

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



DISEÑO EN ADOBE DE GRANJA ECOLÓGICA EN CUSCO

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el bachiller:

Yubitza Roxana Reyes Obando

ASESOR: Daniel Quiun Wong

Lima, enero del 2016

RESUMEN

El presente proyecto trata el diseño estructural del anteproyecto de una granja ecológica en una comunidad rural llamada Huyro, distrito de Huayopata, provincia de La Convención, en la región de Cusco. Dicho anteproyecto fue concebido por el Grupo de Apoyo al Sector Rural de la PUCP con el objetivo de proporcionar un lugar dedicado a la difusión de tecnologías limpias y el desarrollo sostenible de la comunidad. El diseño a realizar será básicamente de las oficinas administrativas y el área de servicios de la granja.

El diseño estructural estará constituido por edificaciones de adobe de un solo piso. Las estructuras están conformadas por la cimentación de concreto ciclópeo, los muros de adobe reforzados con malla electrosoldada y los techos de madera a dos aguas. De acuerdo a las características de la localidad se le proporcionará a la edificación protección para lluvias y posibles inundaciones.

Primero, se presenta una descripción de la situación actual de la comunidad de Huyro, ya que es importante conocer las condiciones de la localidad donde se construirá la edificación. Se incluye información de la geografía y topografía del lugar que servirá para determinar las características de la cimentación. Asimismo, se incluyen características del clima como la temperatura, vientos y precipitaciones, las cuales pueden ser factores influyentes en los materiales y refuerzos a utilizar.

Posteriormente, se presenta el diseño de la edificación en donde se tomarán en cuenta las viviendas existentes de la localidad y la disponibilidad de materiales en la misma. Luego se detallan las especificaciones de la cimentación, de los muros de adobe reforzado y de los techos de madera y bambú. Se deben cumplir con lo establecido en la Norma Técnica Peruana de Madera E.010, de Cargas E.020, de Diseño Sismorresistente E.030, de Adobe E.080 y de Bambú E.100. Además, se elaborarán los planos respectivos a los elementos estructurales de la edificación.

Finalmente, se incluye un listado de recursos referenciales y un presupuesto básico de la edificación con información de precios de insumos acorde a la demanda en la zona.

FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA



PUCP

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : Diseño en Adobe de Granja Ecológica en Cusco
 Área : Estructuras
 Asesor : Ing. Daniel Quiun Wong
 Alumno : YUBITZA ROXANA REYES OBANDO
 Código : 2008.4527.412
 Tema N° : # 378
 Fecha : 28 de setiembre del 2015



El proyecto trata sobre el diseño de las edificaciones del anteproyecto de una granja ecológica en un poblado rural del departamento del Cusco. Las edificaciones son de un piso, y su estructura será con muros de adobe reforzado y los techos serán de madera y bambú.

El anteproyecto ha sido proporcionado por el Grupo de apoyo al sector rural. Consiste de cinco edificaciones de planta rectangular, de las cuales se debe diseñar las tres más representativas.

La alumna investigará las características de la localidad para definir los materiales y las cargas que deberá incluir en el análisis y diseño estructural. El diseño de los muros será con la Norma E.080-Adobe, y los refuerzos sísmicos serán con mallas de alambre siguiendo la propuesta de diseño preparada por el profesor A. San Bartolomé. Los techos serán a base de madera y de bambú, y su diseño seguirá las indicaciones de las Normas E.010-Madera y E.100-Bambú.

Al final del proyecto, se hará el metrado y costo de la construcción, con los acabados mínimos que corresponden a una granja.

NOTA
Extensión máxima: 100 páginas.

Daniel Quiun Wong

[Signature]

[Signature]
02/09/2015

[Signature]



ÍNDICE

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES	1
1.1. Objetivos	1
1.2. Alcances	1
1.3. Metodología	1
1.4. Antecedentes	2
CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DE LA LOCALIDAD	6
2.1. Ubicación geográfica	6
2.2. Población y vivienda	8
2.2.1. Población total en el distrito de Huayopata	9
2.2.2. Material predominante en las paredes exteriores de las viviendas en el distrito de Huayopata	10
2.3. Características del suelo	10
2.4. Características climatológicas	11
2.4.1. Clima	11
2.4.2. Precipitación	12
2.4.3. Temperatura	12
2.4.4. Zonas de vida	12
2.5. Transporte y vías de acceso	13
2.6. Demanda y producción de madera	14
2.6.1. Madera	14
2.6.2. Bambú	16
CAPÍTULO 3. DISEÑO ESTRUCTURAL	17
3.1. Características generales	17
3.2. Modulación de la estructura	18
3.2.1. Módulo 1	18
3.2.2. Módulo 2	20
3.2.3. Módulo 3	22
3.2.4. Módulo 4	24
3.2.5. Módulo 5	25
3.3. Cargas que intervienen en la edificación	27

3.3.1. Carga muerta (CM)	27
3.3.2. Cara viva (CV)	27
3.3.3. Carga de sismo (CS)	27
3.3.4. Carga de viento (V)	29
3.4. Especificaciones estructurales	32
3.4.1. Cimentación	32
3.4.2. Sobrecimiento	32
3.4.3. Muros de adobe	32
3.4.4. Techo de madera	37
3.4.4.1. Viga collar	39
3.4.4.2. Tijeral	40
3.4.4.3. Viguetas	41
3.4.4.4. Cobertura del techo	42

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LOS MODULOS DE LA GRANJA

ECOLÓGICA	43
4.1. Módulo 1	43
4.1.1. Metrado de cargas	43
4.1.2. Verificación por corte de muros	45
4.1.3. Diseño del refuerzo de muros	45
4.1.4. Diseño del techo	47
4.2. Módulos 4 y 5	53
4.2.1. Metrado de cargas	53
4.2.2. Verificación por corte de muros	54
4.2.3. Diseño del refuerzo de muros	55
4.2.4. Diseño del techo	58
4.3. Módulos 2 y 3	61
4.3.1. Resultados módulo 2	61
4.3.2. Resultados módulo 3	63

CAPÍTULO 5. PRESUPUESTO BÁSICO

5.1. Metrados	66
5.2. Análisis de precios unitarios	66
5.3. Presupuesto	67

CAPÍTULO 6. RESUMEN Y CONCLUSIONES 71

BIBLIOGRAFÍA 73

LISTADO DE FIGURAS

- 2.1. Ubicación de Huyro en la Región Cuzco
- 2.2. Croquis inicial de la Granja Ecológica
- 2.3. Adaptación de croquis inicial de la Granja Ecológica
- 2.4. Zonas de Vida del Distrito de Huayopata
- 2.5. Mapa Vial del distrito de Huayopata
- 3.1. Planta de Módulo 1
- 3.2. Elevación Módulo 1
- 3.3. Emplantillado de hilada impar (izquierda) y par (derecha) Módulo 1
- 3.4. Planta de Módulo 2
- 3.5. Elevación Módulo 2
- 3.6. Emplantillado de hilada impar (izquierda) y par (derecha) Módulo 2
- 3.7. Planta de Módulo 3
- 3.8. Elevación Módulo 3
- 3.9. Emplantillado de hilada impar (arriba) y par (abajo) Módulo 3
- 3.10. Planta de Módulo 4
- 3.11. Planta de Módulo 5
- 3.12. Elevación Módulos 4 y 5
- 3.13. Emplantillado de hilada impar (izquierda) y par (derecha) Módulo 5
- 3.14. Zonas Sísmicas del Perú
- 3.15. Mapa Eólico del Perú
- 3.16. Disposición de las mallas esquineras internas
- 3.17. Disposición de las mallas esquineras externas
- 3.18. Esquema de análisis en un muro doblemente articulado (Módulo 1)
- 3.19. Disposición de las mallas longitudinales respecto de las esquineras
- 3.20. Esquema de análisis del momento flector en zona central de un muro (Módulo 1)
- 3.21. Planta de disposición de la viga collar sobre los muros (Módulo 1)
- 3.22. Elevación de tijeral de caña de 4" (Módulo 1)

- 3.23. Tipos de unión entre piezas de bambú
- 4.1. Área de corte para verificar cortante sísmico en un muro
- 4.2. Mallas esquineras en el Módulo 1
- 4.3. Mallas longitudinales en el Módulo 1
- 4.4. Aplicación de la Combinación 1 de cargas en el techo del módulo 1
- 4.5. Vista en planta del techo del módulo 1
- 4.6. Resultados del análisis del techo del Módulo 1 con la Combinación 1 en el programa SAP 2000
- 4.7. Aplicación de la Combinación 2 de cargas en el techo del módulo 1
- 4.8. Resultados del análisis del techo del Módulo 1 con la Combinación 2 en el programa SAP 2000
- 4.9. Resultados del análisis del techo en programa SAP 2000 sin considerar correas transversales
- 4.10. Mallas esquineras en los módulos 4 y 5
- 4.11. Mallas longitudinales en los módulos 4 y 5
- 4.12. Sección transversal del tijeral de los módulos 4 y 5
- 4.13. Vista en planta del techo del Módulo 4
- 4.14. Resultados del análisis del techo del Módulo 4 con la Combinación 1 en el programa SAP 2000
- 4.15. Aplicación de la Combinación 2 de cargas en el techo del Módulo 4
- 4.16. Resultados del análisis del techo del Módulo 4 con la Combinación 2 en el programa SAP 2000
- 4.17. Refuerzo vertical obtenido en encuentro de muros del módulo 2
- 4.18. Refuerzo horizontal obtenido para los muros del módulo 2
- 4.19. Tijerales y viguetas de caña Guayaquil (4") del módulo 2
- 4.20. Refuerzo vertical obtenido en encuentro de muros del módulo 3
- 4.21. Refuerzo horizontal obtenido para los muros del módulo 3
- 4.22. Tijerales y viguetas de caña Guayaquil (4") del techo del módulo 3
- 5.1. Incidencia en el costo por partidas

LISTADO DE TABLAS

- 2.1. Cuadro de áreas de los módulos de la edificación
- 2.2. Población total por área urbana y rural, sexo y edades
- 2.3. Material predominante en las viviendas

- 2.4. Características climáticas
- 2.5. Tabla de Demanda Total por Especie y Rango de Precios
- 2.6. Madera aserrada larga comercial- Puerto Maldonado Enero 2015
- 2.7. Precio de Flete por Pie Tablar - Junio 2010
- 3.1. Pesos Unitarios de Materiales de Construcción
- 3.2. Factores de Forma (C) para Carga Exterior de Viento
- 3.3. Valores del Coeficiente de Momentos “m” y Dimensión Crítica “a”
- 3.4. Densidad básica, módulo de elasticidad y esfuerzos admisibles de la madera del grupo “C”
- 3.5. Módulo de elasticidad y esfuerzos admisibles de bambú
- 4.1. Clasificación de montantes de los tijerales del módulo 1
- 4.2. Clasificación de montantes de los tijerales de los módulos 4 y 5
- 5.1. Costo promedio por módulo
- 5.2. Listado de Recursos
- 5.3. Presupuesto por partidas

ANEXOS

ANEXO 1: PLANOS

- Anexo 1A: Cimentación
- Anexo 1B: Planta Arquitectura
- Anexo 1C: Emplantillado de Adobes
- Anexo 1D: Módulo 1- Refuerzo en Muros
- Anexo 1E: Módulo 1- Techo
- Anexo 1F: Módulo 2- Refuerzo en Muros
- Anexo 1G: Módulo 2- Techo
- Anexo 1H: Módulo 3- Refuerzo en Muros
- Anexo 1I: Módulo 3- Techo
- Anexo 1J: Módulo 4- Refuerzo en Muros
- Anexo 1K: Módulo 4- Techo

ANEXO 2: METRADOS POR PARTIDAS

ANEXO 3: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

En este primer capítulo, se identifican y establecen los objetivos y alcances principales del proyecto. Asimismo, se detalla la metodología que se empleará para realizar el diseño en adobe basada en investigaciones y en construcciones anteriormente ejecutadas en el Perú.

1.1. Objetivos

- Realizar el diseño estructural de edificaciones de adobe del anteproyecto: “Granja Ecológica Huyro” perteneciente al Grupo de Apoyo al Sector Rural de la PUCP.
- Cumplir con los requerimientos estipulados en la Norma Técnica Peruana de Madera E.010, de Cargas E.020, de Diseño Sismorresistente E.030, de Adobe E.080 y de Bambú E.100. Para el caso de concreto ciclópeo de la cimentación, se usará la Norma de Concreto E.060.
- Utilizar en el diseño de la estructura materiales que estén acorde a la realidad de la oferta de materiales de construcción de la zona.

1.2. Alcances

- Elaboración de los planos estructurales:
 - Cimentación de concreto ciclópeo
 - Muros de adobe reforzados con malla electrosoldada
 - Techos de madera y bambú a dos aguas
- Elaboración del metrado, análisis de precios unitarios y presupuesto básico de la edificación.

1.3. Metodología

Primero se necesita el dibujo o esbozo de lo que será el plano arquitectónico de la granja ecológica a diseñar. Los planos de plantas y cortes de arquitectura que se elaboren estarán basados en el croquis brindado por el

Grupo de Apoyo PUCP. Es importante señalar que dichos planos sirven como referencia para tener las dimensiones de los muros de adobe y de sus respectivos refuerzos.

Para definir la cimentación, la dosificación del concreto ciclópeo se realizará utilizando lo estipulado por la Norma de Concreto. Asimismo, para determinar las características y dimensiones de los elementos estructurales de la edificación (cimentación, muros y techos) se utilizarán las normas técnicas de Cargas, Adobe, Madera y Diseño Sismorresistente vigentes. De igual modo, proyectos de edificaciones en adobe anteriores serán utilizados como guías para obtener un diseño adecuado.

Por otro lado, para elegir el tipo de refuerzo de los muros de adobe, inicialmente, se pensó realizar una comparación entre el uso de malla electrosoldada y el uso de geomalla; sin embargo, el precio de la geomalla es mayor y ésta es más difícil de conseguir que la malla electrosoldada en la zona del proyecto.

Los techos seguirán la tipología de las viviendas existentes en zonas cercanas y se utilizará el tipo de madera que se comercializa en la localidad.

La información necesaria para evaluar las viviendas existentes será proveniente, básicamente, de contactos de la zona. En este caso, el Ing. Miguel Hadzich, director del Grupo de Apoyo al Sector Rural PUCP quien realiza viajes periódicos a la localidad, será el que me proporcione dicha información.

La bibliografía para el diseño estructural será en su mayoría diseños anteriores en zonas similares, ya que en los últimos años se han realizado ensayos importantes para mejorar las construcciones en adobe y su comportamiento sísmico y ante inundaciones.

Por otro lado, los precios utilizados para la elaboración del presupuesto se obtuvieron de revistas peruanas orientadas al tema y de la oferta en algunos centros comerciales.

1.4. Antecedentes

En el Perú se han llevado a cabo algunos proyectos ecológicos de infraestructura y otros están por realizarse. En el 2008, el GRUPO de Apoyo al Sector Rural de la PUCP innovó en el diseño y construcción en adobe de un modelo de vivienda saludable y amigable con el medio ambiente, al cual se le denominó como Casa Ecológica Andina. La primera vivienda se realizó en el Cusco con el objetivo de brindar mejores condiciones de vida a los pobladores de esa localidad. Además, se buscará replicarla en otros lugares similares, de tal manera que los pobladores puedan gozar de un hogar que resista las condiciones ambientales y que cuente con diferentes tecnologías ecológicas (GRUPO 2008).

Por otro lado, en el 2012, el gobierno regional de Puno anunció que se entregaría al presidente de la República un proyecto de viviendas ecológicas de muros de adobe. El objetivo principal de dicho proyecto fue brindar a la población y a su ganado protección de las heladas a través del uso eficiente de la energía solar (Perú 21 2012). En el mismo año, el GRUPO también logró implementar el proyecto "Koñichuyawasi: Casa Caliente Limpia" dirigido a la población rural de zonas alto andinas del Perú. Este se caracterizó por contar con las denominadas paredes calientes, cocinas mejoradas y sistemas de aislamientos para techos (GRUPO 2012).

Los proyectos mencionados anteriormente fueron promovidos tanto por el sector privado como por el estado. Tienen como finalidad beneficiar a los pobladores de las zonas más vulnerables de la sierra de nuestro país, como también intentan concientizar a dichos ciudadanos que se puede enfrentar las condiciones climáticas adversas y al mismo tiempo proteger al medio ambiente. De igual modo, un objetivo indirecto de estos proyectos es que

puedan ser replicados por vecinos cercanos y por otras comunidades con condiciones similares.

Naturalmente, la implementación y desarrollo de estos proyectos ecológicos estuvieron acompañados de la investigación y posterior creación de normativas que rijan los métodos de construcción adecuados para obtener estructuras de adobe seguras y confortables. Contamos con la Norma técnica E.080 de Adobe, cuyo alcance desarrolla lo relacionado al adobe simple o estabilizado como elemento de construcción de albañilería. Además, incluye lo referente a sus características, comportamiento sísmico y diseño de construcciones de adobe (SENCICO 2006: 4).

En nuestro país, son pocos los proyectos destinados a la defensa y protección del medio ambiente. Los motivos son los pocos recursos económicos que se cuentan para desarrollarlos, por la falta de cultura ecológica, porque no hay cultura de prevención sino solo de solución, o simplemente porque se piensa que los impactos no son importantes. Sin embargo, ello no significa que no puedan llevarse a cabo.

Por otra parte, se realizaron diversas publicaciones académicas concernientes a las estructuras de adobe y su comportamiento, las cuales se mencionarán a continuación. En el 2007, luego del terremoto de Pisco, los ingenieros civiles Julio Vargas, Daniel Torrealva y Marcial Blondet (profesores PUCP) elaboraron un libro en el que detallan los pasos necesarios para construir, de manera adecuada, una vivienda de adobe reforzada con geomallas de plástico. Este texto se titula "Construcción de Casas Saludables y Sismorresistentes de Adobe Reforzado con Geomallas. Zona de la Sierra" y utiliza términos sencillos, por lo que está dirigido al público en general. Explica detalladamente cuales son los suelos sobre los que se puede construir y los suelos sobre los que no, como se fabrican las unidades de adobe, como se fabrica la cimentación de la casa, como construir y reforzar los muros, vigas y techos (2007: 7-39).

En ese mismo año, se publicó un documento relacionado al comportamiento sísmico de una estructura de adobe confinado de dos pisos, realizado por el profesor PUCP Ángel San Bartolomé y Ericka Delgado, ingeniera civil PUCP quien hizo su tesis de esta investigación. Este trabajo fue desarrollado para viviendas en la Sierra del Perú, donde la mayoría de viviendas carecen de refuerzo (2007: 1-11). Sin lugar a dudas, son claros ejemplos de cómo han aumentado las herramientas para tener mejores y más resistentes construcciones de adobe en el Perú.

En el 2014, los ingenieros Ángel San Bartolomé y Daniel Quiun elaboraron un documento que plantea el diseño teórico de muros de adobe reforzados con malla electrosoldada que permita un buen comportamiento ante eventos sísmicos. Las pruebas experimentales se realizaron en viviendas existentes que mostraron comportamientos óptimos ante los terremotos ocurridos en el Perú en el 2001 y 2007.

