatro).

CÓD.	Nº	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Asignado		Real	DÍA 6							
			Horas	Días		1	2	3	4	5	6	7	8
5		Paneles de quincha											
5.01	19	Paneles P - 1.20 m x 2.40 m	3.11	0.40	3.17	2	2	2	2	2	2	2	2
5.02	20	Paneles S - 0.65 m x 1.00 m	2.56	0.33	2.67	1	1	1	1	1	1	1	1
5.03	21	Paneles T - 0.25 m x 1.20 m	1.17	0.17	1.33			1	1	1	1	1	1
6		Instalaciones eléctricas											
6.01	23	Centro de luz	1.50	0.19	1.50								
6.02	24	Salida para tomacorriente bipolar sin	1.25	0.16	1.25								
6.03	25	Instalacion de panel solar	2.00	0.25	2.00			1	1	1	1	1	1
7		Red de instalaciones sanitarias											
7.01	26	Caja de registro de 12" x 24" albañi	0.67	0.08	0.67								
7.02	27	Tubería PVC 1/2" clase 10 para red	0.67	0.08	0.67								
7.03	28	Llave de grifería de agua	0.50	0.06	0.50							1	1
7.04	29	Llave de paso	0.67	0.08	0.67							1	1
7.05	30	Tubería PVC 4" PARA DESAGÜE	0.67	0.08	0.67								
7.06	31	Tubería PVC 2" PARA DESAGÜE	0.33	0.04	0.33								

Figura 36. Día 6 pertenece a la culminación de la colocación de los paneles de quincha y la instalación del panel solar

Fuente: Elaboración propia.

Día 7: En el último día, se terminaría las instalaciones eléctricas con el cableado y la colocación de los accesorios eléctricos como bombillas eléctricas, tomacorrientes e interruptores. Asimismo, se realizaría la instalación de aparatos sanitarios, puertas y ventanas (ver desde Figura 37).

CÓD.	Nº	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Asignado		Real	DÍA 7							
			Horas	Días		1	2	3	4	5	6	7	8
6		Instalaciones eléctricas											
6.01	23	Centro de luz	1.50	0.19	1.50	1	1	1	1	1	1	1	1
6.02	24	Salida para tomacorriente bipolar sin	1.25	0.16	1.25				1	1	1	1	1
6.03	25	Instalacion de panel solar	2.00	0.25	2.00								
8		Aparatos sanitarios											
8.01	32	Inodoro sifón jet con asiento	1.33	0.17	1.33	1	1	1	1	1	1	1	1
8.02	33	Lavatorio Manantial con pedestal	1.00	0.13	1.00	1	1	1	1	1	1	1	1
8.03	34	Lavadero de granito 1poza 60x40	1.00	0.13	1.00				1	1	1	1	1
9		Biogestor y tanque elevado											
9.01	35	Biogestor 600 l	2.50	0.31	2.50								
9.02	36	Tanque elevado 1.1m3	1.33	0.18	1.42								
10		Puertas y ventanas											
10.1	37	Puertas	1.50	0.19	1.50					1	1	1	1
10.2	38	Ventanas	1.60	0.21	1.67							2	2

Figura 37. Día 7, partidas de cierre, colocación de aparatos sanitarios, puertas y ventanas

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2.2 Horas extras

Con la finalidad de culminar la obra en siete días calendario, se tiene que realizar una hora extra en el día 2, un cuarto de hora en el día 3, y media hora extra en el último día de la programación diaria. Esto sucede porque en el día dos se debe ejecutar la cimentación, y esta

partida es continuo con la colocación y fijación en su eje correspondiente de las columnas principales y secundarias de madera de manera conjunta con las vigas. Las actividades de este día son las más complicadas, ya que las columnas deben colocarse de tal forma que se encuentren separados a diferentes distancias según indique el plano; entre las distancias más comunes están los de 1.00 m o de 1.20 m. Asimismo, el día tres se prolonga un cuarto de hora extra porque se debe culminar la instalación del tanque elevado. Por último, en el último día, se realiza media hora extra para terminar de colocar todas las puertas y ventanas.

5.5.3 Cronograma valorizado

Según la magnitud del proyecto a desarrollar es presentada al cliente para indicar cuanto se va gastar mensualmente hasta el periodo final del período, para el posterior pago o desembolso del cliente hacia el contratista. En una construcción tradicional, las valorizaciones solicitadas son quincenales y mensuales comúnmente. Sin embargo, para la Vivienda Modular Sostenible, por su magnitud, duración y alcance, solo se harán siete valorizaciones; es decir, una por día, tal como se muestra en la Figura 38.

DESCRIPCION	COTO DIRECTO		Dia 1		Dia 2		Dia 3		Dia 4		Dia 5		Dia 6		Dia 7	
Obras provisionales																
Almacén	S/	75.00	100%	75.00												
Servicios higiénicos	S/	50.00	100%	50.00												
Instalaciones preliminares																
Agua para la Construcción	S/	25.34	100%	25.34												
Energía Eléctrica	S/	25.00	100%	25.00												
Trabajos preliminares																
Corte de terreno	S/	71.53	100%	71.53												
Eliminación de basura y elementos sueltos livianos	S/	273.52	100%	273.52												
Trazos, Niveles y Replanteo Preliminar	S/	126.30	100%	126.30												
Excavación de Cimientos Corridos	S/	77.69	100%	77.69												
Eliminación de material (+25% Esp.)	S/	32.37	100%	32.37												
Obras de concreto																
Cimiento corrido, concreto ciclópeo, f'c=140 Kg/cm2	S/	950.13			100%	950.13										
Encofrado de sobrecimiento	S/	334.16					100%	334.16								
Sobrecimiento, f'c=175Kg/cm2+25%P.M.	S/	178.28					100%	178.28								
Desencofrado de sobrecimiento	S/	167.08							100%	167.08						
Falso piso	S/	333.83							100%	333.83						
Obras de madera y bambú																
Columnas de 4"x4"	S/	552.10			100%	552.10										
Columnas de 2"x4"	S/	499.70			100%	499.70										
Vigas	S/	394.20			100%	394.20										
Techo Módulo principal	S/	674.36								100%	674.36					
Techo Módulo secundario	S/	269.68								100%	269.68					
Paneles de quíncha																
Paneles P - 1.20 m x 2.40 m	S/	3,415.24								50%	1,707.62	50%	1,707.62			
Paneles S - 0.65 m x 1.00 m	S/	1,751.42								25%	437.86	75%	1,313.57			
Paneles T - 0.25 m x 1.20 m	S/	673.69										100%	673.69			
Instalaciones eléctricas																
Centro de luz	S/	289.30					25%	72.33							75%	216.98
Salida para tomacorriente bipolar simple con PVC	S/	200.73					25%	50.18							75%	150.55
Instalación de panel solar	S/	1,115.29											100%	1,115.29		
Red de instalaciones sanitarias																
Caja de registro de 12" x 24" albañilería tapa de concreto	S/	134.43					100%	134.43								
Tubería PVC 1/2" y 3/4" para red de agua	S/	140.25					100%	140.25								
Llave de grifería de agua	S/	82.13										100%	82.13			
Llave de paso	S/	51.13										100%	51.13			
Tubería PVC 4" PARA DESAGUE	S/	118.47					100%	118.47								
Tubería PVC 2" PARA DESAGUE	S/	38.56					100%	38.56								
Aparatos sanitarios																
Inodoro sifón jet con asiento	S/	180.90													100%	180.90
Lavatorio Manantial con pedestal	S/	111.44													100%	111.44
Lavadero	S/	132.55													100%	132.55
Biogestor y tanque elevado																
Biodigestor 600 l	S/	1,061.96							100%	1,061.96						
Tanque elevado 1.1 m3	S/	676.42					100%	676.42								
Puertas y ventanas																
Puertas	S/	535.62													100%	535.62
Ventanas	S/	449.57													100%	449.57
COSTO DIRECTO	S/.	16,269.37	S/.	756.75	S/.	2,396.13	S/.	1,743.08	S/.	1,562.87	S/.	3,089.52	S/.	4,943.43	S/.	1,777.60
IGV		18%	S/.	136.22	S/.	431.30	S/.	313.75	S/.	281.32	S/.	556.11	S/.	889.82	S/.	319.97
PRESUPUESTO TOTAL PROGRAMADO	S/.	19,197.86	S/.	892.97	S/.	2,827.43	S/.	2,056.83	S/.	1,844.19	S/.	3,645.63	S/.	5,833.24	S/.	2,097.57
AVANCE PROGRAMADO EN PORCENTAJE			5%		17%		13%		11%		22%		36%		13%	
AVANCE PROGRAMADO ACUMULADO			S/.	892.97	S/.	3,720.40	S/.	5,777.23	S/.	7,621.42	S/.	11,267.04	S/.	17,100.29	S/.	19,197.86
AVANCE PROGRAMADO ACUMULADO EN %			5%		19%		30%		40%		59%		89%		100%	

Figura 38. Valorizaciones diarias del proyecto Vivienda Modular Sostenible

Fuente: Elaboración propia.

Curva S

La Tabla 22 es necesaria para generar la curva S, ya que se debe considerar los costos acumulados en relación al tiempo de construcción.

Tabla 22. *Costos diarios y costo acumulados de la Vivienda Modular Sostenible*

TIEMPO (DÍAS)	COSTO (S/.)	COSTO ACUMULADO (S/.)
0	0	0
1	892.97	892.97
2	2,827.43	3,720.40
3	2,056.83	5,777.23
4	1,844.19	7,621.42
5	3,645.63	11,267.04
6	5,833.24	17,100.29
7	2,097.57	19,197.86

Nota. La tabla muestra los costos directos diarios del proyecto Vivienda Modular Sostenible. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se elabora la curva S a partir de la tabla anterior, como se muestra en la Figura 39.

Figura 39. Cronograma valorizado y la Curva “S” incluido IGV

Fuente: Elaboración propia.

La Curva S es necesario para entender el plan de construcción que se hará diariamente durante 7 días. Además de ser un diagrama para pronosticar los gastos diarios que se harán, después de realizado el proyecto se realiza un comparativo con una nueva curva real construida para analizar y verificar los costos empleados en el proyecto de la vivienda construida.

El cronograma valorizado se muestra en detalle los gastos generados por partidas diariamente hasta que finalice el proyecto por lo que hay una relación con la curva S.

5.5.4 Compra de materiales

Para mantener un flujo adecuado en los procesos constructivos es necesario realizar un plan de compras para los materiales del proyecto. Es así que se evitan retrasos o esperas en la obra por falta de materiales denominado “stand by” modificando de esta manera todo el cronograma.

De esta manera, se realiza la implementación de dos fases que se ejecutan en paralelo y se reduce el tiempo que podría perderse en el proceso constructivo de la vivienda.

Capítulo VI: METODOLOGIA DE CONSTRUCCIÓN PARA ESTANDARIZAR LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LA VIVIENDA MODULAR SOSTENIBLE A BASE DE QUINCHA

En este capítulo se desarrollará la metodología utilizada para la construcción de la Vivienda Modular Sostenible. Además de mencionar el fundamento de la metodología, la estructura y el desarrollo de las fases que comprende la propuesta de construcción de la vivienda.

6.1 Fundamentos y estructura de la metodología de la construcción de la Vivienda Modular Sostenible

La metodología de construcción de la vivienda consiste en la aplicación de diferentes trabajos contributivos para el control de tiempos que una adecuada ejecución, control y calidad de los materiales, aplicación de software para detección de interferencias, control y mayor entendimiento en la ejecución de las partidas de la vivienda modular sostenible.

Además, dentro de la metodología se busca la masificación de la propuesta de construcción para que más familias de la región Piura sean beneficiadas con la propuesta de vivienda modular.

La metodología y proceso constructivo se tomó en cuenta la norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada, norma E.010 Madera y la norma técnica E.100 Bambú.

Por otra parte, la estructura de la metodología contempla dos fases, la primera abarca el taller para los paneles prefabricados, y la segunda, la construcción de la Vivienda Modular Sostenible. La segunda fase dura siete días y debe ser ejecutada por tres cuadrillas (cada una de 0.33 capataz, 1 operario y 3 peones). La primera fase dura tres días y debe ejecutarse con una cuadrilla (conformado por 1 operario y 2 peones). Ambas fases se ejecutan en paralelo e inician el mismo día, tal como muestra la Figura 40.

Figura 40. La figura muestra el desarrollo de las dos fases para la construcción de la Vivienda Modular Sostenible

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta el desarrollo de la metodología en dos fases para la construcción de la vivienda.

6.2 Desarrollo de la Fase N°1 – Paneles de quincha prefabricada

Los materiales necesarios para la elaboración de los paneles de quincha son los siguientes:

- Madera de sección cuadra (10cm)
- Clavos de 2 y 3 pulgadas
- Alambre N° 8
- Barro
- Carrizo
- 4 listones de madera de sección de 1 pulg.

6.2.1 Procesos de calidad de los materiales de quincha

6.2.1.1 Pruebas de calidad para la tierra

Según Rodríguez, A, & Walker, M. (2009) se empieza con preparar con el barro cinco bolitas pequeñas de aproximadamente 2 cm. de diámetro (excluyendo a mano la grava y arena gruesa) y posteriormente se deja secar a la sombra, durante uno o dos días. La prueba trata en apretar cada una de las bolitas de barro en la mano entre los dedos índice y pulgar para considerarse que la calidad de la es realmente la adecuada. En el caso que ninguna bolita se rompiera, quiere decir que la calidad de la arcilla es la correcta y en el caso se rompiera una o dos bolitas, sería medianamente aceptable la arcilla. Finalmente, en el caso se rompiera más de tres, no sería adecuado el uso de la arcilla o el porcentaje de arcilla en la tierra es deficiente para su uso. Tal como se muestra en la Figura 41.

Así se evita rehacer trabajos de llenado en los muros prefabricados por lo que se debe determinar adecuadamente la calidad del barro.

Figura 41. Prueba de campo – método de la bolita

Fuente: Adaptado Rodríguez, A, & Walker, M., 2009, pág. 17.

Es preciso tener en cuenta que las pruebas mencionadas anteriormente son solamente de carácter orientativo; en realidad por si solas, no proporciona una información definitiva. Por lo tanto, es conveniente efectuar la prueba y aplicar un buen criterio y experiencia, con ello se decide respecto a la calidad del barro para elaborar el barro para los muros de quincha. (Rodríguez, A, & Walker, M., 2009)

Las siguientes consideraciones son para la selección del suelo de la buena calidad

- 1.- No debe ser orgánico: Es decir, no debe formar parte de la capa cultivable de un campo, no deberá ser de color negro ni tener olor rancio.
- 2.- No debe tener salitre: Es decir, no debe ser de color blanquecino manteca ni tener sabor salobre.
- 3.- No debe tener exceso de piedras en su composición: Para ello se debe inspeccionar cuidadosamente la cantera y pasar el material por una zaranda de $\frac{1}{4}$ ".
- 4.- Debe tener suficiente arcilla para unir los granos de arena y suficiente área para tener resistencia: Para ello se debe aplicar las pruebas de campo del enrollado y la bolita.

6.2.2 Selección adecuada para la calidad de la madera

La madera es un material importante y recolecta más ventajas que ningún otro conocido actualmente. Es el recurso renovable por excelencia, se encuentra en grandes cantidades y repartida en todo el Perú. Se maneja datos reales que hacen posible su aplicación en Piura. Además, cuando se usa en forma correcta dura indefinidamente.

Por lo que la elasticidad le permite absorber esfuerzos que causarían la fractura de otro material. Además, se puede manufacturar con herramientas muy sencillas para su división y manejo.

Es un material muy versátil con el que se puede construir totalmente una vivienda, desde los pisos, la estructura y paredes hasta los muebles.

6.2.2.1 Procesos de calidad de la madera: El secado y la preservación

El secado de la madera puede hacerse natural o artificialmente, para el caso de la quincha, el contenido de humedad de la madera para ser empleada construcción, debe ser comprendida entre 14% y 20% para una mejor optimización estructural en la construcción (Moran, 2015).

6.2.2.2 Secado puesto a la iluminación solar

Se hace un secado en un apoyo estable o en un caballete como se muestras en la Figura 42.

Figura 42. Secado puesto a sol de madera en un apoyo estable o caballete

Fuente: Morán, 2015, pág. 25.

