ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

DISEÑO ESTRUCTURAL, HIDROSANITARIO, ELÉCTRICO Y PRESUPUESTO DEL "PARQUE DE ESTUDIO Y REFLEXIÓN LATITUD 0°" BASADO EN PARÁMETROS DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL MENCIÓN ESTRUCTURAS

David Augusto Jiménez Cajas
david_jimenez18@hotmail.com

DIRECTOR: ING. NICOLAY BERNARDO YANCHAPANTA GÓMEZ

Quito, 2018

Declaración

Yo, David Jiménez, declaro que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por su normativa vigente.

DAVID AUGUSTO
JIMÉNEZ CAJAS

Certificación

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por David Augusto Jiménez Cajas, bajo mi supervisión.

ING. NICOLAY YANCHAPANTA GÓMEZ

DIRECTOR DEL PROYECTO

Agradecimientos

Mi total agradecimiento a mi familia, que me brindó su apoyo y me dio ánimo durante el transcurso de la carrera.

Al Ing. Nicolay Yanchapanta, por su disposición en todo momento y aporte indispensable al presente proyecto.

Al Ing. Pablo Pinto, por aportar con su tiempo y conocimientos en el desarrollo de la tesis.

A los integrantes de la Fundación Ágora, gestora del Parque de estudio y Reflexión Latitud 0, por mantener un constante diálogo y estar pendientes del progreso y detalles en la planificación del proyecto.

Índice de contenido

CAPÍTULO 1 1
1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Antecedentes 1
1.2. Objetivos 3
1.2.1. Objetivo general 3
1.2.2. Objetivos específicos 3
1.3. Alcance 4
1.4. Justificación 4
CAPÍTULO 2 6
2. MARCO TEÓRICO 6
2.1. Construcción sostenible o sustentable 6
2.2. Fundación Ágora 11
2.3. Parques de Estudio y Reflexión 12
2.3.1. Que es un Parque de Estudio y Reflexión 12
2.3.2. Partes de un “Parque de Estudio y Reflexión” 13
2.3.3. Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0 18
2.4. Receta de adobe y mortero de tierra 20
2.4.1. Adobe 20
2.4.2. Mortero de tierra para adobe 21
CAPÍTULO 3 23
3. METODOLOGÍA 23
3.1. Investigación preliminar 23

3.1.1. Reconocimiento del lugar de implantación 23
3.1.2. Análisis de muestras de agua 24
3.1.3. Precipitación media mensual. 25
3.2. Diseño estructural 29
3.3. Diseño hidrosanitario 38
3.3.1. Abastecimiento de agua 38
3.3.2. Agua potable 38
3.3.3. Tratamiento de aguas residuales 54
3.4. Diseño eléctrico 63
3.5. Presupuesto 64
CAPÍTULO 4 66
4. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN 66
4.1. Diseño estructural 66
4.1.1. Diseño estructural de Sala 66
4.1.2. Diseño estructural del Centro de Trabajo, Centro de Estudios y Sala Multiusos 87
4.2. Diseño hidrosanitario 126
4.2.1. Agua potable 126
4.2.2. Tratamiento de aguas residuales 136
4.3. Diseño eléctrico 140
4.4. Presupuesto 141
4.4.1. Análisis de precios unitarios y presupuesto 141
4.4.2. Cronograma valorado 147
CAPÍTULO 5 148
5. RESULTADOS 148

5.1. Planos estructurales, hidrosanitarios y arquitectónicos del proyecto 148

5.2. Presupuesto del proyecto 149

CAPÍTULO 6 150

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 150

6.1. Conclusiones 150

6.2. Recomendaciones 152

BIBLIOGRAFÍA 154

ANEXOS ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Índice de figuras

Figura 2-1 Las tres dimensiones de la ingeniería sostenible 8
Figura 2-2 Construcción sostenible en América Latina.....10
Figura 2-3 Logo de Fundación Ágora.....11
Figura 2-4 Portal 14
Figura 2-5 Sala de meditación 14
Figura 2-6 Centro de estudios.....15
Figura 2-7 Centro de trabajo 15
Figura 2-8 Monolito 16
Figura 2-9 Fuente 16
Figura 2-10 Estela de Parque de estudio y Reflexión.....17
Figura 2-11 Sala Multiuso 17
Figura 2-12 Trisquel.....18
Figura 2-13 Anteproyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0.....20
Figura 2-14 Porcentaje de arena y arcilla para ladrillos de adobe 20
Figura 3-1 Reconocimiento de terreno Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0 23
Figura 3-2 Precipitaciones mensuales medias de la estación M0111 MALCHINGUI INAMHI 29
Figura 3-3 Elementos de una vivienda de adobe y tapial 31
Figura 3-4 Límites geométricos de muros y vanos. 32
Figura 3-5 Ejemplo esquemático de un tipo de viga collar. 33
Figura 3-6 Mapa zonificación sísmica de Perú (izquierda) y Ecuador (derecha) 35
Figura 3-7 Esquema de refuerzo con caña para adobe.....36
Figura 3-8 Captación de agua de canal de riego.....40
Figura 3-9 Reservorio de agua.....41
Figura 3-10 Filtro lento de arena 44
Figura 3-11 Dosificador de erosión 51

Figura 3-12 Instalación típica de un clorador por erosión de tabletas de hipoclorito de calcio. 52
Figura 3-13 Biodigestor prefabricado. 55
Figura 3-14 Humedal artificial de flujo sub superficial horizontal 59
Figura 4-1 Sala tipo de un Parque de Estudio y Reflexión 66
Figura 4-2 Vista Frontal de Sala del Parque de estudio y Reflexión Latitud 0 67
Figura 4-3 Corte de Sala del Parque de estudio y Reflexión Latitud 0 67
Figura 4-4 Vista en planta de Sala del Parque de estudio y Reflexión Latitud 0 68
Figura 4-5 Combinaciones de carga 71
Figura 4-6 Área colaborante y muro actuante en cada eje ante fuerza sísmica horizontal 73
Figura 4-7 Refuerzo de carrizo para muros de adobe 74
Figura 4-8 Compresión diagonal o tracción indirecta 75
Figura 4-9 Viga collar para muros de adobe reforzado 77
Figura 4-10 Esfuerzo de meridianos NΦ 79
Figura 4-11 Detalle de cubierta de teja 83
Figura 4-12 Cimentación de Sala del Parque de Estudio Y Reflexión Latitud 0 85
Figura 4-13 Área de cimentación 86
Figura 4-15 Centro de Trabajo, vista en planta 88
Figura 4-16 Centro de Trabajo, vista frontal 89
Figura 4-17 Centro de Trabajo, vista lateral izquierda 89
Figura 4-18 Centro de Trabajo, vista posterior 90
Figura 4-19 Centro de Trabajo, vista lateral derecha 90
Figura 4-20 Centro de Estudio, vista en planta 92
Figura 4-21 Centro de Estudio, vista frontal 92
Figura 4-22 Centro de Estudio, vista lateral izquierda 93
Figura 4-23 Centro de Estudio, vista posterior 93

Figura 4-24 Centro de Estudio, vista lateral derecha.....94
Figura 4-25 Sala Multiuso, vista en planta.....96
Figura 4-26 Sala Multiuso, vista lateral izquierda 96
Figura 4-27 Sala Multiuso, vista frontal 97
Figura 4-28 Sala Multiuso, vista lateral derecha.....97
Figura 4-29 Sala Multiuso, vista posterior 98
Figura 4-30 Combinaciones de carga 100
Figura 4-31 Límites geométricos de muros y vanos 105
Figura 4-32 Muros y área colaborante en cada eje ante fuerza sísmica horizontal, Centro de Trabajo. 107
Figura 4-33 Muros y área colaborante en cada eje ante fuerza sísmica horizontal, Centro de Estudios. 107
Figura 4-34 Muros y área colaborante en cada eje ante fuerza sísmica horizontal, Sala Multiuso. 108
Figura 4-35 Refuerzo de carrizo para muros de adobe 108
Figura 4-36 Compresión diagonal o tracción indirecta.....109
Figura 4-37 Viga collar para muros de adobe reforzado.....115
Figura 4-38 Dimensiones del adobe.....116
Figura 4-39 Detalle de colocación de adobe en L. 117
Figura 4-40 Detalle de colocación de adobe en L. 117
Figura 4-41 Detalle de colocación de adobe en L, vista A. 118
Figura 4-42 Detalle de colocación de adobe en L, vista B. 118
Figura 4-43 Detalle de colocación de adobe en T. 119
Figura 4-44 Detalle de colocación de adobe en T. 119
Figura 4-45 Detalle de colocación de adobe en T, vista A.....120
Figura 4-46 Detalle de colocación de adobe en T, vista B.....120
Figura 4-47 Detalle de cubierta de teja. 121
Figura 4-48 Detalle de viga de cimentación del Centro de Trabajo 124
Figura 4-49 Detalle de viga de cimentación del Centro de Estudios.....125
Figura 4-50 Detalle de viga de cimentación de Sala Multiuso 125

Figura 4-51 Reservorio 128
Figura 4-52 Tanque Cisterna 132
Figura 4-53 Biodigestor y sistema de infiltración 136
Figura 4-54 Laguna de bajo calado.....138
Figura 4-55 Humedal de flujo subsuperficial horizontal 139
Figura 4-56 Participación de fuentes en la generación eléctrica dentro del SNI 140

Índice de tablas

Tabla 2-1 Beneficiarios del proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0 19
Tabla 3-1 Criterios de calidad para utilizar un tratamiento convencional 24
Tabla 3-2 Análisis de muestra de agua 25
Tabla 3-3 Precipitaciones de estación M011 MALCHINGUI INAMHI 28
Tabla 3-4 Razón q entre estación M0111 MALCHINGUI INAMHI y MA2T TOMALON-TABACUNDO 28
Tabla 3-5 Coeficiente R 30
Tabla 3-6 Factor de suelo (S) 34
Tabla 3-7 Factor de uso (U) y densidad de muros 34
Tabla 3-8 Coeficiente sísmico (C) 34
Tabla 3-9 Taludes para reservorios 42
Tabla 3-10 Criterios de selección de los procesos en función de la calidad de la fuente 43
Tabla 3-11 Parámetros de diseño de laterales 47
Tabla 3-12 Comprobación 47
Tabla 3-13 Parámetros de diseño del lecho filtrante 48
Tabla 3-14 Granulometría de capa de grava del lecho filtrante 48
Tabla 3-15 Características del material granular 49
Tabla 3-16 Ventajas y desventajas de dosificadores de cloro 50
Tabla 3-17 Datos de caudal instantáneo mínimo y presiones recomendadas 53
Tabla 3-18 Parámetros aguas negras y grises 56
Tabla 3-19 Características típicas de medio granular en humedales de flujo sub superficial 60
Tabla 3-20 Impacto ambiental en fuentes de energía 63
Tabla 4-1 Paredes internas 68
Tabla 4-2 Paredes externas 69

Tabla 4-3 Cúpula 69
Tabla 4-4 Punta conoidal 69
Tabla 4-5 Techo.....69
Tabla 4-6 Paredes trapezoidales.....70
Tabla 4-7 Cimentación 70
Tabla 4-8 Peso de la estructura 70
Tabla 4-9 Cargas vivas 71
Tabla 4-10 Combinaciones de carga.....72
Tabla 4-11 Esfuerzos producidos por cargas laterales y verticales 76
Tabla 4-12 Esfuerzo de meridianos NΦ 80
Tabla 4-13 Resistencia a cargas verticales admisibles 80
Tabla 4-14 Resistencia a cargas verticales reales 80
Tabla 4-15 EUCALYPTUS GLOBULUS.....81
Tabla 4-16 Viga de Eucalipto 82
Tabla 4-17 Cargas de cubierta.....82
Tabla 4-18 Cálculo de cimentación Área 1.....86
Tabla 4-19 Cálculo de cimentación Área 2.....86
Tabla 4-20 Paredes.....91
Tabla 4-21 Techo.....91
Tabla 4-22 Cimentación 91
Tabla 4-23 Peso de estructura TOTAL Centro de Trabajos.....91
Tabla 4-24 Paredes.....94
Tabla 4-25 Techo.....94
Tabla 4-26 Cimentación 95
Tabla 4-27 Peso TOTAL Centro de Estudio 95
Tabla 4-28 Paredes.....98
Tabla 4-29 Techo.....98
Tabla 4-30 Cimentación 99
Tabla 4-31 Peso TOTL Sala Multiuso 99
Tabla 4-32 Cargas vivas 99

Tabla 4-33 CÁLCULO APROXIMADO CENTRO DE TRABAJO 101
Tabla 4-34 CÁLCULO APROXIMADO CENTRO DE ESTUDIOS 102
Tabla 4-35 CÁLCULO APROXIMADO SALA MULTIUSO 102
Tabla 4-36 Resistencia a cargas verticales, Centro de Trabajo.....103
Tabla 4-37 Resistencia a cargas verticales, Centro de Estudios. 103
Tabla 4-38 Resistencia a cargas verticales, Sala Multiuso. 104
Tabla 4-39 Arriostres verticales.....105
Tabla 4-40 Esfuerzos producidos en cada muro por cargas laterales y verticales en eje X, Centro de Trabajo. 110
Tabla 4-41 Esfuerzos producidos en cada muro por cargas laterales y verticales en eje Y, Centro de Trabajo. 111
Tabla 4-42 Esfuerzos producidos en cada muro por cargas laterales y verticales en eje X, Centro de Estudios.....112
Tabla 4-43 Esfuerzos producidos en cada muro por cargas laterales y verticales en Y, Centro de Estudios. 113
Tabla 4-44 Esfuerzos producidos en cada muro por cargas laterales y verticales en eje X, Sala Multiuso.....113
Tabla 4-45 Esfuerzos producidos en cada muro por cargas laterales y verticales en eje Y, Sala Multiuso.....114
Tabla 4-46 Cimentación Centro de Trabajo.....123
Tabla 4-47 Cimentación Centro de Estudio.....123
Tabla 4-48 Cimentación Sala Multiuso.....123
Tabla 4-49 Dotación Centro de Trabajo y Centro de Estudios.....126
Tabla 4-50 Dotación Sala Multiuso.....127
Tabla 4-51 Captación agua lluvia.....127
Tabla 4-52 Reservorio.....128
Tabla 4-53 Dimensionamiento de filtro lento de arena 129
Tabla 4-54 Dimensionamiento de lecho filtrante.....130
Tabla 4-55 Pérdidas en arena.....130
Tabla 4-56 Pérdidas en capa inferior de grava 1".....130

Tabla 4-57 Pérdidas en capa media de grava 3/6" 131
Tabla 4-58 Pérdidas en capa superior de grava 3/12" 131
Tabla 4-59 Pérdidas en orificios 131
Tabla 4-60 Tanque Cisterna 132
Tabla 4-61 Distribución 133
Tabla 4-62 Pérdida en accesorios red de AAPP 133
Tabla 4-63 Pérdida en accesorios Centro de Estudios 133
Tabla 4-64 Pérdida en accesorios Centro de Trabajo 134
Tabla 4-65 Pérdida en accesorios Sala Multiuso 134
Tabla 4-66 Pérdida en accesorios Fuente 134
Tabla 4-67 Pérdida de carga total 134
Tabla 4-68 Potencia de la bomba 135
Tabla 4-69 Volumen de tanque hidroneumático 135
Tabla 4-70 Equipos hidroneumáticos en el mercado 136
Tabla 4-71 Características biodigestor 7000 Lt 137
Tabla 4-72 Laguna de bajo calado 137
Tabla 4-73 Características del medio granular 138
Tabla 4-74 Cálculo de humedal de flujo sub superficial 139
Tabla 4-75 Presupuesto del proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0 146
Tabla 4-76 Cronograma valorado 147
Tabla 5-1 Resumen de presupuesto del proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0 149

Simbología

EPN	Escuela Politécnica Nacional
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
ONG	Organización No Gubernamental
UNEP	United Nations Environment Programme
MOP	Ministerio de Obras Públicas
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MINENERGÍA	Ministerio de Energía
MMA	Ministerio de Medio Ambiente
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente
FA	Fundación Ágora
CICAM	Centro de Investigación y Control Ambiental
DBO5	Demanda bioquímica de oxigeno
DQO	Demanda química de oxígeno
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
FLA	Filtro lento de arena
PVC	Policloruro de vinilo
FSS	Flujo Sub Superficial
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo realizar el diseño estructural, hidrosanitario, eléctrico y presupuesto del Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0, basándose en parámetros de construcción sustentable.

Los Parques de Estudio y Reflexión son un tipo de parque construidos por el movimiento del Nuevo Humanismo Universalista alrededor del mundo, existiendo actualmente más de cincuenta parques. En Ecuador aún no existe ninguno, así que Latitud 0 se convertirá en el primer Parque de Estudio y Reflexión del país.

Por otro lado, el desarrollo sustentable o sostenible se refiere a toda actividad que logre evitar o reducir significativamente cualquier tipo de impacto en el ambiente, ya sea a corto o largo plazo. Es aquí donde entra el campo de la construcción como “construcción sustentable” o “construcción sostenible”, siendo uno de los de mayor capacidad de aporte al desarrollo sostenible. Con lo mencionado, se procedió a realizar el diseño del proyecto pensando en primer lugar la sostenibilidad del mismo.

El Parque consta de cuatro estructuras principales, la Sala de Meditación, cubierta por una cúpula y en su interior con forma esférica y completamente vacía. El Centro de Trabajo y Centro de Estudios, dos estructuras dotadas de cuartos, baños, cocina y un área social. Finalmente la Sala Multiuso, un salón destinado a eventos y con capacidad para cincuenta personas.

El proyecto inició con el diseño estructural, donde se escogió un sistema constructivo de muros de adobe reforzados con carrizo y cubiertas de madera con teja, cumpliendo de esta forma la sostenibilidad de la construcción de las estructuras.

Para el diseño hidrosanitario, se planteó captar aguas lluvia para abastecer al parque, sin embargo al ver que no se obtenía un caudal suficiente debido a las escasas precipitaciones en el lugar donde será construido el proyecto, vía Pisque-Puéllaro, se optó por hacer un sistema combinado y captar agua de un canal de riego que atraviesa la propiedad. Como en este lugar no existe un sistema de

alcantarillado, para cumplir con los requisitos de sostenibilidad fue necesario diseñar una planta de tratamiento para aguas residuales, garantizando la devolución del agua utilizada con un porcentaje de contaminación similar al de ingreso.