Se han mencionado varios ejemplos de proyectos emprendedores e innovadores que se han realizado con gran éxito y beneficiaron a muchas comunidades. Asimismo, se cuenta con las normas e investigaciones necesarias para desarrollar dichos proyectos, las cuales se basan en hechos pasados y sobretodo en fundamentos teóricos. Por esto, es posible pensar que la investigación en construcciones con adobe resistentes siga progresando y que el número de proyectos ecológicos ejecutados aumente. En realidad, es una tarea que depende tanto de los pobladores que serán beneficiados como del interés que los profesionales atribuyan.

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS DE LA LOCALIDAD

Para poder realizar un adecuado diseño de la estructura, se deben conocer las características que definen a la zona a realizarse el proyecto. Algunos parámetros como las características del suelo o la frecuencia de precipitaciones, son indispensables en la elaboración del diseño en adobe.

2.1. Ubicación geográfica

El poblado de Huyro pertenece al distrito de Huayopata, el cual se ubica al Sur Este de la provincia de La Convención, región Cuzco (Figura 2.1).



Figura 2.1. Ubicación de Huyro en la Región Cuzco

Fuente: Google Maps

Se encuentra a 37 km de la ciudad de Quillabamba, capital de la provincia de La Convención. Huyro se encuentra situado a 1660 m.s.n.m. Sus coordenadas geográficas son el Paralelo 13°00'36.46" de latitud sur y el

Meridiano $72^{\circ}33'52.82''$ longitud oeste. El distrito de Huayopata corresponde a una zona de amortiguamiento, ya que es un espacio adyacente o inmediato al límite de un área natural protegida, que en este caso es el Santuario Histórico de Machu Picchu. La zona del proyecto se encuentra rodeada por las cuencas de los ríos Amaybamba, Huayopata y Lucumayo.

El poblado de Huyro es del tipo rural. La granja ecológica ha sido concebida por el GRUPO de Apoyo al Sector Rural de la PUCP. La figura 2.2 muestra la distribución en planta de las edificaciones que conforman el área administrativa de la granja.



Figura 2.2. Croquis inicial de la Granja Ecológica.

Fuente: GRUPO 2011

Las edificaciones de adobe que se proyectan se han dividido en ambientes o módulos de modo que cada uno tenga muros en ambas direcciones. Por la disposición arquitectónica indicada en la imagen anterior, se ha procedido a separar las edificaciones en cinco estructuras independientes que se muestran en la figura 2.3. El área techada resultante de cada módulo es como se indica en la tabla 2.1

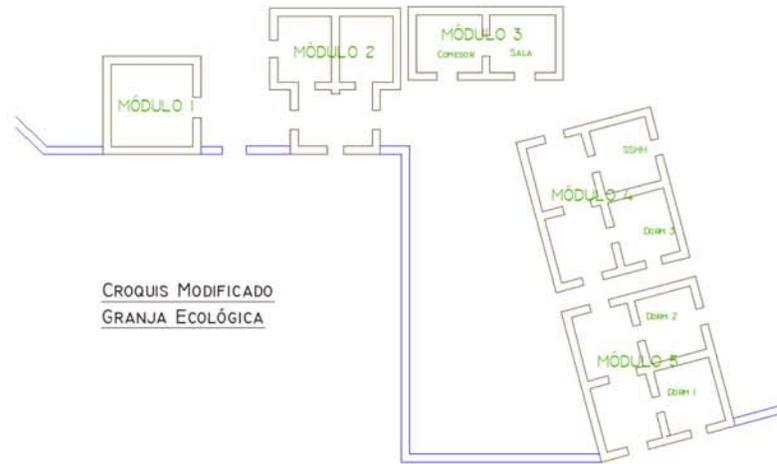


Figura 2.3. Adaptación de croquis inicial de la Granja Ecológica (adaptación de Yubitza Reyes Obando)

Tabla 2.1. Cuadro de áreas de los módulos de la edificación

Módulo N°	Área Construida (m ²)	Área Techada (m ²)
1	20.3	23.9
2	41.4	48.1
3	28.7	32.0
4	54.1	60.5
5	54.1	60.5
Total	198.7	225.0

2.2. Población y vivienda

En el 2007, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI 2010) realizó el Censo Nacional a nivel nacional, departamental, provincial, distrital y de centros poblados urbanos y rurales del Perú. La información utilizada es la relacionada a la población y vivienda, ya que es necesario conocer el estado general de la región y las características de las viviendas en la misma. A continuación se presenta la descripción y cifras de la población total y el material predominante en las viviendas en el distrito de Huayopata, en el cual se encuentra el poblado de Huyro.

El distrito de Huayopata presenta altos niveles de pobreza y baja calidad de vida en la población. El 31.3% de la población vive en situación de pobreza y extrema pobreza. Las familias están formadas por cuatro miembros en promedio y los ingresos en las mismas son muy bajos.

2.2.1. Población total en el distrito de Huayopata

De acuerdo con las estadísticas del INEI, en el censo antes mencionado, para la población total por área urbana y rural, hasta el 2007, el distrito de Huayopata tenía una población de 5772 habitantes, de los cuales 2379 (41.2%) pertenecen al sector urbano y 3393 (58.8%) al rural. La comunidad de Huyro pertenece a este último sector.

2.2.2. Material predominante en las paredes exteriores de las viviendas en el distrito de Huayopata

Según el INEI, el material predominante en las viviendas es el adobe o tapial, ya que de las 1676 viviendas particulares existentes 1396 son de adobe, lo cual representa el 83.3%. En menor porcentaje se utilizan el ladrillo o bloque de cemento (10.1%), la madera (3.9%), la piedra con barro y la quincha (2.6%).

2.3. Características del suelo:

Para realizar el diseño de la cimentación es necesario conocer las características principales del suelo de la localidad. Dicha información se obtiene por medio de ensayos técnicos in situ. Debido a que no se cuentan con los datos del suelo en el lugar de este proyecto, se utilizará información recolectada por proyectos aledaños a la zona. En este caso, se trata de dos proyectos de infraestructura ubicados en la carretera Cusco – Quillabamba, cuya información técnica fue elaborada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través del Consorcio Quillabamba, para su construcción (MTC 2013).

Puente Huayopata:

Se ubicará en el km 114+005.8, distrito de Huayopata.

Las muestras obtenidas en el margen izquierdo mostraron limo con grava y cantos rodados subredondeados de 0.1- 0.2m de diámetro. En el margen derecho, arcilla limosa con grava y cantos rodados de 0.2-0.3m de diámetro.

La resistencia promedio del terreno es de 2.28 Kg/cm². (MTC 2013a: 2)

Puente Huyro:

Se ubicará en el km 108+341, distrito de Huayopata.

El puente se localizará sobre depósitos aluviales conformados por bolonería y cantos rodados. Mientras que en el margen izquierdo los ensayos de laboratorio de las muestras clasificaron al suelo como una arena limosa pobremente graduada, en el derecho se obtuvo arena arcillosa con grava. La resistencia promedio del terreno es de 2.91 Kg/cm² (MTC 2013b: 2). De acuerdo a la Norma E.030 Sismorresistente, el perfil del suelo corresponde al tipo S2 o suelo intermedio.

2.4. Características climatológicas:

Siendo la agricultura una actividad predominante en la zona, el Gobierno Regional del Cuzco elaboró un plan de acción para promover el turismo en Huayopata e incluyó de manera general la información que se muestra a continuación.

2.4.1. Clima:

El distrito de Huayopata posee diversos pisos ecológicos con microclimas que permiten el desarrollo de la agricultura, sobretodo la producción de té y café. Los diferentes climas se presentan de la siguiente manera: entre los meses de Noviembre a Marzo, posee un clima templado-lluvioso, mientras que entre Abril y Noviembre, el clima es cálido-seco.

2.4.2. Precipitación:

El rango está comprendido de 1000 a 1600 mm. Las precipitaciones más intensas se registran entre los meses de Octubre a Marzo (125 mm como promedio mensual). Por otro lado, los meses más secos son Julio y Agosto con una precipitación promedio mensual de 35 mm.

2.4.3. Temperatura:

El distrito de Huayopata tiene una temperatura promedio que varía entre 15°C y 24°C.

2.4.4. Zonas de vida:

Según la información presentada por el Gobierno Regional de Cusco, Huayopata presenta 8 zonas de vida, las cuales cuentan con diferentes características climatológicas cada una.



Figura 2.4. Zonas de Vida del Distrito de Huayopata
Fuente: Gobierno Regional del Cusco, 2012

En la figura 2.4., según la ubicación del poblado de Huyro la granja ecológica estaría situada aproximadamente en las zonas de vida denominadas como bosque muy húmedo y bosque húmedo.

Las principales características climáticas de las zonas de vida en las que se ubica la localidad de Huyro se muestran en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Características climáticas.

Fuente: Gobierno Regional del Cusco.

Zonas de Vida	Altitud		Precipitación		Temperatura	
	Máxima	Minima	Máxima	Minima	Máxima	Minima
Bosque seco subtropical (transición a bosque húmedo subtropical)	2,000	1,000	1,000	500	24	18
Bosque húmedo subtropical	2,000	500	2,000	1,000	24	18
Bosque húmedo montano bajo subtropical	3,000	1,800	2,000	1,000	18	12
Bosque muy húmedo montano bajo subtropical	3,200	1,900	4,000	2,000	18	12
Bosque pluvial montano subtropical	3,800	2,500	8,000	4,000	12	6
Páramo pluvial sub-andino subtropical	4,500	3,900	4,000	2,000	6	3
Tundra pluvial andino subtropical	5,000	4,300	1,000	500	3	- 15
Nieves no perpetuas subtropicales	> 5,000	4,800	1,000	500	0	- 15

2.5. Transporte y vías de acceso

La carretera de penetración troncal Cusco-Quillabamba es la principal vía de acceso hasta el distrito de Huyro. Asimismo, se atraviesan localidades importantes como Urubamba y Ollantaytambo. Esta carretera está a cargo de PROVIAS NACIONAL y se encuentra incluida en el inventario del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Por otro lado, el 94% de sectores cuentan con acceso por medio de carreteras y trochas con poco mantenimiento (GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO 2012: 3).

En la figura 2.5, se presenta un Mapa Vial de la zona en el cual se observa la infraestructura cercana a la localidad de Huyro, como poblados, puentes, aeródromos, además de cerros y plantaciones. Se visualiza la existencia de diferentes vías de acceso pertenecientes a la Red Vial Nacional.



Figura 2.5. Mapa Vial del distrito de Huayopata.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013

2.6. Demanda y Producción de Madera

2.6.1. Madera

Es necesario incluir información de la industria maderera en la zona o cerca de ella, ya que dicho material se utilizará en el diseño del techo a dos aguas de la granja ecológica.

En la región Cusco se estimó la demanda en 1144000 p/t (pies tablares) de madera por mes. Los productos con mayor demanda son: madera aserrada, cuartoneada de 4" de espesor y parquet machimbrado para pisos. Las especies más utilizadas son el tornillo (águano), catahua, copaiba, cedro,

ishpingo y pashaco. Los precios por pie tablar varían de acuerdo a la especie, el comprador y el flete hasta la ciudad de destino. En la tabla 2.5 se muestra las especies de madera demandada y los precios referenciales.

Tabla 2.5. Tabla de Demanda Total por Especie y Rango de Precios

Fuente: WWF-Perú

	Cusco
Especies con mayor demanda	Tornillo, Catahua, Copaiba, Pashaco, Cedro e Ishpingo.
Pies tablares requeridos / mes	1, 144,000 pt
Empresas contactadas y visitadas	14
Precios referenciales (soles por pie tablar)	<p>Tornillo: < S/. 2.20 - 2.30 ></p> <p>Catahua: < S/. 1.20 - 1.30 ></p> <p>Copaiba: < S/. 1.30 - 1.40 ></p> <p>Pashaco: < S/. 1.20 - 1.30 ></p> <p>Cumala: < S/. 1.30 - 1.40 ></p> <p>Lagarto: < S/. 1.40 - 1.55 ></p>

El principal eje de abastecimiento para la demanda de madera en el distrito de Huayopata, y en general en Cusco, es el departamento de Madre de Dios. Es por esto que es importante incluir los costos de madera de este último departamento, así como los de transporte a la zona.

Según lo reportado por la Cámara Nacional Forestal los precios de madera, con corte a enero del 2015, son los mostrados en la tabla 2.6, mientras que los fletes se tienen en la tabla 2.7.

Tabla 2.6. Madera aserrada larga comercial- Puerto Maldonado Enero 2015

Fuente: Cámara Nacional Forestal

Madera aserrada larga comercial - Puerto Maldonado, enero 2015		
Especie	Nombre científico	Precio* (S././pt)
Ana caspi	<i>Apuleia molaris</i>	3,00
Azúcar huayo	<i>Hymenaea sp.</i>	2,50 - 3,00
Cedro	<i>Cedrela sp.</i>	5,00
Estoraque	<i>Myroxylon balsamum</i>	6,00
Ishpingo	<i>Amburana cearensis</i>	3,50 - 4,00
Quinilla	<i>Manilkara bidentata</i>	3,00 - 3,50
Shihuahuaco	<i>Dipteryx sp.</i>	5,10 - 5,20
Tornillo	<i>Cedrelina cateniformis</i>	3,50

*No incluye IGV

Tabla 2.7. Precio de Flete por Pie Tablar - Junio 2010

Fuente: Cámara Nacional Forestal

Flete - junio 2010		
Origen/Destino	Producto	Precio *(S./ / pt)
Juliaca – Puno	Madera aserrada	0.20
Puerto Maldonado – Cusco	Madera aserrada	0.70 - 0.90
Puerto Maldonado – Moquegua	Madera aserrada	0.70 - 0.80
Puerto Maldonado – Puno	Madera aserrada	0.65 - 0.80
Puerto Maldonado – Tacna	Madera aserrada	0.60 - 0.90

*No Incluye IGV

2.6.2. Bambú

Según la Norma E.100 de Bambú, en el Perú la especie nativa es la Guadua Angustifolia o también llamada caña Guayaquil y en la Amazonía se le encuentra formando bosques naturales.

A la fecha no se tiene un inventario o control exacto de la producción de caña por provincias en el Perú, pero por diferentes textos desarrollados para la construcción de viviendas de adobe, este material es comúnmente utilizado por sus propiedades físicas y mecánicas.

CAPÍTULO 3

DISEÑO ESTRUCTURAL

La Norma Técnica E.080 de Adobe (SENCICO 2006) desarrolla las características, comportamiento y diseño necesarios para la construcción de albañilería con adobe. Estos requerimientos serán mencionados a continuación y determinarán el diseño estructural de las edificaciones de la granja ecológica.

3.1. Características Generales

El proyecto pertenece a la zona sísmica 2, por lo que la estructura podría tener dos pisos, sin embargo, se considerará un solo piso debido a que los documentos de referencia citados a lo largo de este texto se han basado en investigaciones efectuadas para viviendas de adobe de una sola planta.

El tipo de refuerzo que se realizará será el de tipo exterior en muros utilizando malla electrosoldada, con la cual se simularán vigas y columnas estructurales. La zona en donde se ubicará la edificación es propensa a inundaciones debido a las intensas precipitaciones, por ello el diseño tendrá protección contra inundaciones.

Unidad o bloque de adobe:

La construcción de la granja se realizará de bloques de adobe simple, es decir, unidades macizas de tierra sin cocer que pueden contener paja u otro material influyente en la estabilidad de las mismas (NT E.080 2006:4). Cada bloque debe evitar contener suelo orgánico y debe estar constituido aproximadamente por 10-20% de arcilla, 15-25% de limo y 55-70% de arena.

En cuanto a las dimensiones de los bloques, la norma indica que los adobes podrán ser de planta cuadrada y en lo posible la altura debe ser mayor a 8cm. La dimensión de cada bloque será 0.40 m de largo, 0.40m de ancho y 0.10 m de alto.

En la elaboración de los bloques de adobe se recomienda remojar y mantener en reposo húmedo el suelo durante 24 horas. Las unidades deben dejarse secar bajo sombra. Las juntas tendrán espesores de 0.01m y serán del tipo II formadas por tierra, paja y agua.

3.2. Modulaci3n de la estructura

Las medidas de cada m3dulo se definen en base a la disposici3n o emplentillado de los adobes y al cumplimiento de las indicaciones establecidas en la Norma de Adobe sobre el adecuado dimensionamiento en muros de adobe (NT E.080 2006:10-13).

A continuaci3n, se muestran las dimensiones y la disposici3n de los adobes para cada uno de los cinco m3dulos de la estructura, as3 como la ubicaci3n de sus vanos correspondientes. Para ello se han tomado algunas recomendaciones del Manual de Construcci3n con Adobe Reforzado con Geomallas (Blondet 2010:58).

Para este proyecto, la construcci3n de los muros se iniciar3 con los modelos de emplentillado de hilada impar y luego se intercalar3 con el de hilada par.

3.2.1. M3dulo 1

- Altura del muro de adobe: $h \leq 6e=2.40m \rightarrow h=2.09m$
- Longitud de muro (entre paredes transversales): $L \leq 10e=4m \rightarrow L=4.1m$
- Ancho de puerta (P-01 en figura 3.1): $a \leq L/3=1.36m \rightarrow a=1.03m$
- Muros adyacentes al vano: $3e \leq b \leq 5e$
 - Desde eje B2 $\rightarrow 1.20m \leq b_1=1.44m \leq 2m$
 - Desde eje B5 $\rightarrow 1.20m \leq b_2=1.64m \leq 2m$

Tomando en cuenta las consideraciones de la Norma de Adobe antes indicadas se obtuvieron las dimensiones de los muros del m3dulo 1 las cuales se muestran en las figuras 3.1 y 3.2.