Es importante la calidad de la madera para la construcción, ya que la madera es susceptible de ser atacada por agentes biológicos y no biológicos, que con el tiempo disminuyen su calidad. Hay maderas que tienen resistencia natural al ataque, pero tienden a ser de menor calidad en sus acabados (Moran, 2015).

Por otra parte, la preservación de la madera puede efectuarse por varios métodos.

Por ejemplo:

Según Morán (2015) los tratamientos pueden ser con:

- a) Brocha
- b) Pulverización
- c) Inmersión
- d) Baño caliente o frío

6.2.3 Pruebas para determinar la calidad de la caña Guayaquil o bambú

La calidad de la construcción es muy importante por lo que se requiere que todos materiales sean de buena calidad. Y se inicia con la selección de cañas que se utilizaran, es decir, se debe adquirir o cortar cañas de bambú. Se debe adquirir cañas que no tengan enfermedades y fisuras que puedan afectar en la construcción.

6.2.3.1 Madurez y calidad

En la construcción con quinchá se debe usar solo el bambú que se encuentren maduras, sanas y sin defectos de forma. La madurez para el bambú alcanza a los 4 años de edad y existe un método para identificar la edad y consiste en marcarla desde su nacimiento (Morán, 2015). De esta manera, existen algunas características exteriores, que pueden contribuir a una adecuada selección como se muestra en la Figura 43.

Figura 43. Etapas del bambú para su uso en la construcción de viviendas

Fuente: Morán, 2015, pág. 11.

A continuación, Según Morán (2015) los estados de madurez son:

1. Los tallos nuevos
2. Brote en crecimiento
3. Tallo tierno o verde

4. Tallo maduro
5. Tallo sobre maduro

En la siguiente lista se muestra las características no deseadas en un tallo de bambú (Morán, 2015):

1. Con huecos o rajaduras
2. Con deformaciones o conicidad alta
3. Con entrenudos muy largos
4. Con pudrición o síntomas de enfermedad

6.2.3.2 Cosecha o corte de tallos para una producción a futuro

La forma o técnica de corte son importantes para asegurar un adecuado abastecimiento de cañas de calidad para la construcción. Además, cabe destacar que es muy importante el arreglo del tocón después del corte para garantizar su regeneración natural; de esta manera se asegura la sostenibilidad de producción (Morán, 2015).

Se debe realizar los siguientes pasos enumerados, tal como se muestra en la Figura 44.

1. Hacer el bisel
2. Hacer el corte
3. Halar y liberar el tallo
4. Arreglar el tocón
5. Desramar y trozar

Figura 44. Corte adecuado e inadecuado del tocón del bambú

Fuente: Morán, 2015, pág. 16.

6.2.4 Paneles modulares de quincha de la vivienda

Los paneles de quincha son, en su mayoría, los principales (P), de forma rectangular, 13 unidades de 1.20 m x 2.40 m (base x altura) y 13 unidades de 1.00 m x 2.40 m (más un panel de 0.40 m x 2.40 m).

Los paneles secundarios (S) varían de acuerdo a la colocación de puertas y ventanas, y a la modulación de la vivienda y del techo. Se tiene así el panel puerta de 1.00 m x 0.50 m (parte superior de la puerta); los de ventana de 1.00 m x 0.80 m (parte inferior de la ventana) y de 1.00 m x 0.50 m (parte superior de la ventana, como en las puertas); los intermedios de 1.20 m x 0.80 m (parte intermedia entre el módulo principal y secundario); y, los paneles rectangulares ubicados bajo el techo inclinado, en el techo principal, se tiene 3 paneles rectangulares de 1.00 m de base por 0.25 m, 0.45 m y 0.65 m de altura, respectivamente, y en el techo secundario, 2 paneles rectangulares de 1.00 m de base por 0.20 m y 0.40 m de altura, respectivamente.

Por último, de igual forma, bajo los techos inclinados, se tiene los paneles triangulares (T). Bajo el techo principal, se tiene 4 paneles triangulares de 1.00 m de base x 0.25 m de altura como se aprecia en la Figura 44. Bajo el techo secundario se tiene 3 paneles triangulares de 1.00 m de base 0.20 m de altura. Los últimos mencionados, se colocan tanto en la parte de adelante como posterior a la vivienda.

En la Tabla 23, se muestra los paneles según su descripción, tipo y cantidad para un mayor control de la misma.

Figura 46. Elevación posterior de la vivienda modular de paneles de quincha

Fuente: Elaboración propia.

Figura 47. Elevación lateral izquierda de la vivienda modular de paneles de quincha

Fuente: Elaboración propia.

	0.9x0.8	Área sin panel para ventilación		1.2x0.8	1.2x0.8	
	0.9x0.5	Puerta	1x2.4	1x2.4	1.2x2.4	
		Sobrecimiento = 0.20			SC = 0.20	NT: 0.00

Figura 48. Elevación lateral derecha de la vivienda modular de paneles de quinchá

Fuente: Elaboración propia.

6.2.5 Prefabricación de los paneles de quinchá

Según la modulación de los paneles de quinchá, se tiene en dos tipos de paneles rectangulares, los principales y los secundarios; y un tercer tipo, los paneles triangulares. Para la elaboración de estos prefabricados se debe contar con un espacio o taller de 25 m².

a) Panel prefabricado Principal (P)

Contempla los paneles de 1.20 x 2.40 m, 1.00 m x 2.40 y 0.40 m x 2.40 m.

Para el armado del panel de 1.20 m x 2.40 m, primero, se debe formar el marco del panel. Sobre una superficie plana, se coloca (en el lado izquierdo y derecho) 2 parantes de madera de sección 3" x 1 ½", por 2.40 m de largo; estos serán unidos con tornillos para madera a 4 listones de 3" x 1 ½" x 1.12 m, uno en el parte superior, dos en la parte intermedia y uno en la parte inferior; y estos a su vez, serán unidos con 4 listones de 1 ½" x 1" x 0.70 m, de forma diagonal como se aprecia en la Figura 49. Luego, se deben entrelazar entre 55 y 60 cañas de 2.35 m en la estructura ya formada de manera intercalada; es decir, la primera caña se empieza a colocar por la parte frontal y la siguiente caña por la parte posterior, y así hasta completar toda estructura.

En el caso del panel de 1.00 m x 2.40, el procedimiento es lo mismo; en cuanto al material, los listones de madera son de 3" x 1 ½" x 0.92 m, las diagonales de 1 ½" x 1" x 0.60 m y las cañas entre 45 y 50 unidades de 2.35 m. Por último, para el único panel de 0.40 m x 2.40 m,

los listones de madera son de 3" x 1 ½" x 0.32 m, 2 diagonales de 1 ½" x 1" x 0.50 m y las cañas entre 18 y 20 unidades de 2.35 m.

Figura 49. Panel de quincha prefabricada Tipo P (1.20 m x 2.40 m)

Fuente: Elaborado en el laboratorio de construcción de la UPC.

b) Panel prefabricado Secundario (S)

Contempla los paneles de 1.00 x 0.50 m, 1.00 m x 0.80, 1.20 m x 0.80 m y los paneles rectangulares bajo el techo inclinado, ver Figura 50.

De forma similar a la de los paneles grandes, para la construcción del panel de 1.00 m x 0.50 m, primero, se debe formar el marco del panel. Sobre una superficie plana, se coloca (en el lado izquierdo y derecho) 2 parantes de madera de sección 3" x 1 ½", por 1.00 m de largo; estos serán unidos con tornillos para madera a 4 listones de 3" x 1 ½" x 0.42 m, uno en el parte superior, dos en la parte intermedia y uno en la parte inferior; y estos a su vez, serán unidos con 4 listones de 1 ½" x 1" x 0.30 m, de forma diagonal como se aprecia en la Figura 51. Luego, se deben entrelazar entre 23 y 25 cañas de 0.95 m en la estructura ya formada de manera intercalada como en los paneles grandes.

En el caso del panel de 1.00 m x 0.80, el procedimiento es lo mismo; en cuanto al material, los listones de madera son de 3" x 1 ½" x 0.72 m, las diagonales de 1 ½" x 1" x 0.45 m y las cañas entre 38 y 40 unidades de 0.95 m. Asimismo, para el panel de 1.20 m x 0.80, los parantes son de 3" x 1 ½" x 1.20 m, los listones de madera son de 3" x 1 ½" x 0.72 m, las diagonales de 1 ½" x 1" x 0.45 m y las cañas entre 38 y 40 unidades de 1.15 m. Por último, para los paneles bajo el techo inclinado, el procedimiento es similar, con la diferencia de los materiales según el tamaño a construir.

Figura 50. Panel de quincha prefabricada Tipo S (0.50 m x 1.00 m)

Fuente: Elaborado en el laboratorio de construcción de la UPC.

c) Panel prefabricado triángulo rectángulo (T)

Contempla los paneles de forma de triángulo rectángulos de 1.00 x 0.50 m, 1.20 m x 0.55 y 1.20 m x 0.50 m, formados bajo el techo inclinado.

En este caso, el marco es de forma de triángulo rectángulo. Para el panel de 1.00 m x 0.50, primero, se coloca 2 listones de madera de 3" x 1 ½" x 1.00 m y 3" x 1 ½" x 0.50, estos serán unidos con tornillos para madera a 1 listón de 3" x 1 ½" x 1.12 m, aproximadamente, con la finalidad de formar un ángulo recto. Luego, se debe colocar entre 23 y 25 cañas, los tamaños de las cañas deben ser de forma gradual por ser triángulo rectángulo y deben ser fijados con clavos de 3".

6.2.6 Acabado final de los paneles de quinchá

Los tres tipos de paneles se deben realizar en taller. Cabe mencionar que el empastado se realizará en la Fase 2, en el sexto día de la construcción del módulo.

En la Fase 2, los paneles prefabricados deben ser empastados con barro (tierra de chacra, arena fina, paja y agua). En la primera capa, se recomienda realizar la mezcla de paja, arena fina y tierra arcillosa en proporciones de 1; 1 y 6 baldes, respectivamente; luego, se debe dejar reposar por 1 día. En la aplicación sobre los paneles prefabricados, la mezcla se debe lanzar con fuerza. En la segunda capa, con la finalidad de obtener una superficie lo más lisa posible, se recomienda el barro en suspensión, esto se obtiene en un recipiente agua con tierra en relación de 2 a 1, respectivamente. Luego de un día en suspensión, se procede al empastado final.

De forma adicional, se podría colocar una base de pintura como tercera capa. En los mejores de los casos, se colocaría una cuarta capa, esta sería la capa final como se muestra en la Figura 51.

Figura 51. Panel de quinchá prefabricada detallado

Fuente: Elaborado en el laboratorio de construcción de la UPC.

6.3 Desarrollo de la Fase N° 2 – Procesos constructivos de la Vivienda Modular Sostenible

En esta fase se desarrollarán los procesos constructivos para la ejecución de la Vivienda Modular Sostenible. Los procesos constructivos o partidas serán identificados con códigos, tal como se han desarrollado en los metrados como en la programación de obra, puntos 5.1 y 5.5.2 de la presente tesis, respectivamente.

Asimismo, antes de iniciar la construcción, se debe evaluar la calidad del suelo. Para ello, se debe realizar una poza o calicata a una profundidad de 1.50 m. Luego, se debe observar y clasificar los estratos del suelo. Si es un suelo rocoso, compacto y seco es óptimo para la construcción. Si es un suelo arenoso - limoso o arcilloso se debe compactar con estacas. Si es suelo arenoso, se debe mojar el terreno para evitar problemas en la excavación. A continuación, se describirán todos los procesos constructivos de la Vivienda Modular Sostenible.

Obras provisionales

- Cód. 1.01 Almacén

El almacén para los materiales de construcción será principalmente para el cemento, la madera y equipos para el sistema eléctrico. Estará contiguo a la construcción y no será menor de 25.00 m².

- Cód. 1.02 Servicios higiénicos

La partida comprende la obtención del servicio, el abastecimiento y distribución de baños portátiles durante la construcción de la obra y está dirigido a los trabajadores que participarán en la construcción de la vivienda modular.

- Cód. 1.03 Agua para la construcción

El agua para la construcción deberá ser potable libre de impurezas. La partida comprende la obtención del servicio, el abastecimiento y distribución del agua necesaria para la construcción de la obra.

- Cód. 1.04 Energía eléctrica

La partida comprende la obtención del servicio de energía eléctrica para la construcción de la obra.

- Cód. 2.01 Corte de terreno

Si el terreno donde se va a construir presenta pendiente, se debe cortar el terreno; en otras palabras, se debe nivelar.

Antes de ello, se debe realizar la limpieza superficial del terreno y la eliminación de tallos de plantas.

Para la nivelación del terreno, se debe colocar un carrizo a un 1 m, aproximadamente, del perímetro a construir en cada esquina del terreno (4 en total). Luego, se debe llenar con agua una manguera transparente sin burbujas y se debe realizar una marca con tiza sobre el carrizo a 1 m del suelo; para ello, dejar estabilizar el nivel del agua y mirar de forma horizontal para mayor precisión. Si la manguera es larga, se debe marcar el otro carrizo de la misma forma que el primero. Y si la manguera es corta, se deberá realizar puntos intermedios con la finalidad de llegar a los 4 puntos de las esquinas del terreno.

Teniendo en cuenta los niveles representados por las marcas en los carrizos de las cuatro esquinas, se procede a realizar el corte del terreno con pico y lampa.

- Cód. 2.02 Eliminación de basura y elementos sueltos livianos

Luego de haber realizado el corte del terreno, se debe eliminar el material excedente con buguie.

- Cód. 2.03 Trazos, Niveles y Replanteo Preliminar

Una vez nivelado el terreno, con el plano de la vivienda ya elaborado, se debe colocar una estaca de 40 cm que representará el primer punto, de preferencia, una de las esquinas del frontis.

Con ayuda de un hilo de pescar o nylon, se ubicará el segundo punto; es decir, la segunda esquina del frontis, mediante el método de triangulación. El método se basa en colocar cada punto formando ángulos rectos (90°) entre el cruce de dos cuerdas. Teniendo en cuenta el primer punto, se debe colocar una pequeña estaca de 20 cm a 80 cm (múltiplo de 4) del punto, desde ahí medir los 80 cm generados más el ancho de la vivienda (ese sería el segundo punto) más 60 cm (múltiplo de 3) y hacer el amarre alrededor de la estaca pequeña. Luego, girar hacia afuera una longitud múltiplo de 5 (100 cm) y realizar nuevamente el amarre.

Finalmente, se realiza una medida múltiplo de 4 (80 cm) de tal forma que cruce por el inicio de la medida de 60 cm inicial formando la triangulación 3, 4 y 5. (Ver Figura 52)

Para el siguiente punto, sería desde la medida del múltiplo de 4 (los 80 cm de la estaca anterior, del punto 2) más el largo de la vivienda, sumado más la medida del múltiplo de 3 (es decir, más 60 cm), y repetir todo lo anterior hasta cerrar el rectángulo.

Con los puntos base ya marcados, se realiza el trazo con cal de la cimentación. Se puede usar cañas para todas las esquinas de la cimentación.

Figura 52. Método de triangulación para trazo y replanteo

Fuente: Predes, 2008.

- Cód. 2.04 Excavación de Cimientos Corridos

Una vez realizado el trazo, empezar a cavar con pico y lampa todo lo trazado. Se debe tener en cuenta un espesor de zanja igual a 30 cm.

La profundidad será de 50 cm en suelos rocosos. En suelos sueltos y en suelos orgánicos se recomienda poner una capa rellena con grava y piedra chancada, mojado y compactado de 10 cm de espesor. En la Figura 53, se muestra una representación del 3D de la excavación de zanjas.

Figura 53. Excavación localizada de la vivienda en Revit 2019

Fuente: Elaboración propia.

- Cód. 2.05 Eliminación de material (+25% Esp.)

En el caso de la eliminación del material, se ha considerado el 25% de esponjamiento. Es decir, la eliminación del material es 25% más respecto a la excavación de cimientos corridos.

- Cód. 3.01 Cimiento corrido, concreto ciclópeo, $f'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$

La cimentación será de concreto ciclópeo en suelos compactos y armado en suelos blandos o sueltos. En la Figura 54, se muestra la vista en 3D del cimiento corrido.

En caso se use concreto ciclópeo, la proporción será de 1 parte de cemento (por ejemplo, una bolsa de 42.5 kg), 10 de hormigón (3 carretillas buguie al ras) más 30% de piedra grande (máx. 8").