Con respecto a la energía eléctrica, para que sea un sistema sostenible es necesario que la energía provenga de fuentes renovables, para beneficio nuestro el país cuenta con un alto porcentaje de su energía proveniente de este tipo de fuentes, principalmente de hidroeléctricas. Es por esto que se optó por utilizar la red energética nacional como fuente sostenible de electricidad.

Finalmente se realizó el cálculo del presupuesto del proyecto mediante el análisis de precios unitarios, y se desarrolló los planos correspondientes a todos los diseños, para su posterior entrega a los encargados de la construcción del proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0.

Palabras clave:

Construcción sostenible/sustentable, desarrollo sostenible/sustentable, adobe, muros de adobe reforzados, tratamiento de aguas residuales, fuentes renovables.

Abstract

The objective of this project is to carry out the structural, hydro-sanitary, electrical and budget design of the Latitude 0 Study and Reflection Park, based on sustainable construction parameters.

The Parks of Study and Reflection are a type of park built by the movement of the New Universalist Humanism around the world, currently existing more than fifty parks. In Ecuador there is still none, so Latitude 0 will become the first Study and Reflection Park in the country.

On the other hand, sustainable development refers to any activity that manages to avoid or significantly reduce any type of impact on the environment, either in the short or long term. This is where the field of construction enters as "sustainable construction", being one of the greatest capacity to contribute to sustainable development. With the aforementioned, the design of the project proceeded with the first consideration of its sustainability.

The Park consists of four main structures, the Meditation Room, covered by a dome and inside it with a spherical shape and completely empty. The Work Center and Study Center, two structures equipped with rooms, bathrooms, kitchen and a social area. Finally the Multipurpose Room, a room for events and with capacity for fifty people.

The project began with the structural design, where a constructive system of adobe walls reinforced with reed and roofs of wood with tile, fulfilling in this way the sustainability of the construction of the structures.

For the hydrosanitary design, it was proposed to capture rainwater to supply the park, however, seeing that a sufficient flow was not obtained due to the scarce rainfall in the place where the project will be built, Pisque-Puéllaro Avenue, it was decided to make a system combined and capture water from an irrigation canal that runs through the property. Since there is no sewerage system in this place, in order to comply with the sustainability requirements, it was necessary to design a

treatment plant for wastewater, guaranteeing the return of the water used with a percentage of pollution similar to that of income.

With regard to electric power, to be a sustainable system it is necessary that the energy comes from renewable sources, for our benefit the country has a high percentage of its energy coming from this type of sources, mainly hydroelectric. That is why we chose to use the national energy network as a sustainable source of electricity.

Finally, the calculation of the budget of the project was carried out through the analysis of unit prices, and the blueprints corresponding to all the designs were developed, for its later delivery to those in charge of the construction of the Latitude 0 Study and Reflection Project.

Keywords:

Sustainable construction, sustainable development, adobe, reinforced adobe walls, wastewater treatment, renewable sources.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Sobre la cordillera de los Andes, en la parroquia Malchinguí del cantón Pedro Moncayo ubicado en la provincia de Pichincha, nace el proyecto del Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0°, desarrollado por la Fundación Ágora. Este parque forma parte de un proyecto mayor que inició hace más de una década y consiste en la construcción de parques en varios continentes y en diversas culturas, promoviendo su conexión y dando origen a nueva sociedad humana no violenta. En la actualidad hay más de cincuenta parques alrededor del mundo, siendo en su mayoría del mismo modelo que el primer parque construido en Punta de Vacas, Argentina. Estos parques fueron creados por el movimiento del Nuevo Humanismo Universalista, agrupación fundada por el argentino Mario Luis Rodríguez Cobos más conocido como Silo (Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas, 2017).

El terreno sobre el cual se edificará el parque fue escogido por su ubicación estratégica. Sobre el puente del río Pisque y muy cerca de la línea equinoccial, se forma un trisquel en el cual convergen vías hacia zonas arqueológicas de naturaleza sagrada para las culturas precolombinas; la vía a Tabacundo llega a la zona arqueológica de Cochasquí, la ruta Guayllabamba-Quinche llega a las ruinas de Pambamarca y la ruta escondida llega a las ruinas de Rumicucho, conectando histórica y culturalmente la huella precolombina de los pueblos de origen Cayambi, Caranqui, Tsafiqui, Quitu, Cara y Kichwa (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017).

La Fundación Ágora es una organización no gubernamental (ONG) sin fines de lucro ubicada en el sector el Inca de la ciudad de Quito. Esta fundación adopta los valores del Nuevo Humanismo Universalista y por consiguiente el proyecto mayor de este movimiento de construir Parques de Estudio y Reflexión alrededor del mundo, convirtiéndose así en la gestora del Proyecto Parque de Estudio y Reflexión latitud 0° (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017).

Añadido a esto, se encuentra el concepto de construcción sostenible o también llamado construcción sustentable. Este concepto ya ha sido introducido en ciertos países del mundo incluyendo varios latinoamericanos como es el caso de Argentina, Colombia, Perú, México, Chile, entre otros; teniendo estos dos últimos (México y Chile) una Estrategia Nacional de Construcción Sostenible, lo cual representa un gran avance a comparación de otros países como Ecuador.

Por otro lado, existen varias investigaciones como la realizada por Fernando Rodríguez y Gonzalo Fernández (2010) en la Universidad Politécnica de Madrid titulada “Ingeniería sostenible: nuevos objetivos en los proyectos de construcción”, donde se plantea una metodología a seguir durante el diseño, construcción y deconstrucción de un proyecto (Rodríguez & Fernández, 2010).

Además existen organizaciones como el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente o la Organización Meteorológica Mundial, donde se han realizado investigaciones acerca del impacto que produce el sector de la construcción en el medio ambiente, y como este campo es uno de los de mayor potencial para contribuir al desarrollo sostenible.

El UNEP (2014) realizó un estudio titulado: “Situación de la Edificación Sostenible en América Latina”, en donde se analiza el escenario y las acciones planteadas a futuro de varios países de América, como es el caso de Brasil, Argentina, México, Colombia, Chile, Perú, Guatemala, Panamá y Costa Rica. Sin embargo, no se llega a mencionar a Ecuador, ya que en nuestro país no existe una Estrategia Nacional de Construcción Sostenible o alguna ley que incentive la Construcción Sostenible.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Realizar el diseño estructural, hidrosanitario, eléctrico y presupuesto del Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0°, basado en parámetros de construcción sustentable, para su futura edificación por parte de la Fundación Ágora.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Identificar los parámetros de diseño mediante los cuales una estructura entra en la categoría de construcción sustentable para direccionar correctamente el proyecto.
2. Realizar el cálculo y diseño estructural de cada una de las edificaciones a construir para brindar un sustento técnico al proyecto en el proceso de construcción.
3. Idear un diseño hidrosanitario, solucionando los problemas de abastecimiento de agua y carencia de alcantarillado, para dotar con agua las instalaciones del parque.
4. Identificar el modelo de sistema energético a utilizar, pensando siempre en la sostenibilidad del proyecto.
5. Realizar los planos estructurales, hidrosanitarios y arquitectónicos que correspondan.
6. Establecer el presupuesto total del proyecto y cronograma valorado, mediante el análisis de precios unitarios, para asignar el valor de la obra según sus partes.

1.3. Alcance

El presente proyecto de titulación tiene como alcance realizar el diseño del proyecto "Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0" bajo el concepto de construcción sostenible, arrojando como resultado los planos estructurales, hidrosanitarios, arquitectónicos y el presupuesto del proyecto, haciendo énfasis en los procedimientos y alternativas tomadas dentro del proyecto para que este entre en el rango de una construcción sostenible. Por otro lado, se busca incentivar tanto dentro de la facultad como fuera de ella, la implementación del concepto de construcción sostenible en futuros proyectos del país.

1.4. Justificación

Es un hecho que la actividad humana ha afectado de manera negativa al medio ambiente y en gran parte ha sido a causa del campo de la construcción, ya sea de manera directa, como la tala de árboles para materiales de construcción o los residuos de construcción desalojados en botaderos, o indirectamente, como los gases de efecto invernadero emitidos por fábricas. Es por esto que aparece el concepto de construcción sostenible o construcción sustentable.

Por otro lado, para llevar a cabo la construcción del proyecto son necesarios los diseños de ingenierías, la elaboración de planos y el desarrollo del presupuesto (Gónzalez, Zaragoza, & Díaz, 2004).

Además, este estudio técnico busca introducir una reflexión y propiciar un debate sobre la necesidad de actualizar los contenidos de estudio en nuestra facultad, acorde con el desarrollo de nuevas tecnologías y procesos adaptados al concepto de construcción sostenible, complementando así la formación en los profesionales en Ingeniería Civil.

La metodología implementada comienza con el diseño estructural el cual utiliza un sistema de muros portantes de adobe reforzado con carrizo, seguido del diseño

hidrosanitario donde se tiene una planta de potabilización de agua junto con su respectiva red de distribución, un sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas residuales. Añadido a esto, el desarrollo del presupuesto total y el cronograma valorado de la obra. De esta manera se logra la cobertura completa del proyecto, siendo los planos la principal guía al momento de la construcción y el cronograma valorado al momento del financiamiento. Esta metodología fue escogida pensando en el diseño completo del proyecto, cubriendo todas las áreas de construcción posibles y brindando un sustento técnico para cada una. Esta metodología servirá de base para construcciones futuras de parques similares a Latitud 0, por ejemplo el Parque de Estudio y Reflexión Aloasí, mismo que se planea construir cerca de Machachi (Parque de Estudio y Reflexíon Aloasí , 2017).

El “Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0”brindará un espacio de intercambio, estudio y reflexión, diseñado en gran parte para la gente de las poblaciones cercanas, quienes tendrán el lugar a su disposición permanentemente y podrán utilizar sus instalaciones a placer. Estudios realizados en un hospital de Barcelona, España, han demostrado que el estrés puede provocar enfermedades tales como hipertensión arterial e incluso un infarto de miocardio, es por esto que el parque brindará un abanico de actividades y lugares para liberar este estrés que afecta a la sociedad actual, previniendo así posibles problemas de salud causados por esta enfermedad (Armario, Hernández del Rey, & Martín-Baranera, 2002). Además, contará con un lugar de estadía temporal para viajeros de otras localidades del país o visitantes extranjeros. Por otro lado, los Parques de Estudio y Reflexión sirven de cumbre para eventos tanto nacionales como internacionales, tales como: encuentros estacionales, matrimonios, talleres de oficio del fuego, investigaciones relacionadas con la dimensión histórico-social y trascendental del ser humano, antropología cultural, entre otros (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017).

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Construcción sostenible o sustentable

El impacto producido por la actividad humana sobre el medio ambiente es un hecho. Debido al modelo de desarrollo que tenemos actualmente son las generaciones futuras las que se verán afectadas por nuestras acciones, esto se debe a que la mayoría de los impactos que producimos a nuestro entorno son a muy largo plazo, al pensamiento de que los recursos naturales son ilimitados, a la conciencia tecno centrista, al crecimiento acelerado de países industrializados y al desmesurado desarrollo demográfico. Por todo esto, surge el planteamiento del desarrollo sostenible o desarrollo sustentable, como un nuevo modelo de desarrollo social y económico. En la cumbre de Río de Janeiro (1992) se estableció como principio a seguir el concepto de desarrollo sostenible para los años siguientes apoyándose en los tres pilares: sociedad, economía y medio ambiente (Rodríguez & Fernández, 2010).

Según la Estrategia Nacional de Construcción Sustentable de Chile, en el convenio entre el Ministerio de Obras Públicas, Vivienda y Urbanismo, Energía y Medio Ambiente (2013), se define el concepto de construcción sustentable como:

> “Un modo de concebir el diseño arquitectónico y urbanístico, que se refiere a la incorporación del concepto de sustentabilidad en el proceso de planificación, diseño, construcción y operación de las edificaciones y su entorno, y que busca optimizar los recursos naturales y los sistemas de edificación de tal modo, que minimicen el impacto sobre el medio ambiente y la salud de las personas” (MOP, Minvu, Minenergía, MMA, 2013).

Si se sigue con los modelos actuales, se estima que la construcción destruirá o afectará de manera directa o indirecta los hábitats naturales y la vida salvaje en más de un 70% de la superficie terrestre para 2032 (Rodríguez & Fernández, 2010).

El campo de la construcción ocupa casi la mitad de los recursos naturales consumidos por el hombre, aproximadamente el 25% de residuos producidos son de construcción y más del 70% de energía consumida en el mundo es utilizada por este campo, siendo uno de los sectores con mayor impacto en la naturaleza. Sin embargo, y para beneficio nuestro, el sector de la construcción tiene un gran potencial para contribuir al desarrollo sostenible (Rodríguez & Fernández, 2010).

Así como cambian los modelos tanto sociales como políticos, es necesario cambiar en el campo de la construcción y ayudar al desarrollo sostenible. Los objetivos principales que utilizamos en un proyecto generalmente son: tiempo, alcance y costo; también se suele introducir la calidad, sin embargo, en la actualidad esto ya no es suficiente. Debemos re direccionar el enfoque de los proyectos añadiendo un triple objetivo basado en medio ambiente, sociedad y economía social (Rodríguez & Fernández, 2010).

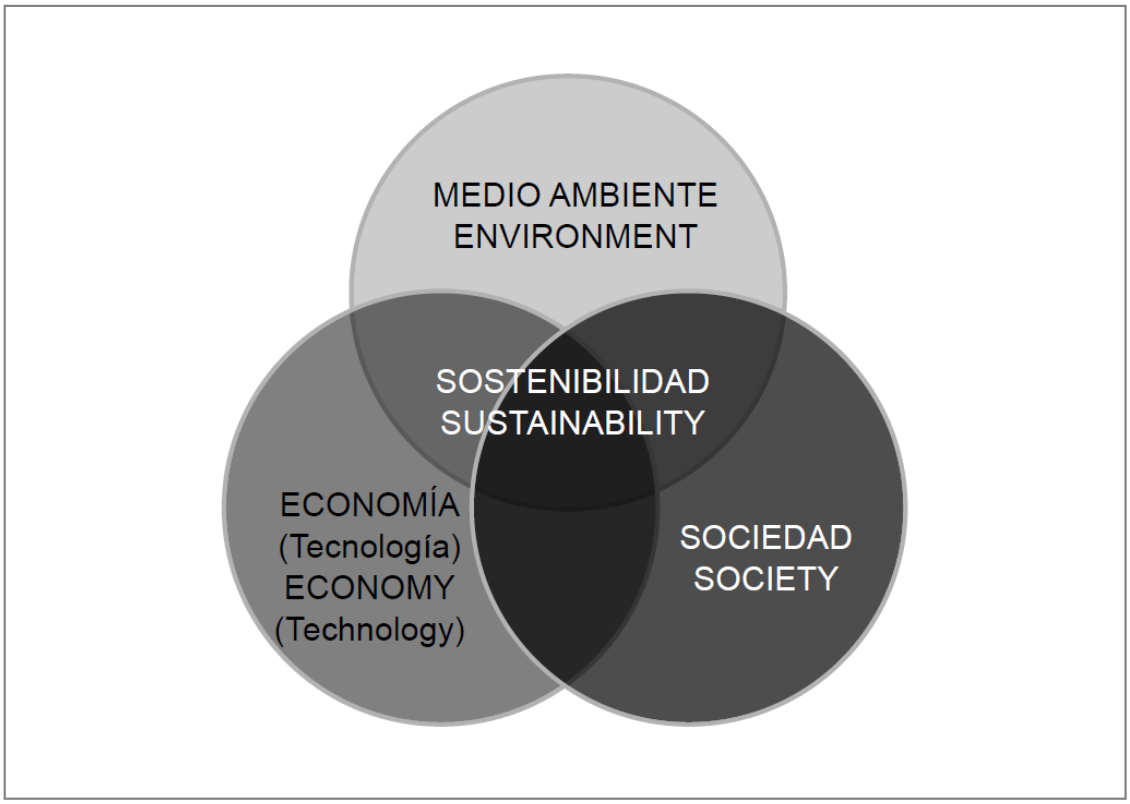


Figura 2-1 Las tres dimensiones de la ingeniería sostenible
Fuente: (Rodríguez & Fernández, 2010)

Esto cambiaría directamente el enfoque de un proyecto de ingeniería civil, en donde los aspectos más importantes según Rodríguez y Fernández (2010) serían:

> El análisis del ciclo de vida del proyecto. Según la norma ISO 14040 y la norma ISO 14044 considera la el ciclo de vida desde la concepción de la idea hasta la deconstrucción o cambio de uso, en otras palabras, de la cuna a la tumba. Sin embargo, aplicando el concepto de desarrollo sostenible, se debería considerar el ciclo de vida de la cuna a la cuna, es decir, desde la concepción de la idea hasta la devolución de los productos empleados a su estado natural. La aplicación de los criterios de sostenibilidad (medioambiente, sociedad y economía) desde la fase de planificación y diseño, siendo así la toma de decisiones entre las diferentes alternativas planteadas ya no solo basándose en los objetivos propios de un proyecto (tiempo , costo, alcance y calidad).

La importancia del entorno social en la construcción.

La colaboración y los aportes interdisciplinarios, integrando todos los campos y profesionales de distintas áreas que intervienen en el proceso de construcción. (Rodríguez & Fernández, 2010)

Para lograr todo esto, la UNEP (United Nations Enviroment Programme) nos plantea ciertas iniciativas que cada país debe tomar y que son clave para el desarrollo de la construcción sostenible, estas son (United Nations Enviroment Programme, 2014):

Estrategia Nacional de Construcción Sostenible.

Ley que incentive la construcción sostenible.

Herramienta voluntaria de certificación de viviendas sostenibles, adecuada al contexto local.

Herramienta voluntaria de certificación de construcciones sostenibles (no residenciales), adecuada al contexto local.

Proyectos de MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio) de vivienda social sostenible.

Programas de subsidios y/o incentivos para incorporar elementos de construcción sostenible en viviendas de interés social.

Programas para incentivar la incorporación de elementos de sostenibilidad en construcciones no residenciales.

Proyectos piloto de vivienda social sostenible.

Código (o reglamento) de construcción sostenible.

Normas técnicas de construcción sostenible.