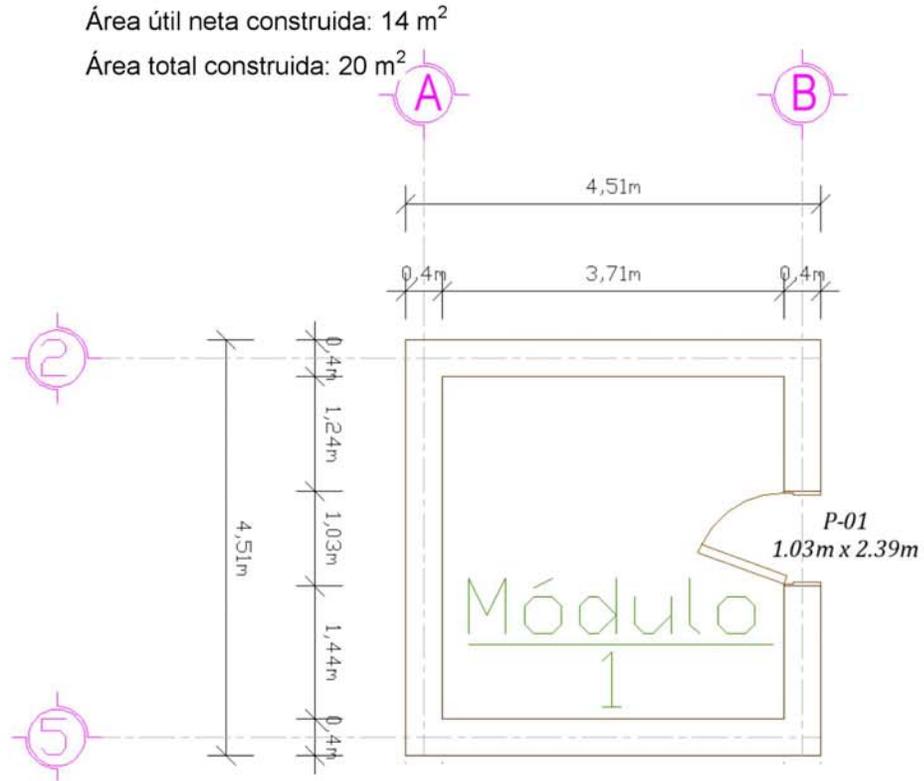


Figura 3.1. Planta de Módulo 1

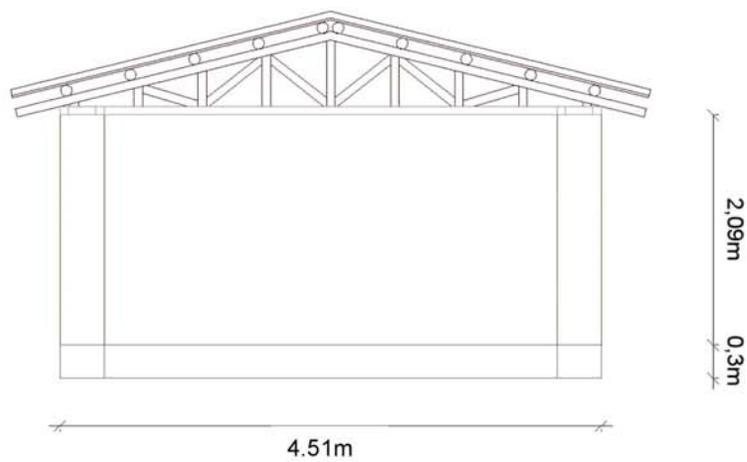


Figura 3.2. Elevación Módulo 1

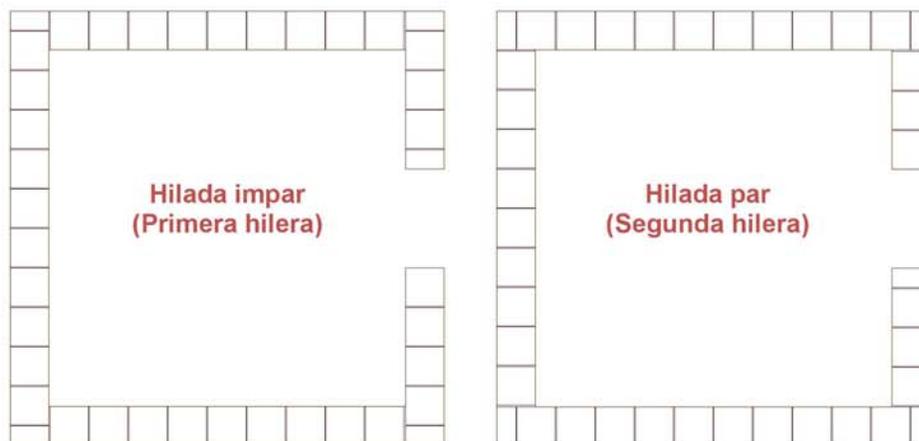


Figura 3.3. Emplantillado de hilada impar (izquierda) y par (derecha)
Módulo 1

3.2.2. Módulo 2

- Altura del muro de adobe: $h \leq 6e=2.40\text{m} \rightarrow h=2.09\text{m}$
- Longitud de muro (entre paredes transversales): $L \leq 10e=4\text{m}$
 - Eje 1: $L_1= 3.08\text{m}$
 - Ejes C,E y G: $L_2= 3.70\text{m}$
 - Ejes D y F: $L_3= 3.22\text{m}$
 - Eje 5: $L_4= 4.1\text{m}$
- Ancho de puertas y ventantes(Figura 3.4):
 - P-02: $a_1 \leq L_2/3=1.23\text{m} \rightarrow a_1=0.84\text{m}$
 - P-03 y P-04: $a_2 \leq L_3/3=1.07\text{m} \rightarrow a_2=0.97\text{m}$
 - V-01: $a_3 \leq L_4/3=1.37\text{m} \rightarrow a_3=0.82\text{m}$

Área útil neta construida: 29 m²

Área total construida: 42 m²

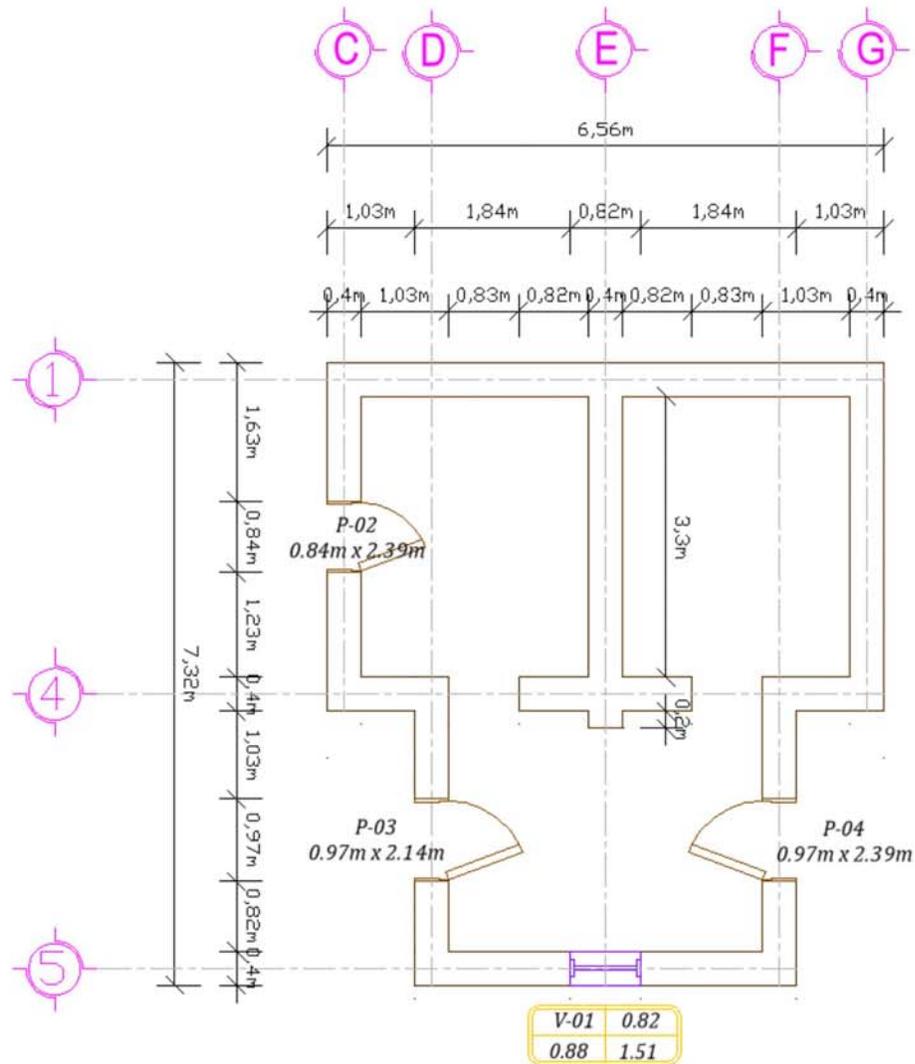


Figura 3.4. Planta de Módulo 2

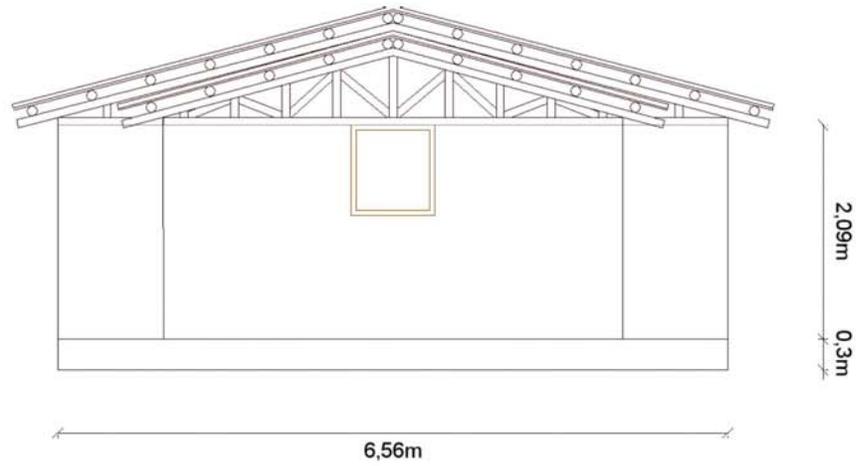


Figura 3.5. Elevación Módulo 2

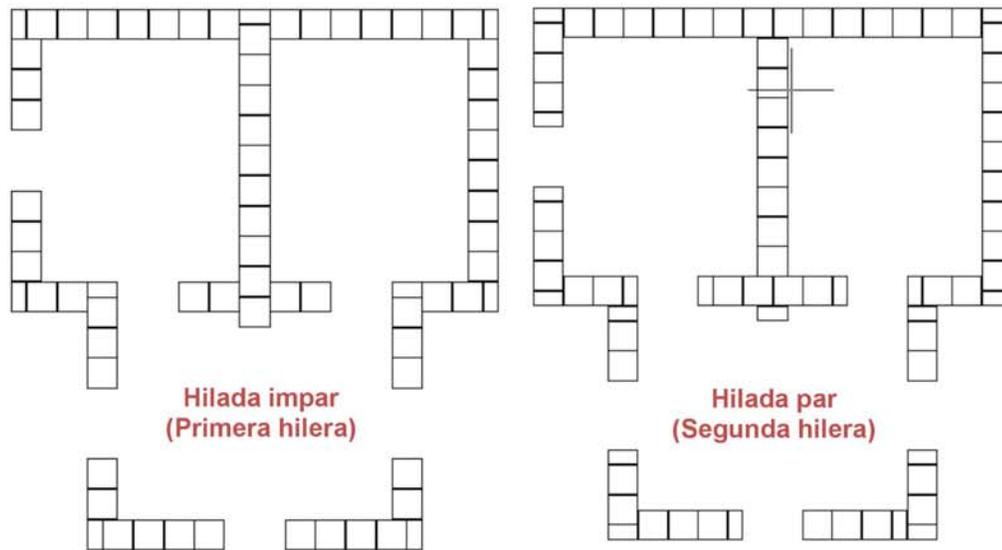


Figura 3.6. Emplantillado de hilada impar (izquierda) y par (derecha)
Módulo 2.

3.2.3. Módulo 3

- Altura del muro de adobe: $h \leq 6e=2.40m \rightarrow h=2.09m$
- Longitud de muro (entre paredes transversales): $L \leq 10e=4m$
 - Ejes 1 y 3: $L_1= 3.69m$
 - Ejes H y J: $L_2= 3.29m$
- Ancho de puertas (Figura 3.7):
 - P-05 y P-06: $a_1 \leq L_1/3=1.23m \rightarrow a_1=1.03m$

Área útil neta construida: 19 m^2

Área total construida: 29 m^2

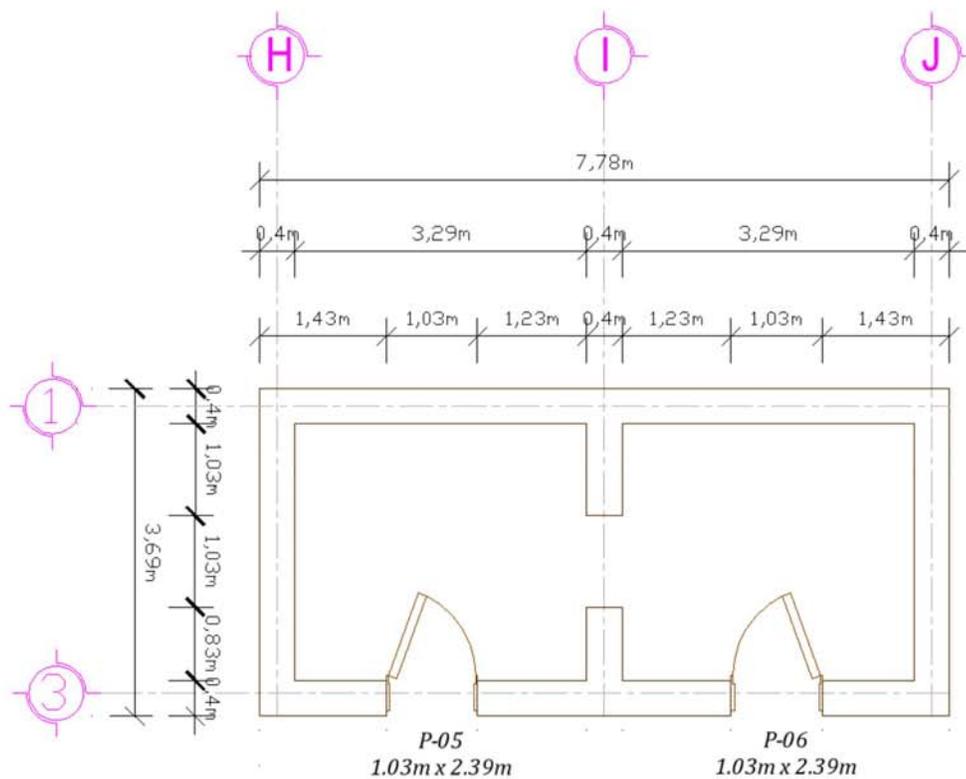


Figura 3.7. Planta de Módulo 3

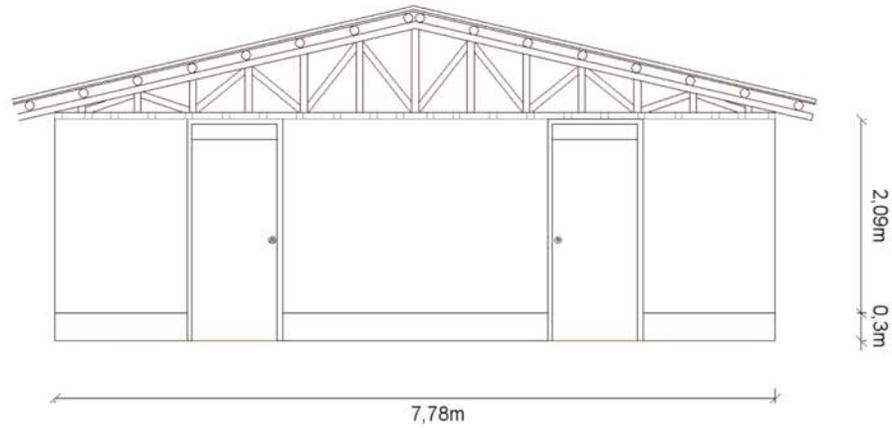


Figura 3.8. Elevación Módulo 3

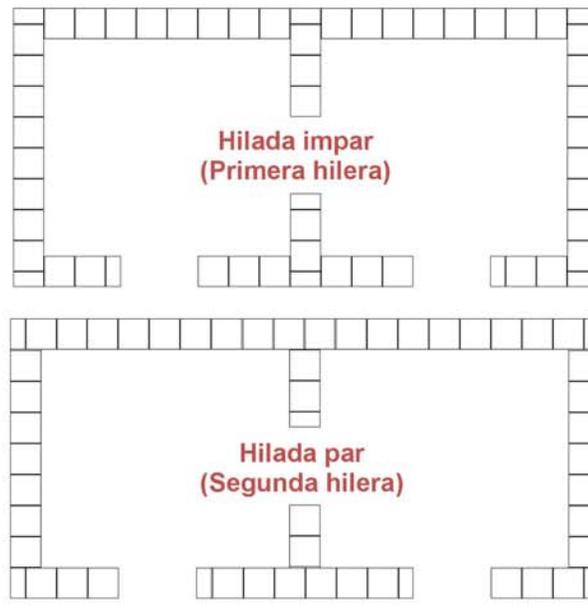


Figura 3.9. Emplantillado de hilada impar (arriba) y par (abajo)
Módulo 3

3.2.4. Módulo 4

- Altura del muro de adobe: $h \leq 6e = 2.40m \rightarrow h = 2.09m$
- Longitud de muro (entre paredes transversales): $L \leq 10e = 4m$
 - Ejes 6,7 y 8: $L_1 = 3.69m$
 - Ejes K,L y M: $L_2 = 3.28m$
- Ancho de puertas y ventantes (Figura 3.4):
 - P-08 y P-09: $a_1 \leq L_1/3 = 1.23m \rightarrow a_1 = 0.83m$
 - P-07 y P-10: $a_2 \leq L_2/3 = 1.09m \rightarrow a_2 = 1.03m$
 - V-02: $a_3 \leq L_1/3 = 1.23m \rightarrow a_3 = 0.83m$
 - V-03: $a_4 \leq L_2/3 = 1.09m \rightarrow a_3 = 0.82m$

Área útil neta construida: $40 m^2$

Área total construida: $54 m^2$

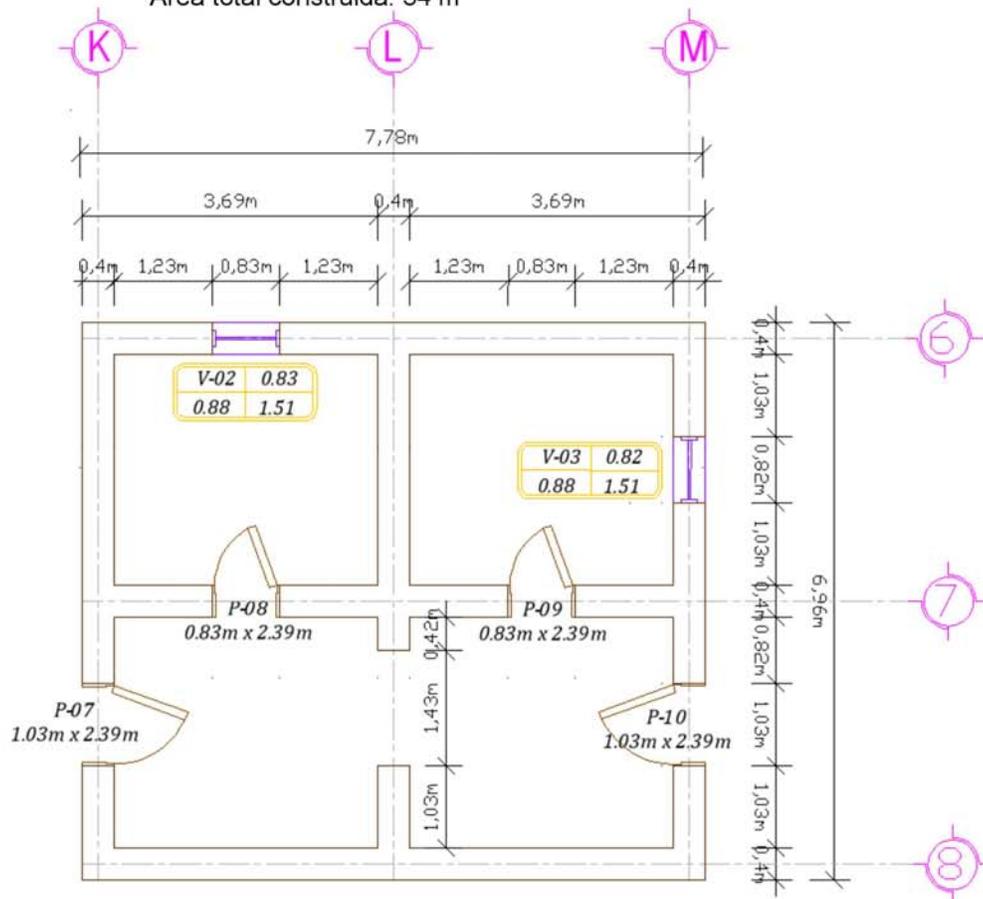


Figura 3.10. Planta de Módulo 4

3.2.5. Módulo 5

Presenta un área similar al del módulo 4.