Caso fuera suelo suelto, se debe colocar un solado con proporción de 1 parte de cemento y 4 carretillas buguie al ras de hormigón, con la finalidad de mejorar la resistencia del suelo. Luego, se coloca la armadura de acero corrugado, ésta será de 4 fierros longitudinales de $\emptyset 3/8''$ con estribos de $\emptyset 1/4''$ de 25 cm x 25 cm unidos con alambre de N°16.

Figura 54. Cimentación corrida de la vivienda en Revit 2019

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, en suelo suelto, el concreto será de 140 kg/cm^2 , la proporción es de 1 parte de cemento (por ejemplo, una bolsa de 42.5 kg), 3 de hormigón (3/4 de carretillas buguie) más 1 carretilla buguie de piedra chancada (máx. 3/4").

Antes de realizar el vaciado del concreto en la cimentación, es necesario colocar las tuberías según lo requiera la especialidad o dejar pases para las futuras tuberías.

- Cód. 3.02 Encofrado de sobrecimiento

Para este proyecto, se debe realizar el encofrado para un sobrecimiento de 10 cm de ancho por 30 cm de altura. Cabe señalar que 10 cm de la altura del sobrecimiento estará bajo el nivel 0.00 m y los 20 cm restantes sobre este mismo nivel.

Por economía, se utilizará de preferencia 2 tablas (1) de 6" o 15 cm de altura para cubrir los 30 cm de altura del sobrecimiento (ver Figura 55). Las tablas estarán apoyadas sobre barrotes verticales (3) y estos a su vez sobre tornapuntas de forma de escuadra, uno sobre el suelo (4a) y otro de forma diagonal (4b). Las tornapuntas se apoyarán sobre una solera (2) y ésta será retenida por estacas (5) ancladas al suelo 40 cm y espaciadas 60 cm entre ellas mismas. Para la separación entre tablas se utilizará trozos o tacones de madera de 10 cm.

Figura 55. Representación isométrica del encofrado para el sobrecimiento

Fuente: Capeco, 2014.

- Cód. 3.03 Sobrecimiento, $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 25\% \text{ P.M.}$

El sobrecimiento servirá para proteger la madera con la intemperie

La proporción será de 1 parte de cemento (una bolsa de 42.5 kg), 10 p3 de hormigón (3 carretillas buguie al ras) más 25% de piedra mediana (máx. 3")

Luego de vaciar el concreto añadir tacos de madera en la superficie para que los paneles de quinchas puedan ser clavados y sujetados. En la Figura 56, se muestra una representación en 3D del sobrecimiento.

Figura 56. Sobrecimiento de la vivienda en Revit 2019

Fuente: Elaboración propia.

- Cód. 3.04 Desencofrado de sobrecimiento

El desencofrado del sobrecimiento debe ser retirado con cuidado para reutilizar la madera para otros sobrecimientos de otras viviendas. La madera puede retirarse al día siguiente de su vaciado del sobrecimiento.

- Cód. 3.05 Falso piso

En primer lugar, se debe limpiar y nivelar el terreno; asimismo, se debe rellenar con material propio de la excavación con la finalidad de dejar de 5 cm bajo el nivel del piso terminado.

Tener en cuenta que antes del vaciado, se debe colocar las tuberías necesarias para las instalaciones sanitarias y eléctricas.

Luego, se debe colocar puntos de nivel o de referencia antes del vaciado. Se colocará concreto simple de 5 cm de espesor como una capa de falso piso para toda la vivienda.

La mezcla del falso piso tendrá una proporción de 1 parte de cemento (una bolsa de 42.5 kg) y 10 p3 de hormigón (3 carretillas buguie al ras).

Finalmente, se debe dar uniformidad con regla de madera.

- Cód. 4.01 Columnas de 4"x4"

Las columnas de madera y las tuberías de las instalaciones que crucen cimientos deben estar puestas antes del vaciado del concreto de la cimentación.

La madera será cachimbo o similar de 4"x4" para las columnas principales.

Las columnas principales serán empotradas en el concreto del cimiento corrido una profundidad de 0.40 m, ver Figura 57.

La parte que estará en contacto con el concreto será revestida de brea (proporción 1 kg de brea y 2.5 l de petróleo). Para mayor amarre al concreto tendrá clavos espaciados 5 cm.

Figura 57. Cimentación de las columnas en Revit 2019

Fuente: Elaboración propia.

Las columnas principales se deben plantar según indica el plano, espaciados para que encajen las columnas secundarias de 2"x4" y los paneles de quinchá; por ejemplo, 2 paneles de 1.20 m más una columna secundaria de 0.05 m igual a 2.45 m.

Finalmente, se debe garantizar la verticalidad de las columnas al momento de plantarlos con ayuda de un plomo. Asimismo, se debe verificar la separación antes y después de echar el concreto de cimentación.

- Cód. 4.02 Columnas de 2"x4"

El procedimiento constructivo será similar al de las columnas de 4"x4".

En este caso, la madera será cachimbo o similar de 2"x4" para las columnas secundarias. Éstas se colocarán con separaciones según indique el plano y dependiendo del tipo de panel que se colocará. En la Figura 58, se puede visualizar todas las columnas de la Vivienda Modular Sostenible.

Figura 58. Columnas de madera en Revit 2019 de la Vivienda Modular Sostenible

Fuente: Elaboración propia.

- Cód. 4.03 Vigas

La madera será cachimbo o similar de 2"x4" para todas las vigas.

Las vigas, de preferencia, ya deben estar unidas a las columnas antes del vaciado del cimiento corrido para garantizar tanto la separación entre columnas como la verticalidad de todos los elementos estructurales de la vivienda.

- Cód. 4.04 Techo Módulo principal

El techo del módulo principal cubrirá la sala, los dos dormitorios y el baño. Tendrá medio metro en volado en todo el contorno y tendrá una pendiente 20% para la caída del agua.

Primero se debe colocar bambúes de 0.10 m de diámetro y 7.25 m de largo en promedio para las vigas, 5 en total para el techo principal, tal como se muestra en la Figura 59.

La parte central, en la unión de techos, se levantará de tal modo que cumpla con la pendiente de 1:5, en este caso, 0.95 m en promedio. Las vigas saldrán una distancia también de medio metro para evitar que los paneles se mojen por las lluvias.

Figura 59. Vigas de bambúes en Revit 2019

Fuente: Elaboración propia.

Los materiales más comunes para cubrir el techo son: cubierta de láminas y bambú, para nuestro caso se usarán bambúes por la alta producción en Huancabamba.

Los bambúes serán partidos de 6.00 m de longitud para el techo principal y se colocarán de forma perpendicular a las vigas de bambúes. Serán dispuestos tal como se aprecia en la Figura 60; es decir, bambúes intercalados, uno cóncavo hacia arriba y el siguiente cóncavo hacia abajo.

Figura 60. Detalle del techo de bambú con pendiente

Fuente: Pinterest, 2019.

- Cód. 4.05 Techo Módulo secundario

El procedimiento constructivo del techo del módulo secundario será similar al del techo principal.

El techo del módulo secundario cubrirá únicamente la cocina. En este caso, se debe colocar bambúes de 0.10 m de diámetro y de 4.30 m de largo en promedio para las vigas, 4 en total para el techo secundario, ver Figura 62. La parte central, en la unión de techos, se levantará 0.65 m en promedio. Los bambúes serán partidos de 4.00 m de longitud para el techo secundario y se colocarán de igual forma que el techo principal.

Los dos techos de la vivienda se desarrollarán en el mismo día con un total de 9 personas según lo calculado en el cronograma de obra de la Vivienda Modular Sostenible, ver punto 5.5.2 de la presente tesis. La Figura 61 muestra ambos techos finalizados de la vivienda.

Figura 61. Vista 3D del techo finalizado en Revit 2019

Fuente: Elaboración propia.

- Cód. 5.01 Paneles P - 1.20 m x 2.40 m

Luego del desencofrado del sobrecimiento, se procede a la colocación de los paneles de quinchá, estos últimos ya elaborados en la Fase 1, en el taller de paneles prefabricados.

Se debe colocar los paneles al ras de las columnas por la vista arquitectónica. Luego, se debe unir el lado lateral de los paneles con las columnas de 4"x4" y la parte inferior con la madera

del sobre cimientto con clavos de 2 ½". Caso sea unir el lado lateral del panel con las columnas de 2"x4", se debe usar clavos de 2".

Finalmente, se debe garantizar la verticalidad de los paneles con las columnas.

- Cód. 5.02 Paneles S - 0.65 m x 1.00 m

Los paneles S siguen el mismo procedimiento constructivo que los paneles P. Solo se debe tener en cuenta el panel a colocar, si es panel bajo de ventana, encima de ventana o encima de puerta.

- Cód. 5.03 Paneles T - 0.25 m x 1.20 m

Los paneles triangulares, irán debajo de la triangulación formada por el techo inclinado, tal como se mencionó en la Fase 1, en el taller de prefabricación de paneles.

- Cód. 6.01 Centro de luz

La selección del alimentador, interruptor y tubería se realiza con una estimación de la máxima demanda normada de la vivienda, tal como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. *Determinación de la Máxima demanda de la Vivienda Modular Sostenible*

DESCRIPCION		P.I (w)	F.D(%)	M.D(w)
ALUMBRADO Y TOMACORRIENTE	CARGA BASICA 90M ²	2500	100%	2500
	CARGA ADICIONAL 0M ²	0	0	0
	CARGA FRACCION 0M ²	0	0	0
TOTAL (Watts)				2500

Nota. La tabla muestra la máxima demanda normada de la vivienda. Fuente: Tercer grupo del proyecto Vivienda Modular.

En tal sentido, teniendo en cuenta que la Máxima Demanda calculada es menor a 10 KW, se puede usar el sistema monofásico o trifásico, en nuestro caso utilizaremos el sistema monofásico debido a que es una solución para tener una mayor potencia en una sola fase.

La vivienda contará con un centro de luz en cada ambiente; es decir, tendrá 5 puntos de luz. En la Figura 62, se puede visualizar la distribución de las tuberías que van desde los tableros eléctricos hasta los diferentes centros de luz y a los interruptores.

Figura 62. Distribución de los centros de luz de la Vivienda Modular Sostenible

Fuente: Elaboración propia.

- Cód. 6.02 Salida para tomacorriente bipolar simple con PVC

La vivienda contará con 5 tomacorrientes, 1 en la cocina, 3 en el dormitorio principal y 1 en el dormitorio secundario. En la Figura 63, se puede visualizar la distribución de las tuberías que van desde los tableros eléctricos hasta las diferentes salidas para tomacorrientes.

Figura 63. Distribución de los tomacorrientes de la Vivienda Modular Sostenible

Fuente: Elaboración propia.

- Cód. 6.03 Instalación de panel solar

Contará con el sistema de abastecimiento eléctrico mediante un panel solar. Éste abastecerá a los 5 puntos de alumbrado y a los 5 puntos de tomacorrientes

En la Figura 64, se muestra el detalle en planta de la ubicación en el techo del panel solar y la vista isométrica de toda la instalación eléctrica de la Vivienda Modular Sostenible.

Figura 64. Ubicación del panel solar en planta y la vista isométrica de las instalaciones eléctricas de la Vivienda Modular Sostenible

Fuente: Elaboración propia.

- Cód. 7.01 Caja de registro de 12" x 24" de albañilería con tapa de concreto

La red de desagüe contará con una caja de registro de 12" x 24" (30 cm x 60 cm). Ésta será de concreto y servirá para la captación de aguas negras de la vivienda.

- Cód. 7.02 Tubería PVC 1/2" y 3/4" para red de agua

Son instalaciones sanitarias son necesarias para necesidades básicas de la familia dentro del hogar, en tal sentido, se contará con un baño completo, lava manos y ducha.

En el caso de la red de agua, se podrá captar agua de la red pública si lo hubiera; caso contrario, la vivienda será abastecida mediante un tanque elevado. La captación de la red pública o del tanque elevado será con tubería de diámetro 3/4" y se distribuirá al baño y cocina con tubería de 1/2", tal como se muestra en la Figura 65 y Figura 66, vistas en planta e isométrico, respectivamente.

Figura 65. Vista en planta de la red de agua en Revit 2019

Fuente: Elaboración propia.

Figura 66. Vista isométrico de la red de agua en Revit 2019

Fuente: Elaboración propia.

- Cód. 7.03 Llave de grifería de agua

En total habrá 3 griferías a instalar, uno para el lavamanos en el baño, otro para la ducha y el último para el lavadero de platos en la cocina. Se debe asegurar las uniones con teflón para evitar la pérdida de agua.

- Cód. 7.04 Llave de paso

En la vivienda habrá 2 llaves de paso. Uno estará ubicado en el baño y controlará al inodoro, lavamanos y la ducha. La otra llave estará en la cocina y únicamente controlará el flujo del lavadero de platos, ver vista isométrica en la Figura 67.

- Cód. 7.05 Tubería PVC 4" PARA DESAGÜE

Las aguas negras de los aparatos sanitarios serán transportadas por tuberías de 2" y 4" hasta llegar a la caja de registro.

La tubería de 4" es utilizada para la recolección de materia del inodoro, para la red principal donde desemboquen los demás aparatos sanitarios y para la conexión entre la caja de registro y el biodigestor. En la Figura 67 y Figura 68, se puede apreciar las vistas en planta e isométrico, respectivamente.

Figura 67. Vista en planta de la red de desagüe en Revit 2019

Fuente: Elaboración propia.

Figura 68. Vista isométrica de la red de desagüe en Revit 2019

Fuente: Elaboración propia.

- Cód. 7.06 Tubería PVC 2" PARA DESAGÜE

La tubería de 2" es utilizada para la conexión entre los demás aparatos sanitarios y la red principal; asimismo, para el registro del baño, para la trampa de la chucha junto con el sumidero y para la ventilación de los aparatos sanitarios.

- Cód. 8.01 Inodoro sifón jet con asiento

El inodoro será de dos piezas, el asiento y el tanque de agua. El conjunto debe estar alejado del muro de quincha a 0.30 m para el correcto empalme con la tubería de desagüe.

- Cód. 8.02 Lavatorio Manantial con pedestal

El lavamanos será de dos piezas, el lavatorio y el pedestal, con la finalidad de no que el panel de quincha no soporte todo el peso del lavatorio, ver isométrico en la Figura 69.

- Cód. 8.03 Lavadero

En el caso del lavadero de platos, éste será sostenido por escuadras. En este caso, se dejará dos maderas empotradas en el panel de quincha para el futuro atornillado de las escuadras para el soporte del lavadero.

- Cód. 9.01 Biodigestor 600 l

El biodigestor de 600 l, con medidas de 1.60 m de altura y 0.90 m de diámetro, estará alejado de la vivienda una distancia mínima de 2.00 m. Para su instalación, primero se debe realizar

la excavación de forma cilíndrica de 1.80 m de profundidad y de 1.70 m de diámetro en promedio. Luego, se deberá colocar el biodigestor y se deberá cubrir el perímetro con arena. Antes de tapar todo el biodigestor, se deberá llenar con agua hasta el agujero de eliminación de lodos y de haber realizado todas las conexiones de la vivienda.

- Cód. 9.02 Tanque elevado 1.10 m³

La instalación del tanque elevado de 1.10 m de diámetro implica la construcción de una plataforma de 2.00 m de altura. Esta plataforma será cuadrada de 1.20 m de lado y será de madera

- Cód. 10.01 Puertas

Las puertas serán contra placadas y se ubicarán según el plano. La vivienda contará con 3 puertas, uno en la entrada de la vivienda y medirá 1.00 m de ancho por 2.10 m de altura. La otra puerta será para el dormitorio principal y el último se ubicará en el baño.

- Cód. 10.02 Ventanas

Las ventanas pueden ser de triplay o vidrio. Serán necesarias para la ventilación del hogar. La vivienda contará con 4 ventanas típicas de 1.00 m de ancho por 1.00 m de altura y una ventana alta de 1.20 m de ancho y 0.30 m de altura ubicada en el baño.

En la Figura 69, se puede apreciar el acabado final de la Vivienda Modular Sostenible.

Figura 69. Vista isométrica de las puertas y ventanas de la vivienda

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Recomendaciones para la ubicación de la vivienda modular

Buscar un terreno donde se va a construir la vivienda es uno de los criterios para contar con una vivienda en un lugar que no esté expuesto a un peligro.