Ley, decreto o programa que incentive los techos o cubiertas verdes.

Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental de los proyectos de construcción. (United Nations Enviroment Programme, 2014)

A continuación vemos los países de américa latina que ya han comenzado a implementar alguno de estos parámetros, representando en la tabla con un signo

de interrogación (?) los parámetros que no se tiene información y con la letra (D) los que se encuentran en desarrollo:

	Situación de la Construcción Sostenible en América Latina								
	Argentina	Brasil	Colombia	Chile	México	Perú	Guatemala	Panamá	Costa Rica
Estrategia Nacional de Construcción Sostenible	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO
Ley que incentive la construcción sostenible	NO	SI	D	SI	SI	NO	NO	NO	SI
Herramienta de certificación de viviendas sostenibles adecuada al contexto local	NO	SI	D	NO	SI	NO	D	NO	NO
Herramienta de certificación de construcciones sostenibles adecuada al contexto local	NO	SI	D	NO	SI	NO	NO	NO	NO
Proyectos de vivienda social sostenible bajo el esquema de MDL y/o NAMA	NO	?	NO	?	SI	NO	NO	NO	NO
Programas de subsidios y/o incentivos para incorporar elementos de construcción sostenible en viviendas de interés social	NO	SI	D	SI	SI	NO	D	D	D
Programas para incentivar la incorporación de elementos sostenibilidad en construcciones no residenciales	?	SI	D	D	SI	NO	NO	NO	SI
Proyectos piloto de vivienda social sostenible	SI	SI	SI	?	SI	SI	?	?	SI
Código (o reglamento) de construcción sostenible	NO	?	D	SI	SI	NO	NO	NO	NO
Normas técnicas de construcción sostenible	D	?	D	SI	SI	NO	NO	NO	SI
Ley, decreto o programa que incentive los techos o cubiertas verdes	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	?	SI
Estudios mandatorios de evaluación de impacto ambiental de los proyectos públicos construcción	SI	?	SI	SI	SI	SI	?	?	SI

Figura 2-2 Construcción sostenible en América Latina
Fuente: (United Nations Enviroment Programme, 2014)

Además, para la construcción de edificios actualmente existen herramientas o sistemas de indicadores los cuales califican a la estructura en distintos grados de sostenibilidad, entre estos destacan:

LEGOE (Alemania), Green Star (Australia), Total Quality Building Assessment System (Austria), Green Building (Canada), CEPAS (Comprehensive Environmental Performance Assessment Scheme) (China), LEED (EEUU y adaptado también a México, Canadá e India), VERDE (España), LEnSE (Label for Environmental Social and Economic Buildings) (Europa), CASBEE (Japón), Green Building Rating System (Korea), SBAT (Sustainable Building Assessment Tool) (Sudáfrica), BREEAM (Building Research Establishment

Environmental Assessment Method) (Reino Unido), entre otros (Rodríguez & Fernández, 2010).

2.2. Fundación Ágora

Figura 2-3 Logo de Fundación Ágora
Fuente: (Fundacion Ágora , 2017)

La Fundación Ágora (FA) es una organización no gubernamental (ONG) sin fines de lucro, ubicada en la Av. El Inca E 13-16 y Madroños CR El Inca Casa 43 primer piso.

La misión de esta organización consiste en desarrollar y promover lugares de dialogo y reflexión entre personas y con la comunidad, fomentando el intercambio de la experiencia humana, investigación y meditación, además del estudio de diversas culturas y épocas; con el fin de integrar diversos sectores de la población. Por otro lado, la Fundación Ágora adopta los valores del Nuevo Humanismo Universalista, movimiento fundado por el argentino Mario Luis Rodríguez Cobos más conocido como Silo, quien transmite su mensaje a través de sus libros.

La visión de la organización radica en favorecer la no discriminación, la reciprocidad, el afecto, la superación de sufrimiento tanto personal como social y la práctica de la no violencia. Además, promueve el desarrollo de lugares para la reflexión, el intercambio y el encuentro entre personas y con uno mismo,

enfocándose en las personas que han perdido la dirección y el sentido de su vida (Fundacion Ágora , 2017).

Los objetivos de la organización consisten en:

- Favorecer el intercambio de experiencias entre las personas y grupos sociales priorizando a los jóvenes, mujeres y comunidades rurales a través de conferencias y talleres
- Realizar actividades culturales, sociales, académicas, artísticas, recreativas, y otras que beneficien el desarrollo social y organizativo.
- Fortalecer el desarrollo de la solidaridad entre culturas realizando actividades que la promuevan, como encuentros, investigaciones y publicaciones en Antropología Cultural, Historia, Conocimientos Ancestrales y otras ramas del conocimiento humano.
- Fomentar a través de talleres, el desarrollo integral promoviendo el respeto de las personas en la sociedad ecuatoriana.
- Promover la no violencia y la no discriminación entre las personas a través de capacitación, eventos, etc., entregando herramientas para el desarrollo personal y el crecimiento interior (Fundacion Ágora , 2017).

2.3. Parques de Estudio y Reflexión

2.3.1. Que es un Parque de Estudio y Reflexión

Según la página oficial del Parque de Estudio y reflexión Punta de Vacas (2017), primer parque de este tipo construido: “los Parques de Estudio y Reflexión son puertas de entrada al mundo mental de lo Profundo”. En estos lugares se realizan los trabajos de Escuela, siendo estos un conjunto de actividades y estudios que buscan el encuentro con dimensiones internas de cada persona. Los Parques de Estudio y Reflexión son lugares que promueven el encuentro e irradian una nueva espiritualidad, yendo en contra de cualquier tipo de violencia o discriminación y

apelando a la mente humana en busca de libertad y sentido (Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas, 2017).

El nombre “Parque de Estudio y Reflexión” forma parte de un proyecto que tuvo su inició hace más de diez años y consiste en la construcción de parques en varios continentes y en diversas culturas, promoviendo su conexión y dando origen a una nueva sociedad humana no violenta. Este proyecto fue impulsado por el escritor Mario Luis Rodríguez Cobos, más conocido como Silo, fundador del Movimiento Humanista. En la actualidad hay más de cincuenta parques alrededor del mundo, siendo en su mayoría del mismo modelo que el primer parque construido en Punta de Vacas, Argentina (Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas, 2017).

2.3.2. Partes de un “Parque de Estudio y Reflexión”

Los Parques de Estudio y Reflexión están formados por diversas estructuras representativas de estos parques, estas estructuras son:

a) Portal

El Portal se ubica en la entrada del parque y marca un límite, separando el espacio del mundo exterior con el espacio de la intimidad del hogar, el espacio del ruido con el del silencio. En muchas culturas existen portales que separan “lo profano de lo sagrado”, tales como los arcos torii, las iglesias, las sinagogas, las mezquitas, entre otros. Siendo los primeros, los arcos torii, la inspiración para el portal de este tipo de parques (Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas, 2017).

Figura 2-4 Portal

Fuente: (Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas, 2017)

b) Sala de meditación

La Sala proporciona una experiencia de interioridad profunda, mediante su espacio semiesférico y vacío, con un diámetro aproximado de nueve metros, un vértice conoidal sobre la cúpula que lo cubre y cuatro entradas simétricas protegidas del exterior con paredes, la Sala se convierte en la estructura más representativa de los Parques de Estudio y Reflexión (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017).

Figura 2-5 Sala de meditación

Fuente: (Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas, 2017)

c) Centro de estudios

Es un lugar donde los maestros de la Escuela pueden investigar y reflexionar, ofrece un espacio de estudio y retiro. Además, cuenta con habitaciones para el alojamiento en del parque (Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas, 2017).

Figura 2-6 Centro de estudios

Fuente: (Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas, 2017)

d) Centro de trabajo

Ofrece un lugar donde se desarrollen retiros y jornadas de trabajo personal, donde toda persona o grupo pueda ir a trabajar y centrarse. Posee conexión a internet y elementos para proyecciones audiovisuales (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017).

Figura 2-7 Centro de trabajo

Fuente: (Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas, 2017)

e) Monolito

El Monolito, formado por un cilindro de acero revestido con láminas metálicas y colocado de forma vertical, de unos diez metros de altura y situado sobre una plataforma como base, marca el espacio-tiempo de un lugar sagrado y sirve como la conexión entre dos planos (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017).

Figura 2-8 Monolito

Fuente: (Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas, 2017)

f) Fuente

La Fuente es una pequeña pileta, su agua representa la fuente de vida, relacionada con lo femenino y la fecundidad. La forma de las fuentes de los Parques de Estudio y Reflexión están basadas en formas del yoni-lingam, las cuales simbolizan la unión sexual masculina y femenina (Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas, 2017).

Figura 2-9 Fuente

Fuente: (Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas, 2017)

g) Estela

Las Estelas son murales con una placa de acero inoxidable en donde se escribe todos los nombres de las personas que ayudaron en el proyecto (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017).

Figura 2-10 Estela de Parque de estudio y Reflexión
Fuente: (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017)

h) Sala Multiuso

La Sala Multiuso es un espacio destinado a reuniones y ceremonias, capaz de albergar entre 40 y 50 personas. Posee una pequeña cafetería y baños propios.

Figura 2-11 Sala Multiuso
Fuente: (Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas, 2017)

2.3.3. Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0

La Fundación Ágora ha decidido llevar a cabo el proyecto de un Parque de Estudio y Reflexión que sea construido únicamente con aportes voluntarios, se ubicará en la vía Pisque-Puéllaro parroquia Malchinguí del cantón Pedro Moncayo, en la provincia de Pichincha, este parque llevará como nombre “Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0” por su cercanía con la Línea Equinoccial (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017).

El lugar donde se realizará el proyecto fue escogido por coincidir con un segmento del ecuador terrestre, es decir, la unión entre los hemisferios norte y sur. Además, en este lugar convergen rutas hacia sitios arqueológicos de origen sagrado para antiguas culturas precolombinas, formando entre ellos un trisquel. Unido a esto, esta zona fue escenario para los estudios de la primera Misión Geodésica Francesa, dando origen al nombre de nuestro país, Ecuador. Posteriormente, ha sido escenario de sincretismos religiosos y culturales, como la celebración del Inti Raymi o la peregrinación de la Virgen del Quinche (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017).

Figura 2-12 Trisquel
Fuente: (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017)

A cinco minutos de Guayllabamba y a veinte de El Quinche, el proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0 está rodeado de un entorno natural, turístico y de recreación, promoviendo además una convergencia masiva de personas. Pretende recibir cientos de peregrinos de todo el mundo y atender la necesidad de diálogo entre culturas, previniendo el choque cultural que suele crecer en momentos de crisis, como es el caso de Ecuador (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017).

Según el informe del proyecto, redactado por la Fundación Ágora, el Parque será destinado para los siguientes beneficiarios:

Beneficiarios	Descripción	Situación Actual
Ciudadanos Quito.	Población urbana.	Situación de estrés y aceleración por dinámicas de ciudades grandes. Sin espacios ni opciones para reflexión y meditación. Sin espacio para la investigación independiente, estudio e intercambio sociocultural. Situaciones de violencia y discriminación.
Poblaciones de Malchinguí, El Quinche, Guayllabamba, Tabacundo, Cayambe.	Población Urbana, rural, viajeros, turistas, propios del lugar o foráneos que trabajan en el lugar.	Pocos espacios para el intercambio, la reflexión, Pocos espacios para el encuentro conjunto. Sin espacios para la meditación. Situaciones de violencia y discriminación física, económica, sexual, cultural.

Tabla 2-1 Beneficiarios del proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0

Fuente: (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017)

Al igual que el resto de Parques de Estudio y Reflexión del mundo, el parque Latitud 0 estará conformado por siete estructuras principales características, como lo son la Sala, el Monolito, el Portal, la Fuente, las Estelas y los Centros de Trabajo y de Estudio; que además cuentan con un lugar de residencia temporal. Este proyecto contarán con instalaciones que ofrezcan las mejores condiciones para una reflexión personal o el intercambio en grupos, alejados del ruido, ofrecerán un lugar donde toda persona o grupo pueda ir por uno o varios días a trabajar y centrarse, la sala de trabajo tendrá una capacidad para unas doce personas y estará dotada de una biblioteca, además se contará con un salón con capacidad para cincuenta personas

y una cafetería. El lugar de alojamiento estará formado por habitaciones dobles con un baño compartido cada dos habitaciones (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017).

Figura 2-13 Anteproyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0

Fuente: (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017)

2.4. Receta de adobe y mortero de tierra

2.4.1. Adobe

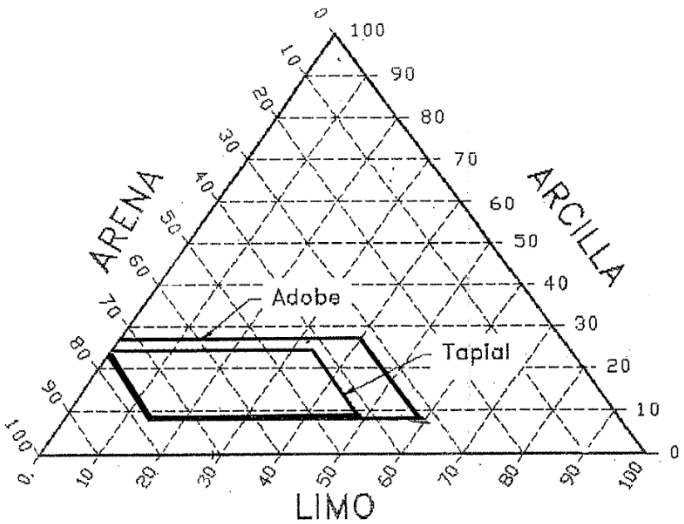


Figura 2-14 Porcentaje de arena y arcilla para ladrillos de adobe

Fuente: (Vaca, 2011)

La dosificación o receta del adobe consta de tierra, agua y paja. Sin embargo, la tierra utilizada deber contener un porcentaje de arcilla y otro de arena. La figura anterior nos muestra el porcentaje de arcilla y arena óptimo para la fabricación de adobe.

Un contenido de 20% de arcilla y 80% de arena sería adecuado para la fabricación de nuestros adobes. Es recomendable que la tierra no contenga limos ni materia orgánica.

Si no se conoce las características de la tierra a utilizar, se puede comprobar la presencia de arcilla mediante la prueba “cinta de barro” y la prueba “presencia de arcilla” o “resistencia seca”, como se indica en la Norma E.080 (2017).

Para controlar el agrietamiento del adobe durante el secado, se adiciona una porción de paja triturada (fibras de paja, preferiblemente de trigo) por cada cuatro de tierra. Por otro lado, el agua colocada no deberá pasar del 20% del peso, tratando siempre de colocar el mínimo contenido para que la masa sea moldeable (NORMA E.080, 2017).

El proceso de fabricación y secado de los adobes se explica detalladamente en la norma E.080 (2017) de diseño y construcción con tierra reforzada, siendo esta una norma peruana que rige en Ecuador, según la (Norma Ecuatoriana de la Construcción , 2015).

2.4.2. Mortero de tierra para adobe

El mortero utilizado para unir los adobes está formado por una mezcla de tierra (apta para la construcción), agua (con humedad del mortero máxima del 20%) y paja. Se debe preparar 6 tipos de mortero, dependiendo del contenido de paja en estos (Bonilla Sánchez & Merino Cabezas, 2017):

- Tierra sin paja
- 1 porción de paja por cada 2 de tierra

- 1 porción de paja por cada 3 de tierra
- 1 porción de paja por cada 4 de tierra
- 1 porción de paja por cada 5 de tierra

(p. 64)

Se unen 2 bloques de adobe con cada uno de los distintos morteros preparados (1cm de mortero) y se los deja en secado por 48 horas. Luego se abre los adobes pegados y se elige el mortero cuyos adobes presenten menos fisuras (Bonilla Sánchez & Merino Cabezas, 2017).

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

3.1. Investigación preliminar

3.1.1. Reconocimiento del lugar de implantación

Figura 3-1 Reconocimiento de terreno Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0
Tomado por: José Salcedo, integrante de Fundación Ágora

En 2017 se realizó varias visitas al terreno destinado a la construcción del Parque de Estudio y Reflexión latitud 0, junto con integrantes de la fundación Ágora se hizo un recorrido completo del terreno y un reconocimiento de linderos y espacios destinados a las estructuras.

3.1.2. Análisis de muestras de agua

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio total	Al	mg/l	0,2
Amonio	NH_4^+	mg/l	0,5
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Coliformes Totales	NMP	NMP/100 ml	20000
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,003
Cianuro	CN^-	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75,0
Compuesto Fenólicos	Fenol	mg/l	0,001
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0,05
Fluoruro	F^-	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO_5	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	ug/l	0,0005
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO_3	mg/l	50,0
Nitritos	NO_2	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO_4^{-2}	mg/l	250,0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Hidrocarburos Totales de Petroleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Tabla 3-1 Criterios de calidad para utilizar un tratamiento convencional

Fuente: (TULSMA, 2015)

El grafico anterior nos muestra los parámetros exigidos para que el agua utilizada sea procesada unicamente con un tratamiento convencional.

Con el objetivo de determinar las características del agua que corre por el canal de riego Limaspugro, mismo que atraviesa la propiedad del Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0, se realizó la toma de una muestra de agua para su posterior análisis a cargo del Centro de Investigación y Control Ambiental (2018).

Según el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), en el artículo 209 define la calidad del agua como:

“Art. 209.- De la calidad del agua.- Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico”. (TULSMA, 2015)

PARÁMETROS EXAMINADOS	UNIDAD	RESULTADO	CRITERIO DE CALIDAD
Cobre	mg/L	<0.10	2
Coliformes fecales	NMP/100mL	<1.1	2000
Color real	u Pt-Co	30	75
Cromo hexavalente	mg/L	<0.050	0.05
Demanda bioquímica de oxigeno DBO5	mg/L	<2	<2
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	<4
Fluoruros	mg/L	<0.10	1.5
Hierro total	mg/L	<0.10	1
Nitratos (NO3)	mg/L	4.6	50
Nitritos (NO2)	mg/L	<0.06	0.2
pH	NA	7.35	6 a 9
Sulfatos (SO4)	mg/L	<10	250
Turbiedad	NTU	8.2	100
Cloruros	mg/L	15	
Conductividad	µS/cm	475	
Oxígeno disuelto (O2)	mg/L	7.7	
Sólidos totales disueltos	mg/L	336	
Temperatura	°C	16.5	

Tabla 3-2 Análisis de muestra de agua

Fuente: (CICAM, 2018), (TULSMA, 2015)

Con esto comparamos los resultados obtenidos de los análisis hechos en el CICAM con los exigidos por el TULSMA.