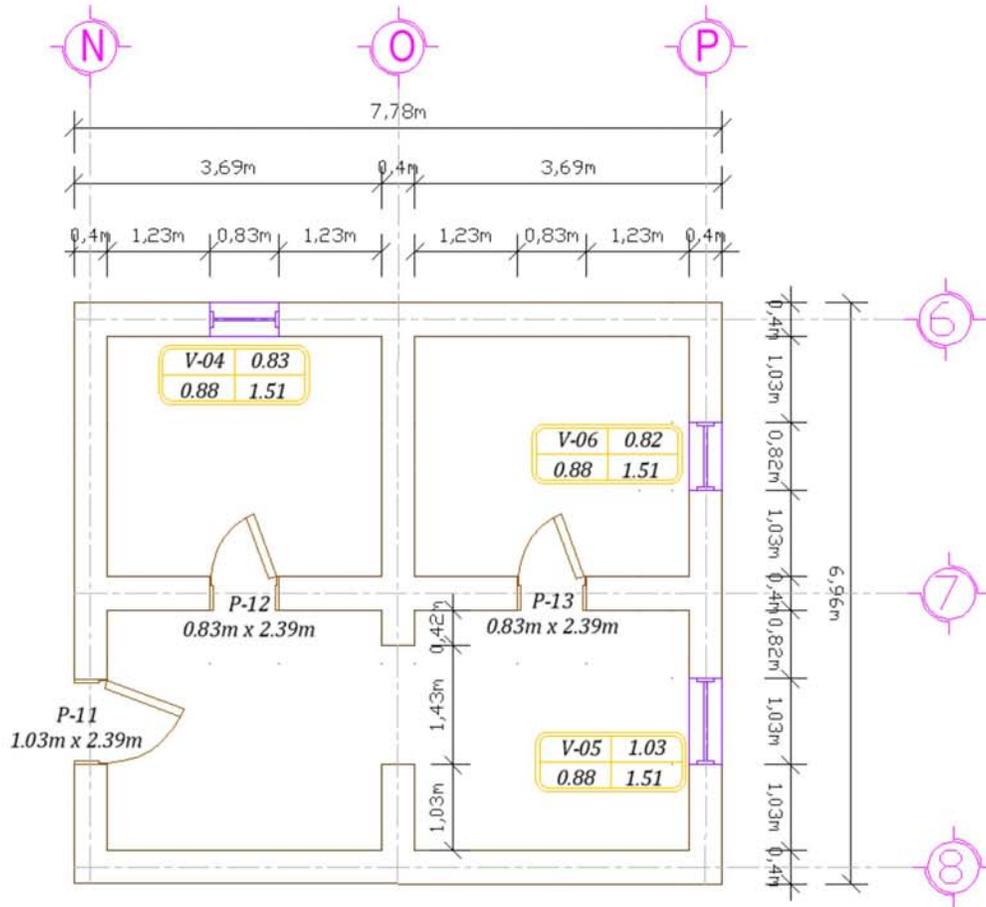


Figura 3.11. Planta de Módulo 5

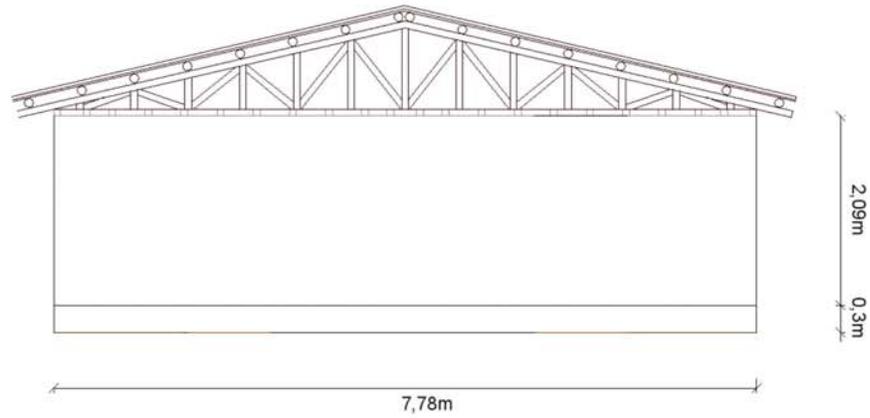


Figura 3.12. Elevación Módulos 4 y 5

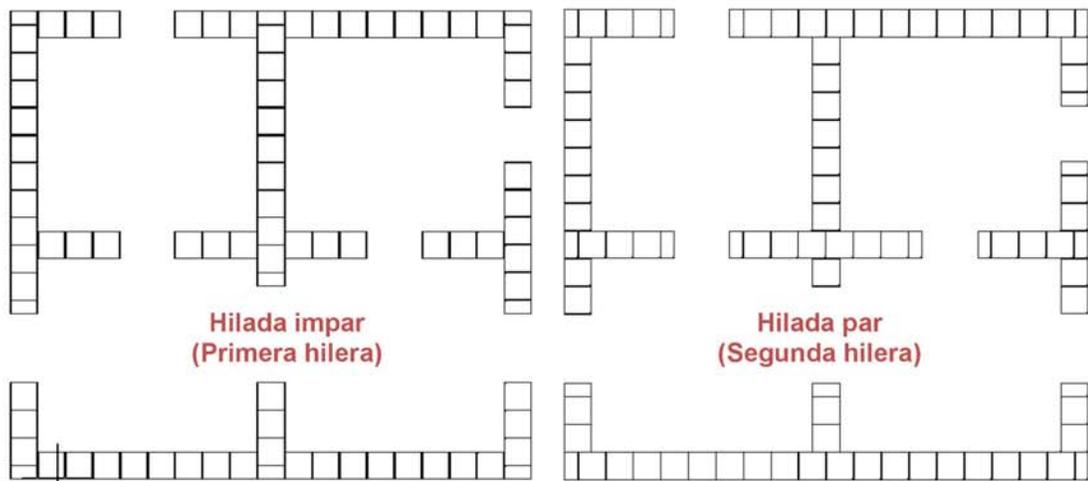


Figura 3.13. Emplantillado de hilada impar (izquierda) y par (derecha)
Módulo 5.

3.3. Cargas que intervienen en la edificación

De la Norma de Cargas E.020-2006, y la Norma Sismorresistente E.030 – 2003, la edificación estará sometida a las siguientes cargas: muerta, viva, sismo y viento.

3.3.1. Carga muerta (CM)

Se debe considerar el peso propio de los materiales que constituyen la edificación: muros de adobe, refuerzos considerados y techo de madera. Asimismo, se toman en cuenta los materiales que debe resistir la estructura.

Tabla 3.1. Pesos Unitarios de Materiales de Construcción

Fuente: Norma Técnica E.020 de Cargas

Pesos Unitarios (kg/m³)	
Adobe	1600
Enlucido de mortero de cemento	2000
Madera tipo C	900
Caña Guayaquil	670
Concreto Ciclópeo	2300

3.3.2. Cara Viva (CV)

De acuerdo a la Norma E.020 Cargas, la carga viva correspondiente al techo liviano es $CV=30 \text{ kg/m}^2$.

3.3.3. Carga de sismo (CS)

Del comportamiento sísmico observado en terremotos reales, las fallas en estructuras de adobe simples son frágiles, debido a la poca resistencia a la tracción de la albañilería. Por ello, las principales fallas son por desgarramiento en los encuentros de muros. Para controlar este tipo de falla

frágil, la estructura debe seguir ciertos parámetros de configuración, como tener suficiente longitud de muros en cada dirección, tener plantas que tiendan a ser simétricas, poseer vanos pequeños y centrados, y emplear un sistema de refuerzo que garantice el amarre de esquinas y encuentros.

Fuerzas Sísmicas Horizontales

Según lo detallado en el capítulo 5 de la Norma E.080 de Adobe, se debe utilizar la siguiente expresión:

$$H = S \cdot U \cdot C \cdot P$$

donde:

H: fuerza sísmica horizontal en la base de la estructura

S: Factor de suelo

U: Factor de uso

C: Coeficiente sísmico

P: Peso total de la edificación (incluye CM y 0.5CV)

Factor de suelo

Según lo desarrollado en el capítulo anterior, el suelo es tipo S2 o intermedio. Según la Tabla presentada en la Norma E.080 de Adobe, tenemos $S = 1.2$ s.

Tipo de Edificación:

La granja ecológica a diseñar es catalogada como un lugar público, por lo que tiene un factor de uso "U" igual a 1.3.

Zonificación:

Utilizando el mapa sísmico de la Norma E.080, el cual se muestra en la figura 3.14, se tiene que el proyecto se ubica en la zona sísmica 2, a la cual le corresponde un coeficiente sísmico "C" igual a 0.15.



Figura.3.14. Zonas Sísmicas del Perú
Fuente: Norma Técnica E.080 de Adobe

Luego de identificar los coeficientes de la expresión de “H” obtenemos lo siguiente para cada módulo de la estructura:

$$H = (1.2) \cdot (1.3) \cdot (0.15) \cdot P$$

3.3.4. Carga de Viento (V)

Según la Norma de Cargas, la edificación del proyecto es del Tipo 1, ya que es de poca altura o esbeltez y es cerrada.

Velocidad de Diseño (V_h):

La velocidad de diseño se calcula con la siguiente expresión:

$$V_h = V * \left(\frac{h}{10}\right)^{0.22}$$

donde:

V : velocidad de diseño hasta 10 m de altura (Km/h)

h : altura sobre el terreno (m)

Utilizando el mapa eólico de la Norma E.020 (figura 3.15) se tiene que la velocidad del viento en la zona de Huyro, a 10 metros sobre el suelo, es aproximadamente 60 km/h.

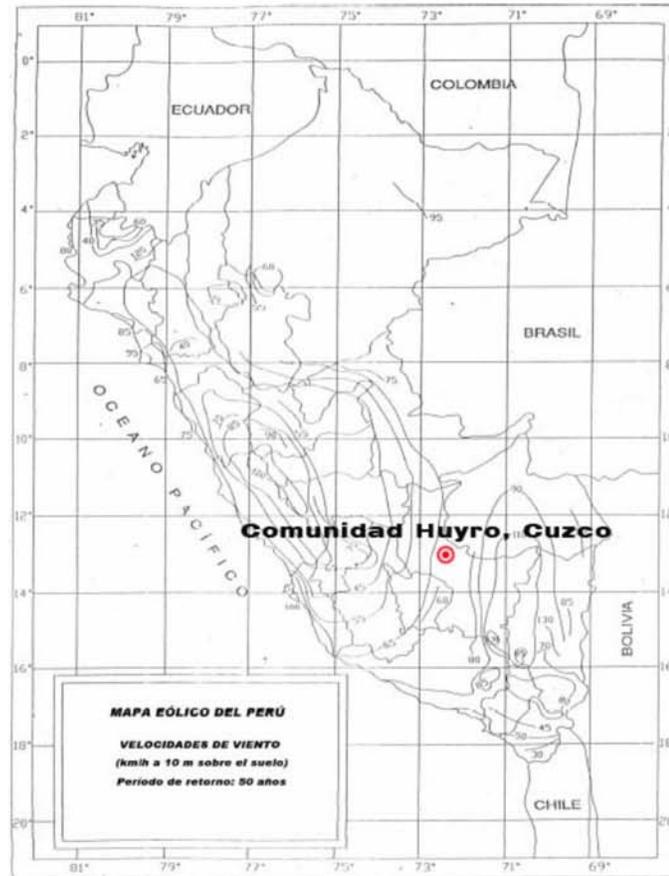


Figura 3.15. Mapa Eólico del Perú.

Fuente: Norma Técnica E.020 de Cargas

Entonces, reemplazando en la ecuación anterior, tenemos la siguiente velocidad de diseño:

$$V_h = 60 * \left(\frac{3}{10}\right)^{0.22} = 46 \text{ Km/h} < 75 \text{ km/h}$$

$$V_h = 75 \text{ km/h}$$

Carga exterior de viento:

Asimismo, se considera la carga exterior del viento, ya sea presión o succión, se asume estática y perpendicular a la superficie que la soporta. Para calcular esta carga se utiliza la siguiente expresión:

$$P_h = 0.005 \cdot C \cdot V_h^2$$

Donde:

- Ph : presión o succión del viento a una altura h (Kgf/m²)
- C : factor de forma adimensional indicado en la Tabla 1
- Vh : velocidad de diseño a la altura h (Km/h)

FACTORES DE FORMA (C) *

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0,8	-0,6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	+0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0,3 0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0,7 -0,3	-0,6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0,8	-0,6
Superficies verticales ó inclinadas(planas ó curvas) paralelas a la dirección del viento	-0,7	-0,7

* El signo positivo indica presión y el negativo succión.

Tabla 3.2. Factores de Forma (C) para Carga Exterior de Viento

Fuente: Norma Técnica E.020 de Cargas

Reemplazando en la expresión anterior, tenemos: $P_h = 0.005 \cdot C \cdot 75^2$

Presión del viento: $P_h = 0.005 \cdot 0.7 \cdot 75^2 = 20 \text{ kg/m}^2$

Succión del viento: $P_h = 0.005 \cdot 0.3 \cdot 75^2 = 9 \text{ kg/m}^2$

3.4. Especificaciones estructurales

3.4.1. Cimentación

Las dimensiones de la cimentación fueron obtenidas de los valores mínimos establecidos en la Norma E.080 de Adobe. Por ello, el ancho será de 0.40 m y la profundidad 0.60 m.

El material a utilizar será concreto ciclópeo, el cual estará formado por cemento – hormigón (1:12) y piedras grandes de un diámetro de aproximadamente 8" (20 cm).

3.4.2. Sobrecimiento

El sobrecimiento de la edificación será de 0.40m de ancho y 0.30m de alto. Asimismo, el material a emplear será concreto simple con una relación de cemento-hormigón de 1:10 y con piedras medianas de aproximadamente 4" (10cm) de diámetro.

Con la finalidad de proteger la estructura ante inundaciones se deberá realizar un tarrajeo con mortero de cemento pulido de 2.5cm de espesor. Asimismo, adicionalmente, se considerará un mecanismo de impermeabilización bastante utilizado como el de colocar sobre la cara superior del sobrecimiento alquitrán diluido con kerosene para evitar que la humedad del terreno suba a los muros de adobe.

Las características escogidas tanto para la cimentación como para el sobrecimiento cumplen con lo indicado en el acápite 22.10 de la Norma de Concreto Armado.

3.4.3. Muros de Adobe

La longitud de los muros fue definida previamente según el emplantillado de cada módulo, la cual, entre paredes transversales es menor a 4.00 m en todos los casos. La altura de las paredes será de 2.09 m con vanos centrados

de 1.20 m de ancho como máximo. Las ventanas serán de 0.90 m de alto y las puertas tendrán 1.00 m de ancho. Cabe resaltar que no será necesario considerar dinteles, ya que la viga collar podrá desempeñar dicho papel (Fisher 2008:11).

Todos los muros considerados en los módulos son portantes, por lo que tendrán refuerzo. Se utilizarán mallas electrosoldadas, constituidas por alambre de 1mm de diámetro espaciadas $\frac{3}{4}$ ". Estas se comercializan en rollos de 0.90 m y 30-50 m de largo, por lo que las dimensiones de los refuerzos estarán condicionadas a ello. Los refuerzos estarán conectados entre si mediante alambre #8 (también se puede utilizar rafia) a través de perforaciones de 5x5 cm espaciadas cada 50 cm, las cuales se rellenarán con mortero de barro 1:5. Asimismo, para asegurar la malla electrosoldada a los muros se fijarán chapas con clavos de 2 $\frac{1}{2}$ " espaciadas cada 25 cm.

El tarrajeo de los muros estará conformado por un mortero de cemento-arena 1:4 para proteger las secciones con malla electrosoldada y para el resto de superficie de muros de adobe se utilizará mortero de tierra 1:5, en ambos casos el espesor será igual a 0.025 m.

Diseño del refuerzo:

El refuerzo de mallas electrosoldadas simulará vigas soleras (arriostres horizontales) y columnas de confinamiento (esquineras), las cuales soportan acciones sísmicas transversales al plano de los muros. Las mallas electrosoldadas a utilizar presentan una resistencia a la rotura de 220 kg/m e irán adosadas al exterior de los muros. El método de diseño que se muestra a continuación para determinar el refuerzo se basa en lo desarrollado por San Bartolomé y Quiun (San Bartolomé 2014).

- Mallas esquineras:

Simulan las columnas del muro y se diseñan para evitar la falla por desgarramiento que se produce en los encuentros de muros

transversales, por lo que se requiere calcular el valor de la Tracción "T" generada en dicho puntos. Debido a que la separación de los muros por desgarramiento se genera de arriba hacia abajo, se toma una altura "h" igual a los $\frac{3}{4}$ de la altura "H" del muro.

Como se muestra en la figura 3.16, el ancho total de las mallas internas será de 90 cm (se doblan 45 cm a 90°) y la altura será $H=2.09$ m (altura del muro de adobe). En el caso de los vanos de las puertas se utilizará el refuerzo con un ancho igual a 45 cm.

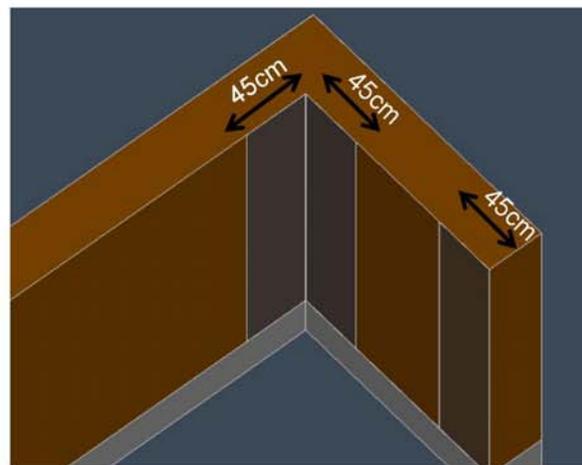


Figura 3.16. Disposición de las mallas esquineras internas.

Las mallas externas (figura 3.17) tendrán un ancho total de 170 cm (se doblan 85 cm a 90°) y la altura $H=2.09$ m se obtendrán con 3 franjas de 90 cm traslapadas verticalmente 15 cm. De manera similar que en las mallas esquineras internas, el ancho de refuerzo exterior en los vanos de las puertas será de 45 cm.