Para una construcción segura el terreno de una construcción segura debe cumplir con los siguientes criterios al momento el lugar a construir la vivienda:

- La construcción no debería estar cerca a quebradas o ríos donde puede haber riesgo de crecientes.
- La construcción debe evitarse terrenos con pendientes pronunciadas donde pueda producirse deslizamientos.

CAPÍTULO VII: ANÁLISIS COMPARATIVO COSTO BENEFICIO DE LA VIVIENDA MODULAR DE QUINCHA FRENTE A LAS ALTERNATIVAS EXISTENTES EN PIURA

En este capítulo se plasma el análisis de sustentabilidad del proyecto respecto al tiempo. Para ello, se realiza una comparación del proyecto Vivienda Modular con un proyecto ejecutado por el Estado, las famosas "Casas de Cartón". Asimismo, se realiza otra comparación de la Vivienda Modular con el mismo proyecto propuesto (Vivienda Modular), pero sin el panel solar, sin el biodigestor y sin el tanque elevado. Finalmente, se realiza una tercera comparación entre la Vivienda Modular con un proyecto de albañilería de una vivienda común.

7.1 Análisis comparativo entre la Vivienda Modular y otros proyectos de vivienda

7.1.1 Análisis comparativo entre el Módulo de Vivienda Temporal y la Vivienda Modular

El proyecto Modulo Temporal de Vivienda (MTV), más conocido como la "Casa de cartón", fue propuesto con una dimensión en plata de 3.00 m x 6.00 m, igual a 18.00 m^2 , con una inversión inicial de 11,715.42 soles; es decir, tiene un precio de 650.86 soles por metro cuadrado. La vivienda cuenta con tres ambientes de iguales dimensiones (2.00 m x 3.00 m). No indica el uso final de los ambientes, no contempla baños, no está abastecida por el sistema eléctrico ni por el sistema sanitario (ver Figura 70); esto hace que la vivienda genere gastos periódicos por servicios básicos. Además, la vivienda tiene una vida útil de entre 3 a 5 años.

Figura 70. Vista en planta del Módulo Temporal de Vivienda

Fuente: Ministerio de Vivienda de Construcción y Saneamiento, 2017.

El proyecto en propuesta, "La Vivienda Modular", tiene en planta 41.00 m², con una inversión inicial de 21,825.91 soles. La vivienda cuenta en la entrada con una sala de 8.45 m², dos dormitorios que suman 18.10 m². Cuenta con un baño completo (inodoro, lavamanos y ducha) de 3.45 m². Asimismo, tiene una cocina amplia típica de Huancabamba y acorde a las necesidades de una familia de 11.00 m². Cuenta con el sistema eléctrico, abastecido por paneles solares; y el sistema sanitario. Esto hace que la vivienda solo genere gastos por abastecimiento de agua periódicamente. Tiene una vida útil de entre 40 y 50 años.

Con la finalidad de realizar una comparación lo más próximo posible, se evaluaron los proyectos con áreas iguales a 41.00 m² (ver Tabla 25). Siendo así el valor inicial del MTV igual a 37,790.65 soles, resultado de multiplicar 41.00 metros cuadrados x 650.85 soles por metro cuadrado x 1.42. Este último valor es el Ratio de comparación, ratio que se traduce, en términos de soles, cuánta área representa un ambiente respecto a otro. Por ejemplo, cuál es la razón de precios entre 1.00 m² de baño y 1.00 m² de sala. En una vivienda económica, la sala cuesta como 58.36 soles y el baño cuesta 77.78 soles, entonces, el baño cuesta 1.33 respecto a la sala. (Constructivo, 2020)

Tabla 25. *Estimación del costo inicial del Módulo Temporal de Vivienda*

Descripción	Área (m ²)	Área %	Incendencia de precio a área	Área transformado	Área T %	Costo (S/.)
Casa de Cartón	18.00	100.00		18.00		11,715.42
Ambiente 1	6.00	33.33	1.0	6.00		3,905.14
Ambiente 2	6.00	33.33	1.0	6.00		3,905.14
Ambiente 3	6.00	33.33	1.0	6.00		3,905.14
Vivienda Sostenible	41.00	100.00		47.49	100.00	21,825.91
Sala	8.45	20.61	1.0	8.45	17.79	3,883.53
Dormitorios	18.10	44.15	1.1	19.91	41.92	9,150.43
Baño	3.45	8.41	1.4	4.83	10.17	2,219.82
Cocina	11.00	26.83	1.3	14.30	30.11	6,572.13
Para comparar				18.00		8,272.61
Ratio de comparación						1.42
Para la casa de cartón	= m ² a comparar * precio por m ² * Ratio					37,790.65

Nota. La tabla muestra diferencia de precios de las viviendas para reflejar una mejor opción para el beneficiario.

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis, se ha considerado una inflación de 2.50% (Gestión, 2019). Se realizaron consultas a los pobladores aledaños a la zona sobre sus gastos mensuales de consumo de energía eléctrica y agua. Con ello, se determinó que el gasto promedio mensual es igual a 20 soles; es decir, 240 soles anuales. A continuación, en la Tabla 26, se muestra una comparación de inversión y pagos mensuales entre los proyectos de vivienda.

Tabla 26. *Comparación de inversión y pagos mensuales durante el tiempo*

Inflación 2.50%		Módulo de Vivienda Temporal (A)	Proyecto Vivienda Modular (B)	A - B	A / B
Pagos mensuales		S/240.00	S/60.00		
Inversión Inicial	0	S/37,790.65	S/21,825.91	S/15,964.74	1.73
	1	S/38,036.65	S/21,887.41	S/16,149.24	1.74
	2	S/38,288.80	S/21,950.45	S/16,338.35	1.74
	3	S/38,547.26	S/22,015.06	S/16,532.19	1.75
	4	S/38,812.17	S/22,081.29	S/16,730.88	1.76
	5	S/39,083.71	S/22,149.17	S/16,934.53	1.76
AÑO	6	S/39,362.03	S/22,218.76	S/17,143.28	1.77
	7	S/39,647.32	S/22,290.08	S/17,357.24	1.78
	8	S/39,939.74	S/22,363.18	S/17,576.56	1.79
	9	S/40,239.46	S/22,438.11	S/17,801.35	1.79
	10	S/40,546.68	S/22,514.92	S/18,031.77	1.80

Nota. La tabla muestra diferencia de precios de las viviendas para reflejar una mejor opción para el beneficiario.
Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla anterior, conforme pasa el tiempo, el MVT incrementa su valor respecto a la Vivienda Modular. Dicha comparación se refleja desde el año cero (0), en el que el MVT cuesta 1.73 el valor de la Vivienda Modular; es decir, cuesta S/15,964.74 más. Ya en el año diez (10), el monto del MVT es de 1.80 el valor de la Vivienda Temporal; es decir, S/ 18,031.77 más.

Asimismo, la Figura 71 muestra la comparación de precios entre el MVT ($275.4x + 37741$, ecuación 3) y la Vivienda Modular ($68.85x + 21813$, ecuación 4). Según la figura, el MVT cuesta cada año más que la Vivienda Modular; ello se refleja ya que la pendiente del MVT (275.40) es mayor que de la Vivienda Modular (68.85). Además, la Figura 72, muestra la diferencia de precios ($206.55x + 15927$, ecuación 5) a partir del año cero hasta los 10 años. En el año “cero” o año de la inversión inicial, los proyectos se diferencian en S/ S/15,964.74; en el año 10, esta diferencia se incrementa a S/ 18,031.77.

Figura 71. Comparación de precios entre la propuesta de Vivienda Modular y el Módulo Vivienda Temporal

Fuente: Elaboración propia.

Figura 72. Diferencia en soles entre el MTV y la Vivienda Modular Sostenible

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2 Análisis comparativo entre la Vivienda Modular propuesta y la alternativa de una Vivienda Modular sin sistema eléctrico ni sanitario

En ese caso, se presenta la evaluación económica como si el proyecto Vivienda Modular no contaría con los sistemas de energía eléctrica ni sanitaria. En el caso del sistema eléctrico, la vivienda no contaría con el panel solar, esto es S/. 1180 menos. Por otro lado, en el sistema sanitario, no contaría con el biodigestor ni el tranque elevado, es decir, S/. 1870 menos. Cabe recalcar que, en caso de no contar con estos sistemas, se tendría que abastecer la vivienda por otros medios en luz, agua y desagüe. A continuación, se muestra en la Tabla 27 una comparación de inversión entre el caso hipotético y la vivienda modular.

Tabla 27. Comparación de inversión entre el Caso hipotético y la Vivienda Modular

Inflación 2.50%		Vivienda Modular: Caso Hipotético (A)	Proyecto Vivienda Modular (B)	A - B	A / B	
	Pagos mensuales	S/240.00	S/60.00			
	Inversión Inicial	0	S/19,757.12	S/21,825.91	-S/2,068.79	0.91
		1	S/20,003.12	S/21,887.41	-S/1,884.29	0.91
		2	S/20,255.27	S/21,950.45	-S/1,695.18	0.92
		3	S/20,513.72	S/22,015.06	-S/1,501.34	0.93
		4	S/20,778.64	S/22,081.29	-S/1,302.65	0.94
		5	S/21,050.18	S/22,149.17	-S/1,099.00	0.95
		6	S/21,328.50	S/22,218.76	-S/890.25	0.96
		7	S/21,613.79	S/22,290.08	-S/676.29	0.97
	AÑO	8	S/21,906.20	S/22,363.18	-S/456.98	0.98
		9	S/22,205.93	S/22,438.11	-S/232.18	0.99
		10	S/22,513.15	S/22,514.92	-S/1.77	1.00
		11	S/22,828.05	S/22,593.64	S/234.41	1.01
		12	S/23,150.83	S/22,674.34	S/476.49	1.02
		13	S/23,481.67	S/22,757.05	S/724.62	1.03
		14	S/23,820.78	S/22,841.83	S/978.96	1.04
		15	S/24,168.37	S/22,928.72	S/1,239.65	1.05

Nota. La tabla muestra la diferencia de precios de las viviendas para reflejar una mejor opción para el beneficiario. Fuente: Elaboración propia.

En este caso, la inversión inicial de la Vivienda Modular es S/2,068.79 más que la del Caso hipotético (Tabla 27). Sin embargo, esta diferencia de montos se recupera en el año 11. Esto sucede ya que el Caso hipotético incrementa su valor respecto a la Vivienda Modular conforme pasan los años.

Asimismo, en la Figura 73 se aprecia cómo el Caso hipotético ($293.54x + 19634$, ecuación 6) va incrementando su valor en mayor razón que la Vivienda Modular ($73.385x + 21795$, ecuación 7); ya que la pendiente del Caso hipotético (293.54) es mayor que de la Vivienda Modular (73.39). Si bien, en un momento “cero”, la Vivienda Modular cuesta más que el Caso hipotético, en el año 11, esta diferencia se invierte; es decir, luego de este tiempo, el Caso hipotético cuesta más que la Vivienda Modular.

Figura 73. Diferencia en soles entre el Caso hipotético y la Vivienda Modular Sostenible

Fuente: Elaboración propia.

7.1.3 Análisis comparativo entre una Vivienda de Albañilería y la Vivienda modular

En esta ocasión, se realiza un análisis del ahorro que se podría generar en comparación de una vivienda de albañilería. En un tiempo “cero”, se puede apreciar la diferencia de precios en más del doble (aproximadamente 2.72). Conforme pasa el tiempo, una casa convencional genera gastos de hasta 3 veces más a comparación de una vivienda modular sostenible, anualmente. De igual forma que la primera comparación, se evaluaron los proyectos con áreas iguales a 41.00 m^2 . Siendo así el valor inicial de la Vivienda de Albañilería igual a 59,450.00 soles, resultado de multiplicar 1450.00 soles por metro cuadrado x 41.00 metros cuadrados. A continuación, se muestra en la Tabla 28 una comparación de inversión entre la vivienda de albañilería y la vivienda modular.

Tabla 28. *Comparación de inversión entre una Vivienda de Albañilería y la Vivienda Modular*

Inflación 2.50%		Vivienda de Albañilería (A)	Proyecto Vivienda Modular (B)	A - B	A / B
	Pagos mensuales	S/240.00	S/60.00		
	Inversión Inicial	0	0		
		1	1		
		2	2		
		3	3		
		4	4		
		5	5		
		6	6		
		7	7		
		8	8		
		9	9		
		10	10		
	AÑO				

Nota. La tabla muestra la diferencia de precios de las viviendas para reflejar una mejor opción para el beneficiario. Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, en la Figura 74 se aprecia cómo la Vivienda de Albañilería ($275.4x + 59400$, ecuación 8) va incrementando su valor en mayor razón que la Vivienda Modular ($68.85x + 21813$, ecuación 4); ya que la pendiente de la Vivienda Albañilería (275.40) es mayor que de la Vivienda Modular (68.85). Además, en el año “cero” o año de la inversión inicial, los proyectos se diferencian en S/ 37,624.09; y en el año 10, esta diferencia se incrementa a S/ 39,691.11.

Figura 74. Análisis comparativo entre una Vivienda de Albañilería y la Vivienda Modular

Fuente: Elaboración propia.

7.2 Análisis factibilidad conforme a los recursos de Sondorillo

Por otro lado, se debe realizar la diferencia de costos cuando se emplea recursos de la zona. El presupuesto propuesto y calculado en el capítulo 5 es para una vivienda modular construida en Lima; es decir, todos los costos de construcción son realizados sin ningún apoyo o recurso disponible, como lo sería en un ambiente de Sondorillo – Huancabamba, así podemos encontrar los recursos de mayor necesidad por su volumen en la construcción de la vivienda modular como el bambú, el carrizo (caña común), tierra para barro, entre otros.

7.2.1 Análisis comparativo entre una Vivienda de Albañilería y la Vivienda modular

En el lugar de estudio existe la colaboración entre ciudadanos; por ello, para la construcción de vivienda se considera en costos de mano de obra un monto en costo inferior a diferencia de la construcción de la misma en Lima, ya que la localidad proporciona por bien de la comunidad y de sus semejantes un apoyo social nato de solidaridad. Además, se incentiva al aprendizaje continuo para las personas que colaboren en las construcciones de viviendas para futuras construcciones.

Como se indica en la Tabla 29, son encuestas recalculadas por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) donde se muestra una gran diferencia entre el distrito de Sondorillo del departamento de Piura con el distrito de Chorrillos del departamento de Lima

en cuanto al ingreso familiar per cápita. En tal sentido, el valor promedio de ingresos familiares por persona en los años mostrados es bajo; además, existe una gran diferencia por año de manera creciente año tras año.

Tabla 29. *Encuesta re calculada por el PNUD (2010)*

UBIGEO	Departamento	Provincia	Distrito	Ingreso familiar per cápita			
				2007	2010	2011	2012
150102	LIMA	Lima	Ancon	485.62	811.96	913.54	938.99
150103	LIMA	Lima	Ate	488.07	818.30	913.57	922.61
150104	LIMA	Lima	Barranco	744.08	1243.60	1408.00	1440.60
150105	LIMA	Lima	Breña	686.84	1158.39	1310.66	1336.63
150106	LIMA	Lima	Carabayllo	437.55	708.69	783.83	783.59
150107	LIMA	Lima	Chaclacayo	572.68	965.51	1087.98	1107.80
150108	LIMA	Lima	Chorrillos	562.98	976.60	1107.28	1133.29
200308	PIURA	Huancabamba	Sondorillo	152.53	152.53	125.60	121.28

Nota. La encuesta muestra una base de datos, en la cual el distrito de Sondorillo presenta un ingreso familiar per cápita muy por debajo del promedio. Fuente: Blalock, pág. 153, 2010.

7.2.2 Análisis gráfico del ingreso familiar per cápita en Piura y Lima

Se realiza un análisis de un enfoque general para determinar un promedio aproximado del ingreso per cápita entre Sondorillo (Piura) y Chorrillos (Lima). Es decir, se hace una proyección polinómica para determinar el ingreso per cápita en los siguientes años hasta el año 2020.

Se precede a realizar una proyección a partir de los datos de la Tabla 29, para estimar el costo de mano de obra en promedio que percibe un poblador en el distrito de Sondorillo ($1.0321x^3 - 12.655x^2 + 37.203x + 126.95$, ecuación 9) de la provincia Huancabamba, Piura a diferencia de un trabajador de Chorrillos ($3.714x^3 - 68.793x^2 + 433.7x + 194.36$, ecuación 10), Lima. En la Figura 75 y la Figura 76, se muestran las líneas de tendencias a partir de una tabla de datos (ver Tabla 29).