3.1.3. Precipitación media mensual.

Para el cálculo de precipitaciones del terreno del proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0, se utilizó la estación M0111 MALCHINGUI INAMHI, la cual se encuentra a 3.63 km aproximadamente del terreno. Se tomó datos de los diez últimos años de la estación meteorológica, sin embargo esta estación contaba

únicamente con datos hasta el año 2006. Por otro lado, la estación mencionada contenía espacios vacíos en su información meteorológica, por lo cual fue necesario el uso de una estación cercana, MA2T TOMALON-TABACUNDO, para el relleno de datos (INAMHI, 2017).

Los datos fueron rellenados utilizando el método de la razón q. Este método se basa en que existe una razón (q) constante entre los valores medios, mensuales o anuales de dos estaciones meteorológicas cercanas, así, utilizando los datos de una estación completa y una estación incompleta, se calcula este factor y se lo multiplica por los datos de la estación completa que falten en la estación a llenar (Instituto Meteorológico Nacional, 2000).

$$q = \frac{\sum Bi}{\sum Ai}$$

Donde:

q= factor de relación entre dos estaciones
Bi= datos de estación incompleta
Ai= datos de estación completa

La siguiente tabla muestra los datos de precipitaciones mensuales de la estación M011 MALCHINGUI INAMHI entre los años 1997-2006, junto con su respectiva suma de precipitaciones en estos diez años, la precipitación media mensual y las máximas y mínimas precipitaciones observadas en este periodo.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

Precipitación Total Mensual (mm)

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: **MALCHINGUI INAMHI** CODIGO: **M0111**

PERIODO: 1900 - 2017 LATITUD: 0G 3' 20" N LONGITU 78G 19' 56" W ELEVACION: 2840.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1997	49.1	23.5	64.5	14.0	18.5	37.1	0.0	0.0	64.0	44.5	72.8	10.8	398.8	33.2
1998	17.8	47.8	58.9	56.8	102.5	16.5	29.9	10.0	21.6	65.3	48.8	20.2	496.1	41.3
1999	71.3	87.0	69.5	75.7	32.9	20.6	0.3	6.1	74.1	57.9	25.9	111.5	632.8	52.7
2000	67.8	65.8	67.0	74.5	109.4	52.7	12.6	5.8	77.5	14.9	13.6	48.1	609.7	50.8
2001	52.4	24.0	83.9	29.8	29.8	4.2	17.4	0.0	49.4	2.0	40.2	33.0	366.1	30.5
2002	29.0	29.5	42.0	92.5	28.8	29.0	0.0	0.0	9.7	121.4	68.5	49.0	499.4	41.6
2003	14.3	68.9	27.0	93.9	15.7	21.9	13.7	0.8	24.7	49.0	59.7	26.9	416.5	34.7
2004	29.5	17.6	16.7	76.6	48.6	1.3	1.1	0.5	46.1	35.5	38.3	73.9	385.5	32.1
2005	28.2	76.3	65.4	56.2	21.9	16.2	7.4	8.8	24.0	37.1	23.3	101.7	466.5	38.9
2006	29.7	47.0	107.9	141.5	23.3	46.5	3.0	8.7	7.8	60.0	94.4	70.4	640.2	53.4
suma	389.1	487.4	602.8	711.5	431.4	246.0	85.4	40.7	398.9	487.6	485.5	545.5	4911.6	409.3
media	38.9	48.7	60.3	71.1	43.1	24.6	8.5	4.1	39.9	48.8	48.5	54.6	491.2	40.9
minima	14.3	17.6	16.7	14.0	15.7	1.3	0.0	0.0	7.8	2.0	13.6	10.8	366.1	30.5
maxima	71.3	87.0	107.9	141.5	109.4	52.7	29.9	10.0	77.5	121.4	94.4	111.5	640.2	53.4

Tabla 3-3 Precipitaciones de estación M011 MALCHINGUI INAMHI
Fuente: (INAMHI, 2017)
Elaboración: David Jiménez

Los espacios de color amarillo son las zonas donde se rellenó datos con la ayuda de la estación MA2T TOMALON-TABACUNDO.

A continuación se muestra los cálculos de razón q obtenidos para el relleno de datos:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación media MALCHINGUI INAMHI	40.0	52.2	65.1	70.5	42.5	27.2	8.5	4.1	39.9	47.5	44.1	53.5
Precipitación media TOMALON-TABACUNDO	52.3	60.8	63.7	77.7	55.7	31.4	10.9	3.7	41.5	57.6	62.7	77.1
Razón q	**0.76**	**0.86**	**1.02**	**0.91**	**0.76**	**0.87**	**0.79**	**1.09**	**0.96**	**0.83**	**0.70**	**0.69**

Tabla 3-4 Razón q entre estación M0111 MALCHINGUI INAMHI y MA2T TOMALON-TABACUNDO
Elaboración: David Jiménez

Cabe recalcar que la estación MA2T TOMALON-TABACUNDO se encuentra ubicada a 11.92 km del terreno del Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0 y a 11.28 km de la estación M0111 MALCHINGUI INAMHI.

Con los datos completos de precipitaciones mensuales en la estación M0111 MALCHINGUI INAMHI se puede observar la variación de precipitaciones entre los distintos meses del año, como lo muestra la Figura siguiente.

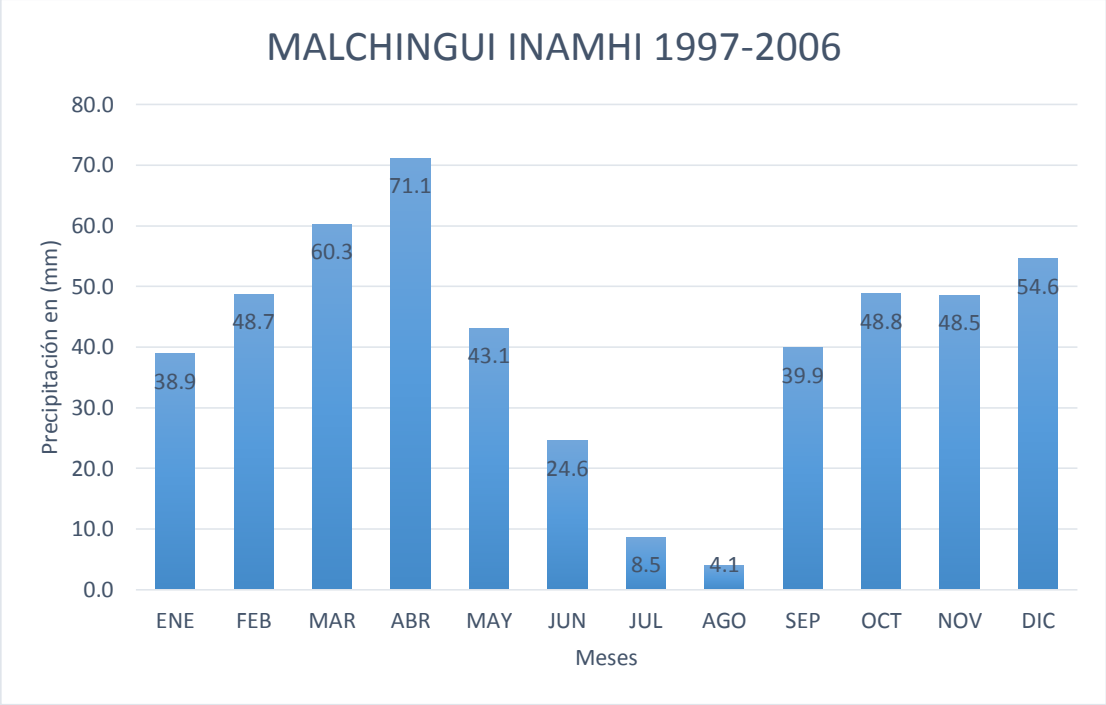


Figura 3-2 Precipitaciones mensuales medias de la estación M0111 MALCHINGUI INAMHI

Elaboración: David Jiménez

3.2. Diseño estructural

El parque de Estudio y Reflexión Latitud 0 consta de varias estructuras, como se mencionó anteriormente, dentro de las cuales la Sala, Centro de Trabajo, Centro de Estudio, Sala Multiuso y Estelas tienen un sistema constructivo convencional en la mayoría de parques de este tipo alrededor del mundo, es decir, un sistema de pórticos de hormigón armado y paredes de mampostería de bloque o ladrillo. Sin embargo, en este caso al tratarse de un proyecto basado en parámetros de construcción sostenible se decidió usar un sistema constructivo distinto, un sistema de muros de adobe reforzado con carrizo. De esta manera se garantiza la sostenibilidad de la estructura ya desde los materiales empleados en su construcción.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015) define el adobe como:

> “Unidad o elemento sólido de tierra disecada con forma de prisma regular, normalmente reforzado por fibras vegetales o sintéticas de acuerdo a norma vigente”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción , 2015)

Además especifica que la tierra deberá cumplir con la granulometría apropiada según norma de construcción con adobe (Norma Ecuatoriana de la Construcción , 2015).

Por su parte, la norma peruana lo define como:

> “Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja o arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad”. (NORMA E.080, 2017)

Por otro lado, la NEC (2015) también establece un coeficiente de reducción de respuesta estructural (R) en función de los sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas, dando un valor de R=1.5 para el caso del adobe:

Sistema Estructural	Materiales	Coeficiente R	Limitación en altura (número de pisos)
Muros Portantes	Mampostería No Reforzada y no confinada (c)	1	1
	Mampostería enchapada con malla de acero (a)	1.5	2(b)
	Adobe y Tapial reforzado	1.5	2
	Bahareque	1.5	2
	Mampostería Reforzada	3	2(b)
	Mampostería Confinada	3	2(b)
	Muro de hormigón reforzado	3	2(b)
	Muros livianos de acero	1.5	2
	Muro de mortero armado u hormigón armado con alma de poliestireno(a)	1.5	2(b)

Tabla 3-5 Coeficiente R

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción , 2015)

Con respecto al diseño de muros portantes de adobe, se debe regir al Código de Construcción con Adobe de Perú. Norma E.080 (2017) para construcción con adobe.

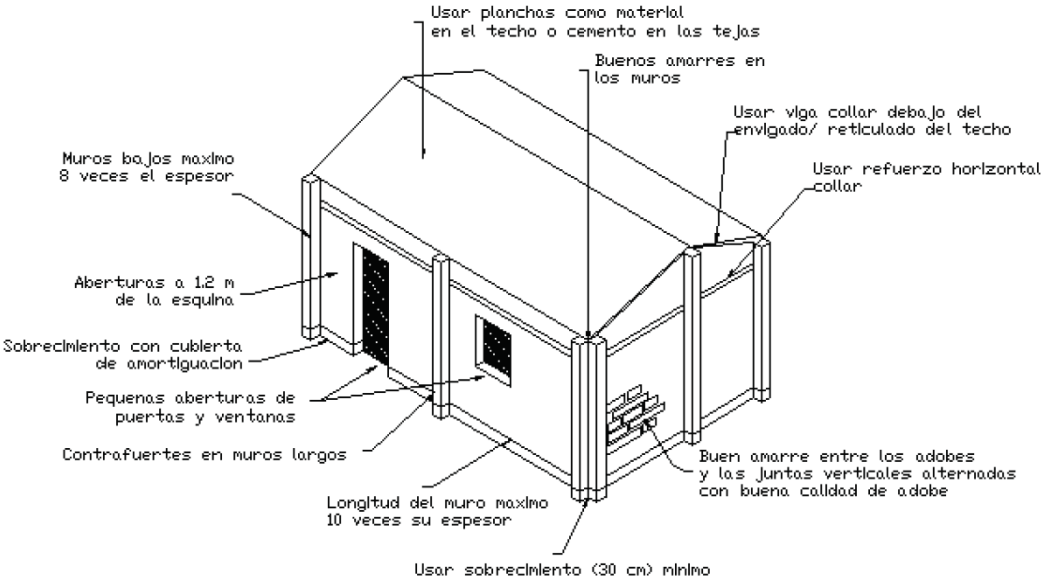


Figura 3-3 Elementos de una vivienda de adobe y tapial
Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción , 2015)

La Norma E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA (2017) es una norma peruana de aplicación obligatoria en su país para la elaboración de materiales de construcción para edificaciones de tierra reforzada.

Las edificaciones de tierra deben ser construcciones reforzadas para conseguir el siguiente comportamiento (NORMA E.080, 2017):

> En sismos leves se acepta que los muros tengan pequeñas fisuras, en sismos moderados fisuras representativas siempre y cuando estén controladas con refuerzos, en sismos fuertes se acepta daños estructurales de igual manera siendo controlados por refuerzos y sin llegar a un colapso. (NORMA E.080, 2017)

Existen requisitos que los materiales de construcción para edificaciones de tierra reforzada deben cumplir, entre ellos (NORMA E.080, 2017):

Tierra.- La tierra debe tener un porcentaje alrededor de 25% de arcilla y por ningún motivo contener materia orgánica en cantidades representativas.

Agua.- De preferencia se debe utilizar agua potable, si no es posible, el agua debe ser dulce y no tener un alto grado de contaminación. (NORMA E.080, 2017)

Toda edificación de tierra reforzada debe cumplir con criterios de configuración (NORMA E.080, 2017):

Los muros deben tener un espesor holgado, siendo como mínimo de 40 cm. Deben ser simétricos respecto a los ejes principales y tener arriostres tanto horizontales como verticales. Dependiendo del tipo de edificación, deben cumplir con una densidad mínima de muros. Además, todos sus elementos deben ser aplicados en lo posible de forma continua y homogénea. (NORMA E.080, 2017)

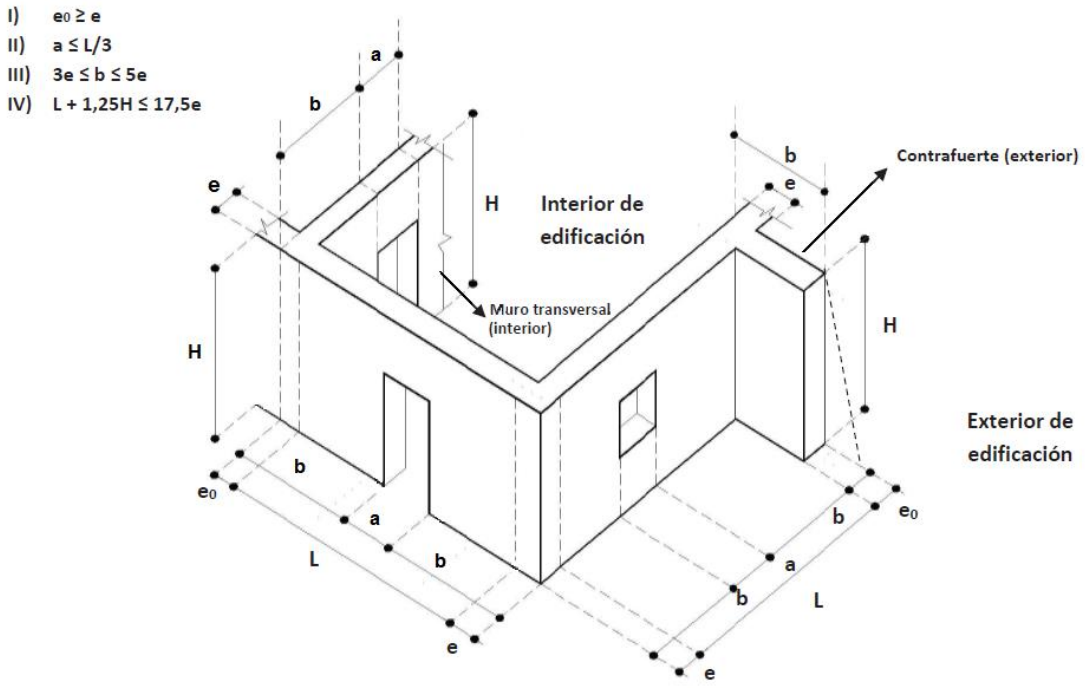


Figura 3-4 Límites geométricos de muros y vanos.

Fuente: (NORMA E.080, 2017)

Los muros en general deben tener una esbeltez vertical (λV=H/e) igual o menor a 6 veces el espesor del muro y una esbeltez horizontal (λH=L/e) igual o menor a 10 veces el espesor del muro. La esbeltez vertical puede llegar a un máximo de 8, en caso de cumplirse la expresión IV de la Figura 3-4. El contrafuerte puede ser recto o trapezoidal, en caso de que tenga forma trapezoidal, su base o parte inferior debe medir “b” y la parte superior (que sobresale del muro) debe medir como mínimo “b/3”. (NORMA E.080, 2017)

Un aspecto muy importante es la viga collar, esta viga debe ir colocada en la parte superior de todos los muros sin excepción. Debe estar amarrada a todos los refuerzos verticales y su material puede ser madera, caña o algún otro que guarde relación con la tierra. (NORMA E.080, 2017)

La siguiente figura muestra una viga collar de madera:

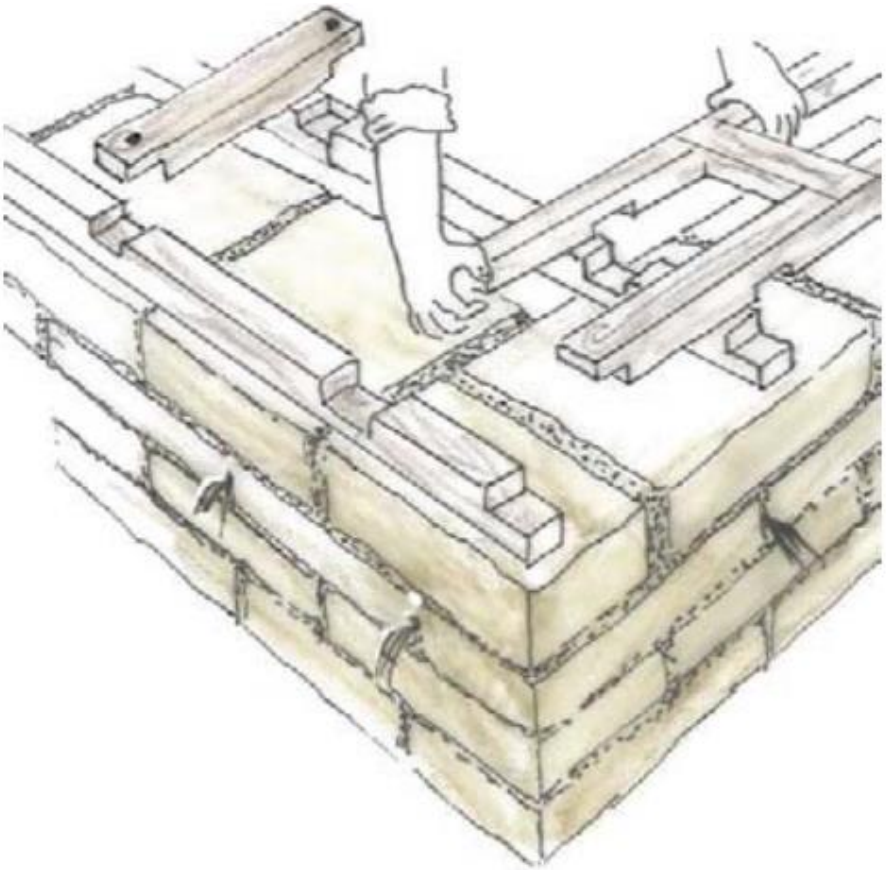


Figura 3-5 Ejemplo esquemático de un tipo de viga collar.