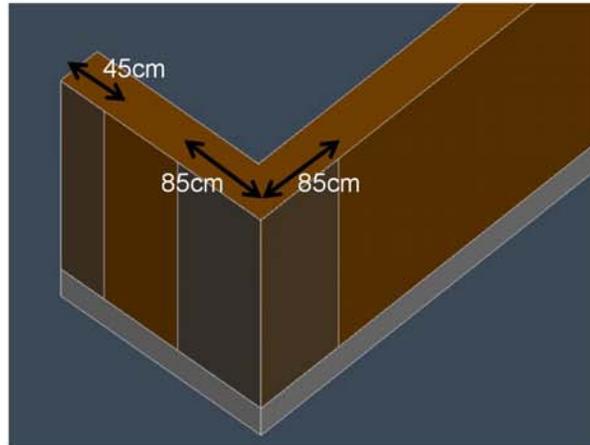


Figura 3.17. Disposición de las mallas esquineras externas.

La acción del sismo provoca la biarticulación en los extremos de un muro, como se muestra en la figura 3.18. Con el cálculo del valor de "T" se determina cuántas capas de refuerzo se necesitarán en cada uno de los muros de los módulos del proyecto. Por equilibrio resulta que $T=1/2wLh$ (kg), donde L es la longitud del muro. Debido a que los muros se reforzarán por ambos lados (al interior y exterior de cada módulo), la fuerza calculada se repartirá verificando que la fuerza resultante sea menor a la resistencia de la malla.

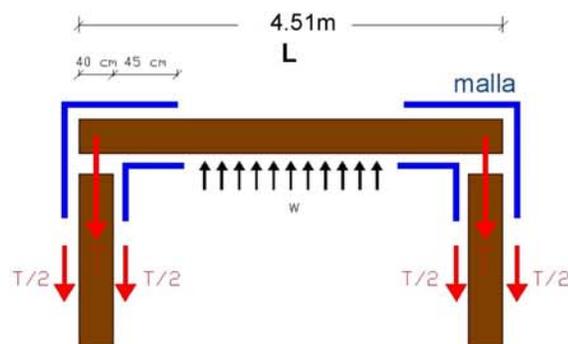


Figura 3.18. Esquema de análisis en un muro doblemente articulado (Módulo 1)

- Mallas longitudinales:

Se diseñan para trabajar como vigas soleras de confinamiento. Se tendrá una franja (equivalente al peralte de una viga) igual a 45 cm, y para asegurar su comportamiento en conjunto debe traslaparse 30 cm con las mallas esquineras antes calculadas. A pesar de que la deformación de los muros de adobe es principalmente por fuerza cortante, se necesita controlar la grieta de tracción por flexión que sucede en el centro del muro. Mientras que en la parte superior de esta sección del muro el momento flector "M" es máximo, en la inferior es cero, por lo que se asume que el momento varía linealmente a lo largo de la altura.

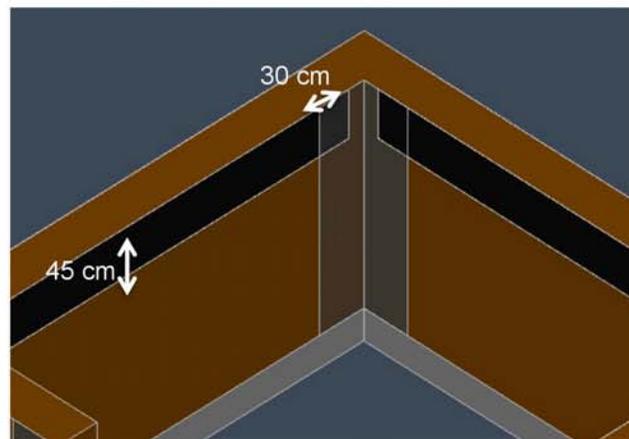


Figura 3.19. Disposición de las mallas longitudinales respecto de las esquineras.

Utilizando la tabla 3.3 de la Norma de Albañilería, tomando una longitud libre "a" igual a $L-2t$, donde "t" es el espesor del muro en m, y suponiendo que el muro está arriostrado en 3 bordes, utilizamos la siguiente expresión para determinar el momento "M" en la zona central superior:

$$M = m \cdot w \cdot a^2 \text{ (kg-m)}$$

en donde:

m = coeficiente adimensional de momentos

$w =$ carga de rotura (kg/m^2)

TABLA 12 VALORES DEL COEFICIENTE DE MOMENTOS «m» y DIMENSION CRITICA «a»							
CASO 1. MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADOS							
a = Menor dimension							
b/a =	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0 ∞
m =	0,0479	0,0627	0,0755	0,0862	0,0948	0,1017	0,118 0,125
CASO 2. MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS							
a = Longitud del borde libre							
b/a =	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5 2,0 ∞
m =	0,060	0,074	0,087	0,097	0,106	0,112	0,128 0,132 0,133
CASO 3. MURO ARRIOSTRADO SOLO EN SUS BORDES HORIZONTALES							
a = Altura del muro							
m = 0,125							
CASO 4. MURO EN VOLADIZO							
a = Altura del muro							
m = 0,5							

Tabla 3.3. Valores del Coeficiente de Momentos “m” y Dimensión Crítica “a”
Fuente: Norma E.070 de Albañilería

Como se debe verificar que la carga de rotura sea menor a la resistencia de la malla, se considera $T=M/z$, en donde z es un brazo de palanca equivalente a 0.9t (m).

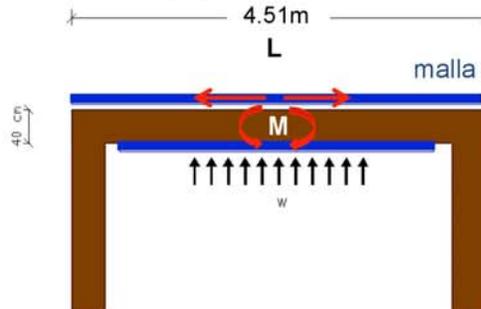


Figura 3.20. Esquema de análisis del momento flector en zona central de un muro (Módulo 1)

En cualquiera de los dos casos de refuerzo de muro, vertical u horizontal, si la carga de rotura resultará mayor a lo que puede resistir la malla electrosoldada (220 kg/m), se podrá utilizar 1 o 2 capas de malla adicional.

3.4.4. Techo de madera

Las edificaciones en la Sierra del Perú cuentan con sistemas de techado que son a una o dos aguas. Para obtener la inclinación del techo se deben

construir tijerales de troncos de caña Guayaquil apoyados sobre la viga collar. A continuación se presentan las propiedades físicas y mecánicas que deben tener los elementos que se utilizarán para el techo del proyecto.

Norma Técnica E.010 Madera

Según la lista de especies agrupadas de la Norma E.010 (Anexo 3), dentro de la madera para estructuras tenemos que los tipos de madera tornillo, catahua y copaiba pertenecen al grupo C. Esta clasificación se basa en los valores de densidad básica y resistencia mecánica.

El grupo C tiene los valores de propiedades físicas y mecánicas indicados en la tabla 3.4.

Grupo	Densidad Básica g/cm ³
A	≥ 0,71
B	0,56 a 0,70
C	0,40 a 0,55

Grupo	Módulo de Elasticidad (E) (kg/cm ²)	
	E _{mínimo}	E _{promedio}
C	55 000	90 000

Grupo	Esfuerzos Admisibles (kg/cm ²)				
	Flexión	Tracción	Compresión	Compresión	Corte
	f _m	Paralela f _t	Paralela f _{c//}	Perpendicular f _{c-}	Paralelo f _v
C	100	75	80	15	8

Tabla 3.4. Densidad básica, módulo de elasticidad y esfuerzos admisibles de la madera del grupo "C".

Fuente: Norma de Madera E.010

Los valores antes mostrados son aplicables a madera aserrada en condiciones normales. Según las consideraciones establecidas en la norma,

se debe tener en cuenta que la madera aserrada deberá estar seca a un contenido de humedad menor o igual del 22%.

Norma Técnica E.100 de Bambú

Debido a su capacidad para absorber energía y resistir una mayor flexión es ideal para construcciones sismorresistentes.

Para el uso del bambú como material estructural, las piezas a utilizar deben presentar las siguientes características técnicas:

- En caso se utilice bambú en estado verde, se deben tener precaución ya que se deben garantizar las dimensiones previstas en el diseño.
- Buena durabilidad y protección ante agentes externos.
- No deben presentar fisuras perimetrales en los nudos o longitudinales a lo largo del eje central.

Para este proyecto, el bambú será utilizado estructuralmente para los tijerales y las viguetas, con las propiedades indicadas en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Módulo de elasticidad y esfuerzos admisibles de bambú.
Fuente: Norma E.100 de Bambú

Módulo de Elasticidad (E) kg/cm ²	
E _{mínimo}	E _{promedio}
73 000	95 000

Esfuerzos Admisibles (kg/cm ²)				
Flexión f _m	Tracción Paralela f _t	Compresión Paralela f _{c//}	Compresión Perpendicular f _{c⊥}	Corte Paralelo f _v
45	144	117	0.0117	9

Los valores mostrados en la tabla anterior, han sido modificados por el coeficiente por duración de carga, ya que se trata de cargas permanentes, es por ello que son menores a los indicados en la Norma.

3.4.4.1. Viga collar

La viga collar está conformada por dos piezas de madera tornillo aserrada de 3"x3" o caña de Guayaquil de 3" (largueros) con una separación suficiente entre sí para calzar sobre la superficie de los adobes. Debido a que se colocan a lo largo del eje longitudinal del muro, la longitud es variable. En el caso de utilizar caña Guayaquil se recomienda utilizar elementos de longitudes no menores a 6m para evitar los traslapes. Para el presente proyecto se utilizará la madera aserrada anteriormente señalada y su disposición será como se muestra en la figura 3.21.



Figura 3.21. Planta de disposición de la viga collar sobre los muros (Módulo 1)

Los elementos de la viga collar se encuentran unidos como escalera por secciones del mismo material de la viga denominadas travesaños y están espaciadas 0.40 m. Se recomienda realizar muescas o hendiduras de formas específicas de tal manera que los elementos transversales encajen con los elementos longitudinales. Asimismo, las uniones entre los elementos mencionados deben ser clavadas y amarradas con alambre N°16. Luego de

colocar las vigas sobre los muros de la estructura, se debe colocar barro entre largueros y travesaños.

La viga collar sirve para amarrar los muros entre sí y así estos puedan trabajar juntos durante un terremoto. Asimismo, funciona como conexión entre los muros y el techo.

3.4.4.2. Tijeral

Para la construcción del tijeral (figura 3.22) se utilizará caña Guayaquil de 4" y se trata de dos elementos colocados en diagonal en forma de triángulo de una altura no mayor a 0.80m (Rodríguez y Walker 2009: 24). La longitud total del elemento inclinado se divide en segmentos espaciados 0.60 m para poder ubicar un elemento vertical o montante en dichos segmentos. La altura de las montantes es variable y éstas se deben fijar tanto al tijeral como a la viga collar con clavos 4" y alambre N°16.

Los lados de los tijerales deben cubrirse con caña chancada y el tarrajeo considerado para los muros. Ésta cubierta debe clavarse sobre la viga collar y las diagonales del tijeral.

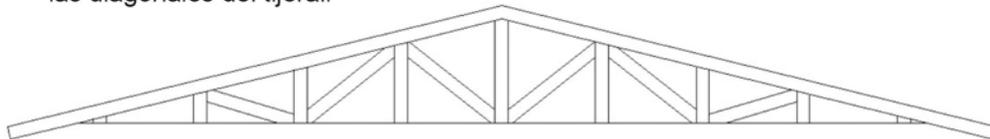


Figura 3.22. Elevación de tijeral de caña de 4" (Módulo 1)

3.4.4.3. Viguetas

Las viguetas de caña de Guayaquil de 4" se colocan sobre los tijerales y, al igual que en la viga collar y el tijeral, deben ser unidos adecuadamente. Según lo indicado en la Norma de Bambú, las piezas no deben ser clavadas, sino, se puede optar por uniones zunchadas o amarradas con materiales no metálicos como sogas, cueros, plásticos o similares. Otra opción es la de utilizar uniones con tarugos de madera o pernos (Figura 3.23). Las viguetas deben ser continuas y se deben evitar los empalmes o traslapes.

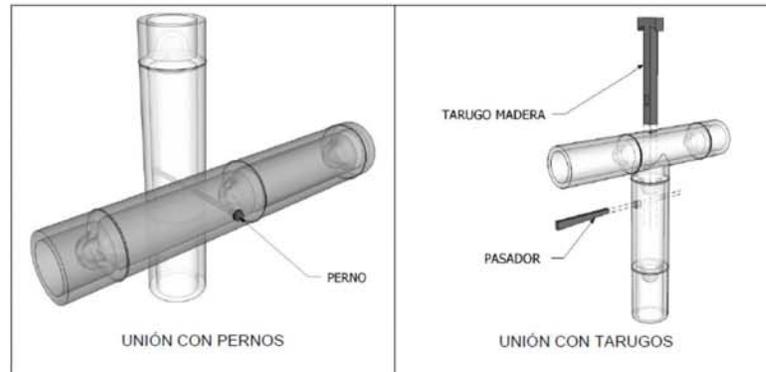


Figura 3.23. Tipos de unión entre piezas de bambú

Fuente: Norma de Bambú E.100, 2006

3.4.4.4. Cobertura del techo

Se utilizará caña chancada, plástico, estera de totora y barro, este último es de la misma calidad que el utilizado en las juntas de los muros.

El proceso de colocación de esta cobertura se realiza como sigue. Primero, la cubierta de caña chancada se coloca y clava sobre los ejes de las viguetas; luego, se sitúa el plástico y se considera traslapes de 20 cm. La totora debe ubicarse sobre estos materiales y clavarse sobre los ejes de las viguetas. Una capa de 2 cm de espesor de barro con paja debe cubrir toda la superficie exterior del techo (Rodríguez 2009: 6).

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LOS MÓDULOS DE LA GRANJA ECOLÓGICA

Para el diseño de cada uno de los módulos de la edificación se seguirá la siguiente metodología:

- Cumplimiento de las consideraciones establecidas en el acápite 6.2 de la Norma de Adobe respecto a las dimensiones de los muros y la ubicación adecuada de los vanos para lograr estabilidad en los mismos.
- Metrado de cargas de los muros de adobe y de los techos de madera y bambú según las dimensiones mostradas en el capítulo anterior.
- Verificación del corte por sismo utilizando el metrado obtenido. La distribución de corte en los muros se consideró según el siguiente esquema (figura 4.1):

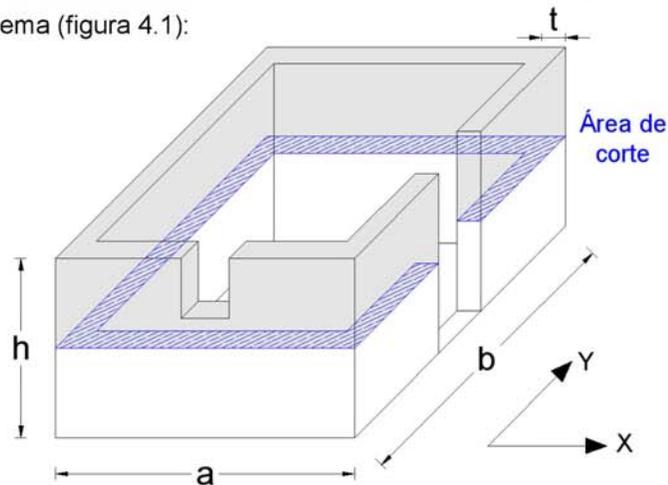


Figura 4.1. Área de corte para verificar cortante sísmico en un muro.

En donde se considera la fuerza sísmica horizontal en la base de la estructura mencionada en la sección 3.3.3 del presente documento para comprobar que el esfuerzo cortante sea menor al valor admisible. Considerando a los muros de los módulos de adobe con muros transversales como secciones en doble T, dicho esfuerzo cortante se calcula según $\tau = \frac{V}{A}$, en donde el valor de "A" corresponde al área rectangular del alma de la sección.

- Diseño del refuerzo de malla electrosoldada para los muros de cada módulo según lo desarrollado por San Bartolomé y Quiun en el 2014. En este punto se determinará si se requiere una o más capas de refuerzo según sea el caso.
- Diseño del techo conformado por viguetas vigas collares de madera y viguetas y tijerales de caña de Guayaquil o bambú según la Norma E.100. Asimismo, en todos los casos se ha considerado el valor de 30 kg/cm² para la CV de los techos (Norma E.020).

El desarrollo numérico del diseño se realizará para el módulo 1, 4 y 5 ya que presentan geometrías y distribuciones internas diferentes. Para el caso de los módulos 2 y 3 se mostrarán los resultados finales obtenidos en cuanto a refuerzos y disposición de viguetas y tijerales de los techos.

4.1. Módulo 1 (A= 24 m²)

4.1.1. Metrado de cargas

- Muros de adobe

Muros: Adobe					
Cantidad	Largo	Ancho	Alto	Volumen (m ³)	Peso (kg)
1	4.51	0.4	2.09	3.770	6032.58
2	3.71	0.4	2.09	6.203	9924.99
1	1.64	0.4	2.09	1.371	2193.66
1	1.84	0.4	2.09	1.538	2461.18
TOTAL				12.883	20612.42

Enlucido (Ambos lados)					
Material	Largo	Ancho	Alto	Peso (kg/m)	Peso (kg)
Cemento Vigas	24.62	0.025	0.45	22.50	553.95
Cemento Columnas	9.00	0.025	2.09	104.50	940.50
Tierra	24.62	0.025	1.64	65.60	1615.07
TOTAL				192.60	3109.52

Wmuros: 23.72 ton

- Techo de madera tornillo (3"x3") y caña Guayaquil (4"):

Viga Collar - Madera Tornillo Aserrada (3"x3")					
Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen (m ³)	W (kg)
8	4.92	0.0762	0.0762	0.229	205.69
40	0.2476	0.0762	0.0762	0.058	51.76
Wvigacollar					257.44

Tijeral - Caña de Guayaquil (4")					
Cantidad	Largo (m)	D exterior (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	W (kg)
2	2.95	0.1016	0.0035	0.021	14.02
Viguetas Transversales a los Tijerales- Caña Guayaquil (4")					
Cantidad	Largo (m)	Diámetro (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	W (kg)
10	4.92	0.1016	0.0035	0.175	116.92
Wviguetas					116.92

Cubierta de caña+barro (3")			
Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	W (kg)
2	3	4.92	1602.24
Wcubierta			1602.24

Wtecho: 2.07 ton

Con lo que resulta:

$$CM = W_{\text{muros}} (93\%) + W_{\text{techo}} (7\%)$$

CM = 28.53 ton
CV = 0.89 ton

$$P_{\text{total}} = CM + 0.5 \cdot CV$$

Ptotal= 28.97 ton

$$H = SUCP$$

H= 6779 kg

4.1.2. Verificación por corte en muros de adobe

- Sismo X-X:

SISMO X-X			
$H = V1x + V2x$		L =	4.92 m
$V1x = V2x = H/2 =$	3389 kg	a =	0.40 m
Área de corte =	19680 cm ²		
$\tau_{act} =$	0.17 kg/cm ²	<	$\tau_{adm} = 0.25 \text{ kg/cm}^2$
	OK		(NORMA E.080)

- Sismo Y-Y:

SISMO Y-Y				
H=V1y+V2y+V3y		Tadm= 0.25 kg/cm2		
Muro	Área (cm2)	%	Vmuro(kg)	Tact (kg/cm2)
M1	19680	56%	3786	0.19
M2	8200	23%	1577	
M3	7360	21%	1416	
		35240		

$\tau_{act} < \tau_{adm}$

4.1.3. Diseño del refuerzo de muros

Se ha considerado que la resistencia a la rotura de la malla electrosoldada a utilizar (1mm de diámetro y 3/4" de separación) es de 220 kg/m. (SAN BARTOLOMÉ 2014).