Figura 75. Línea de tendencia del ingreso familiar per cápita en Piura (Sondorillo)

Fuente: Elaboración propia.

Figura 76. Línea de tendencia del ingreso familiar per cápita en Lima (Chorrillos)

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 30, se muestra el desarrollo mediante la proyección polinómica con datos del 2007 al 2012 para determinar los ingresos aproximados de los familiares per cápita de los años posteriores. En tal sentido, se muestra la diferencia aproximado que se tendrá en los años siguientes por lo que se estima un pago reducido para el costo en la mano de obra al igual que el pago de otros servicios similares en Sondorillo (Piura).

Tabla 30. Proyección re calculada de ingresos familiar per cápita por el PNUD (2010)

Provincia	Distrito	Ingreso familiar per cápita				2013	2014	2015	2016	2017	2018
		2007	2010	2011	2012						
Lima	Chorrillos	562.98	976.60	1107.28	1133.29	1229.5	1307.8	1386.1	1464.5	1542.8	1621.2
Huancabamba	Sondorillo	152.53	152.53	125.60	121.28	102.9	87.3	71.6	56.0	40.4	24.8

Nota. Proyección del ingreso familiar Per Cápita entre chorrillos y lugar de estudio, Sondorillo. Fuente: Blalock, pág. 153, 2010.

El presupuesto de la construcción de la vivienda modular en la localidad de Sondorillo - Piura a largo plazo se reducirá en gran magnitud, ya que muchos recursos en costo son omitidos, como el apoyo de la mano de obra por parte de la localidad, necesidad de aprendizaje, donación de recursos, la cercanía de muchos materiales de mayor necesidad y el bajo costo de los mismos. La región Piura cuenta con muchos recursos que será facilitada por la población para mayor ahorro en materiales disponibles en la zona y de mayor necesidad para construcción de la vivienda, además de la mano de obra.

CAPITULO VIII: REALIZAR LA SIMULACIÓN VIRTUAL EN 4D DE LA VIVIENDA MODULAR DE QUINCHA MEDIANTE LOS SOFTWARES NAVISWORK, REVIT Y MS PROYECT Y LA REPRESENTACIÓN A ESCALA DEL PROYECTO VIVIENDA MODULAR DE QUINCHA

En este capítulo se explica sobre la simulación de vivienda modular en el programa Navisworks, se muestra el proceso constructivo en 4D de la vivienda para un mayor conocimiento de los procesos constructivos de la vivienda durante 7 días de construcción.

8.1 Simulación del módulo de vivienda en 4D para la visualización y planificación de los procesos constructivos

Para un mejor entendimiento de los procesos constructivos se ha implementado el uso de la tecnología BIM en la Vivienda Modular Sostenible.

8.1.1 Aplicación del BIM en la Vivienda Modular Sostenible

BIM, viene de Building Information Modeling, lo que literalmente traducido al castellano sería algo así como “el modelado de la información de la construcción o edificación”.

Se trata de gestionar toda la información referente al proceso constructivo, desde el anteproyecto, hasta la demolición de este, lo que hace que en cualquier instante se tiene acceso a cualquier dato del edificio, algo que resulta muy útil. Por ejemplo, hay de redactar un proyecto sobre una rehabilitación de la fachada de un edificio que se construyó con la filosofía BIM, y se necesita saber datos específicos sobre la fachada (materiales, cargas, puentes térmicos, entre otros), pues simplemente, accediendo a una base de datos (maqueta numérica, documentación administrativa, etc.) previamente creada, se tendría acceso a todos esos datos.

Existen muchos softwares con los que se puede gestionar el ciclo de vida de un edificio (BIM), puesto que además de diseñar una maqueta numérica (modelado 3D), también hay que gestionar toda la documentación “no numérica” del edificio (documentación administrativa, controles de calidad, libro del edificio, etc.).

Revit y Archicad son los softwares más utilizados para el modelamiento de edificios. Se debe definir los elementos del edificio lo máximo que permita el programa ya que en algunos puntos están limitados.

Los principales beneficios del BIM son los siguientes:

1. Tener acceso a la información completa del proyecto, desde el anteproyecto, hasta su demolición, pasando por su ejecución.

2. El segundo sería el poder trabajar colaborativamente, lo que hace que todos los agentes que intervienen en el proyecto puedan tener acceso a toda la información que necesiten, con antelación a su intervención, lo que supondrá un ahorro, tanto en tiempos, como en costes.

En el proyecto propuesto, la Vivienda Modular Sostenible, se ha utilizado el programa Navisworks, tal como se muestra en la Figura 77. Este software realiza una simulación en 4D; es decir, luego de la simulación en Revit (3D), se suma una programación en Microsoft Project o línea de tiempo de los procesos constructivos.

Figura 77. Representación de las herramientas de software utilizados en el proyecto Vivienda Modular Sostenible

Fuente: Adaptado de «Navisworks», por Fuente propia, 2019.

8.1.2 Modelación en 3D de la Vivienda Modular Sostenible

Elaborar el modelado en Revit con los parámetros necesarios de reconocimiento es esencial para la simulación en el software Navisworks. De referencia, se debe definir los niveles necesarios que el usuario crea conveniente. En la Tabla 31, se muestra los niveles usados en la simulación de la vivienda en el software Revit.

Tabla 31. Niveles referenciales o de guía para la simulación en Revit

Nivel	Cota	Descripción del nivel
-2	-0.70	NFC: Nivel de fondo de cimentación
-1	-0.10	Nivel donde empieza el sobrecimiento
0	0.00	NNT: Nivel natural del terreno
1	0.10	NFP: Nivel del falso piso
2	0.30	Nivel donde termina el sobrecimiento
3	1.40	Nivel donde empieza las ventanas
4	2.70	Nivel donde terminan los paneles de quinchá
5	2.80	Nivel donde terminan las vigas de amarre
6	3.10	Nivel superior del techo secundario
7	3.30	Nivel superior del techo primario

Nota. La tabla muestra los niveles que sirvieron de guía para el modelado de la vivienda. Fuente: Elaboración propia.

La finalidad de este trabajo no es enseñar al lector a cómo usar el software Revit, sino dar algunos datos o referencias que se tuvieron en cuenta para el modelado de la vivienda. Se tiene así la asignación de materiales a los elementos de la vivienda; por ejemplo, para las columnas se les asignó el tipo de material madera pino y para los paneles de quincha, la tierra, proporcionados por el mismo software. Respecto al detalle o nivel de modelamiento, se recomienda colocar los muros elemento por elemento y no muros continuos con la finalidad de obtener una simulación más visible de los procesos constructivos. Las vistas isométricas en 3D y en planta (2D) del modelado en el programa Revit se muestran en las Figuras 78 y 79, respectivamente.

Figura 78. Vista 3D de la Vivienda Modular Sostenible en el software Revit

Fuente: Elaboración propia.

Figura 79. Modelación de la vivienda modular en el software Revit, vista en planta

Fuente: Elaboración propia.

8.1.3 Cronograma de los procesos constructivos en Ms Project

Como ya se había mencionado, en el modelado, los elementos deben ser independientes, ya que, para la programación en el Ms Project, se debe vincular elemento por elemento. Como se puede observar en las Figuras 80, a, b y c, la programación es solo para seguir un orden de presentación de cada uno de los elementos respecto a la posterior simulación en Navisworks. Cabe mencionar que para la aparición del elemento se debe colocar “Construcción” en la columna “Text1”, y para que desaparezca, “Demoler”.

a)

b)

c)

Figura 80. Secuencia para la construcción del módulo por grupo de elementos en Ms Project

Fuente: Elaboración propia.

8.2 Simulación 4D de la Vivienda Modular Sostenible

El modelado de la vivienda en Revit (3D) y la programación de actividades por elementos en Ms Project (línea de tiempo) dan como resultado la simulación en el software Navisworks (4D).

8.2.1 Programación a nivel de software en Navisworks

El orden respecto al modelado en Revit y a la programación en Ms Project es primordial para realizar los correctos vínculos de los elementos; además, se va a programar de acuerdo con la secuencia lógica en que el usuario desee que aparezcan los elementos. La simulación ayuda a tener una visión global y ordenada de los procesos constructivos. Luego de exportar el modelado en Revit al software Navisworks, se vincula el Ms Project a la línea de tiempo (TimeLiner) del Navisworks mediante la ruta TimerLiner / Origen de datos / Añadir / Microsoft Project 2007-2013, y se selecciona la programación previamente realizada. Luego, se da clic derecho sobre la programación añadida y se selecciona “Regenerar jerarquía de tareas”. El siguiente paso es enlazar la programación con uno o grupo de elementos; para

ello, se selecciona una tarea y se vincula a un elemento seleccionado en el modelado de la parte superior mediante el comando “Enlazar”, y así hasta vincular todos los elementos. Finalmente, debe quedar como se muestra en la Figura 81.

Figura 81. Programación en el software Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

8.2.2 Simulación en 4D de los procesos constructivos de la Vivienda Modular Sostenible

El paso siguiente es programar la simulación de la planificación realizada. Para ello, en el Naviswork, se dirige a la ruta TimeLiner / Simular y se presiona en el botón reproducir. En el botón “Configuración” se puede realizar los ajustes necesarios como la duración de la simulación entre otros.

En este caso, para la simulación de la Vivienda, se ha omitido las primeras partidas del **día 1** que conforman las obras provisionales y los trabajos preliminares, ya que las mismas no representan partidas considerables como parte de la simulación 4D de la vivienda. Por lo que la simulación de la vivienda modular comienza a partir del día 2 hasta el día 7. Además, dentro de la imagen se muestra el día, el presupuesto y el porcentaje de la partida ejecutada (se proyecta en la simulación de color verde transparente).

- **Día 2:** El segundo día, se ejecuta el cimiento corrido junto con la colocación de las columnas principales y secundarias para el empotrado de las mismas en la cimentación.

La primera partida a ejecutar en el segundo día es el cimiento corrido, tal como se muestra en la Figura 82.

Figura 82. Proceso constructivo, el “cimiento corrido”, en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

En tal sentido, en la Figura 83, se puede apreciar una de las primeras actividades para la simulación, el “cimiento corrido”; en este caso, se ha programado para que aparezca el cimiento principal, el secundario y la junta de la cimentación en un mismo tiempo; sin embargo, se puede realizar uno por uno; esto ya depende del usuario o al orden de cómo quiere que aparezcan los procesos constructivos. Asimismo, en el programa se puede apreciar que el siguiente paso al “cimiento corrido” es la colocación de las columnas 4”x4” y de las columnas de 2”x4” como se muestra en la Figura 83 y la Figura 84.

Figura 83. Colocación de las columnas 4"x4" en simultaneo junto a las columnas de 2"x4" en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

Figura 84. Colocación de las vigas de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

- **Día 3:** El tercer día, se realiza el vaciado del sobrecimiento, ver Figura 85. Este mismo día, se coloca la red necesaria para las instalaciones sanitarias y eléctricas, ver Figuras 86, 87 y 88. Asimismo, para culminar el día, se realiza la instalación del tanque elevado, ver Figura 89.

Figura 85. Colocación del sobre cimiento de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

Figura 86. Colocación Tuberías de Desagüe y caja de registro de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

Figura 87. Colocación de la tubería de agua de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

Figura 88. Colocación de la tubería de II.EE de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

Figura 89. Colocación del tanque elevado de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

- **Día 4:** En el cuarto día, se realiza la instalación del biodigestor, ver Figura 90. En este día, se culminaría con la ejecución de las obras de concreto con el vaciado del falso piso, ver Figuras 91 y 92.

Figura 90. Colocación del biodigestor de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

Figura 91. Colocación del falso piso de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

Figura 92. Colocación del piso de baño de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

- **Día 5:** En el quinto día, se realiza la construcción de los techos del módulo principal y secundario, ver Figura 93. Asimismo, este es el día en el que se empiezan a colocar los paneles de quincha, ver Figura 94.

Figura 93. Colocación del Techo del módulo principal en simultaneo con el techo del módulo secundario de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

Figura 94. Colocación de los paneles de quincha Tipo P y Tipo S en simultáneo de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

- **Día 6:** En el sexto día, se finaliza de colocación de los paneles de quinchá, ver Figura 95. Además, en este día se realiza la instalación del panel solar (ver Figura 96) y la colocación de llaves y grifos de la red de agua.

Figura 95. Colocación del panel tipo S, panel tipo T y el panel solar en simultáneo de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

Figura 96. Colocación del panel solar y llaves de grifería en simultáneo de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

Día 7: En el último día, se terminan las instalaciones eléctricas con el cableado y la colocación de los accesorios eléctricos como bombillas eléctricas, tomacorrientes e interruptores. Asimismo, se realiza la instalación de aparatos sanitarios, puertas y ventanas. (Ver Figuras 97 y 98)

Figura 97. Colocación de las instalaciones eléctricas, lavadero manual con pedestal e inodoro sifón jet con asiento en simultáneo de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

Figura 98. Colocación de lavadero, puertas y ventanas en simultáneo de la vivienda modular en Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

Con ayuda de este programa, se ha podido obtener una visión más clara de los procesos constructivos; además, se obtiene una mejor visualización de lo que se quiere construir. En la Figura 99, se muestra el producto final de la simulación de la vivienda.

Figura 99. Vivienda Modular Sostenible finalizada en el software Navisworks

Fuente: Elaboración propia.

8.3 Representación a escala en maqueta de la Vivienda Modular Sostenible

Con apoyo de la simulación en 4D, se ha realizado una representación a escala, en una maqueta, de la Vivienda Modular Sostenible, tal como se muestra en la Figura 100.

Figura 100. Maqueta de la Vivienda Modular Sostenible

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IX: CONCLUSIONES

En este capítulo se mencionan 3 conclusiones por cada objetivo específico.

9.1 Evaluar la factibilidad de la disponibilidad de materiales en Piura para la fabricación de los paneles de quincha prefabricada

- En el lugar de estudio, Sondorillo, existe una gran gama y volumen de materiales, entre ellos el carrizo, el bambú y la tierra de chacra, materiales que se utilizarán para la construcción de viviendas con la finalidad de satisfacer la necesidad de refugio en Sondorillo - Huancabamba - Piura.
- Piura es una de las regiones con mayor producción de caña, representa aproximadamente un 56.79 % respecto a las regiones norte del país. Además, debería ser aprovechada ya que es un material excedente y útil en la región para el uso en las viviendas modulares de quincha prefabricada.
- Se concluye que se logra aprovechar los materiales de materia prima de manera proactiva para aumentar la comercialización y mayor producción de la misma en la región de Piura, tal como se indica en la Tabla 3.

9.2 Realizar un planeamiento constructivo de la vivienda modular de quincha y el desarrollo del metrado, presupuesto y cronograma de obra

- Es muy importante el metrado para conocer el material que más se requiere, ya que de esta manera se pudo determinar la importancia del material que prevalece en la zona, tal como el bambú, la caña y el barro (ver punto 5.1).
- Es necesario aprovechar la materia prima de la región Piura para reducir los costos. El presupuesto total para la construcción de la Vivienda Modular Sostenible asciende a S/. 21,825.91 (veintiún mil ochocientos veinticinco soles con 91/100 soles).
- El cronograma para la ejecución de la Vivienda Modular Sostenible es de 7 días hábiles. Además, se tendrá casi dos horas extras para culminar el proyecto; una hora, en el día 2, ya que ahí se ejecutan 3 partidas importantes, el cimiento corrido junto con las columnas y las vigas; un cuarto de hora en el tercer día para culminar la instalación del tanque elevado; y media hora en el último día para terminar de colocar las puertas y ventanas.

9.3 Desarrollar una metodología de construcción para estandarizar los procesos constructivos de la Vivienda Modular Sostenible a base de quincha

- La primera fase, el taller de prefabricación de paneles de quincha, tiene una duración de 3 días y es paralela a la segunda fase (ver Capítulo VI). En ella se fabricarán los 65 paneles, entre los principales, secundarios y los triangulares, e ingresan a la segunda fase en el quinto día.
- La segunda fase, la construcción de la Vivienda Modular Sostenible, tiene una duración de 7 días. En ella se desarrolla todos los procesos constructivos que van desde las obras provisionales hasta los acabados finales. Se planificó de tal manera que la construcción del proyecto se ejecute en el menor tiempo posible, ya que existe una gran demanda de viviendas en la provincia de Huancabamba, departamento Piura. Asimismo, se ha analizado con los precios actuales de la zona para evitar mayor variabilidad en el presupuesto.
- Una de las principales estandarizaciones dentro de los procesos constructivos, es la colocación de las columnas en el cimientado corrido. Antes vaciar el concreto, las columnas deben estar unidas a las vigas para garantizar la separación entre las columnas. Luego, se deben levantar verificando la verticalidad de los elementos estructurales y se coloca el concreto del cimientado corrido. De esta forma, se ahorra tiempo en comparación si se colocaran las columnas una por una.