Fuente: (NORMA E.080, 2017)

Para el cálculo de las fuerzas sísmicas horizontales se utiliza la siguiente ecuación (NORMA E.080, 2017):

$$H = S * U * C * P$$

Donde:

S = Factor de suelo según lo indicado en la Tabla 3-6

U = Factor de uso según lo indicado en la Tabla 3-7

C = Coeficiente sísmico según lo indicado en la Tabla 3-8

P = Peso total de la edificación, incluyendo carga muerta y el 50 % de la carga viva. (NORMA E.080, 2017)

Tipo	Descripción	Factor de suelo (S)
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible > 0.3 MPa ó 3.06 kg.f/cm2	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 0.1 Mpa ó 1.02kg.f/cm2	1,4

Tabla 3-6 Factor de suelo (S)

Fuente: (NORMA E.080, 2017)

Tipo de Edificaciones	Factor de Uso (U)	Densidad
NT A.030 Hospedaje NT A.040 Educación NT A.050 Salud NT A.090 Servicios comunales NT A.100 Recreación y deportes NT A.110 Transporte y Comunicaciones	1,4	15%
NT A.060 Industria NT A.070 Comercio NT A.080 Oficinas	1.2	12%
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1,0	8%

Tabla 3-7 Factor de uso (U) y densidad de muros

Fuente: (NORMA E.080, 2017)

Zona Sísmica	Coeficiente Sísmico (C)
4	0,25
3	0,20
2	0,15
1	0,10

Tabla 3-8 Coeficiente sísmico (C)

Fuente: (NORMA E.080, 2017)

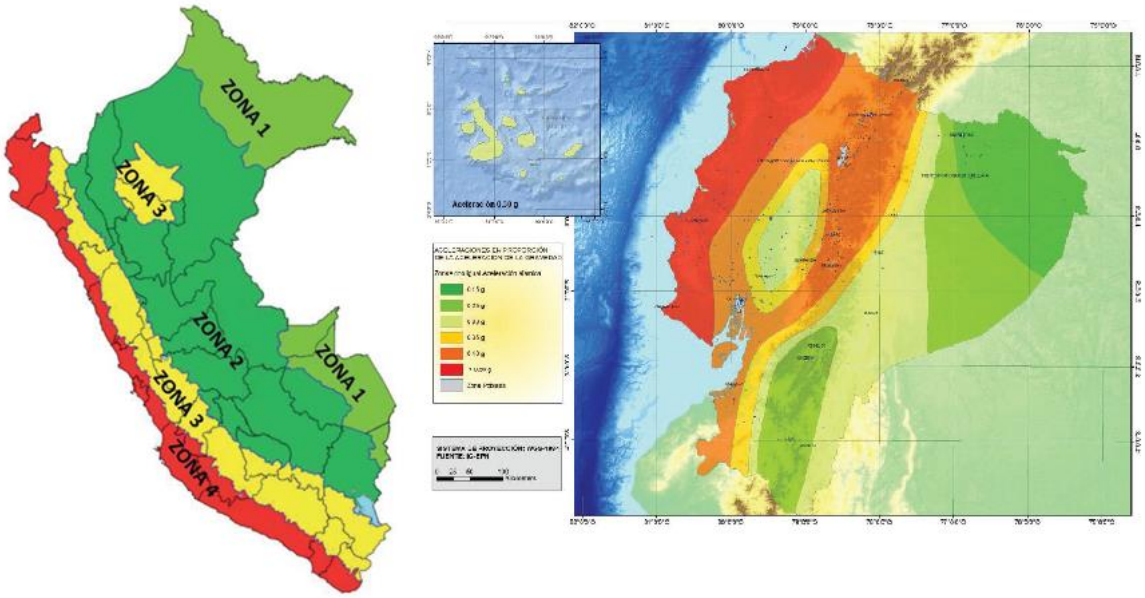


Figura 3-6 Mapa zonificación sísmica de Perú (izquierda) y Ecuador (derecha)
Fuente: (NORMA E.080, 2017) (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015)

Esta última tabla representa valores de zonas sísmicas establecidas en Perú, sin embargo, se puede diferenciar las zonas por regiones costa (zona 4), sierra (zona 3) y amazonia (zona 1 y 2), además de asemejarse al mapa de zonas sísmicas de Ecuador. En base a esto se escogió el valor de 0.2 para el coeficiente sísmico, ya que el terreno del proyecto se encuentra en la zona 5 de Ecuador, que correspondería a la zona 3 de Perú.
Según la Norma E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE (2016) de Perú, este valor depende del periodo fundamental de vibración de la estructura y del tipo de suelo, alcanzando un valor máximo de 0.25.

Debe evitarse el deterioro de las construcciones de tierra reforzada a causa de condiciones como viento, lluvia y humedad; para esto la norma Peruana especifica que deben ser protegidas a través de (NORMA E.080, 2017):

> Cimientos y sobre cimientos; recubrimientos, revestimientos o enlucidos que los protejan de la lluvia, humedad y viento. Aleros en el techo, veredas perimetrales y sistemas de drenaje. (NORMA E.080, 2017)

Refuerzo:

Todos los muros y contrafuertes deben estar reforzados, siendo estos refuerzos en dos direcciones longitudinales y transversales. Por otro lado, los elementos que conforman los entrepisos o techos, deben estar asegurados a los muros amarrándolos en la viga collar. Los refuerzos verticales deben estar colocados desde la base del sobrecimiento hasta ser amarrados en la viga collar, es recomendable colocar clavos en la parte inferior para garantizar su adherencia al sobrecimiento (NORMA E.080, 2017).

Si se ocupa algún tipo de refuerzo vegetal se debe tener en cuenta lo siguiente (NORMA E.080, 2017):

En el caso de utilizar carrizo debe tener un diámetro de 2.5 cm aproximadamente para el refuerzo longitudinal, y estar chancado para el refuerzo transversal. Si se utiliza madera en rollizos o aserrada, debe tener diámetros de 2.5 cm como mínimo para el refuerzo vertical y soga natural de 6 mm como mínimo para el refuerzo horizontal.

Cabe recalcar que todas las conexiones entre refuerzo vertical y horizontal deben estar amarradas por soga sintética o cuerda de nylon con un nudo llano. (NORMA E.080, 2017)

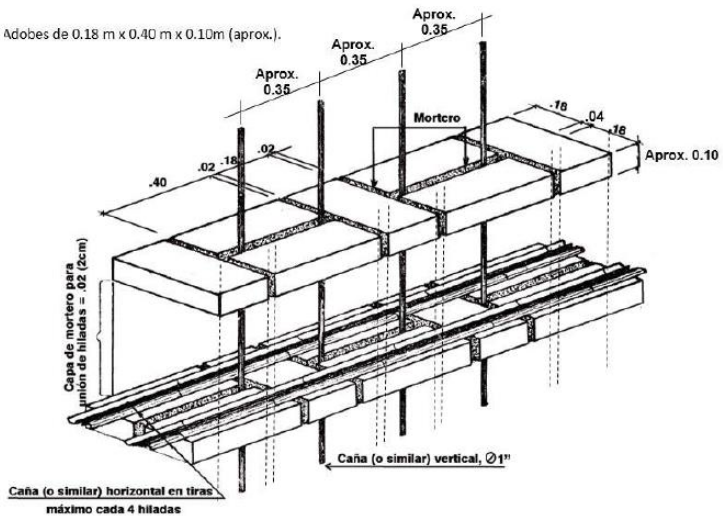


Figura 3-7 Esquema de refuerzo con caña para adobe.

Fuente: (NORMA E.080, 2017)

Por recomendación de la Norma E.080 (2017) se coloca el refuerzo horizontal a cada cuatro hiladas en el tercio inferior del muro, cada tres hiladas en el tercio de en medio y cada dos en el superior.

Las estructuras de tierra reforzada están formadas por los siguientes elementos:

Cimentación.
Sobrecimiento.
Muros.
Entrepiso / techo.
Arriostres.
Refuerzos.
Conexiones. (NORMA E.080, 2017)

Cimentación

La cimentación debe pasar las cargas producidas hacia el suelo y evitar que la humedad llegue a los muros. Sus dimensiones mínimas son de 0.6m de profundidad y 0.6 m de ancho. Con respecto al material, se puede utilizar piedra grande compactada y acomodada con otras de menor tamaño, hormigón ciclópeo y albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa. (NORMA E.080, 2017)

Sobrecimiento

Debe transmitir las cargas hacia la cimentación y sirve como protección del muro ante el ascenso capilar y la erosión. Su ancho mínimo es de 0.40 m y debe sobresalir del nivel del terreno como mínimo 0.30 m. Con respecto a sus materiales puede ser de hormigón ciclópeo o de albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa. (NORMA E.080, 2017)

Muros

Los muros son el elemento principal en el sistema constructivo con adobe reforzado, brindan la resistencia, estabilidad y comportamiento sísmico adecuado para la estructura. Es posible construir muros curvos, sin embargo, si su radio es mayor a 3.00 m, como en este caso que es de 4.00 m, se los considera como muros rectos. (NORMA E.080, 2017)

3.3. Diseño hidrosanitario

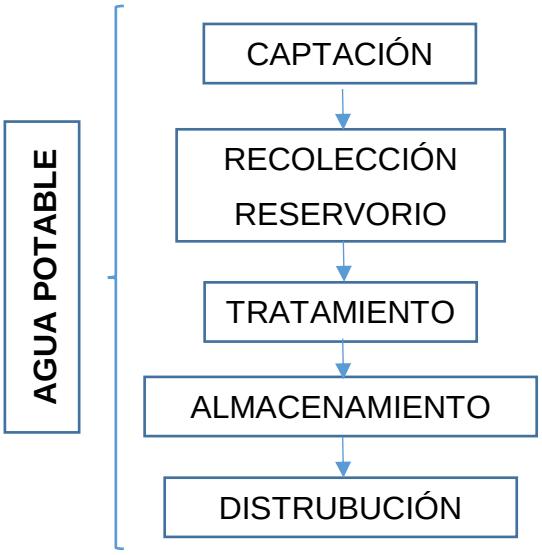
3.3.1. Abastecimiento de agua

Para cumplir con parámetros de construcción sostenible, el diseño hidrosanitario debe ser de tal manera que no se utilice fuentes externas para el abastecimiento de agua, o en caso de no ser posible, minimizar al máximo el uso de estas fuentes.

En el terreno del proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0 atraviesa un canal de riego de caudal 1.07 l/s, no obstante, como se mencionó anteriormente se debe tratar de minimizar al máximo el uso de esta fuente. Para esto se optó por la captación de aguas lluvias en sitio, sin embargo el terreno se encuentra en una zona de bajas precipitaciones, como se observa en el literal 3.1.3. Precipitación media mensual. Existen meses como julio y agosto en los cuales las precipitaciones son mínimas, e incluso se observó en datos de la estación M0111 MALCHINGUI INAMHI que había meses enteros en los que no llovía. Es por esto que al no lograr abastecer el 100% del caudal necesario únicamente con aguas lluvias, fue necesario un diseño combinado entre captación de agua del canal de riego y captación de aguas lluvias.

3.3.2. Agua potable

Para el sistema de abastecimiento de agua potable se escogió el siguiente procedimiento:



A. Dotación

Para determinar la dotación necesaria de agua es necesario conocer ciertos parámetros los cuales se detalla a continuación (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017):

- El primer parámetro necesario es la cantidad de agua consumida, esto se refiere a la cantidad de agua que utiliza cada uno de los aparatos sanitarios individualmente, ya sea por unidad de tiempo como en una ducha o por descarga en el caso de un inodoro.
- El otro parámetro necesario es la frecuencia de consumo, el cual muestra ya sea la cantidad de tiempo o el número de veces que se utiliza cada aparato sanitario durante un día. (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017)

Con estos dos parámetros se puede determinar la dotación necesaria por día, multiplicando la cantidad de agua consumida de un aparato por su frecuencia de uso; y finalmente realizando la sumatoria de cada uno de los aparatos sanitarios.

B. Captación de agua del canal de riego

Actualmente ya existe una captación en el canal de riego, esta estructura abastece a tres propiedades en total, incluyendo el terreno del proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0.

Figura 3-8 Captación de agua de canal de riego
Tomada por: David Jiménez

C. Captación de aguas lluvias

Para contribuir con el concepto de construcción sostenible, se decidió optar por la captación de aguas lluvia lo máximo que sea posible, a pesar de que se conoce que en el lugar las precipitaciones medias son bajas, por mínimo que sea el aporte de igual manera contribuye a la sostenibilidad del proyecto.

El sistema planteado consiste en la captación de aguas lluvia por escorrentía en techos de las estructuras, para su posterior tratamiento y almacenamiento previo a la distribución.

Para determinar la cantidad de agua captada, se calculó la superficie total aportante de tejados y se multiplicó por los datos de precipitación media mensual, obteniendo de esta manera la cantidad media de agua captada en cada mes del año.

D. Recolección (reservorio)

Figura 3-9 Reservorio de agua
Fuente: (PAP-PDA, 2016)

Para la recolección del agua tanto del canal de riego como la obtenida de agua lluvia, se utilizará un reservorio similar al de la fotografía. Para esto, se requiere de tres parámetros principales al momento de su diseño, estos son el tiempo de retención y el volumen tanto real como calculado (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017).

- El tiempo de retención consiste en el número de días máximos en el cual el Parque de Estudio y Reflexión esté ocupado en su totalidad, es decir, que albergue su capacidad máxima de personas.

- El volumen calculado depende de factores como la capacidad máxima de alojamiento del Parque, la dotación en litros por habitante día y del tiempo de retención mencionado anteriormente.

- Por otro lado, el volumen real es el volumen resultante luego de dar dimensiones constructivas al reservorio. Este volumen debe ser igual o ligeramente mayor al volumen calculado.

(pág. 137)

Para determinar el talud del reservorio, se puede observar la siguiente tabla, en la cual se especifica un talud y una altura máxima dependiendo del tipo de suelo que se tenga en el lugar.

	Altura máxima (m)	**Talud x:y**
Arcillas de baja plasticidad	4 a 8	2;1
		2.5;1
Arcillas arenosas	4 a 8	3;1
		3.5;1
Arena arcillosa, arcillas muy plásticas	Máx. 4	3;1
		4;1

Tabla 3-9 Taludes para reservorios

Fuente: (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DE COSTA RICA, 2010)

Elaboración: David Jiménez

E. Tratamiento

Una vez conocidas las características del agua, literal 3.1.2 Análisis de muestras de agua, se puede proceder a determinar el tipo de tratamiento adecuado antes de su consumo. Este tratamiento depende del color del agua cruda, la turbiedad y las coliformes fecales, tal y como se lo indica en la siguiente gráfica.

ALTERNATIVAS	Límites de calidad del agua cruda aceptables		
	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtro lento de arena (FLA) solamente	To ≤ 50 UNT Co ≤ 50 UC Cf. ≤ $(10)^4$/100 ml	To ≤ 20 UNT Co ≤ 40 UC	To max ≤ 100 UNT
FLA + prefiltro de grava (PG)	To ≤ 100 UNT Co ≤ 60 UC Cf ≤ $(10)^4$/100 ml	To ≤ 60 UNT Co ≤ 40 UC	To max ≤ 150 UNT
FLA + PG + sedimentador (S)	To ≤ 300 UNT Co ≤ 60 UC Cf ≤ $(10)^4$/100 ml	To ≤ 200 UNT Co ≤ 40 UC	To max ≤ 500 UNT
FLA + PG + S + presedimentador	To ≤ 500 UNT Co ≤ 60 UC Cf ≤ $(10)^4$/100 ml	To ≤ 200 UNT Co ≤ 40 UC	To max ≤ 1000 UNT

Co = Color del agua cruda **To = Turbiedad del agua cruda**
Cf = Coliformes fecales **UC = Unidades de color cloro platinado de cobalto**
UNT = Unidades nefelométricas de turbiedad

Tabla 3-10 Criterios de selección de los procesos en función de la calidad de la fuente

Fuente: (OPS, 2000)

De los resultados obtenidos del análisis de agua en el canal de riego Limaspugro, realizado por el CICAM, se observa que el color del agua (30 u Pt-Co), turbiedad (8.2 NTU) y coliformes fecales (<1.1 NMP/100mL) son menores a los máximos permitidos para la alternativa de filtro lento de arena (FLA) únicamente. Por consiguiente, el proceso escogido es el Filtro lento de arena (FLA).

Además, cabe recalcar que es necesario un tratamiento de desinfección adicional al FLA para garantizar la eliminación de organismos patógenos que pudieran llegar a estar presentes en el agua (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017).

- **Filtro lento de arena (FLA)**

  El filtro lento de arena consiste en un procedimiento mediante el cual a través de la circulación del agua cruda a bajas velocidades, las impurezas del agua entran en contacto con la superficie de un manto poroso de arena y son retenidas. Además, se desarrollan procesos

de degradación tanto biológica como química que disminuyen la materia retenida a formas más simples, siendo estas llevadas en solución o a su vez siendo retenidas como materia inerte hasta que se proceda a la limpieza del FLA (OPS, 2000).