- Malla Esquinera

Para los muros ubicados en los ejes A, 2 y 5 (figura 3.1) tenemos las siguientes dimensiones:

Longitud total L = 4.92 m
 Espesor t = 0.40m
 Altura total H=2.09 m
 h = 3/4H = 1.57m

Carga de rotura: $w=Z \cdot U \cdot C_1 \cdot \gamma \cdot t$

Z= 0.30
U= 1.30
C1= 0.90
$\gamma = 1600 \text{ kg/m}^3$

w= 225 kg/m2

$$T = \frac{1}{2} \cdot w \cdot L \cdot h = 866kg$$

Si se reparte la carga en cada malla se tiene 433kg y distribuida a lo largo de la altura H se tiene 207kg/m. Como la carga actuante de 207kg/m es menor a 220 kg/m, solo se requiere una capa de refuerzo.



Figura 4.2. Mallas esquineras en el Módulo 1.

- Malla Longitudinal:

Longitud total	$L = 4.92 \text{ m}$
Espesor	$t = 0.40\text{m}$
Brazo de palanca	$0.9t = 0.36\text{m}$
Altura total	$H = 2.09 \text{ m}$
$w = 225\text{kg/m}^2$	
$a = 4.92 - 0.8 = 4.12\text{m}$	

Como H/a resulta igual a 0.51, utilizando la tabla de la Norma 0.70, se obtiene el coeficiente de momento igual a 0.061.

$$M = m \cdot w \cdot a^2 = 0.061 \cdot 225 \cdot 4.12^2 = 234\text{kg} - \text{m/m}$$

El valor promedio del momento es $M_{prom} = 117\text{kg} - \text{m/m}$. Considerando un brazo de palanca igual a 0.36m la tracción "T" resulta 325 kg/m. Como $325 \text{ kg/m} > 220\text{kg/m}$; es decir 1.5 veces mayor, se necesitan 2 capas de malla longitudinal en 3 muros tal y como se muestra en la figura 4.3.

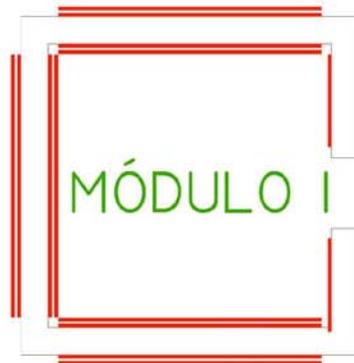


Figura 4.3. Mallas longitudinales en el Módulo 1.

4.1.4. Diseño del Techo

- Viguetas de Caña Guayaquil (4")

Teniendo en cuenta el peso de los elementos:

Caña	22 kg/m ²
Barro	32 kg/m ²
Cubierta	54 kg/m ²

Peso de cubierta=	33 kg/m
Peso de vigueta=	2 kg/m
Wviguetas=	35 kg/m

$$\sigma_{adm} = 49.5 \text{ kg / cm}^2 \quad (\text{Norma E.100 Bambú})$$

Se ha considerado que las viguetas se encuentran simplemente apoyadas en los tijerales y que el espaciamiento "s" entre ellas es igual a 60 cm. Con estos datos, se ha calculado el momento flector originado en la sección de la vigueta, así como, el esfuerzo generado. Este procedimiento se ha utilizado para todos los módulos del proyecto.

$$M = \frac{w \cdot l^2}{8} = \frac{35 \cdot 2.46^2}{8} = 26 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{actuante} = \frac{M \cdot R}{\frac{\pi}{4} \cdot (R^4 - r^4)} = \frac{(26 \cdot 100) \cdot 5.08}{\frac{\pi}{4} \cdot (5.08^4 - 3.81^4)} = 38 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_{actuante} = 38 \text{ kg / cm}^2 \quad \langle \sigma_{adm} = 49.5 \text{ kg / cm}^2$$

La longitud "l" considerada inicialmente fue de 4.92m, asumiendo que solo se tendrían 2 tijerales; sin embargo, el $\sigma_{actuante}$ obtenido fue mucho mayor (150 kg/cm²) al admisible. Por lo que el módulo 1 tendrá 3 tijerales separados 2.46m entre sí.

- Tijeral de caña Guayaquil (4")

Se realiza una verificación de la resistencia a la tracción y compresión de los elementos que conforman el tijeral ante diferentes combinaciones de cargas

aplicadas utilizando el software de análisis SAP 2000. Mientras que la primera combinación toma en cuenta la carga muerta (CM) y la viva (CV), la segunda considera la CM y la carga producida por el viento (V).

La carga muerta "CM" considera la cobertura exterior y las viguetas de caña transversales a los tijerales, la carga viva "CV" y la carga de viento "V" utilizarán los valores anteriormente mencionados. Asimismo, la carga V será considerada perpendicular a la superficie del techo.

Por otro lado, la norma de Bambú (acápite 8.7.2) establece algunas acotaciones respecto de la relación de esbeltez de las montantes y como clasificarlas en cortas, intermedias o largas para determinar las cargas admisibles " N_{adm} " en cada una de ellas.

Combinación 1: CM + CV

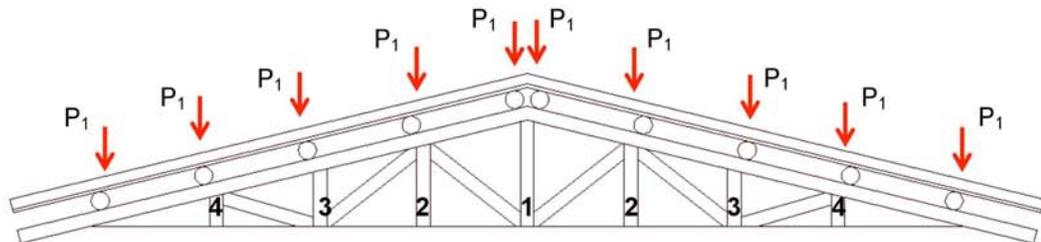


Figura 4.4. Aplicación de la Combinación 1 de cargas en el techo del módulo 1

Como tenemos 3 tijerales en este módulo, tendremos que realizar el análisis para el tijeral central y los dos exteriores ya que las cargas aplicadas son distintas; sin embargo, se mostrará el que está en el centro por ser el más crítico. La carga P_1 mostrada en la figura 4.3 incluye la combinación de CM y CV y está aplicada en cada una de las viguetas transversales.

La carga muerta CM que se considera para los tijerales incluye el peso de la cubierta exterior de caña y barro, así como, el peso de las viguetas transversales de caña Guayaquil de 4" antes descritas.

En la figura 4.5 se representa la planta del techo de madera con la disposición de los tijerales:

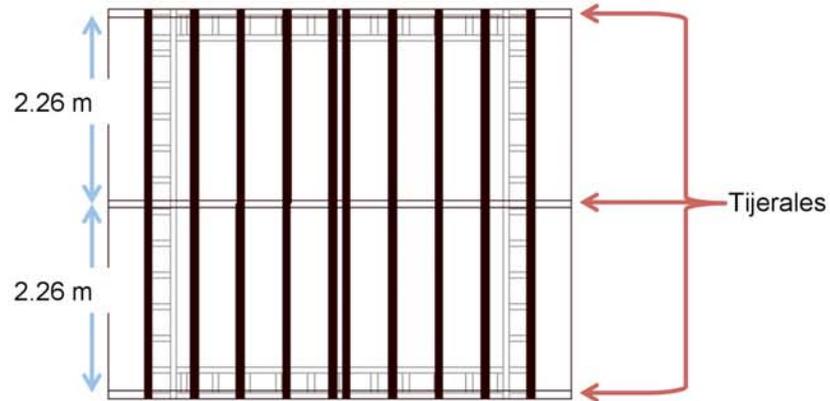


Figura 4.5. Vista en planta del techo del módulo 1

$$CM = 35 \cdot 2.46 = 86kg$$

$$CV = 30 \cdot 2.46 = 44kg$$

$$P_1 = 86 + 44 = 130kg$$

Las fuerzas internas producidas en las secciones del material son mayores en compresión en todos los casos, por ello solo se tomarán en cuenta estas últimas. Asimismo, como se muestra en la figura 4.6, la mayor fuerza en compresión se presenta en las montantes exteriores, por lo que basta con analizar si ésta cumple con los valores admisibles para considerar que las montantes restantes también los cumplen.

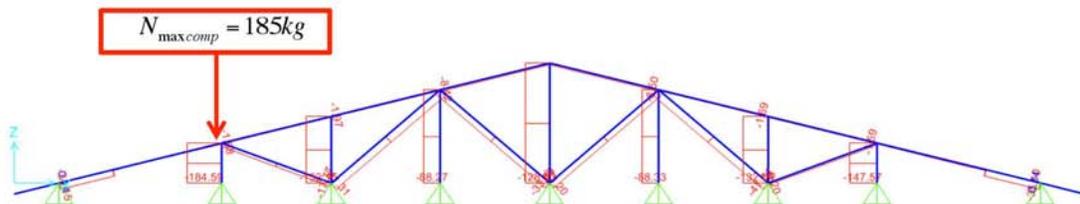


Figura 4.6. Resultados del análisis del techo del Módulo 1 con la Combinación 1 en el programa SAP 2000

Asimismo, considerando que las montantes son elementos sometidos principalmente a compresión axial y según la Norma de Bambú, se calculará la esbeltez (λ) de las mismas para determinar si según su clasificación son cortas, intermedias o largas. Las dimensiones y propiedades de la sección consideradas son las siguientes:

$$\text{Radio exterior} = 50.8 \text{ mm (4" de diámetro)}$$

$$\text{Radio interior} = 38.1 \text{ mm (3" de diámetro)}$$

$$\text{Inercia} = I = 3.58\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

$$\text{Area} = A = 3.55\text{E}+03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Radio de giro} = r = \sqrt{\frac{I}{A}} = 31.75\text{mm}$$

Asimismo, el valor de "le" mostrado en la tabla 4.1 corresponde a la longitud efectiva de cada elemento y la numeración considerada para cada montante está definida según la figura 4.3.

Tabla 4.1. Clasificación de montantes de los tijerales del módulo 1

Columna	le (mm)	esbeltez (λ)	Clasificación	Nadm (kg)	Nact Combo 1 (kg)	Nact Combo 2 (kg)
1	639	20	Corta	4611	128	79
2	497	16	Corta		88	69
3	355	11	Corta		132	106
4	213	7	Corta		185	144

Como todas las montantes en compresión resultaron ser columnas cortas, el valor de $N_{\text{admissible}} = f_c \cdot A$, donde "f_c" se obtiene de la tabla 3.5 y "A" corresponde al área de la sección. Entonces se tiene que $N_{\text{admissible}} = 4611 \text{ kg}$, por lo que las montantes del tijeral son adecuadas al considerar la combinación 1. En la tabla 4.1, se puede observar que las fuerzas axiales obtenidas para cada combinación en cada montante son bastante menores que el valor admisible.

Este procedimiento de análisis se repetirá en cada caso para determinar si las fuerzas internas producidas por ambas combinaciones son menores al valor permisible.

Combinación 2: CM + V

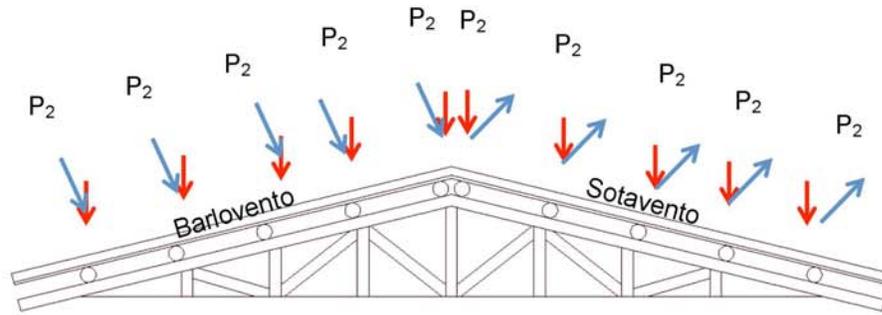


Figura 4.7. Aplicación de la Combinación 2 de cargas en el techo del módulo 1

$CM = 86kg$

Techo barlovento:

Techo sotavento:

$Pr esión = 19.7 \cdot 0.6 \cdot 2.46 = 29kg$

$Succión = -16.9 \cdot 0.6 \cdot 2.46 = -25kg$

$Succión = -8.4 \cdot 0.6 \cdot 2.46 = -12kg$

- Resultados del análisis en el tijeral

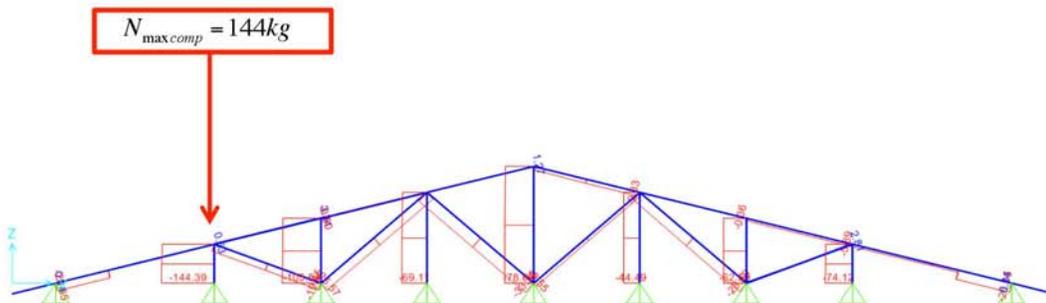


Figura 4.8. Resultados del análisis del techo del Módulo 1 con la Combinación 2 en el programa SAP 2000

$$N = 144kg < N_{admissible} = 4611kg$$

Según las cargas axiales obtenidas tanto para la combinación 1 (CM + CV) como para la combinación 2 (CM + V), se tiene que las secciones de caña Guayaquil consideradas para los tijerales se encuentran muy por debajo de lo admisible. Esto significa que el diseño es adecuado y que, si se desea, el número de correas transversales utilizadas puede reducirse. Por ejemplo, en la figura 4.9 se retiran las correas diagonales y la fuerza máxima obtenida prácticamente no aumenta.

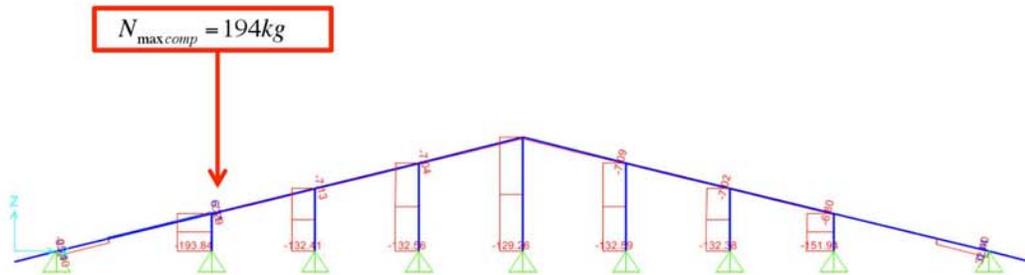


Figura 4.9. Resultados del análisis del techo en programa SAP 2000 sin considerar correas transversales

$$N = 194kg < N_{admissible} = 4611kg$$

4.2. Módulos 4-5 (Área = 54 m2)

Los módulos 4 y 5 presentan una geometría similar según lo mostrado en la figura 1.2 por lo que les corresponde el mismo diseño.

4.2.1. Metrado de cargas

- Muros de adobe

Muros: Adobe					
Cantidad	Largo	Ancho	Alto	Volumen (m ³)	Peso (kg/m)
3	6.95	0.4	2.09	17.431	27888.96
2	5.13	0.4	2.09	8.577	13723.78
1	4.73	0.4	2.09	3.954	6326.85
TOTAL				29.962	47939.58

Enlucido (Ambos lados): Cemento				
Largo	Ancho	Alto	Peso (kg/m)	Peso (kg)
72.55	0.025	2.09	104.50	7581.48

Wmuros: 55.52 ton

- Techo de madera tornillo (3"x3") y caña Guayaquil (4")

Viga Collar - Madera Tornillo Aserrada (3"x3")					
Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen (m ³)	W (kg)
6	7.78	0.0762	0.0762	0.271	243.94
6	6.96	0.0762	0.0762	0.242	218.23
90	0.2476	0.0762	0.0762	0.129	116.45
Wvigacollar					578.6

Tijeral - Caña de Guayaquil (4")					
Cantidad	Largo (m)	Diámetro (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	W (kg)
2	4.40	0.1016	0.0035	0.031	20.93
2	8.1	0.1016	0.0035	0.057	38.50
N°= 4 Wtijeral (x4)					237.7

Viguetas Transversales a los Tijerales- Caña Guayaquil (4")					
Cantidad	Largo (m)	Diámetro (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	W (kg)
16	6.96	0.1016	0.0035	0.395	264.64
Wviguetas					264.6

Cubierta de caña+barro (3")			
Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	W (kg)
2	4.46	6.96	3369.66
Wcubierta			3369.7

Wtecho: 4.45 ton

Con lo que resulta:

$$CM = Wmuros (93\%) + Wtecho (7\%)$$

CM = 59.97 ton
CV = 1.86 ton

$$Ptotal = CM + 0.5 * CV$$

Ptotal= 60.90 ton

$$H = SUCP$$

H= 14251 kg

4.2.2. Verificación por corte en muros de adobe

- Sismo X-X:

SISMO X-X					
H=V1x+V2x+V3x+V4x					
Muro	Área (cm ²)	%	Vmuro(kg)	Tact (kg/cm ²)	OK
M1	31120	38%	5361	0.17	
M2	6520	8%	1123		
M3	7440	9%	1282		
M4	6520	8%	1123		
M5	31120	38%	5361		
82720					
$\tau_{act} = 0.17 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{adm} = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ (NORMA E.080)					

- Sismo Y-Y:

SISMO Y-Y					
H=V1y+V2y+V3y+V4y		Tadm= 0.25 kg/cm ²		(NORMA E.080)	
Muro	Área (cm ²)	%	Vmuro(kg)	Tact (kg/cm ²)	OK
M1	18040	45%	3764	0.21	
M2	16400	41%	3422		
M3	18040	45%	3764		
M4	5720	14%	1193		
M5	5720	14%	1193		
M6	5720	14%	1193		
69640					
$\tau_{act} < \tau_{adm}$					

4.2.3. Diseño del refuerzo de muros

- Malla esquinera:

Para los tres muros en los ejes 6 y 8:

Longitud total L = 7.78 m
 Espesor del muro t = 0.40m
 H = 2.09 m
 h = 3/4H = 1.57m

Carga de rotura: $w = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot \gamma \cdot t$

$Z = 0.30$ $U = 1.30$ $C_1 = 0.90$ $\gamma = 1600 \text{ kg/m}^3$
--

$w = 225 \text{ kg/m}^2$

$$T = \frac{1}{2} \cdot w \cdot L \cdot h = 913 \text{ kg}$$

Si se reparte la carga en cada malla (3 en total) se tiene 457 kg y distribuida a lo largo de la altura H se obtiene 152 kg/m, como es menor a 220 kg/m, no se requiere otra capa de refuerzo.