9.4 Efectuar el análisis comparativo costo beneficio de la vivienda modular de quincha frente a las alternativas existentes en Piura

- El proyecto Vivienda Modular Sostenible es más factible y viable respecto a otras propuestas por el Estado. Es más económico y segura que otras propuestas construcción como lo son las “Casas de catón” o un proyecto de albañilería.
- Respecto al Módulo de Vivienda Temporal, en el año cero (0), el MVT cuesta 1.73 el valor de la Vivienda Modular; es decir, cuesta S//15,964.74 más. Ya en el año diez (10), el monto del MVT es de 1.80 el valor de la Vivienda Temporal; es decir, S/ 18,031.77 más.
- La inversión del panel solar junto con el tanque elevado y el biodigestor, se recupera en un plazo de 10 años tal como se demuestra en el punto 7.1.2. Esto sucede ya que el Caso hipotético incrementa su valor respecto a la Vivienda Modular conforme

pasan los años. Cabe recalcar que, en caso de no contar con estos sistemas, se tendría que abastecer la vivienda por otros medios en luz, agua y desagüe.

- 9.5 Realizar la simulación virtual en 4D de la vivienda modular de quinchá mediante los softwares Navisworks, Revit y MS Project y la representación a escala del proyecto vivienda modular de quinchá
- Se realizó una simulación adecuada del módulo de vivienda modular en 4D con el programa Navisworks (previa modelación en Revit y previa programación en MS Project). De esta manera, se realiza una simulación de la vivienda modular; esta misma es útil para una mayor comprensión de las partidas y visualización del proyecto como parte de la metodología de construcción planteada.
 - La simulación 4D en el programa Navisworks es muy importante en el proceso constructivo para la correcta ejecución de la misma, ya que lo proyectado debe ser realizado estrictamente en los días programados para cumplir con el plazo establecido.
 - Según la simulación vista en el punto 8.2.2, la duración de la obra es de 7 días hábiles y el costo directo del proyecto asciende a 19,197.64 soles.

CAPITULO X: RECOMENDACIONES

En este capítulo se mencionan 3 recomendaciones por cada objetivo específico.

10.1 Evaluar la factibilidad de la disponibilidad de materiales en Piura para la fabricación de los paneles de quincha prefabricada

- Se debe implementar un sistema de control de materia prima para su exportación e importación, ya que esta misma puede ser aprovechado para diferentes innovaciones.
- Se debería almacenar los materiales de la región de Piura para futuros proyectos de vivienda según las necesidades de la región.
- Se deberían realizar mayores inversiones de aprovechamiento de recursos propios de la región Piura, ya que el proyecto de vivienda es innovador por su rápida construcción y bajo costo.

10.2 Realizar un planeamiento constructivo de la vivienda modular de quincha y el desarrollo del metrado, presupuesto y cronograma de obra

- La vivienda se podría ser adecuada según las necesidades de la familia y tener ampliaciones respecto a la que se ha propuesto en la tesis. Cabe recalcar que el presupuesto y el cronograma serían diferentes.
- Se recomienda dar a conocer a la población sobre el presupuesto a emplear y los materiales necesarios en la construcción para que haya más beneficiarios.
- Se debe seguir el cronograma estrictamente para evitar contratiempos en la construcción, por lo tanto, se debe llevar un control adecuado en la ejecución.

10.3 Desarrollar una metodología de construcción para estandarizar los procesos constructivos de la Vivienda Modular Sostenible a base de quincha

- Si se desea tener un buen acabado final con respecto al empastado de los paneles de quincha, se recomienda seguir los pasos que se indican en el punto 6.1.6. En ella, se menciona que se debe dejar reposar la mezcla de tierra con agua por un día completo, luego de ello, empastar todas las superficies.
- Es necesario que los materiales de construcción se obtengan de la materia prima de la región Piura para reducir el costo en el presupuesto, ya que se aprovecha los recursos propios de la zona que están en abundancia como carrizo, bambú y barro.

- Fomentar la propuesta de vivienda modular sostenible con la población como parte de la metodología empleada, de esta manera habría más beneficiados con una vivienda propia.

10.4 Efectuar el análisis comparativo costo beneficio de la vivienda modular de quinchas frente a las alternativas existentes en Piura

- Luego del análisis comparativo entre la Vivienda Modular Sostenible y los 3 otros proyectos, se recomienda que el Estado adapte el proyecto propuesto con la finalidad de dar refugio a las familias damnificadas por el Fenómeno El Niño.
- En este presente documento, se ha realizado el análisis comparativo económico de la vivienda. Se recomienda, para futuras investigaciones, hacer el análisis comparativo de tiempo de vida de los proyectos.
- Se recomienda informar a la población sobre este proyecto y la capacidad que tiene la vivienda para la ampliación o creación de nuevos ambientes. Si el Estado apoyaría a la población con el proyecto propuesto, la familia beneficiada solo tendría que cubrir el gasto por las ampliaciones de la vivienda.
- Se debe enseñar la importancia de la colaboración a la población con la finalidad de reducir los costos respecto a la mano de obra.

10.5 Realizar la simulación virtual en 4D de la vivienda modular de quinchas mediante los softwares Navisworks, Revit y MS Project y la representación a escala del proyecto vivienda modular de quinchas

- El programa Navisworks tiene entre una de sus funciones realizar videos; entonces, es recomendable capacitar a la población mediante videos que muestren el trabajo a realizar.
- Si se hace poco accesible la simulación en video, se podría dar la presentación 4D de los procesos constructivos en diapositivas impresas para la capacitación del personal obrero que va a ser parte de la construcción.
- La presentación de los procesos constructivos es amigable para su aplicación, por lo que la misma población podría dar uso para la construcción de sus viviendas.

REFERENCIAS

Bandeo, J. (28 de julio de 2012). Qué es la técnica de quinchas y cómo utilizarla en la construcción. BIOGUIA. Recuperado de https://www.bioguia.com/hogar/tecnica-quincha_29293057.html. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Bautista J., y Loaiza N. (2017). La construcción sostenible aplicada a las viviendas de interés social en Colombia. Boletín Semillas Ambientales, (11) 86-110. Recuperado de <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/bsa/article/viewFile/12236/12778>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Beraikal. (21 de diciembre de 2012). BIM, Building Information Modeling. Eraikal. Recuperado de <http://eraikal.blog.euskadi.eus/blog/2012/12/21/bim-building-information-modeling/>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Blalock, H., (2010). Aproximación al índice de desarrollo humano. Perú, Lima: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Recuperado de <http://hdr.undp.org/sites/default/files/idh2009-peru-vol2-anexos.pdf> [Consulta: 20 de enero de 2020].

Blondet, M. Manco, T. Gutierrez & L. Loaza C. (2003). Características sísmicas de las construcciones de tierra en el Perú: contribución a la enciclopedia mundial de las construcciones de vivienda. ICG Instituto de Construcción y Gerencia, Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Marcial_BlonDET/publication/268000161_CARACTERISTICAS_SISMICAS_DE_LAS_CONSTRUCCIONES_DE_TIERRA_EN_EL_PERU_CONTRIBUCION_A_LA_ENCICLOPEDIA_MUNDIAL_DE_LAS/links/55d3511508aec1b0429f3592.pdf. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Centro de estudios y prevención de desastres (PREDES). (Julio 2008). Construyendo viviendas con quinchas mejoradas. 2a. ed. Lima: Predes. Recuperado de http://www.predes.org.pe/predes/manual_quincha_mejorada.pdf. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Cámara Peruana de la Construcción (2003). *Costos y presupuesto en edificación*. Lima, Perú (99). Recuperado de https://civilyedaro.files.wordpress.com/2014/08/costos_y_presupuestos_en_edificacion_-_capeco_r.pdf [Consulta: 12 de abril de 2020].

Cuitiño, G., Esteves, A. y Hernández A. (2012). Proceso de evaluación de un sistema constructivo, caso de la quinchá. Conicet. Recuperado de <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2012/2012-t001-a025.pdf>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Chang, M (2014). Propuesta y evaluación de la aplicación del sistema de construcción industrializada modular. (Tesis pregrado. Pontifica Universidad Católica del Perú, Lima: Perú). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5970>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Damnificados del norte sin reconstrucción con cambios. (29 de enero del 2018). Diario Correo. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/la-libertad/damnificados-del-norte-sin-reconstruccion-con-cambios-800068/>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Enshassi A., AbuHamra L. (2016). An investigation of building information modelling functions in the Palestinian construction industry. Revista Ingeniería de Construcción RIC, (31) 127-138. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732016000200006>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Flach M., Baumgartner O. y Maderebner R. (2016). CNC prefabricated modular homes designed and built by students in an experimental site of architecture in France. World Conference on Timber Engineering. 53-60. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/308304212_CNC_prefabricated_modular_homes_designed_and_built_by_students_in_an_experimental_site_of_architecture_in_France. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Flores, C. (1984). La casa de Bahareque modular quinchá, solución para la vivienda en áreas rurales y peri-urbanas. Colombia: SENA Ediciones.

Guadalupe C. (2015). Proceso de evaluación de un sistema constructivo. caso de la quinchá. Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV). Universidad Nacional de Salta, Instituto de Investigación en Energías No Convencionales (INENCO-CONICET). Recuperado de <https://docplayer.es/86154194-Proceso-de-evaluacion-de-un-sistema-constructivo-caso-de-la-quinchá-guadalupe-cuitino-1-alfredo-estebes-2-alejandro-herandez-3.html>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Giménez Z., Gutiérrez R. & Hernández G. (2016). Implementación de construcción virtual para mejorar la planificación de obras. Uso de modelo 4D en urbanismo ubicado en Valencia, Venezuela: Revista Gaceta Técnica, 16 (1) 99-115. Recuperado de <https://revistas.ucla.edu.ve/index.php/gt/article/view/768/308>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Henneberg, A. (2014). Tres pasos para la recuperación de la arquitectura de tierra en el Estado Zulia, Venezuela. Construcción con Tierra, Investigación y Documentación, 235-242. Recuperado de <https://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2015/024henneberg.pdf>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). Compendio estadístico Piura 2017. Recuperado de http://bvpad.indec.gov.pe/download/eventos/CD_Foro_Vivienda/Publicaciones/PUCP/EXPEDIENTE_TECNICO_GEOMALLA.pdf. [Consulta: 20 de agosto de 2019].

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2017). Perú: Perfil Sociodemográfico, 2017. Lima. Recuperado de https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/cap01.pdf. [Consulta: 5 de agosto de 2019].

Ministerio de agricultura (MINAG). (noviembre de 2012). Estadística forestal del Perú 2000 - 2010. Recuperado de <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/estadistica-2000-2010-.pdf>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Ministerio de Vivienda de Construcción y Saneamiento. Norma Técnica de Edificaciones E.102 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN EN MADERA. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2012/TOTAL/7.%20Norma%20E.010%20%20Madera.pdf>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Lacarra, M. (27 de septiembre de 2018). Construcción de 16 viviendas de quincha mejorada modular para damnificados del Terremoto del 15 de agosto de 2007 en Ica, Perú. PROYECTOBAQ. Recuperado de <http://www.arquitecturapanamericana.com/construccion-de-16-viviendas-de-quincha-mejorada-modular-para-damnificados-del-terremoto-del-15-de-agosto-de-2007-en-ica-peru/>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Morán J. (2015). Construir con Bambú (Caña Guayaquil). Ecuador: Red Internacional del Bambú y Ratán – INBAR. Recuperado de

http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manual-Construccion-Bambu.pdf. [Consulta: 12 de abril de 2020].

ORTIZ, L. A. (2016). Construcción sismo resistente sostenible adaptado al cambio climático. Colombia: U. católica. Recuperado de <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13954/6/ARTICULO.pdf>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Perrucci D., Vázquez A. & Can B. Aktas (2016). Vivienda temporal sostenible: tendencias mundiales y perspectivas. *Procedia Engineering*. (145), 327-332. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.07.032>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Perutouristguide (2019). Map of the county de Huancabamba. Recuperado de http://www.perutouristguide.com/english/19pi/english_19hu_mapa_huancabamba.html. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Pineda, H., (2017). Características y patologías constructivas del bahareque tradicional en la vereda san pedro del municipio de anserma (caldas) (Tesis en maestría). Universidad nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/60838/1/10270433.2017.pdf>. [Consulta: 10 de Junio de 2020].

Project Management Institute (2010). Guía de los FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS. Pennsylvania, Estados Unidos. Recuperado de ([https://www.ucursos.cl/usuario/9ab2176940ab9954ced859e56499d050/mi_blog/r/Project_Management_InstituteGuia_de_los_fundamentos_para_la_direccion_de_proyectos_\(Guia_del_PMBOK\)-Project_Management_Institute_Inc_\(2017\).pdf](https://www.ucursos.cl/usuario/9ab2176940ab9954ced859e56499d050/mi_blog/r/Project_Management_InstituteGuia_de_los_fundamentos_para_la_direccion_de_proyectos_(Guia_del_PMBOK)-Project_Management_Institute_Inc_(2017).pdf))[Consulta: 12 de abril de 2020].

Ramírez A. (2014). La construcción sostenible. Recuperado de https://www.cofis.es/pdf/fys/fys13/fys13_30-33.pdf. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Redacción EL Comercio (17 de junio de 2017). El Niño costero: 158 personas han muerto por lluvias e inundaciones. *El Comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/nino-costero-158-personas-han-muerto-lluvias-e-inundaciones-435340-noticia/>. [Consulta: 10 de Junio de 2020].

Redacción EL Comercio (28 de abril de 2017). Piura: el crítico estado de la ciudad tras desborde de río. *El Comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/nino-costero-158-personas-han-muerto-lluvias-e-inundaciones-435340-noticia/> [Consulta: 10 de Junio de 2020].

Redacción Gestión. Pequeños empresarios denuncian que Gobierno gastará S/ 375 millones en 'casas de cartón' temporales (26 de Julio del 2017). La Gestión. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/pequenos-empresarios-denuncian-gobierno-gastara-s-375-millones-casas-carton-temporales-140265>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Redacción Gestión. Se instalarán 12,500 viviendas para damnificados del norte del país, anuncia PPK. (13 de abril del 2017). La Gestión. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/instalaran-12-500-viviendas-damnificados-norte-pais-anuncia-ppk-133110>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Rodríguez H. (2014) Quincha una tradición de futuro. Mimbrea. Recuperado de <http://www.mimbrea.com/quincha-una-tradicion-de-futuro/>. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Rivera, M. (2016). Comportamiento dinámico de una vivienda de adobe y quincha de dos pisos. Lima. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de <https://www.slideshare.net/MariaCristinaRiveraCanto/informeensayo-n2>. [Consulta: 12 de abril de 2020].2016

Rodríguez, A, & Walker, M. (2009). Módulo Básico de Adobe Reforzado con Geomalla. Lima. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de http://bvpad.indeci.gob.pe/download/eventos/CD_Foro_Vivienda/Publicaciones/PUCP/EXPEDIENTE_TECNICO_GEOMALLA.pdf. [Consulta: 12 de abril de 2020].

Timana, V. (26 de setiembre de 2018). Crece la producción de bambú en Piura. Inforegión. Recuperado de <http://www.inforegion.pe/256381/crece-la-produccion-de-bambu-en-piura/>. [Consulta: 10 de junio de 2020].

ANEXOS

Anexo 1: Situación actual del distrito de Sondorillo, Huancabamba – Piura.

Anexo 2: Planos corte - Elevación de la vivienda

a)

b)

Planos del módulo de vivienda: a) planta general, planta, b) corte A-A Adaptado de AutoCAD.