El parámetro más importante que se debe tener en cuenta al momento de diseñar un filtro lento de arena es la velocidad de filtración (Vf), la cual debe estar en un rango entre 0.1 [m3/m2 hora] y 0.3 [m3/m2 hora], sin embargo, si el filtro lento de arena es la única unidad de tratamiento, es decir sin procedimientos preliminares de sedimentación o pre filtración, se recomienda que la velocidad de filtración sea de 0.1 [m/h] (OPS, 2000).

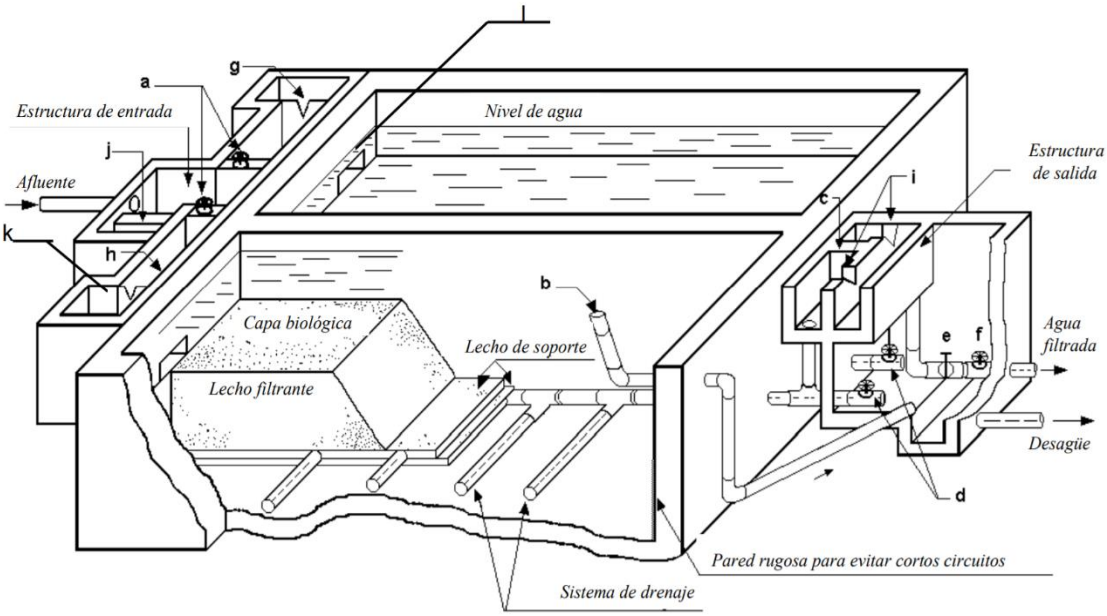


Figura 3-10 Filtro lento de arena

Fuente: (OPS, 2005)

Donde:

a. Válvula para controlar entrada de agua y regular velocidad de filtración.

b. Dispositivo para drenar capa de agua sobrenadante, “cuello de ganso”.

c. Conexión para llenar lecho filtrante con agua limpia.

d. Válvula para drenar lecho filtrante.

e. Válvula para desechar agua tratada.

f. Válvula para suministrar agua tratada al depósito de agua limpia.

g. Vertedero de entrada.

h. Indicador calibrado de flujo.

i. Vertedero de salida.

j. Vertedero de excesos.

k. Cámara de entrada a FLA.

l. Ventana de acceso a FLA. (OPS, 2005)

El proceso del FLA consiste en suministrar un flujo controlado de agua a los tanques con un lecho filtrante de arena fina, el cual a su vez se ubica sobre una capa de grava, finalmente recolectando el agua filtrada con un sistema de tuberías perforadas por debajo de este lecho (OPS, 2005).

Para su cálculo se basó en el diseño realizado por (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017) y a su vez el de (ZÚÑIGA MALDONADO, 2010).

Lo primero que se necesita es el caudal (Q) necesario para abastecer al Parque entero de agua, este caudal lo obtenemos de la dotación diaria del total de personas.

Una vez se tenga el caudal, se procede a definir la tasa de filtración, con un valor recomendado de 0.1 m3/m2 h, tal y como se mencionó anteriormente.

Para el cálculo del área del FLA se utiliza la siguiente expresión:

$$A = \frac{Q}{T}$$

Donde:

A= área del FLA
Q= caudal
T= tasa de filtración

Por otro lado, se define el número de unidades a construir, las unidades trabajan independientemente y cada una es diseñada para abarcar la totalidad del caudal de diseño, sin embargo es necesario construir un mínimo de dos unidades por motivos de mantenimiento (OPS, 2005).

Otro factor a definir es el coeficiente de costo mínimo, el cual se obtiene de la siguiente ecuación:

$$k = \frac{2 * n}{n + 1}$$

Donde:

K= coeficiente de costo mínimo
n= número de unidades

Con este coeficiente podemos obtener las dimensiones adecuadas para el FLA utilizando las siguientes formulas:

$$L = (A * K)^{0.5}$$

$$B = A/L$$

Donde:

L= largo del filtro
A= área del filtro
K= coeficiente de costo mínimo
B= ancho del filtro

Una vez que se tiene las dimensiones del FLA definidas, se procede al dimensionamiento de tubos y orificios que constituyen el sistema de drenaje, esto se lo logra mediante la siguiente tabla:

Espaciamiento de los laterales	1-2 m
Diámetro de los orificios de los laterales	6,5mm – 15,8 mm
Espaciamiento de los orificios de los laterales	7,5cm – 25 cm
Altura entre tubo y fondo del filtro	3,5 cm
Velocidad en orificio	3 – 5 m/s

Tabla 3-11 Parámetros de diseño de laterales

Fuente: (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017)

Es necesario comprobar si los resultados obtenidos cumplen con ciertas características, para lo cual se utiliza la tabla a continuación:

Velocidad máxima en el distribuidor	0,3 m/s
Velocidad máxima en los laterales	0,3 m/s
$\frac{\text{Área total de orificio}}{\text{Área del lecho}}$	(1,5 a 5)*10-3
$\frac{\text{Área del principal}}{\text{Área del lateral}}$	1,5 a 3
$\frac{\text{Área del lateral}}{\text{Área de orificios servida por el lateral}}$	2 a 4

Tabla 3-12 Comprobación

Fuente: (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017)

Ya obtenidas las dimensiones de la estructura del FLA y de los tubos y orificios del sistema de drenaje, se procede a dimensionar cada capa del lecho filtrante de arena y grava.

Altura de agua sobrenadante	1 – 1,5 m
Profundidad del medio filtrante (arena)	1 – 1,4 m
Profundidad del sistema de drenaje (grava)	0,3 - 0,5 m
Granulometría del medio filtrante	d10=0,15 – 0,35 mm
	CU=2 - 3

Tabla 3-13 Parámetros de diseño del lecho filtrante

Fuente: (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017)

TRES CAMADAS		CUATRO CAMADAS	
¾" – 2"	0,175 m	¾" – 2"	0,175 m
3/8" – ¾"	0,075 m	3/8" – ¾"	0,075 m
3/16" – 3/8"	0,075 m	3/16" – 3/8"	0,050 m
		3/32" – 3/16"	0,050 m

Tabla 3-14 Granulometría de capa de grava del lecho filtrante

Fuente: (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017)

Culminando así el dimensionamiento del filtro lento de arena (FLA).

Finalmente se calcula las perdidas en la capa de arena, las capas de grava y en los orificios.

Para las capas de arena y grava se utiliza la fórmula de Kozeny (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017):

$$Hf = f * \frac{L * \lambda}{g} * v * \frac{(1 - Po)^2}{Po^3} * \left(\frac{6}{Ce * Dc}\right)^2$$

Donde:

Hf= pérdidas (cm)
f= coeficiente de Kozeny = 5 (ZÚÑIGA MALDONADO, 2010)
L= longitud del lecho de material granular (cm)

λ= viscosidad cinemática = 0.01054 (cm2/s) (ZÚÑIGA MALDONADO, 2010)

g= gravedad (cm/s2)

v= velocidad de filtración (cm/s)

Po= porosidad

Ce= esfericidad

Dc= diámetro de partícula (cm)

Para determinar la porosidad y la esfericidad observamos la siguiente tabla:

Item	Descripción	Esfericidad (Ce)	Factor de Forma (s)	Porosidad (Po)
1	Esféricos	0,95	6	0,355
2	Desgastados	0,94	6,1	0,375
3	Redondeados	0,82	6,4	0,400
4	Agudos	0,81	7,4	0,415
5	Angulares	0,78	7,7	0,430
6	Triturados	0,7	8,5	0,480

Tabla 3-15 Características del material granular

Fuente: (ZÚÑIGA MALDONADO, 2010)

Para las perdidas en cada orificio se utiliza la siguiente ecuación:

$$Ho = \frac{Qo^2}{Cd^2 * Ao^2 * 2g}$$

Donde:

Ho= pérdida de carga en cada orificio (m)

Qo=caudal de cada orificio (m3/s)

Cd= coeficiente de descarga = 0.6 (ZÚÑIGA MALDONADO, 2010)

Ao= área de cada orificio (m2)

g= gravedad (m/s2)

Para las pérdidas totales en orificios se multiplica las pérdidas de cada orificio (Ho) por el número total de orificios.

- **Desinfección**

Existen varios métodos para la desinfección de agua tales como la desinfección solar, cloro, radiación ultravioleta, ozono, entre otros. En este caso se decidió utilizar cloro por su facilidad tanto de aplicación como de mantenimiento y costos.

A continuación se muestra una tabla resumiendo los tipos de desinfección con cloro mediante dosificadores junto con sus ventajas y desventajas:

Clasificación	Dosificador	Ventajas	Desventajas
Cloro gaseoso	• Al vacío • A presión	Tecnología generalizada en el mundo. Producción de cloro gaseoso en casi todos los países. Producto químico barato. En el caso del clorador a presión no se requiere de energía eléctrica.	Instalación costosa para pueblos muy pequeños. Necesita equipo auxiliar. El personal necesita capacitación. Si no es operado adecuadamente puede ser peligroso debido a que el gas es venenoso. No es recomendando para sistemas que tratan caudales menos de 500 m3/día. En el caso del clorador al vacío requiere de energía eléctrica.
Cloro en solución	**Bajo presión atmosférica, de carga constante**		
	Tanque con válvula de flotador	Sumamente sencillo de operar y mantener. Muy barato. Pueden construirse localmente. Confiable. No necesita energía eléctrica. Permite dosificaciones para caudales mínimos. Puede usarse en cualquier situación, excepto en pozos tubulares cerrados.	La dosificación no es muy precisa. Error de alrededor de 10%. Exige un control constante debido a la variación de las dosificaciones. El material se puede corroer.
	Tubo con orificio en flotador	Carga constante. Sumamente sencillo. Muy barato. Pueden construirse localmente. Confiable. No necesita energía eléctrica.	Según la manera en que el sistema fue construido, puede llegar a tener un error de dosificación de hasta un 20%.
	Sistema vaso/botella	Sumamente sencillo. Muy barato. Puede construirse localmente. Ideal para comunidades pequeñas. Error de dosificación menor del 10%. No necesita energía eléctrica.	Debe mantenerse limpio.
	Bajo presión positiva o negativa		
	Bomba de diafragma (positiva)	Sumamente confiable. Muy popular. Sencillo de operar. Uno de los pocos sistemas para trabajar bajo presión. Puede introducir la solución directamente en tuberías de agua presurizada hasta con 6.0 kg/cm^2.	El personal debe capacitarse en su operación y mantenimiento. Costo intermedio a elevado para un sistema rural. Requiere energía eléctrica. Debe vigilarse. A veces hay corrosión en el rotor de la bomba debido al cloro.
	Dosificador por succión (negativa)	Muy sencillo. La solución más barata para una alimentación en tuberías presurizadas.	Requiere vigilancia y mantenimiento para evitar obstrucciones en dispositivo Venturi.
	Generador de hipoclorito de sodio *in situ*	No requiere transporte de productos clorados. Se produce in situ. Sencillo y fácil de operar.	Requiere de agua blanda para que no se acumulen depósitos en los electrodos. Requiere de vigilancia constante y personal entrenado para tomar precauciones de seguridad por la formación de gas cloro. Producción limitada a la capacidad del equipo.
Cloro sólido	Dosificador de erosión	Sumamente sencillo. Ideal para pequeñas comunidades. Una de las mejores soluciones para dosificación a la entrada de un tanque. No necesita energía eléctrica.	Costo intermedio. Alrededor de 10% de errores en la dosificación. Necesita tabletas. En algunos dosificadores las tabletas (si se producen localmente) tienen a adherirse o a formar cavernas y no caen en la cámara de disolución.

Tabla 3-16 Ventajas y desventajas de dosificadores de cloro

Fuente: (Solsona & Méndez, 2002)

Es por esto que el método escogido es el de cloro sólido, mediante dosificadores de erosión. Estos dosificadores funcionan por erosión de tabletas de hipoclorito de calcio de alta concentración (HTH) mismas que se puede adquirir en el mercado o ser preparadas por medio de compresión mecánica de polvo de hipoclorito de calcio. Este método ocupa un lugar importante al tratarse de desinfección de agua en comunidades pequeñas y familiares. Cabe mencionar que el uso y mantenimiento de los equipos de dosificación es muy sencillo, además de ser duraderos y económicos (Solsona & Méndez, 2002).

El proceso consiste en un dosificador de erosión, que se adquiere fácilmente en el mercado, disuelve gradualmente las tabletas mencionadas de hipoclorito de calcio a medida que el agua fluye a su alrededor, proporcionando así la dosificación necesaria de cloro para desinfectar el agua. Mientras las tabletas de hipoclorito se van disolviendo, se coloca nuevas tabletas las cuales posteriormente caen por gravedad en la cámara, en la siguiente imagen se puede apreciar de mejor manera (Solsona & Méndez, 2002):

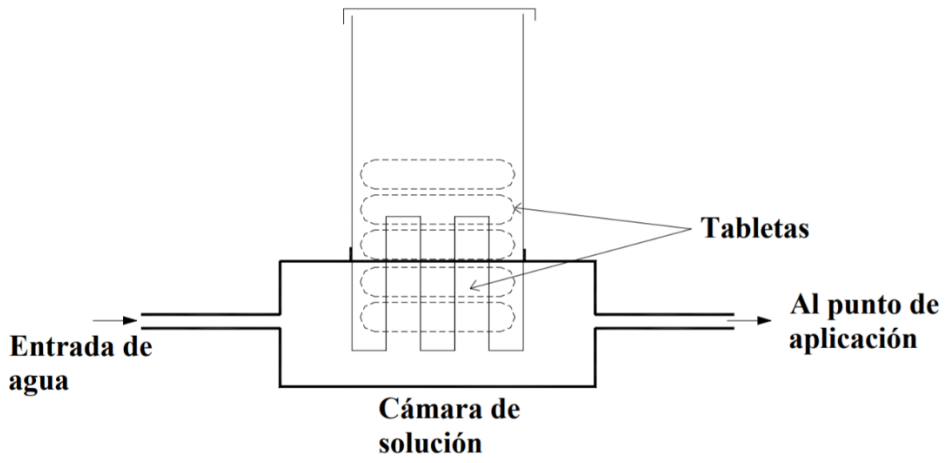


Figura 3-11 Dosificador de erosión

Fuente: (Solsona & Méndez, 2002)

La instalación del dosificador requiere de una capacitación mínima, además, es recomendable que la solución de cloro alimente una cisterna o reservorio (Solsona & Méndez, 2002).

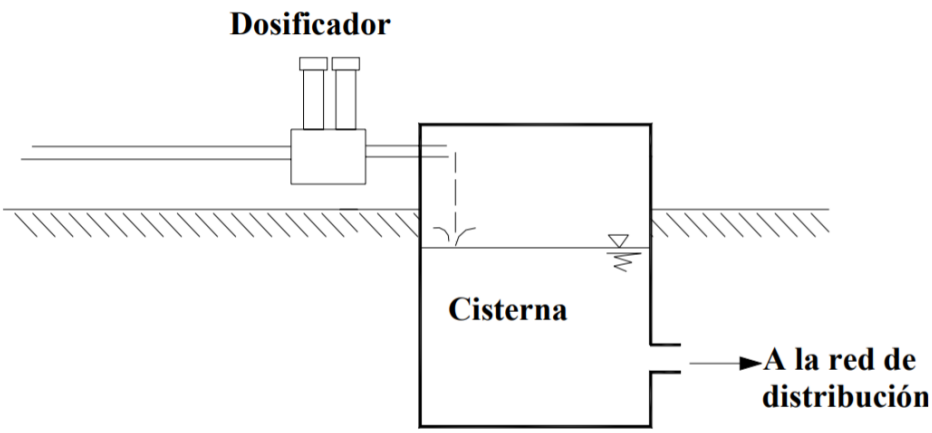


Figura 3-12 Instalación típica de un clorador por erosión de tabletas de hipoclorito de calcio.
Fuente: (Solsona & Méndez, 2002)

F. Almacenamiento

Para el almacenamiento del agua una vez tratada, se optó por un tanque cisterna, el cual consiste en un tanque plástico de aproximadamente 10000 litros, en este caso. La instalación del tanque debe cumplir con los requerimientos establecidos por el fabricante.

G. Distribución

Dependiendo de la cantidad de aparatos sanitarios, del caudal instantáneo de estos y del caudal simultáneo que se llegue a producir, se determina el diámetro de la tubería a colocar y se diseña de tal manera que la velocidad del agua no sobrepase los 2 m/s y la presión se encuentre sobre los 10 m de columna de agua (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017).

Para el caudal instantáneo mínimo y presiones recomendadas, se utiliza la siguiente tabla:

	Q min (l/s)	Presión		Diámetro (plg)
		Recomendada (mca)	Mínima (mca)	
Ducha	0.2	10	3	1/2"
Fregadero cocina	0.2	5	2	1/2"
Inodoro con deposito	0.1	7	3	1/2"
Lavabo	0.1	5	2	1/2"
Urinario con llave	0.15	7	3	1/2"

Tabla 3-17 Datos de caudal instantáneo mínimo y presiones recomendadas

Elaboración: David Jiménez

Fuente: (Torres Guerrón, 2015)

Añadido a esto, es necesario calcular la potencia de la bomba y el volumen del tanque hidroneumático a utilizar. En la actualidad existen en el mercado tanques hidroneumáticos con bomba incluida y además cuentan con una membrana interna la cual no permite el contacto del aire interior del tanque con el agua.