Para los muros en los ejes K y L:

Longitud total $L = 4.50 \text{ m}$

Espesor del muro $t = 0.40 \text{ m}$

$H = 2.09 \text{ m}$

$h = 3/4H = 1.57 \text{ m}$

$$T = \frac{1}{2} \cdot w \cdot L \cdot h = 792 \text{ kg}$$

Repartiendo la carga en cada malla se tiene 396 kg y distribuida a lo largo de la altura H se obtiene 132 kg/m. No se requiere otra capa de refuerzo.

Para el muro en el eje P:

Longitud total $L = 6.96 \text{ m}$

Espesor del muro $t = 0.40 \text{ m}$

$H = 2.09 \text{ m}$

$h = 3/4H = 1.57 \text{ m}$

$$T = \frac{1}{2} \cdot w \cdot L \cdot h = 817 \text{ kg}$$

Repartiendo la carga en cada malla (3 muros transversales) resulta 408 kg y distribuida a lo largo de la altura H es 136 kg/m, por lo que no se requiere otra capa de refuerzo.

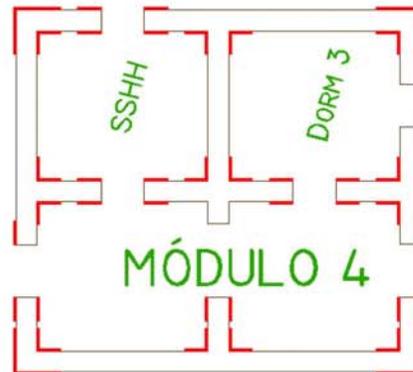


Figura 4.10. Mallas esquineras en los módulos 4 y 5.

- Malla Longitudinal:

Para los tres muros en los ejes 6 y 8 (figura 3.10):

$$\begin{aligned}
 \text{Longitud total} \quad L &= 4.09 \text{ m} \\
 \text{Espesor del muro} \quad t &= 0.40\text{m} \\
 \text{Brazo de palanca} \quad 0.9t &= 0.36\text{m} \\
 H &= 2.09 \text{ m} \\
 w &= 225\text{kg/m}^2 \\
 a &= 4.09 - 0.8 = 3.29\text{m} \\
 H/a = 0.64 &\rightarrow m=0.079
 \end{aligned}$$

$$M = m \cdot w \cdot a^2 = 191\text{kg} - \text{m} / \text{m}$$

Con el valor promedio de momento tenemos $M = 96\text{kg} - \text{m} / \text{m}$. Con el brazo de palanca igual a 0.36m la tracción "T" resulta 266 kg/m, por lo que se utilizarán 2 capas de malla longitudinal en cada muro.

Para los muros en los ejes K, L, N y O (figura 3.10):

$$\begin{aligned}
 \text{Longitud total: } L &= 4.50 \text{ m} \\
 \text{Espesor del muro: } t &= 0.40\text{m}
 \end{aligned}$$

Brazo de palanca: $0.9t = 0.36m$

$H = 2.09 m$

$w = 225 kg/m^2$

$a = 4.50 - 0.8 = 3.7 m$

$H/a = 0.56 \rightarrow m = 0.090$

$$M = m \cdot w \cdot a^2 = 275kg - m / m$$

Considerando un valor promedio de momento tenemos $M = 137kg - m / m$. La tracción "T" resulta $383 kg/m$ y como es mayor al valor admisible se utilizarán 2 capas de malla.

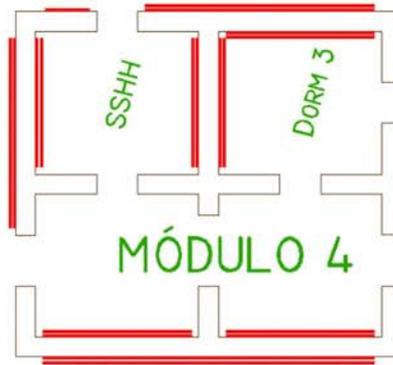


Figura 4.11. Mallas longitudinales en los módulos 4 y 5.

4.2.4. Diseño del techo

- Viguetas de Caña Guayaquil (4")

Teniendo en cuenta lo siguiente:

Wvigüeta	35 kg/m
-----------------	----------------

$$\sigma_{adm} = 49.5kg / cm^2$$

Eje del 1 al 4:

$$M = \frac{w \cdot l^2}{8} = \frac{635 \cdot 2.32^2}{8} = 24kg - m$$

$$\sigma_{actuante} = \frac{M \cdot R}{\frac{\pi}{4} \cdot (R^4 - r^4)} = \frac{(24 \cdot 100) \cdot 5.08}{\frac{\pi}{4} \cdot (5.08^4 - 3.81^4)} = 33kg / cm^2 < \sigma_{adm}$$

En ambos casos se asumió el uso de tres tijerales, pero como el $\sigma_{actuante}$ obtenido fue mayor (75 kg/cm^2) al admisible, se incluyó un cuarto tijeral.

- Tijeral de Caña Guayaquil (4")

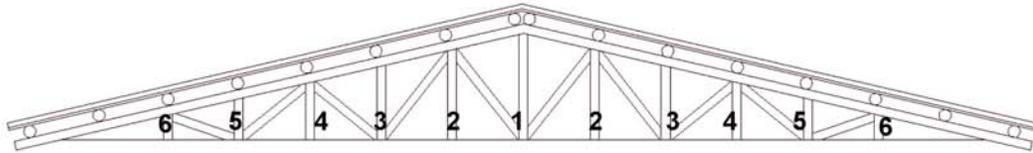


Figura 4.12. Sección transversal del tijeral de los módulos 4 y 5

Columna	le (mm)	esbeltez (λ)	Clasificación	Nadm (kg)	Nact Combo 1 (kg)	Nact Combo 2 (kg)
1	938	30	Corta	4611	121	74
2	800	25	Corta		65	51
3	662	21	Corta		125	99
4	523	16	Corta		83	64
5	384	12	Corta		125	99
6	245	8	Corta		197	152

Tabla 4.2. Clasificación de montantes de los tijerales de los módulos 4 y 5

Combinación 1: CM + CV

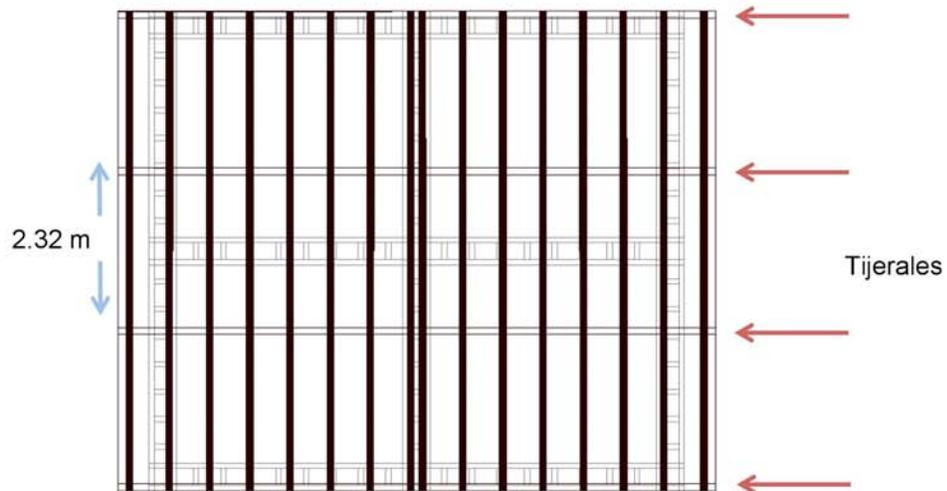


Figura 4.13. Vista en planta del techo del Módulo 4

$$CM = 35 \cdot 2.32 = 81kg$$

$$CV = 30 \cdot 2.32 = 42kg$$

$$R_1 = 81 + 42 = 123kg$$

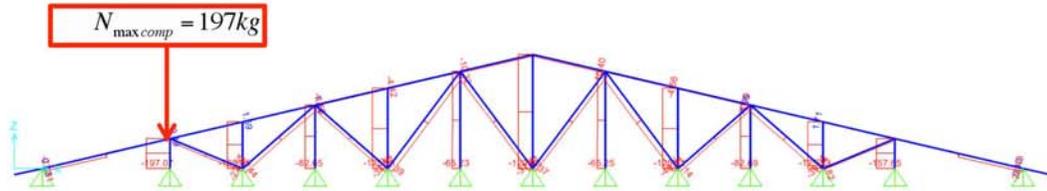


Figura 4.14. Resultados del análisis del techo del Módulo 4 con la Combinación 1 en el programa SAP 2000

$$N = 197kg < N_{admissible} = 4611kg$$

Combinación 2: CM + V

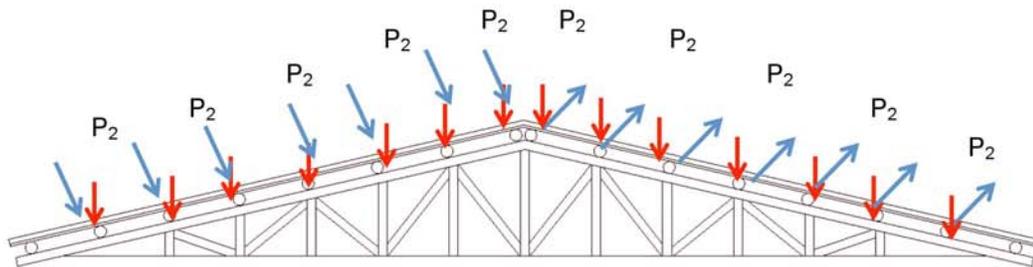


Figura 4.15. Aplicación de la Combinación 2 de cargas en el techo del Módulo 4

$$CM = 81kg$$

Techo barlovento:

Techo sotavento:

$$Pr esión = 19.7 \cdot 0.6 \cdot 2.32 = 27kg$$

$$Succión = -16.9 \cdot 0.6 \cdot 2.32 = -23kg$$

$$Succión = -8.4 \cdot 0.6 \cdot 2.32 = -12kg$$

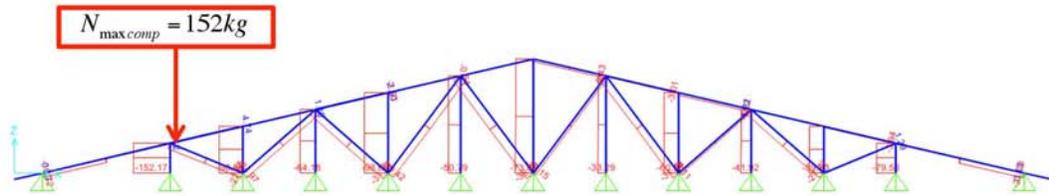


Figura 4.16. Resultados del análisis del techo del Módulo 4 con la Combinación 2 en el programa SAP 2000

$$N_{max\ comp} = 152kg < N_{admissible} = 4611g$$

De manera similar a lo obtenido para el módulo 1, las cargas axiales resultantes en ambas combinaciones cumplen con los valores admisibles (tabla 4.2).

4.3. Módulos 2 y 3

4.3.1. Resultados módulo 2 (Área = 42 m²)

- Verificación por corte de muros de adobe

Sismo X-X

SISMO X-X					
H=V1x+V2x+V3x+V4x+V5x					
Muro	Área (cm2)	%	Vmuro(kg)	Tact (kg/cm2)	
M1	26240	43%	4900	0.187	OK
M2	5720	9%	1068		
M3	8160	13%	1524		
M4	5720	9%	1068		
M5	7360	12%	1374		
M6	7360	12%	1374		
	60560				
$\tau_{act} = 0.19 \text{ kg/cm}^2$		$< \tau_{adm} = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ (NORMA E.080)			

Sismo Y-Y

SISMO Y-Y				
H=V1y+V2y+V3y		Tadm= 0.25 kg/cm2		(NORMA E.080)
Muro	Área (cm2)	%	Vmuro(kg)	Tact (kg/cm2)
M1	6520	10%	1087	0.167
M2	6520	10%	1087	
M3	17200	25%	2867	
M4	16400	24%	2734	
M5	5720	8%	953	
M6	5720	8%	953	
M7	4880	7%	813	
M8	4880	7%	813	
67840				

$\tau_{act} < \tau_{adm}$

- Malla esquinera:

Luego de efectuar los cálculos correspondientes se obtuvo que en todos los muros de éste módulo solo se requiere una capa de refuerzo de malla electrosoldada según como se muestra en la figura 4.17.

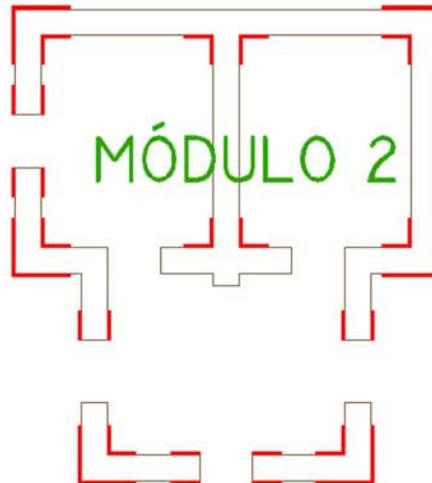


Figura 4.17. Refuerzo vertical obtenido en encuentro de muros del módulo 2.

- Malla Longitudinal

En el caso del refuerzo horizontal resultó que en los muros ubicados en los ejes E y G (figura 3.4) se requiere utilizar doble capa de refuerzo y se obtiene lo mostrado en la figura 4.18.

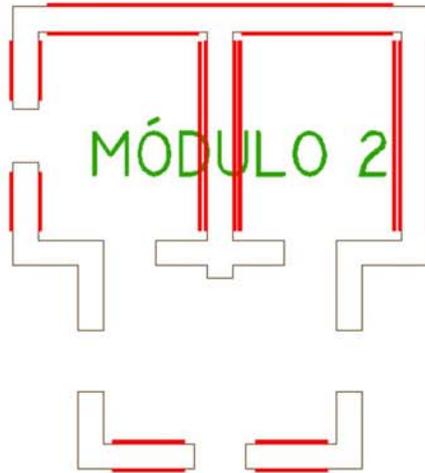


Figura 4.18. Refuerzo horizontal obtenido para los muros del módulo 2.

- Diseño del techo

De manera similar al módulo 1, se procedió a realizar el análisis y se obtuvo que se necesitarán un total 6 tijerales dispuestos tal y como se muestran en la figura 4.19.

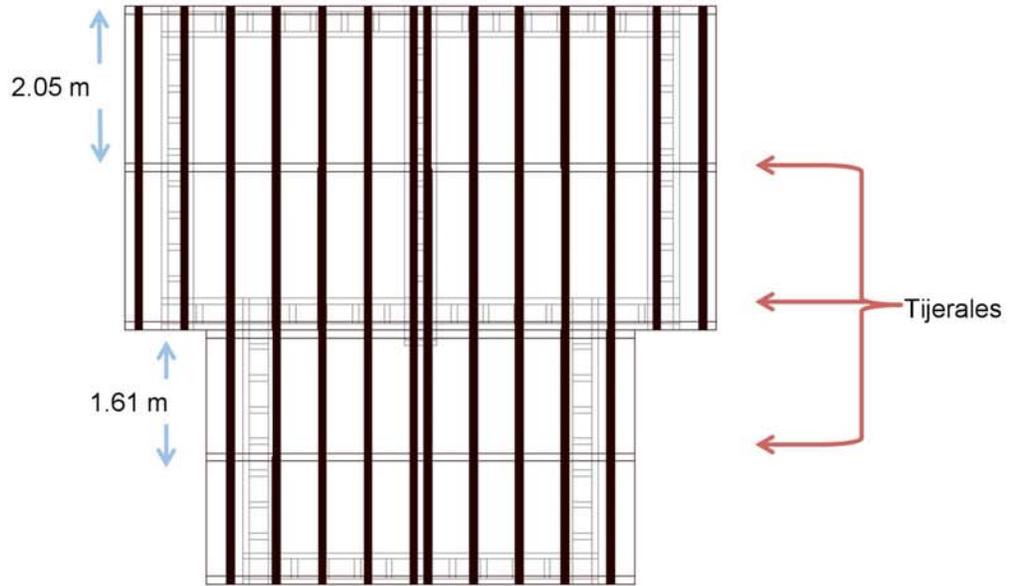


Figura 4.19. Tijerales y viguetas de caña Guayaquil (4") del módulo 2.

4.3.2. Resultados módulo 3 (Área = 42 m²)

- Verificación por corte de muros de adobe

Sismo X-X

SISMO X-X				
H=V1x+V2x+V3x+V4x				
Muro	Área (cm ²)	%	Vmuro(kg)	Tact (kg/cm ²)
M1	31120	58%	4829	0.16
M2	5720	11%	888	
M3	11440	21%	1775	
M4	5720	11%	888	
	54000			

OK

$$\tau_{act} = 0.16 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{adm} = 0.25 \text{ kg/cm}^2 \text{ (NORMA E.080)}$$

Sismo Y-Y

SISMO Y-Y				
H=V1y+V2y+V3y+V4y		Tadm= 0.25 kg/cm2		(NORMA E.080)
Muro	Área (cm2)	%	Vmuro(kg)	Tact (kg/cm2)
M1	14760	37%	3080	0.21
M2	5720	14%	1193	
M3	4920	12%	1027	
M4	14760	37%	3080	
		40160		

$\tau_{act} < \tau_{adm}$

- Malla esquinera:

Todos los muros de éste módulo requieren únicamente una capa de refuerzo de malla electrosoldada según como se muestra en la figura 4.20.



Figura 4.20. Refuerzo vertical obtenido en encuentro de muros del módulo 3.

- Malla Longitudinal

En el caso del refuerzo horizontal resultó que en los muros ubicados en el eje 1 (figura 3.7) se requiere utilizar doble capa de refuerzo con lo que se obtiene lo mostrado en la figura 4.21.



Figura 4.21. Refuerzo horizontal obtenido para los muros del módulo 3.

- Diseño del techo

Para este módulo se utilizarán en total 3 tijerales dispuestos como se muestra en la figura 4.22.

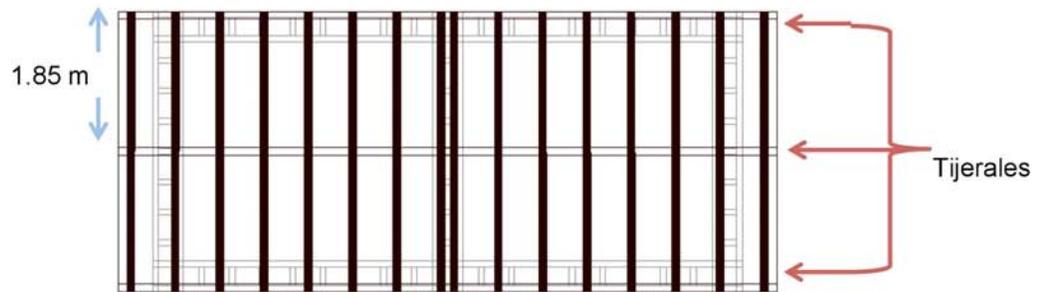


Figura 4.22. Tijerales y viguetas de caña Guayaquil (4") del techo del módulo 3

CAPÍTULO 5

PRESUPUESTO BÁSICO

Para la elaboración del presupuesto se procederá a cuantificar los materiales que se utilizarán en el proyecto mediante el metrado de los elementos que conforman los módulos según las partidas de construcción que se ejecutarán. Luego de identificados los materiales, a cada uno se le asignarán precios de acuerdo al mercado para después elaborar los análisis de precios unitarios respectivos.