Anexo 3: Metrados del proyecto

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	LARGO	ANCHO	ALTURA	SUB TOTAL	TOTAL
1	OBRAS PROVISIONALES							
1.01	Almacén	Glb	1				1.00	1.00
1.02	Servicios higiénicos	Glb	1				1.00	1.00
1.03	Agua para la Construcción	Glb	1				1.00	1.00
1.04	Energía Eléctrica	Glb	1				1.00	1.00
2	TRABAJOS PRELIMINARES							
2.01	Corte de terreno	m ²	1	8.13	6.25			50.81
2.02	Eliminación de basura y elementos sueltos liv	m ³	1	8.13	6.25	0.10	5.08	5.08
2.03	Trazos, Niveles y Replanteo Preliminar	m ²	1	8.13	6.25		50.81	50.81
2.04	Excavación de Cimientos Corridos	m ³						5.40
	Ejes 1-1 y 5-5, entre ejes C-C y F-F		2	5.10	0.30	0.50	1.53	
	Ejes 3-3 entre ejes C-C y F-F		1	2.83	0.30	0.50	0.42	
	Ejes 2-2 y 4-4, entre ejes A-A y B-B		2	2.80	0.30	0.50	0.84	
	Eje A-A entre ejes 2-2 y 4-4		1	3.60	0.30	0.50	0.54	
	Eje B-B entre ejes 2-2 y 4-4		1	2.95	0.30	0.50	0.44	
	Ejes C-C entre ejes 1-1 y 5-5		1	2.55	0.30	0.50	0.38	
	Ejes F-F entre ejes 1-1 y 5-5		1	5.70	0.30	0.50	0.86	
	Eje D-D entre eje 1-1 y 3-3		1	2.55	0.30	0.50	0.38	
	Volumen excavado sin Esponjamiento							
2.05	Eliminación de material (+25% Esp.)	m ³						6.75
3	CONCRETO PARA CIMIENTOS							
3.01	Cimiento corrido, concreto ciclópeo, f'c=140	m ³						5.40
	Ejes 1-1 y 5-5, entre ejes C-C y F-F		2	5.10	0.30	0.50	1.53	
	Ejes 3-3 entre ejes C-C y F-F		1	2.83	0.30	0.50	0.42	
	Ejes 2-2 y 4-4, entre ejes A-A y B-B		2	2.80	0.30	0.50	0.84	
	Eje A-A entre ejes 2-2 y 4-4		1	3.60	0.30	0.50	0.54	
	Eje B-B entre ejes 2-2 y 4-4		1	2.95	0.30	0.50	0.44	
	Ejes C-C entre ejes 1-1 y 5-5		1	2.55	0.30	0.50	0.38	
	Ejes F-F entre ejes 1-1 y 5-5		1	5.70	0.30	0.50	0.86	
	Eje D-D entre eje 1-1 y 3-3		1	2.55	0.30	0.50	0.38	
3.02	Encofrado de sobrecimiento	m ²						15.66
	Ejes 1-1 y 5-5, entre ejes C-C y F-F		2	4.40		0.30	2.64	
	Ejes 2-2 y 4-4 entre ejes A-A y B-B		2	3.00		0.30	1.80	
	Eje 3-3 entre eje C-C y F-F		2	2.60		0.30	1.56	
	Eje A-A entre ejes 2-2 y 4-4		2	3.00		0.30	1.80	
	Eje B-B entre ejes 2-2 y 4-4		1.5	2.00		0.30	0.90	
	Eje C-C entre ejes 1-1 y 4-4		2	3.40		0.30	2.04	
	Eje D-D entre eje 1-1 y 3-3		2	2.40		0.30	1.44	
	Eje F-F entre eje 1-1 y 5-5		2	5.80		0.30	3.48	
3.03	Sobrecimiento, f'c=175Kg/cm ² +25% P.M.	m ³						1.02
	Ejes 1-1 y 5-5, entre ejes C-C y F-F		2	4.40	0.10	0.30	0.264	
	Ejes 2-2 y 4-4 entre ejes A-A y B-B		2	3.00	0.10	0.30	0.180	
	Eje 3-3 entre eje C-C y F-F		1	2.60	0.10	0.30	0.078	
	Eje A-A entre ejes 2-2 y 4-4		1	3.00	0.10	0.30	0.090	
	Eje B-B entre ejes 2-2 y 4-4		1	2.00	0.10	0.30	0.060	
	Eje C-C entre ejes 1-1 y 4-4		1	3.40	0.10	0.30	0.102	
	Eje D-D entre eje 1-1 y 3-3		1	2.40	0.10	0.30	0.072	
	Eje F-F entre eje 1-1 y 5-5		1	5.80	0.10	0.30	0.174	
3.04	Desencofrado de sobrecimiento	m ²						15.66
3.05	Falso piso	m ²						37.44
	Módulo principal		1	6.05	4.60	0.05	27.83	
	Módulo secundario		1	3.10	3.10	0.05	9.61	

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	LARGO	ANCHO	ALTURA	SUB TOTAL	TOTAL
4	ELEMENTOS ESCTRUCTURALES							
4.01	Columnas de 4"x4"	Und.						14
	Módulo principal		10	0.10	0.10	3.00	0.30	
	Módulo secundario		4	0.10	0.10	3.00	0.12	
4.02	Columnas de 2"x4"	Und.						19
	Módulo principal		11	0.10	0.10	3.00	0.33	
	Módulo secundario		8	0.10	0.10	3.00	0.24	
4.03	Vigas	Und.	30	0.10	0.10	3.00	0.90	30
4.04	Techo Módulo principal	m ²	1	7.25	6.00		43.50	43.50
	Bambú partido	Und.	21.8	6.00	0.10			
	Bambu Entero	Und.	3.0	7.25	0.10			
4.05	Techo Módulo secundario	m ²	1	4.30	4.00		17.20	17.20
	Bambú partido	Und.	8.6	4.00	0.10			
	Bambu Entero	Und.	1.4	4.30	0.10			
5	PANELES DE QUINCHA							65
5.01	Paneles P - 1.20 m x 2.40 m	Und.	28	1.20		2.40	7.20	201.60
5.02	Paneles S - 0.65 m x 1.00 m	Und.	23	0.65		1.00	3.30	75.90
5.03	Paneles T - 0.25 m x 1.20 m	Und.	14	0.25		1.20	2.90	40.60
10	PUERTAS Y VENTANAS							
10.01	Puertas	Und.	3	0.90	0.04			3
10.02	Ventanas	Und.	4	1.00	0.04			4

METRADO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS E INSTALACIONES SANITARIAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	TOTAL
6	INSTALACIONES ELÉCTRICAS		
6.01	Centro de luz	Und.	5
6.02	Salida para tomacorriente bipolar simple con PVC	Und.	4
6.03	Instalación de panel solar	Und.	1
7	INSTALACIONES SANITARIAS		
7.01	Caja de registro de 12" x 24" albañilería tapa de concreto	Und.	1
7.02	Tubería PVC 1/2" y 3/4" para red de agua	m	6.00
7.03	Llave de grifería de agua	Und.	3
7.04	Llave de paso	Und.	2
7.05	Tubería PVC 4" PARA DESAGÜE	m	6.00
7.06	Tubería PVC 2" PARA DESAGÜE	m	3.00
	Codos PVC4"	Und.	3
	Y' de PVC 4"	Und.	3
8	APARATOS SANITARIOS		
8.01	Inodoro sifón jet con asiento	Und.	1
8.02	Lavatorio Manantial con pedestal	Und.	1
8.03	Lavadero	Und.	1
9	BIOGESTOR Y TANQUE ELEVADO		
9.01	Biodigestor 600 l	Und.	1
9.02	Tanque elevado 1.1 m3	Und.	1

Anexo 4: Análisis de Costos Unitarios

Presupuesto

CONSTRUCCION VIVIENDA SOSTENIBLE

Partida	1.03	Agua para la Construcción					
Rendimiento	GLB	MO.	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por: GLB	25.34
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/. Parcial S/.
	Materiales						
	AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN			GLB		1.0000	0.00
	MANGUERA DE 15m			m		1.0000	25.34
							25.34

Partida	2.01	Corte de terreno					
Rendimiento	m²/DIA	MO.	120.0000	EQ.	120.0000	Costo unitario directo por: m²	1.41
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/. Parcial S/.
	Mano de Obra						
	CAPATAZ			hh	0.3333	0.0222	8.04
	OPERARIO			hh	0.0000	0.0000	8.04
	PEON			hh	3.0000	0.2000	5.81
							1.34
	Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		0.0500	1.34
							0.07

Partida	2.02	Eliminación de basura y elementos sueltos livianos					
Rendimiento	m³/DIA	MO.	18.0000	EQ.	18.0000	Costo unitario directo por: m³	53.83
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/. Parcial S/.
	Mano de Obra						
	CAPATAZ			hh	0.3333	0.1481	8.04
	OPERARIO			hh	0.0000	0.0000	8.04
	PEON			hh	3.0000	1.3333	5.81
							8.94
	Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		0.0500	8.94
	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3			hm	1.0000	0.4444	100.00
							44.89

Partida	2.03	Trazos, Niveles y Replanteo Preliminar					
Rendimiento	m²/DIA	MO.	150.0000	EQ.	150.0000	Costo unitario directo por: m²	2.49
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/. Parcial S/.
	Mano de Obra						

	CAPATAZ	hh	0.3333	0.0178	8.04	0.14
	OPERARIO	hh	1.0000	0.0533	8.04	0.43
	PEON	hh	3.0000	0.1600	5.81	0.93
						1.36
	Materiales					
	MADERA PINO RADIATA	Und.		0.2500	14.41	3.60
	CAL HIDRÁULICA	bol		0.0500	21.19	1.06
						1.06
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	1.36	0.07
						0.07

Partida	2.04	Excavación de Zanjas				
Rendimiento	m³/DIA	MO.	12.0000	EQ.	12.0000	Costo unitario directo por: m³ 14.40
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.2222	9.41	2.09
	OPERARIO	hh	0.0000	0.0000	8.04	0.00
	PEON	hh	3.0000	2.0000	5.81	11.62
						13.71
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	13.71	0.69
						0.69

Partida	2.05	Eliminación de material (+25% Esp.)				
Rendimiento	m³/DIA	MO.	36.0000	EQ.	36.0000	Costo unitario directo por: m³ 4.80
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.0741	9.41	0.70
	OPERARIO	hh	0.0000	0.0000	8.04	0.00
	PEON	hh	3.0000	0.6667	5.81	3.87
						4.57
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	4.57	0.23
						0.23

Partida	3.01	Cimiento corrido, concreto ciclópeo, f'c=140Kg/cm2				
Rendimiento	m³/DIA	MO.	25.0000	EQ.	25.0000	Costo unitario directo por: m³ 176.05
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	1.0000	0.3200	9.41	3.01
	OPERARIO	hh	3.0000	0.9600	8.04	7.72
	PEON	hh	9.0000	2.8800	5.81	16.73
						27.46
	Materiales					
	HORMIGÓN	m3		1.1900	51.61	61.42
	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1400	0.00	0.00
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		4.2000	18.81	79.02
						140.43
	Equipos					

HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	27.46	1.37
MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.3200	21.19	6.78
					8.15

Partida	3.02	Encofrado de sobrecimiento				
Rendimiento	m²/DIA	MO. 18.0000	EQ. 14.0000	Costo unitario directo por: m²		32.01
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.1481	9.41	1.39
	OPERARIO	hh	1.0000	0.4444	8.04	3.57
	PEON	hh	3.0000	1.3333	5.81	7.75
						12.71
	Materiales					
	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.1429	5.17	0.74
	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3 1/2"	kg		0.1429	3.81	0.54
	MADERA TORNILLO	Und.		2.0503	8.47	17.38
						18.66
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	12.71	0.64
						0.64

Partida	3.03	Sobrecimiento, f'c=140Kg/cm2+25%P.M.				
Rendimiento	m³/DIA	MO. 14.0000	EQ. 14.0000	Costo unitario directo por: m³		165.38
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	1.0000	0.5714	9.41	5.38
	OPERARIO	hh	3.0000	1.7143	8.04	13.78
	PEON	hh	9.0000	5.1429	5.81	29.88
						49.04
	Materiales					
	HORMIGÓN	m3		0.8501	51.61	43.87
	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1300	0.00	0.00
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		3.7000	18.81	69.61
	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.4000	1.00	0.40
						113.89
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	49.04	2.45
	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.3200	21.19	6.78
						2.45

Partida	3.04	Desencofrado de sobrecimiento				
Rendimiento	m²/DIA	MO. 42.0000	EQ. 42.0000	Costo unitario directo por: m²		5.72
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.0635	9.41	0.60
	OPERARIO	hh	1.0000	0.1905	8.04	1.53
	PEON	hh	3.0000	0.5714	5.81	3.32
						5.45
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	5.45	0.27

Partida	3.05	Falso piso							
Rendimiento	m²/DIA	MO.	200.0000	EQ.	180.0000	Costo unitario directo por: m²		8.92	
Código	Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra								
	CAPATAZ				hh	1.0000	0.0400	9.41	0.38
	OPERARIO				hh	3.0000	0.1200	8.04	0.96
	PEON				hh	9.0000	0.3600	5.81	2.09
									3.43
	Materiales								
	HORMIGÓN				m3		0.0300	51.61	1.55
	AGUA				m3		0.0043	0.00	0.00
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)				bol		0.1800	18.81	3.39
									4.94
	Equipos								
	HERRAMIENTAS MANUALES				% mo		0.0500	3.43	0.17
	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)				hm	1.0000	0.0444	8.47	0.38
									0.55

Partida	4.01	Columnas de 4"x4"						
Rendimiento	Und/DIA	MO.	35.0000	EQ.	35.0000	Costo unitario directo por: Und.		49.46
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra							
	CAPATAZ			hh	0.3333	0.0762	9.41	0.72
	OPERARIO			hh	1.0000	0.2286	8.04	1.84
	PEON			hh	3.0000	0.6857	5.81	3.98
								6.54
	Materiales							
	MADERA DE 4"x4"			Und.		1.0000	42.37	42.37
	BREA LÍQUIDA			gal		0.0286	5.93	0.17
	LIJA PARA MADERA			plg		0.1515	0.76	0.12
	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3 1/2"			kg		0.0571	3.81	0.22
								42.88
	Equipos							
	HERRAMIENTAS MANUALES			% mo		0.0500	6.54	0.05
								0.05

Partida	4.02	Columnas de 2"x4"							
Rendimiento	Und/DIA	MO.	35.0000	EQ.	35.0000	Costo unitario directo por: Und.		29.04	
Código	Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra								
	CAPATAZ				hh	0.3333	0.0762	9.41	0.72
	OPERARIO				hh	1.0000	0.2286	8.04	1.84
	PEON				hh	3.0000	0.6857	5.81	3.98
									6.54
	Materiales								
	MADERA DE 2"x4"				Und.		1.0000	21.95	21.95
	BREA LÍQUIDA				gal		0.0286	5.93	0.17

	LIJA PARA MADERA	plg	0.1515	0.76	0.12
	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3 1/2"	kg	0.0571	3.81	0.22
					22.45
	Equipos				
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	0.0500	6.54	0.05
					0.05

Partida	4.03	Techo Módulo principal				
Rendimiento	m²/DIA	MO. 30.0000	EQ. 30.0000	Costo unitario directo por: m²		15.50
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.0889	9.41	0.84
	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	8.04	2.14
	PEON	hh	3.0000	0.8000	5.81	4.65
						7.63
	Materiales					
	BAMBÚ PARA PARTIR	Und.		0.5000	12.71	6.36
	BAMBÚS VIGAS	Und.		0.0694	12.71	0.88
	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3 1/2"	kg		0.0667	3.81	0.25
						7.49
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	7.63	0.38
						0.38

Partida	4.04	Techo Módulo secundario				
Rendimiento	m²/DIA	MO. 30.0000	EQ. 30.0000	Costo unitario directo por: m²		15.68
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.0889	9.41	0.84
	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	8.04	2.14
	PEON	hh	3.0000	0.8000	5.81	4.65
						7.63
	Materiales					
	BAMBÚ PARA PARTIR	Und.		0.5000	12.71	6.36
	BAMBÚS VIGAS	Und.		0.0833	12.71	1.06
	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3 1/2"	kg		0.0667	3.81	0.25
						7.67
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	7.63	0.38
						0.38

Partida	5.01	Paneles P - 1.20 m x 2.40 m				
Rendimiento	und/DIA	MO. 24.0000	EQ. 24.0000	Costo unitario directo por: und		121.97
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.1111	9.41	1.05
	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	8.04	2.14