Para la potencia de la bomba se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = \frac{\lambda * Ht * Q}{76 * \eta}$$

Donde:

P= potencia de la bomba (HP)

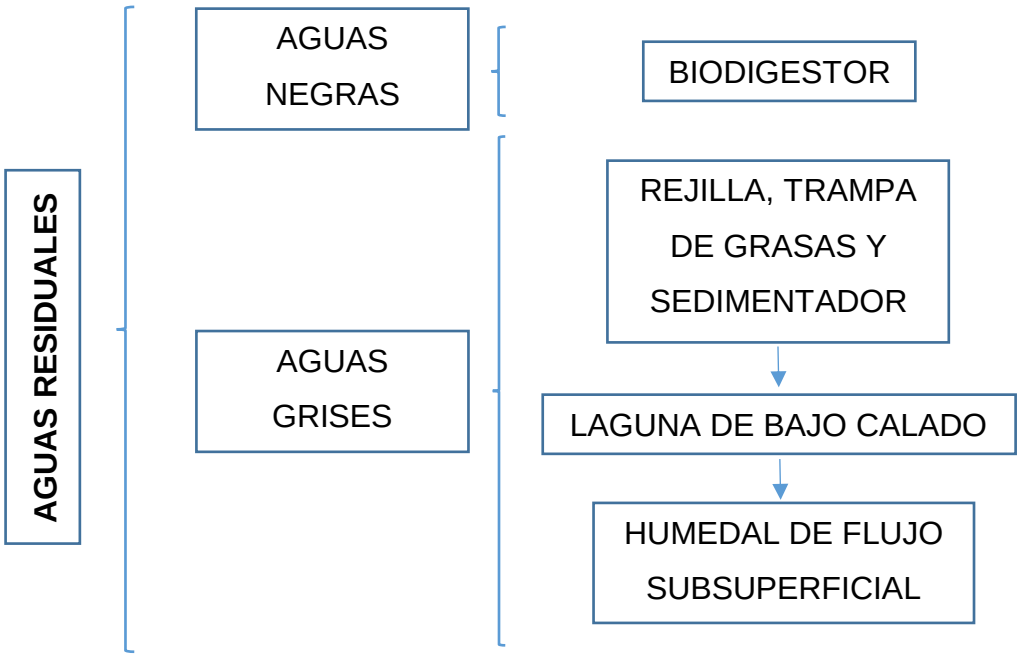
λ= peso específico del agua = 1 (Kg/L)

Ht= altura dinámica total (m)

Q= caudal de diseño en (L/s)

η= eficiencia del conjunto motor-bomba

3.3.3. Tratamiento de aguas residuales



El sistema de tratamiento de aguas residuales se rescató del proyecto de (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017).

A. Biodigestor

Para el biodigestor se decidió utilizar un modelo prefabricado y que se puede conseguir fácilmente en el mercado. Con esto lo único que se necesita es calcular el volumen necesario del biodigestor a comprar y seguir los pasos de instalación del fabricante.

Estos biodigestores cuentan con varias características ventajosas, su estructura de polietileno de alta densidad impide que las raíces de árboles o arbustos detecten la humedad para evitar que rompan sus paredes, su diseño inferior cónico permite separar los barros que son acumulados en el fondo, dejando en la parte superior el agua y sólidos en suspensión, que al pasar por un filtro biológico de aros PET (Polietileno Tereftalato) se convierte

en material de riego subterráneo preferentemente para jardines. Otra ventaja de su fondo cónico, es que expulsa de forma fácil el lodo concentrado en la parte inferior mediante la válvula de tubo de extracción (sin necesidad de bombas), el lodo inodoro expulsado se convierte en una fina capa de polvo sin bacterias ni olor alguno y es un excelente material de abono para el jardín (Rotoplas, 2018).

Figura 3-13 Biodigestor prefabricado.
Fuente: (Rotoplas, 2018)

Estos biodigestores tienen una vida útil de más de 45 años, una fácil instalación detallada en el manual del propio producto y un mantenimiento sencillo, el cual se lo realiza una vez al año (Rotoplas, 2018).

B. Laguna de bajo calado

Para el diseño de la laguna de bajo calado se basó en la tesis de (Romero Navarrete, 2017) y (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017).

Este sistema es parte del tratamiento para aguas grises, por lo cual el caudal afluente para la laguna corresponde al caudal de aguas grises. Para los

parámetros de aguas grises y negras se puede utilizar la tabla a continuación:

Parámetro	Agua residual doméstica	Aguas negras	Aguas grises
DBO (mg/L)	115-400	300-600	100-400
DQO (mg/L)	210-740	900-1500	200-700
N total (mg/L)	20-80	100-300	8-30
P total (mg/L)	6-23	40-90	2-7

Tabla 3-18 Parámetros aguas negras y grises

Fuente: (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017)

La concentración promedio de coliformes fecales en aguas grises es de 1.00E+07 NMP/100ml (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017). Por otro lado, datos como la evaporación (3.76 mm/día) se obtuvieron a partir de la estación meteorológica M111 Malchinguí INAMHI, y otros como la temperatura del agua (16.5°C) se los observa en el análisis de las muestras de agua realizada.

Con estos datos ya se puede realizar el cálculo de la laguna de bajo calado, el procedimiento es el siguiente:

- Primero se calcula la carga orgánica mediante la ecuación:

$$CO = DBO5 * Qa$$

Donde:

CO= Carga orgánica (kg/día)
DBO5= Demanda bioquímica de oxigeno (kg/m3)
Qa= Caudal afluente (m3/día)

- Para el siguiente parámetro se define el volumen de la laguna:

$$V = Qa * tr$$

Donde:

V= volumen de la laguna de bajo calado (m3)
Qa= Caudal afluente (m3/día)
tr= Tiempo de retención (días)

- Con el volumen calculado se procede al cálculo del área:

$$A = \frac{V}{h}$$

Donde:

A= área de laguna (m2)
V= volumen de laguna (m3)
h= profundidad de laguna (m)

- La relación entre largo y ancho (L/B) debe ser mayor o igual a 3 (≥3), sabiendo esto se calcula las dimensiones de la laguna:

$$L = \sqrt{A * \frac{L}{B}} \qquad B = L/\frac{L}{B}$$

Donde:

L= Largo de laguna (m)
A= Área de laguna (m)
L/B= Relación largo sobre ancho (≥3)
B= Ancho de laguna (m)

- Caudal en el efluente:

$$Qe = Qa - A * e$$

Donde:

Qe= Caudal en el efluente (m3/día)

Qa= Caudal en el afluente (m3/día)
A= Área de laguna (m2)
E= evaporación (m/día)

- Carga orgánica superficial:

$$LS = \frac{CO}{A}$$

Donde:

LS= Carga orgánica superficial (kg/Ha día)
CO= Carga orgánica (kg/día)
A= Área de laguna (Ha)

- Reducción de patógenos para flujo tipo pistón:

$$Cf = Co * e^{-Kb*tr}$$

Donde:

Cf= concentración final de coliformes (NMF/100ml)
Co= concentración inicial de coliformes (NMF/100ml)
Kb= coeficiente de remoción de patógenos= 12.54 (días-1) para lagunas de h=0.35 m (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017)
Tr= tiempo de retención (días)

- Coeficiente de reducción de la DBO

$$Kt = \frac{kt35}{1.085^{35-T}}$$

Donde:

Kt= constante de decaimiento de la DBO (días-1)
Kt35= 1.2 (días-1) (Cortéz Martínez, y otros, 2011)

T= temperatura media anual

- Para la concentración de la DBO en el efluente se utiliza la fórmula del flujo tipo pistón:

$$\frac{C}{Co} = e^{-Kt}$$

Donde:

C= concentración final DBO5 (mg/l)
Co= concentración inicial DBO5 ((mg/l)
Kt= constante de decaimiento de la DBO (días-1)

C. Humedal sub superficial

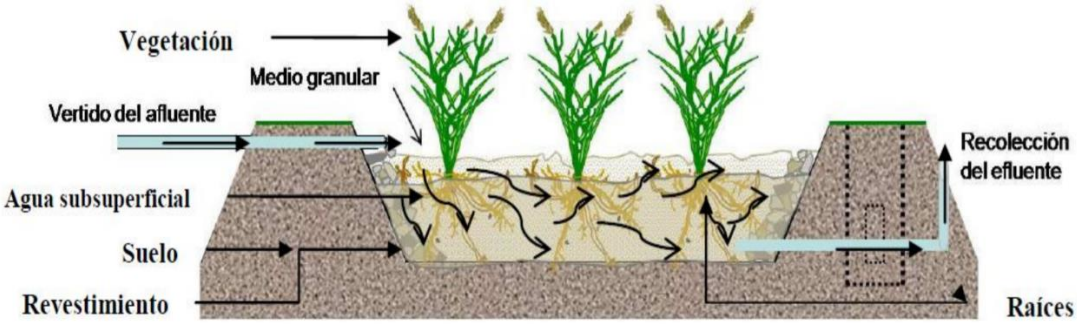


Figura 3-14 Humedal artificial de flujo sub superficial horizontal
Fuente: (Rabat Blázquez, 2016)

Los humedales de flujo sub superficial (FSS) son aquellos humedales en los cuales el afluente atraviesa un medio poroso formado por grava o el mismo sustrato. Dependiendo de la dirección en la que fluye el agua, estos humedales pueden ser de dos tipos, verticales u horizontales; siendo este último el escogido para el proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0. Un punto muy importante es que el agua del afluente siempre deberá estar por debajo de la superficie del medio granular y su fondo tener una pendiente de 0.5 a 1% (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017).

Para el procedimiento de diseño se basó en (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017):

Como el anterior proceso fue la laguna de bajo calado, se utiliza el caudal del efluente, la concentración final de coliformes fecales y la concentración final de DBO resultantes de este proceso para el caudal afluente, la concentración inicial de coliformes fecales y la concentración inicial de DBO, respectivamente. Sumado a esto, se establece la concentración final de DBO que se requiera al final del proceso en el humedal de flujo sub superficial.

Además, se necesita el dato de la temperatura del agua y la profundidad del humedal, siendo común profundidades de entre 30 y 60 cm en humedales de este tipo (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017).

Por otro lado, se requiere la porosidad promedio de entre todas las capas que forman el medio granular (suelo, arena y grava) y la conductividad hidráulica promedio del mismo. La siguiente tabla nos muestra las características típicas de las diferentes capas que puede tener un humedal de flujo sub superficial:

Tipo de Material	Tamaño efectivo D_{10} (mm)	Porosidad, n (%)	Conductividad Hidráulica K_s ($m^3/m^2/d$)
Arena fina	2	28-32	100-1 000
Arena gruesa	8	30-35	500-5 000
Grava fina	16	35-38	1 000-10 000
Grava media	32	36-40	10 000-50 000
Roca gruesa	128	38-45	50 000-250 000

Tabla 3-19 Características típicas de medio granular en humedales de flujo sub superficial

Fuente: (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017)

Finalmente, se necesita el dato de pérdida máxima de carga, el cual corresponde según (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017) al 10% de la profundidad del humedal.

Con estos datos se puede proceder al dimensionamiento del humedal, comenzando por la constante de remoción de DBO y la constante de remoción de coliformes fecales mediante las siguientes ecuaciones:

$$Kt = 1.104 * 1.06^{T-20}$$

Donde:

Kt= constante de remoción de DBO (días-1)
T= temperatura del agua (16.5 °C), obtenida del estudio en (CICAM, 2018)

$$Kb = 2.6 * 1.19^{T-20}$$

Donde:

Kb= constante de remoción de coliformes fecales (días-1)
T=temperatura del agua (°c)

Hecho esto ya podemos calcular el área de la superficie del humedal:

$$A = \frac{Q * \left(Ln \frac{DBO5a}{DBO5e}\right)}{Kt * h * Po}$$

Donde:

A= área del humedal (m2)
Q= caudal afluente del humedal (m3/día)
DBO5a= concentración de DBO5 en el afluente (mg/L) (inicial)
DBO5e= concentración de DBO5 en el efluente (mg/L) (final)
Kt= constante de remoción de DBO5 (días-1)
h= profundidad del humedal (m)
Po= porosidad promedio del medio granular (%)

Y con el área se dimensiona los demás parámetros de ancho y largo. Primero se determina el área transversal requerida mediante la siguiente formula (ONU-HABITAT, 2008):

$$At = \frac{Q}{Kf * \left(\frac{dH}{ds}\right)}$$

Donde:

At= área transversal del humedal (m)
Q= caudal del afluente (m3/s)
Kf= Conductividad hidráulica promedio del lecho (1-3 E-3 m/s)
dH/ds = gradiente (generalmente 1%)

$$B = \frac{At}{h}$$

Donde:

B= ancho del humedal (m)
At= área transversal del humedal (m)
h= Profundidad de humedal (m)

$$L = \frac{A}{B}$$

Donde:

L= largo del humedal (m)
B= ancho del humedal (m)
A= área del humedal (m2)

Luego se calcula el tiempo de retención:

$$Tr = \frac{A * h * Po}{Q}$$

Donde:

Tr= tiempo de retención (días)
A= área de humedal (m2)
h= profundidad del humedal (m)

Po= porosidad promedio del medio granular (%)

Q= caudal afluente (m3/día)

Por último, se calcula la concentración de coliformes fecales:

$$Cf = \frac{Co}{(1 + Tr * Kb)^n}$$

Donde:

Cf= concentración final de coliformes fecales (NMP/100ml)

Co= concentración de coliformes fecales inicial (NMP/100ml)

Kb= coeficiente de remoción bacteriana (día-1)

Tr= tiempo de retención (días)

n= número de humedales en serie

3.4. Diseño eléctrico

Para cumplir con la sostenibilidad del proyecto, la energía eléctrica utilizada debe provenir de fuentes renovables de energía. A continuación se muestra una tabla indicando el grado de contaminación producido por varios tipos de fuentes de energía.

(Emisiones de contaminantes para todo el ciclo de combustible. En toneladas por GWh producido)

FUENTE	CO_2	NOX	SO_2	PARTÍCULAS SÓLIDAS EN SUSPENSIÓN	CO	HIDRO-CARBUROS	RESIDUOS NUCLEARES	TOTAL
Carbón	1.058,2	2,986	2,971	1,626	0,267	0,102	-	1.066,1
Gas natural	(**)824,0	0,251	0,336	1,176	TR(*)	TR	-	825,8
Nuclear	8,6	0,034	0,029	0,003	0,018	0,001	3,641	12,3
Fotovoltaica	5,9	0,008	0,023	0,017	0,003	0,002	-	5,9
Biomasa	0,0	0,614	0,154	0,512	11,361	0,768	-	13,4
Geotérmica	56,8	TR	TR	TR	TR	TR	-	56,8
Eólica	7,4	TR	TR	TR	TR	TR	-	7,4
Solar térmica	3,6	TR	TR	TR	TR	TR	-	3,6
Hidráulica	6,6	TR	TR	TR	TR	TR	-	6,6

(*) Trazas. (**) Gas natural en ciclo combinado
La emisión de la biomasa presupone la regeneración anual de la cantidad consumida, lo que raras veces sucede.

Fuente: US Department of Energy, Council for Renewable Energy Education y Worldwatch Institute.

Tabla 3-20 Impacto ambiental en fuentes de energía

Fuente: (Remache Rodríguez & Zuleta Cevallos, 2017)

Podemos apreciar así que las energías comúnmente llamadas alternativas, son las que producen menor cantidad de impacto hacia el medio ambiente, además, todas estas provienen de una fuente renovable. Es por esto que la energía escogida deberá ser una de las siguientes: energía fotovoltaica, biomasa, eólica, solar térmica o hidráulica.

3.5. Presupuesto

El cálculo del costo del proyecto se lo realiza con el fin de completar el proyecto dentro de un presupuesto aprobado, a su vez, el presupuesto del proyecto se lo obtiene mediante el análisis de precios unitarios y las cantidades de obra obtenidas de los planos del proyecto.

Existen varios tipos de costos tales como: costos variables, costos fijos, costos directos, indirectos, costo de oportunidad y costos hundidos o enterrados. En este caso se analizó los costos directos, que vendrían a ser todos los costos que repercuten directamente en el proyecto, y los costos indirectos, que no repercuten directamente en las actividades pero son necesarios para llevar a cabo el proyecto (Pinto, 2016).

El análisis de precios unitarios (APU) consiste en dividir los costos del proyecto en unidades más pequeñas llamadas rubros. Cada rubro analiza los equipos, mano de obra, materiales y transporte necesarios para completar una actividad por unidad de medida.

- Equipos
  Incluye todos los equipos y maquinaria utilizados por la mano de obra para realizar una actividad. Se divide en seis partes: descripción, cantidad, tarifa, costo hora, rendimiento y costo. Generalmente se incluye para toda actividad el equipo “herramienta menor”, el cual representa el 5% del costo de mano de obra del rubro.
- Mano de obra

Se refiere a todo el personal que intervenga directamente en una actividad o rubro tales como: maestro de obra, peón, albañil, entre otros. Se divide en: descripción, cantidad, jornal/h, costo hora, rendimiento y costo.

- Materiales

  Todo elemento o materia prima que será convertido en el transcurso de la obra. Se divide en: descripción, unidad, cantidad, precio unitario y costo.

- Transporte

  Generalmente los proveedores incluyen el costo del transporte en el producto, sin embargo, si no consta en este precio es necesario determinar el costo del transporte desde el lugar de abastecimiento de productos hasta el sitio del proyecto. Se divide en: descripción, unidad, distancia, cantidad, tarifa y costo.

CAPÍTULO 4

4. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

4.1. Diseño estructural

4.1.1. Diseño estructural de Sala

El diseño estructural de la Sala se basó en la arquitectura ya establecida por las Salas de los Parques de Estudio y Reflexión alrededor del mundo, siendo esta con forma esférica y terminando en una punta conoidal. La diferencia con el resto de las Salas fue su sistema constructivo, en este caso se usó un sistema de paredes portantes de adobe reforzado con carrizo.