5.1. Metrados

Para la elaboración de los metrados se han considerado las partidas de obra requeridas para la construcción de los módulos del proyecto; es decir, obras preliminares, movimiento de tierras, estructuras y arquitectura. Las únicas partidas que no se han desarrollado son las de instalaciones eléctricas y sanitarias. En el caso de las primeras, estas deben ir adosadas a las paredes de la estructura sin necesidad de picar los muros.

En el Anexo 2, se incluye una simple plantilla en la que se han realizado los metrados correspondientes y éstos se encuentran clasificados según las partidas de ejecución.

5.2. Análisis de Precios Unitarios

Los precios unitarios de los materiales corresponden al mes de abril del 2015 y muchos de ellos han sido considerados de lo establecido en la revista de CAPECO. También se han tomado algunos datos de tiendas comerciales.

Los rendimientos considerados se han basado en algunos expedientes técnicos de construcciones en adobe como el del “Módulo Básico de Adobe Reforzado con Geomalla” o “Vivienda Sismorresistente y Saludable de Adobe Reforzado con Malla de Polipropileno”. La jornada considerada es de 8 horas.

En el Anexo 3, se muestran los análisis de precios unitarios por cada una de las actividades que conforman las partidas del proyecto (Fisher 2008: 101-109; Rodriguez y Walker 2009:40-56).

5.3. Presupuesto

El monto calculado para la construcción de este proyecto solo considera el costo directo del mismo e incluye la remuneración de la mano de obra calificada y no calificada sin considerar beneficios sociales (CAPECO 2015 Abril), los insumos a utilizar y el transporte de los mismos al lugar de ejecución. No se toma en cuenta los gastos de instalaciones eléctricas, sanitarias u otro tipo.

La tabla 5.1 muestra el listado de recursos que se incluyeron para obtener el presupuesto básico y la tabla 5.2 el presupuesto por partidas de ejecución.

Considerando un área construida de 202.6 m², el costo promedio por unidad de área resulta ser S/. 453.70, por lo que por módulo se obtiene lo mostrado en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Costo promedio por módulo

Costo Promedio por Módulo	
Módulo 1	S/.10,982
Módulo 2	S/.18,776
Módulo 3	S/.13,024
Módulo 4-5	S/.24,566

Los valores obtenidos son referenciales para una estructura de adobe con las características y materiales mencionados a lo largo del documento.

Asimismo, utilizando el gráfico 5.1, se pueden identificar las partidas de ejecución que tienen mayor incidencia en el costo final de la estructura. Por ejemplo, Techos y Cubiertas representa el 36%, Muros el 20% , Cimentación y Sobrecimiento el 13%.

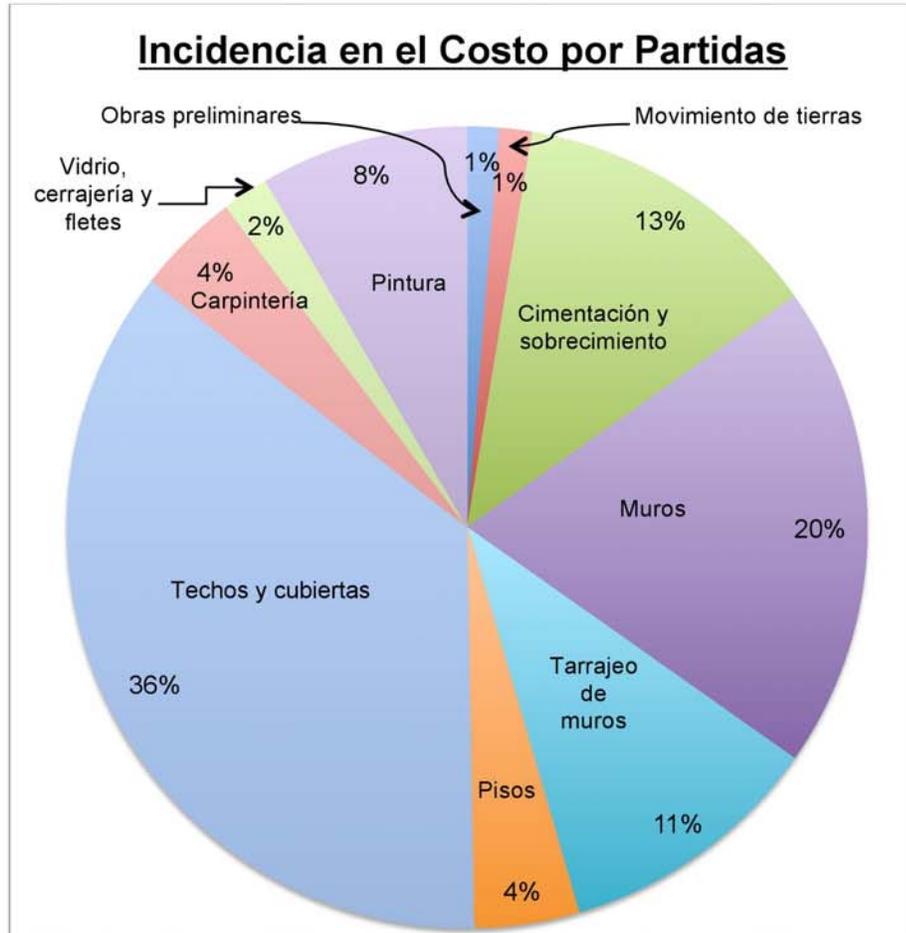


Figura 5.1. Incidencia en el costo por partidas

Tabla 5.2. Listado de Recursos

Listado de Recursos					
Item	Descripción	Und	Cantidad	PU (S./.)	Parcial (S./.)
Mano de Obra					
1	Capataz	HD	8	10.20	81.63
2	Operario	HD	8	8.49	67.96
3	Peón	HD	8	7.68	61.44
Materiales e Insumos					
4	Adobe de 40x20x10 cm	und	988	0.50	494.00
5	Adobe de 40x40x10 cm	und	5738	0.80	4590.40
6	Agua de cisterna	m3	20.88	10.00	208.85
7	Alambre negro #8	kg	47.20	4.35	205.33
8	Alambre negro #16	kg	125.99	4.37	550.60
9	Alquitrán	gln	9.64	18.00	173.45
10	Arena Fina	m3	10.41	49.87	519.00
11	Barniz marino	gln	15.36	44.71	686.87
12	Cal (Bolsa de 35 kg)	bls	0.72	23.50	16.86
13	Caña Guayaquil 4" (6m)	und	651.90	10.00	6519.00
14	Caña Chancada (0.30 x 6.00 m)	pza	167.81	18.00	3020.55
15	Cemento Portland Tipo I (bolsa de 42.5kg)	bls	283.47	16.19	4589.44
16	Chapa exterior de 2 golpes	pza	9.00	52.90	476.10
17	Chapa interior	pza	4.00	9.90	39.60
18	Clavo madera C/C 1 1/2"	kg	23.63	3.95	93.36
19	Clavo madera C/C 2"	kg	5.23	3.95	20.66
20	Clavo madera C/C 3"	kg	116.08	3.96	459.68
21	Clavo madera C/C 4"	kg	176.65	3.96	699.52
22	Estera de totora (4x2m)	pza	42.07	16.00	673.12
23	Grapas metálicas	kg	2.02	15.00	30.25
24	Hormigón	m3	49.80	39.04	1944.33
25	Madera tornillo aserrada	p2	2597.11	3.50	9089.87
26	Malla electrosoldada 3/4" (ancho= 90 cm)	ml	429.12	3.50	1501.92
27	Paja (1m3)	m3	5.97	6.93	41.40
28	Plástico (50 x 300 cm)	ml	125.27	2.80	350.32
29	Piedra mediana 4"	m3	5.50	41.53	228.58
30	Piedra grande 8"	m3	16.19	41.17	666.46
31	Pintura al temple (bolsa de 25kg)	kg	1012.49	0.74	749.24
32	Preservante para madera	gln	34.45	25.34	872.99
33	Puerta de madera exterior	und	9.00	265.00	2385.00
34	Puerta de madera interior	und	4.00	80.00	320.00
35	Silicona Sikasil/aplicador	tubo	3.05	22.50	68.58
36	Thiner	gln	4.25	27.60	117.42
37	Tierra seleccionada	m3	42.28	40.00	1691.37
38	Ventana de fierro	pza	6.00	180.00	1080.00
39	Vidrio crudo (4mm)	m2	8.00	14.46	115.69
Fletes					
40	Madera	kg	2597.11	0.9	2337.40
Herramientas (3% MO)					
41	Herramientas	%	6070.1	0.03	182.10

Tabla 5.3. Presupuesto por partidas

Presupuesto						
Item	Descripción	Und	Cant	PU (S./)	Parcial	%
1 Obras Preliminares					1167.4	1.3%
1.1	Limpieza del terreno	m2	457.00	1.57	719.2	
1.2	Trazo, nivelación y replanteo	m2	209.23	2.14	448.2	
2 Movimiento de tierras					1189.2	1.3%
2.1	Excavación manual de zanjas	m3	32.38	33.74	1092.5	
2.2	Nivelación interior y compactación manual	m2	53.96	1.79	96.7	
3 Cimentación					4736.8	5.2%
3.1	Concreto ciclópeo C:H 1:12 +50% PG (10")	m3	32.38	146.30	4736.8	
4 Sobrecimiento					6699.5	7.3%
4.1	Concreto ciclópeo C:H 1:10 +25% PM (4")	m3	16.19	134.68	2180.2	
4.2	Encofrado y desencofrado de sobrecimiento	m2	96.36	46.90	4519.3	
5 Muros					17690.7	19.2%
5.1	Muro de adobe (e=40 cm)	m2	292.85	52.40	15345.2	
5.2	Malla electrosoldada (a= 90cm)	ml	429.12	5.47	2345.5	
6 Tarrajeo de muro					9708.9	10.6%
6.1	Enlucido de muros con cemento 1:4 (e=2.5 cm)	m2	644.82	14.21	9162.8	
6.2	Enlucido de derrames 1:4 (e=2.5 cm)	m2	44.93	12.15	546.1	
6.3	Impermeabilización de sobrecimiento	m2	96.36	3.21	309.0	
7 Pisos					3843.7	4.2%
7.1	Piso de cemento pulido (espesor 0.10m)	m2	147.38	26.08	3843.7	
8 Techos y Cubiertas					32429.1	35.3%
8.1	Viga Collar de Madera Tornillo Aserrada (3"x3")	ml	442.39	15.10	6679.8	
8.2	Tijeral de Caña de Guayaquil (4")	ml	420.60	31.26	13148.4	
8.3	Viguetas de Caña Guayaquil (4")	ml	420.56	13.17	5540.2	
8.4	Cobertura de Caña	m2	236.35	29.87	7060.7	
9 Carpintería					2705.0	2.9%
9.1	Puerta de madera exterior	und	9.00	265.00	2385.0	
9.1	Puerta de madera interior	und	4.00	80.00	320.0	
10 Carpintería Metálica					1080.0	1.2%
10.1	Ventana metálica	und	6.00	180.00	1080.0	
11 Vidrio					205.6	0.2%
11.1	Vidrio crudo semidoble	m2	7.62	26.98	205.6	
12 Cerrajería					515.7	0.6%
12.1	Chapa exterior 2 golpes	und	9.00	52.90	476.1	
12.2	Chapa interior	und	4.00	9.90	39.6	
13 Pintura					7606.4	8.3%
13.1	Pintura en muros exteriores e interiores	m2	1012.49	5.69	5757.5	
13.2	Barnizado de techos	m2	296.18	6.24	1848.9	
14 Fletes					2337.4	2.5%
14.1	Flete terrestre (madera)	p2	2597.11	0.90	2337.4	
COSTO DIRECTO S/.					91915.36	

CAPÍTULO 6

RESUMEN Y CONCLUSIONES

- Según los datos estadísticos, el adobe es uno de los materiales de construcción más utilizados en la zona de rural de Cusco, más específicamente en la el distrito de Huayopata, La Convención. Por ello es necesario reforzar o construir edificaciones que brinden seguridad a sus habitantes; es decir, que no colapsen ante eventos sísmicos.
- Se realizó el diseño estructural de 5 módulos de adobe con refuerzo de malla electrosoldada para lo cual se cumplió con los requerimientos estipulados en la Normas Técnicas Peruana de Bambú E.100, Madera E.010, de Cargas E.020, de Diseño Sismorresistente E.030, Concreto E.060 y de Adobe E.080, lo cual garantiza la seguridad de los mismos.
- Para el refuerzo de los muros se escogió la malla electrosoldada debido a su disponibilidad en la zona y porque en estudios previos las viviendas existentes que fueron reforzadas con este material no colapsaron ante los terremotos de gran magnitud del 2001 en Arequipa, Moquegua y Tacna o del 2007 en Ica (San Bartolomé 2014: 9), por ello, su uso salvaría vidas.
- En los módulos se consideró una altura y ancho de muro de adobe igual a 2.09 m y 0.40m respectivamente, y se obtuvo que para longitudes mayores a 3m se requiere más de una capa de refuerzo de malla electrosoldada en las zonas centrales superiores.
- Los tijerales utilizados resistieron a las combinaciones de carga aplicadas muy por encima del valor admisible, por lo que es posible reducir las correas diagonales interiores; sin embargo, se mantuvo el modelo inicial estético.

- El presupuesto básico planteado, el cual solamente considera costo directo, resulto en un total de S/. 91,915.36 . Si se recibe apoyo de la comunidad en el rubro de mano de obra se puede llegar a reducir el costo directo en un 30%.
- Los materiales que se mencionan para la construcción de los módulos, según información del lugar, se encuentran fácilmente en la zona señalada con lo que no solo se reducen costos de transporte, sino, permite contribuir con la protección del medio ambiente, sobretodo si se considera que el material más usado, el adobe, es ecológico ya que no se generan contaminación para su elaboración.
- El presente proyecto está desarrollado para la comunidad de Huyro en el departamento del Cusco, sin embargo, puede utilizarse para localidades con condiciones y características similares.

BIBLIOGRAFÍA

BLONDET, Marcial, Julio VARGAS, Daniel TORREALVA y Álvaro RUBIÑOS
 2010 *Manual de Construcción con Adobe Reforzado con Geomalla*.
 Lima: PUCP 2010. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú,
 Fondo Editorial. 2010. 95p

CAMARA NACIONAL FORESTAL

2010 *Cartilla de Precios de Productos y Servicios Forestales. Junio*
 2015.2p.

<http://www.cnf.org.pe/>

2015 *Cartilla de Precios de Productos y Servicios Forestales. Enero*
 2015.4p

<http://www.cnf.org.pe/>

CAPECO

2015 "Boletín Técnico". *Construcción e Industria*. Lima, L, N° 309, Julio
 2015, 18-47.

FISHER, Alex

2008 *Expediente Técnico: Vivienda Sismorresistente y Saludable de*
Adobe Reforzado con Malla de Polipropileno. Lima: COSUDE-
 GTZ. 2008. 124p.

GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO

2012 *Productos y Plan de Acción para el Desarrollo Turístico*
Sostenible del Distrito de Huayopata. Cusco: Gerencia Regional
 de Desarrollo Económico. 2012. 260p.

GRUPO

2008 *Casa Ecológica Andina*. Consulta: 20 de Abril del 2013.
 <<http://www.pietrohadzich.com/grupo2012/proyectos/casa-ecologica-andina/>>

- 2011 *Proyecto Granja Ecológica Huyro: Centro de Innovaciones en Tecnologías Apropriadas para el Desarrollo Sostenible del Sector Rural*. Lima: PUCP. 2011. 26p.
- 2012 Koñichuyawasi: Casa Caliente Limpia. Consulta: 20 de Abril del 2013.
 <http://gruporural.pucp.edu.pe/nuestros_proyectos/konichuyawa-si-casa-caliente-limpia/>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

- 2010 *Censos de Población y Vivienda 2007*. Consulta: 10 de Mayo del 2013. <<http://ineidw.inei.gob.pe/ineidw/#>>

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

- 2013 *Mapa Vial Departamental*. Consulta: 10 de Mayo del 2013.
 <<http://mtcgeo.mtc.gob.pe/website/vial1/viewer.htm>>
- 2013a *Memoria Descriptiva. Construcción del Puente Huayopata*. Cusco.
- 2013b *Memoria Descriptiva. Construcción del Puente Huyro*. Cusco

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO

- 2014 *Perú Forestal en Números 2014*. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Junio 2014. Lima, Perú.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUAYOPATA

- 2013 *Descripción del distrito. Ubicación Geográfica*. Consulta: 01 de Abril del 2013.
 <http://www.peru.gob.pe/Nuevo_Portal_Municipal/portales/Municipalidades/762/entidad/pm_municipalidad_tematicos.asp?cod_tema=72977>

NEUMANN, Julio, Daniel TORREALVA y Marcial BLONDET.

2007 *Construcción de Casas Saludables y Sismorresistentes de Adobe Reforzado con Geomallas. Zona de la Sierra.* Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial. 2007. 39p.

PERU 21

2012 *Puno construiria casas ecológicas que protejan de heladas.*
 Consulta: 03 de Julio del 2015.
 <<http://peru21.pe/2012/06/18/actualidad/puno-construiria-casas-ecologicas-que-protejan-heladas-2029312>>

RODRIGUEZ, Armando y Maria WALKER

2009 *Expediente Técnico Módulo Básico de Adobe Reforzado con Geomalla. Zona Costa.* Lima: DARS-PUCP. 2009. 94p.

SAN BARTOLOMÉ, Angel y Ericka DELGADO

2007 *Comportamiento sísmico de un Módulo de Adobe de Dos Pisos con Refuerzo Horizontal y Confinamiento Mínimo.* Artículo PUCP, 11p. Lima

SAN BARTOLOMÉ, Angel y Daniel QUIUN

2014 *Diseño de Mallas Electrosoldadas Para el Reforzamiento de Viviendas de Adobe.* Artículo próximo a publicarse en el Boletín IMME, Vol 30, N°1,2015. 10p. Caracas

SENCICO

2006 *Norma Técnica E.010 Madera.09 de junio*

SENCICO

2006 *Norma Técnica E.020 Cargas. 09 de junio*

SENCICO

2006 *Norma Técnica E.030. Diseño Sismorresistente.*

SENCICO

2006 *Norma Técnica E.070. Albañilería.*

SENCICO

2006 *Norma Técnica E.080 Adobe.* 10 de junio

SENCICO

2012 *Norma Técnica E.100 Bambú.* 03 de marzo

WWF – PERÚ

2005 *Demanda de Madera del Corredor Sur Peruano.* Lima: WWF-Perú. 2005. 52p.