PEON	hh	3.0000	1.0000	5.81	5.81
					9.00
Materiales					
CLAVOS CON CABEZA DE 2"	kg		0.2000	3.81	0.76
CAÑA COMUN DE 5 m	und		27.000	0.50	13.50
LISTÓN DE MADERA 2 1/2" x 1" CACHIMBO	und		1.2500	8.39	10.49
MADERA PARA MARCO 3" x 1 1/2" CACHIMBO	und		4.0000	16.86	67.46
TALADRO PERCUTOR INALÁMBRICO 12v	hm		1.0000	6.50	6.50
TORNILLO PARA MADERA AGLOMERADO 4*2"	und		0.0625	17.71	1.11
ÁNGULOS	und		1.5000	8.47	12.71
TIERRA DE CHACRA	Bls		6.0000	0.00	0.00
					112.52
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	9.00	0.45
					0.45

Partida	5.02	Paneles S - 0.65 m x 1.00 m					
Rendimiento	und/DIA	MO.	24.0000	EQ.	24.0000	Costo unitario directo por: und	76.15
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.1111	9.41	1.05	
	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	8.04	2.14	
	PEON	hh	3.0000	1.0000	5.81	5.81	
						9.00	
Materiales							
	CLAVOS CON CABEZA DE 2"	kg		0.2000	3.81	0.76	
	CAÑA COMUN DE 5 m	und		7.0000	0.50	3.50	
	LISTÓN DE MADERA 2 1/2" x 1" CACHIMBO	und		1.0000	8.39	8.39	
	MARCO DE MADERA 3" x 1 1/2" CACHIMBO	und		2.0000	16.86	33.73	
	TALADRO PERCUTOR INALÁMBRICO 12v	und		1.0000	6.50	6.50	
	TORNILLO PARA MADERA AGLOMERADO 4*2"	und		0.0625	17.71	1.11	
	ÁNGULOS	und		1.5000	8.47	12.71	
	TIERRA DE CHACRA	Bls		6.0000	0.00	0.00	
						66.70	
Equipos							
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	9.00	0.45	
						0.45	

Partida	5.03	Paneles T - 0.25 m x 1.20 m					
Rendimiento	und/DIA	MO.	32.0000	EQ.	32.0000	Costo unitario directo por: und	48.12
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.0833	9.41	0.78	
	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	8.04	2.14	
	PEON	hh	3.0000	0.7500	5.81	4.36	
						7.29	
Materiales							
	CLAVOS CON CABEZA DE 2"	kg		0.2000	3.81	0.76	
	CAÑA COMUN DE 5 m	und		1.3000	0.50	0.65	
	LISTÓN DE MADERA 2 1/2" x 1" CACHIMBO	und		0.2500	8.39	2.10	
	MARCO DE MADERA 3" x 1 1/2" CACHIMBO	und		1.0000	16.86	16.86	
	TALADRO PERCUTOR INALÁMBRICO 12v	und		1.0000	6.50	6.50	

TORNILLO PARA MADERA AGLOMERADO 4*2"	und	0.0500	17.71	0.89
ÁNGULOS	und	1.5000	8.47	12.71
TIERRA DE CHACRA	Bls	4.0000	0.00	0.00
				40.47
Equipos				
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	0.0500	7.29	0.36
				0.36

Partida	6.01	Centro de luz				
Rendimiento	ptos/DIA	MO. 9.0000	EQ. 9.0000	Costo unitario directo por punto		57.86
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.2963	9.41	2.79
	OPERARIO	hh	1.0000	0.8889	8.04	7.15
	PEON	hh	3.0000	2.6667	5.81	15.49
						25.43
	Materiales					
	CABLE TW N°14	ml		8.5000	0.95	8.07
	TUBO PVC-SEL 5/8" X 3M	Und.		1.3333	0.96	1.28
	BRAQUETAS E27 1/2 OCT 4 A - 250V EPEM	Und.		1.2000	2.53	3.03
	INTERRUPTOR SIMPLE	Und.		1.2000	7.20	8.64
	FOCO LED BULB	Und.		1.2000	8.45	10.14
						31.16
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	25.43	1.27
						1.27

Partida	6.02	Salida para tomacorriente bipolar simple con PVC				
Rendimiento	ptos/DIA	MO. 9.0000	EQ. 9.0000	Costo unitario directo por: ml		50.18
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.2963	9.41	2.79
	OPERARIO	hh	1.0000	0.8889	8.04	7.15
	PEON	hh	3.0000	2.6667	5.81	15.49
						25.43
	Materiales					
	CABLE TW N°14	ml		8.5000	0.95	8.07
	TUBO PVC-SEL 5/8" X 3M	Und.		1.3333	0.96	1.28
	TOMACORRIENTE SIMPLE	Und.		1.2000	11.78	14.14
						23.48
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	25.43	1.27
						1.27

Partida	6.03	Instalacion de panel solar				
Rendimiento	Und/DIA	MO. 4.0000	EQ. 4.0000	Costo unitario directo por: Und.		1,115.29
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.6667	9.41	6.27
	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	8.04	16.08

PEON	hh	3.0000	6.0000	5.81	34.86
					57.21
Materiales					
KIT PANEL SOLAR 12v	und		1.0000	1,055.22	1,055.22
					1,055.22
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		0.0500	57.21	2.86
					2.86

Partida	7.01	Caja de registro de 12" x 24" albañilería tapa de concreto				
Rendimiento	Und/DIA	MO. 12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por: Und.		134.43
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.2222	9.41	2.09
	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	8.04	5.36
	PEON	hh	3.0000	2.0000	5.81	11.62
						19.07
	Materiales					
	CAJA DE REGISTRO	Und.		1.0000	114.41	114.41
						114.41
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		0.0500	19.07	0.95
						0.95

Partida	7.02	Tubería PVC 1/2" clase 10 para red de agua				
Rendimiento	ml/DIA	MO. 24.0000	EQ. 24.0000	Costo unitario directo por: ml		23.37
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.1111	9.41	1.05
	OPERARIO	hh	1.0000	0.3333	8.04	2.68
	PEON	hh	3.0000	1.0000	5.81	5.81
						8.49
	Materiales					
	TUBO PVC CLASE 10 DE 1/2"	und		1.0000	1.95	1.95
	PEGAMENTO OATEY PVC	und		0.1000	12.54	1.25
	CODOS 1/2"	und		2.0000	1.19	2.37
	TEES 1/2"	und		0.8333	1.27	1.06
	ROSCA 1/2"	und		1.0000	1.27	1.27
	REDUCCIÓN	und		0.5000	1.86	0.93
	VÁLVULA DE COMPUERTA	und		0.3333	16.86	5.62
						14.46
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		0.0500	8.49	0.42
						0.42

Partida	7.03	Llave de grifería de agua				
Rendimiento	und/DIA	MO. 48.0000	EQ. 48.0000	Costo unitario directo por: und		27.38
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.0556	9.41	0.52
	OPERARIO	hh	1.0000	0.1667	8.04	1.34

PEON	hh	3.0000	0.5000	5.81	2.91
					4.25
Materiales					
LLAVE DE GRIFERIA	und		1.0000	21.10	21.10
PEGAMENTO OATEY PVC	und		0.1000	12.54	1.25
CINTA TEFLON 10 yds	und		0.3333	1.69	0.56
					22.92
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	4.25	0.21
					0.21

Partida	7.04	Llave de paso			
Rendimiento	und/DIA	MO. 24.0000	EQ. 24.0000	Costo unitario directo por: und	25.56
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/. Parcial S/.
	Mano de Obra				
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.1111	9.41 1.05
	OPERARIO	hh	1.0000	0.3333	8.04 2.68
	PEON	hh	3.0000	1.0000	5.81 5.81
					8.49
	Materiales				
	LLAVE DE PASO	und		1.0000	12.29 12.29
	PEGAMENTO OATEY PVC	und		0.1000	12.54 1.25
	ADAPTADOR pvc 1/2"	und		2.0000	1.27 2.54
	CINTA TEFLON 10 yds	und		0.3333	1.69 0.56
					16.65
	Equipos				
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	8.49 0.42
					0.42

Partida	7.05	Tubería PVC 4" PARA DESAGÜE			
Rendimiento	ml/DIA	MO. 24.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por: ml	19.75
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/. Parcial S/.
	Mano de Obra				
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.1111	9.41 1.05
	OPERARIO	hh	1.0000	0.3333	8.04 2.68
	PEON	hh	3.0000	1.0000	5.81 5.81
					8.49
	Materiales				
	TUBO PVC DESAGUE 4"	und		1.0000	6.19 6.19
	PEGAMENTO OATEY PVC	und		0.1000	12.54 1.25
	REDUCCIÓN	und		0.5000	6.78 3.39
					10.83
	Equipos				
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	8.49 0.42
					0.42

Partida	7.06	Tubería PVC 2" PARA DESAGÜE			
Rendimiento	ml/DIA	MO. 24.0000	EQ. 24.0000	Costo unitario directo por: ml	12.85
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/. Parcial S/.
	Mano de Obra				
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.1111	9.41 1.05

OPERARIO	hh	1.0000	0.3333	8.04	2.68
PEON	hh	3.0000	1.0000	5.81	5.81
					8.49
Materiales					
TUBO PVC DESAGUE 2"	und		1.0000	2.68	2.68
PEGAMENTO OATEY PVC	und		0.1000	12.54	1.25
					3.94
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	8.49	0.42
					0.42

Partida	8.01	Inodoro sifón jet con asiento				
Rendimiento	ml/DIA	MO. 6.0000	EQ. 6.0000	Costo unitario directo por: ml		180.90
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.4444	9.41	4.18
	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	8.04	10.72
	PEON	hh	3.0000	4.0000	5.81	23.24
						33.96
	Materiales					
	INODORO JET CON ASIENTO	und		1.0000	143.98	143.98
	PEGAMENTO OATEY PVC	und		0.1000	12.54	1.25
						145.24
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	33.96	1.70
						1.70

Partida	8.02	Lavatorio Manantial con pedestal				
Rendimiento	ml/DIA	MO. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por: ml		111.44
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.4444	9.41	4.18
	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	8.04	8.04
	PEON	hh	3.0000	3.0000	5.81	17.43
						25.47
	Materiales					
	LAVATORIO MANANTIAL CON PEDESTAL	ml		1.0000	59.24	59.24
	PEGAMENTO OATEY PVC	und		0.1000	12.54	1.25
	ADAPTADOR PVC 1/2"	und		2.0000	1.27	2.54
	CINTA TEFLON 10 yds	und		0.3333	1.69	0.56
	LLAVE DE GRIFERIA	und		1.0000	21.10	21.10
						84.70
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	25.47	1.27
						1.27

Partida	8.03	Lavadero de granito 1poza 60x40				
Rendimiento	ml/DIA	MO. 8.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por: ml		132.55
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.3333	9.41	3.14

OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	8.04	8.04
PEON	hh	3.0000	3.0000	5.81	17.43
					25.47
Materiales					
LAVADERO DE GRANITO 1 POZA 60x40	und		1.0000	38.05	38.05
PEGAMENTO OATEY PVC	und		0.1000	12.54	1.25
JUEGO DE 2 PATAS DE GRANITO	und		1.0000	42.29	42.29
LLAVE DE GRIFERIA	und		1.0000	21.10	21.10
ADAPTADOR PVC 1/2"	und		2.0000	1.27	2.54
CINTA TEFLON 10 yds	und		0.3333	1.69	0.56
					105.80
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	25.47	1.27
					1.27

Partida	9.01	Biogestor 600 l				
Rendimiento	ml/DIA	MO. 3.0000	EQ. 3.0000	Costo unitario directo por: ml		1,079.79
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.8889	9.41	8.36
	OPERARIO	hh	1.0000	2.6667	8.04	21.44
	PEON	hh	3.0000	8.0000	5.81	46.48
						67.92
	Materiales					
	BIOGESTOR 600 l	und		1.0000	966.10	966.10
	ACCESORIOS	und		1.0000	42.37	42.37
						1,008.47
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	67.92	3.40
						3.40

Partida	9.02	Tanque elevado 1.1m3				
Rendimiento	ml/DIA	MO. 6.0000	EQ. 6.0000	Costo unitario directo por: ml		676.42
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.4444	9.41	4.18
	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	8.04	10.72
	PEON	hh	3.0000	4.0000	5.81	23.24
						33.96
	Materiales					
	TANQUE ELEVADO	und		1.0000	375.34	375.34
	MADERA TANQUE	und		6.0000	44.24	265.42
						640.76
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	33.96	1.70
						1.70

Partida	10.1	Puertas				
Rendimiento	ml/DIA	MO. 16.0000	EQ. 16.0000	Costo unitario directo por: ml		178.54
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					

CAPATAZ	hh	0.3333	0.1667	9.41	1.57
OPERARIO	hh	1.0000	0.5000	8.04	4.02
PEON	hh	3.0000	1.5000	5.81	8.72
					12.74
Materiales					
PUERTAS 85 cm	und		1.0000	152.54	152.54
VISAGRAS	und		3.0000	4.21	12.63
					165.17
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	12.74	0.64
					0.64

Partida	10.2	Ventanas				
Rendimiento	ml/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por: ml		112.39
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	hh	0.3333	0.1333	9.41	1.25
	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	8.04	3.22
	PEON	hh	3.0000	1.2000	5.81	6.97
						10.19
	Materiales					
	VENTANAS 1.0 m x 1.1 m	und		1.0000	101.69	101.69
						101.69
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0500	10.19	0.51
						0.51

Anexo 5: MODELO DE ENCUESTA

Para solicitar la participación de la ciudadanía se iniciará con una conversación amena buscando la participación de la población.

Un ejemplo:

Buenos días le agradecemos de antemano por su colaboración, le indicamos que todos los datos que nos proporcionará serán mantenidos con la reserva del caso. Gracias por su gentileza, su opinión es muy importante para nosotros. Comencemos con algunas preguntas sobre su residencia.

ENCUESTA

1. Edad:
18-30 ()
31-40 ()
41-50 ()
51-60 ()
2. Estado civil:
Soltero () Casado () Divorciado () Viudo () Unión libre ()
3. Sus ingresos mensuales en dólares son.....
292 a 400 () 401 a 600 () 601 a 800 () Más de 800 ()
4. ¿Usted tiene vivienda propia?
Si () No ()
5. Estaría interesado en adquirir una vivienda de bajo costo:
Si () No ()
Si contesto que no, gracias por su colaboración.
6. ¿Usted vive?
Arrendando () Con familiares ()
7. ¿Cuál sería la prioridad en la intención de compra?
Casa () Auto () Otros _____
8. ¿Posee terreno o un espacio como una terraza en donde se pueda construir su vivienda?

Si () No ()

9. Al momento de adquirir la vivienda su preferencia es:

Modelo y acabados ()

Compra con modelos establecidos ()

10. Conoce usted sobre un nuevo sistema prefabricado de construcción existente y que cuenta con la certificación Nacional; o de algún otro tipo de sistema de construcción:

SI () NO ()

11. ¿Qué es más importante para usted en una vivienda?

Califique por favor las siguientes características de la vivienda del 1 al 4, en función de la importancia que usted les da a las mismas, 1 significa que esa característica es muy importante para usted y 4 que es la menos importante.

Acabados () Garantía () Precio () Comodidad () Seguridad ()

Ahora le voy a presentar un nuevo sistema construcción que queremos lanzar al mercado, puede ir desde los 40 m² a un costo 19 mil soles. Que incluye según previsto el modelo:

Modelo de la vivienda típica para una familia. Elaborado en Revit.

Presupuesto de la vivienda: S/ 19 197.86 soles.

12. Cuando observó nuestro modelo, ¿qué fue lo primero que se vino a la mente?

a) Por su precio me pareció una buena opción. Quisiera comprarlo. ()

b) La casa es interesante, pero.... Quisiera conocer más acerca de esta. ()

c) No me gusto, No le veo nada interesante. ()

13) ¿Si seleccionó las respuestas “b” o “c” en la pregunta anterior, Por qué? -----

14) ¿Considerando que este nuevo sistema de construcción que es prefabricado de paneles de quinchá, sísmo resistente y económico, usted sigue prefiriendo el sistema tradicional con bloque o ladrillo?

SI ()

NO ()

Quisiera más información del sistema para poder elegir. ()

15) ¿Si éste producto estuviera a la venta usted que haría?

Definitivamente lo compraría. ()

Probablemente lo compraría. ()

Probablemente no lo compraría. ()

Definitivamente no lo compraría. ()