Figura 4-1 Sala tipo de un Parque de Estudio y Reflexión
Fuente: (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017)

A. Cálculo del peso de la estructura

El cálculo de carga muerta de realizó en base a las dimensiones especificadas en las siguientes figuras:

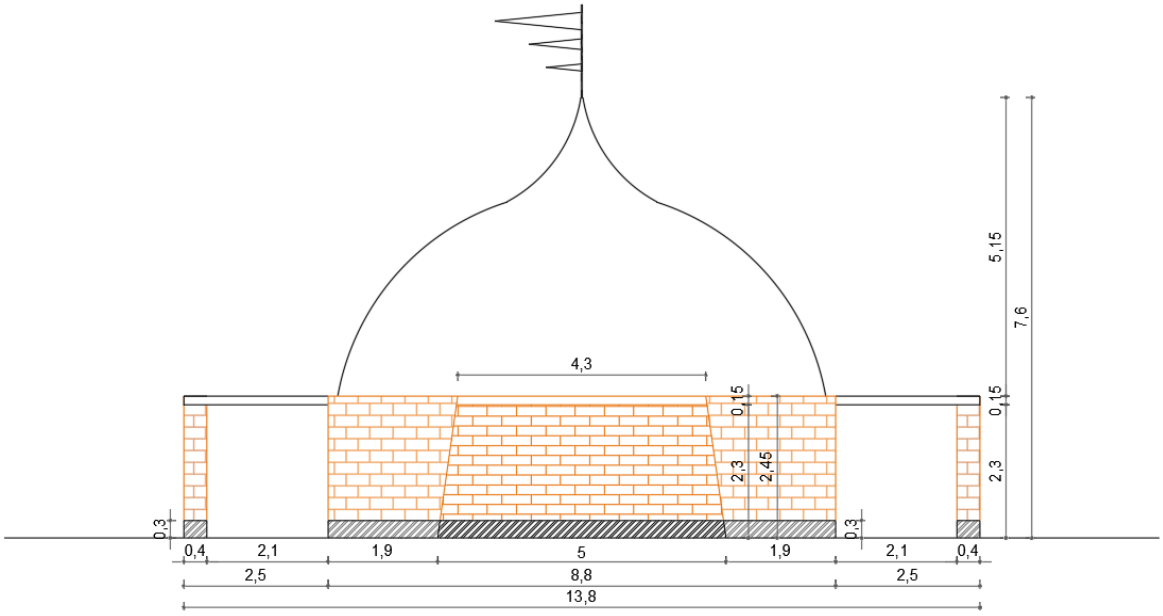


Figura 4-2 Vista Frontal de Sala del Parque de estudio y Reflexión Latitud 0

Elaboración: David Jiménez

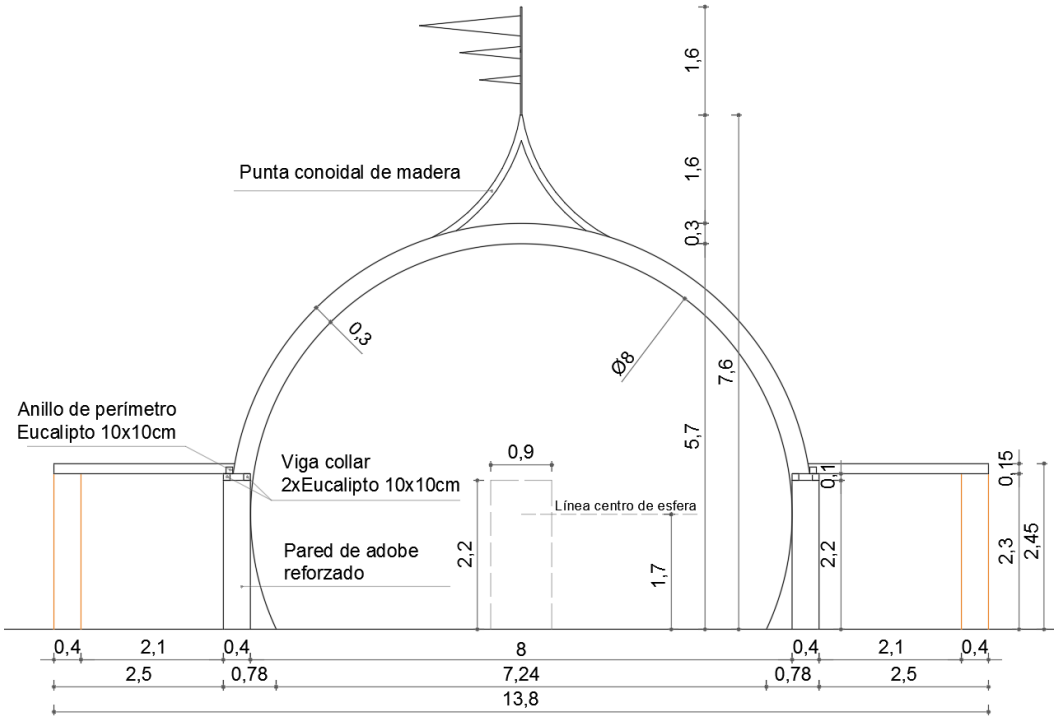


Figura 4-3 Corte de Sala del Parque de estudio y Reflexión Latitud 0

Elaboración: David Jiménez

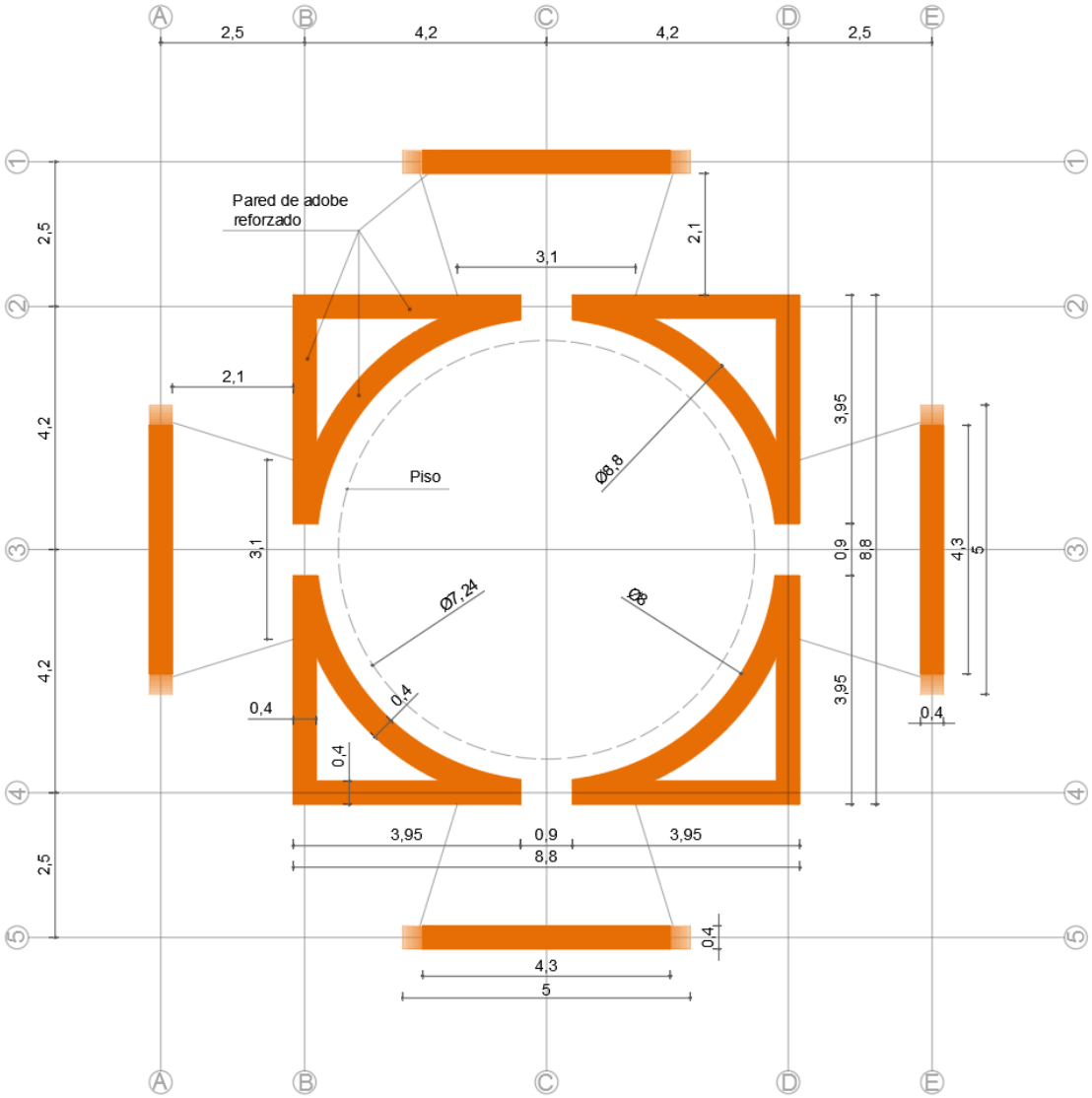


Figura 4-4 Vista en planta de Sala del Parque de estudio y Reflexión Latitud 0

Elaboración: David Jiménez

Obteniendo así los siguientes resultados:

Paredes internas (circulo)		
Área de paredes=	9.11	m2
h de paredes=	2.2	m
Volumen=	20.04	m3
Densidad (1500-1700)=	1600.00	kg/m3 (NEC)
Peso=	32.07	T

Tabla 4-1 Paredes internas

Elaboración: David Jiménez

Paredes externas (cuadrado)		
Área de paredes=	9.47	m2
h de paredes=	2.2	m
Volumen=	20.83	m3
Densidad (1500-1700)=	1600.00	kg/m3 (NEC)
Peso=	33.33	T

Tabla 4-2 Paredes externas

Elaboración: David Jiménez

Cúpula		
Vol. casquete r=4m	96.78	m3
Vol. casquete r=4.3m	123.39	m3
Vol. cúpula=	26.61	m3
Densidad (1500-1700)=	1600	kg/m3
peso=	42.58	T

Tabla 4-3 Cúpula

Elaboración: David Jiménez

Punta conoidal de madera		
Long de Arco=	2.30	m
# de maderos 0.1x0.1m=	8.00	u
Vol.=	0.184	m3
Densidad =	550	kg/m3
Peso=	0.10	T

Tabla 4-4 Punta conoidal

Elaboración: David Jiménez

Techo		
Área=	37.94	m2
CM techo=	0.10	T/m2
Peso=	3.79	T

Tabla 4-5 Techo

Elaboración: David Jiménez

Paredes trapezoidales		
Área de paredes=	11.39	m2
e de paredes=	0.4	m
Volumen=	18.22	m3
Densidad (1500-1700)=	1600.00	kg/m3 (NEC)
Peso=	29.16	T

Tabla 4-6 Paredes trapezoidales

Elaboración: David Jiménez

Para la siguiente tabla se utilizó las áreas 1 y 2 de la Figura 4-13

Cimentación		
Área de cimentación 1=	28.70	m2
Área de cimentación 2=	12.00	m2
Área de paredes 1=	18.58	m2
Área de paredes 2=	8	m2
Prof. de desplante=	1.00	m
Peralte de cimentación=	0.30	m
Vol. cimentación 1 =	8.61	m3
Vol. cimentación 2 =	3.6	m3
Vol. Sobrecimiento 1 =	18.58	m3
Vol. Sobrecimiento 2 =	8	m3
Peso cimentación 1=	20.66	T
Peso cimentación 2=	8.64	T
Peso Sobrecimiento 1 =	40.876	T
Peso Sobrecimiento 2 =	17.6	T
Peso total=	87.78	T

Tabla 4-7 Cimentación

Elaboración: David Jiménez

Peso de la estructura		
Peso TOTAL (estructura y cimentación)=	228.81	T
Peso de Sala sin tomar en cuenta paredes trapezoidales=	173.41	T
Cúpula, conoide y cubierta=	46.47	T
Peso de estructura, sin cimentación	141.03	T
Peso de estructura, sin cimentación ni paredes trapezoidales=	111.87	T

Tabla 4-8 Peso de la estructura

Elaboración: David Jiménez

Para las cargas vivas de utilizó la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015) en el capítulo de Cargas no Sísmicas:

Cargas Vivas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.07	t/m2
Cargas de granizo	0.1	t/m2
Residencias: hoteles y residencias multifamiliares	0.48	t/m2
Áreas de reunión y teatros: asientos móviles	0.48	t/m2

Tabla 4-9 Cargas vivas

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción , 2015)

Elaboración: David Jiménez

B. Cálculo de muros de adobe reforzado

Para las combinaciones de carga adoptadas se basó en la NEC:

Combinación 1

$$1.4\ D$$

Combinación 2

$$1.2\ D + 1.6\ L + 0.5\max[L_r\ ;\ S\ ;\ R]$$

Combinación 3*

$$1.2\ D + 1.6\ \max[L_r\ ;\ S\ ;\ R] + \max[L\ ;\ 0.5W]$$

Combinación 4*

$$1.2\ D + 1.0\ W + L + 0.5\ \max[L_r\ ;\ S\ ;\ R]$$

Combinación 5*

$$1.2\ D + 1.0\ E + L + 0.2\ S$$

Combinación 6

$$0.9\ D + 1.0\ W$$

Combinación 7

$$0.9\ D + 1.0\ E$$

Figura 4-5 Combinaciones de carga

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción , 2015)

Donde:

D= Carga permanente.
E= Carga de sismo.
L= Sobrecarga (carga viva).
Lr= Sobrecarga cubierta (carga viva).
S= Carga de granizo.
W= Carga de viento. (Norma Ecuatoriana de la Construcción , 2015)

Con esto se procedió a realizar los cálculos correspondientes para cargas verticales, detallados en la Tabla 4-10:

Sala resistencia a cargas verticales		
CARGAS ADMISIBLES		
Área en planta de muros=	9.11	m2
Resistencia a compresión adobe =	10	kg/cm2
	100	t/m2
Coeficiente de Reducción de Respuesta Estructural=	1.5	
Factor seguridad =	3	
Q admisible= Resist. A compresión/(CR*FS) =	22.22	t/m2
W admisible= Área * Q admisible =	202.44	T
CARGAS REALES		
Peso total (CM)=	111.87	T
Peso total (CV)=	17.09	T
W= 1.2*CM+1.6*CV =	161.59	T

Tabla 4-10 Combinaciones de carga
Elaboración: David Jiménez

Comprobando así que las cargas reales (161.59 T) son menores a las admisibles (202.44 T).

A continuación se procedió al cálculo de la resistencia de la estructura a cargas horizontales. Para esto se consideró que los muros con eje paralelo al eje de la fuerza sísmica absorben el 100% de esta fuerza.

El espesor mínimo permitido por la norma Peruana E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada es de 0.40 m, rigiendo esta misma norma en Ecuador como lo especifica la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015) en el capítulo Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m.

Dada la arquitectura típica de las Salas de los Parques de Estudio y Reflexión, se obtuvo cuatro muros de 3.95m de longitud por 0.40m de ancho y 2.45m de alto, en cada eje, analizando únicamente estos muros para resistir el 100% de la fuerza sísmica horizontal en cada eje principal.

Una vez determinada el área colaborante de cada muro (cuatro muros por eje), se calculó la fuerza sísmica correspondiente.

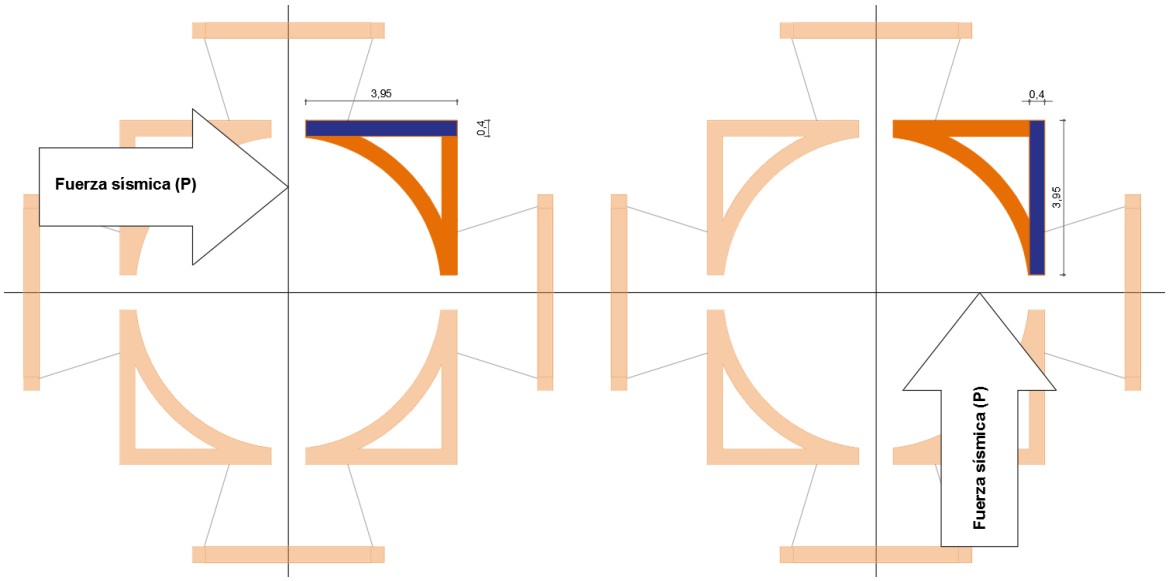


Figura 4-6 Área colaborante y muro actuante en cada eje ante fuerza sísmica horizontal

Elaboración: David Jiménez

Para la determinación de la fuerza sísmica horizontal, se utilizó la formula mencionada en la sección 3.2. Diseño estructural:

$$H = S * U * C * P$$

Así como los requerimientos de dimensiones, refuerzo y arriostres mencionados en la misma sección.

Este muro al igual que todos los muros que conforman la estructura posee un refuerzo tanto transversal como longitudinal de carrizo, siendo el refuerzo longitudinal de 2.5 cm de diámetro y espaciado a cada 30 cm, y el transversal de carrizo en tiras a cada 3 hiladas, tal y como se lo muestra en la Figura 4-7 Refuerzo de carrizo para muros de adobe. Este refuerzo se adoptó en base a la norma E.080 para diseño y construcción con tierra reforzada (2017).

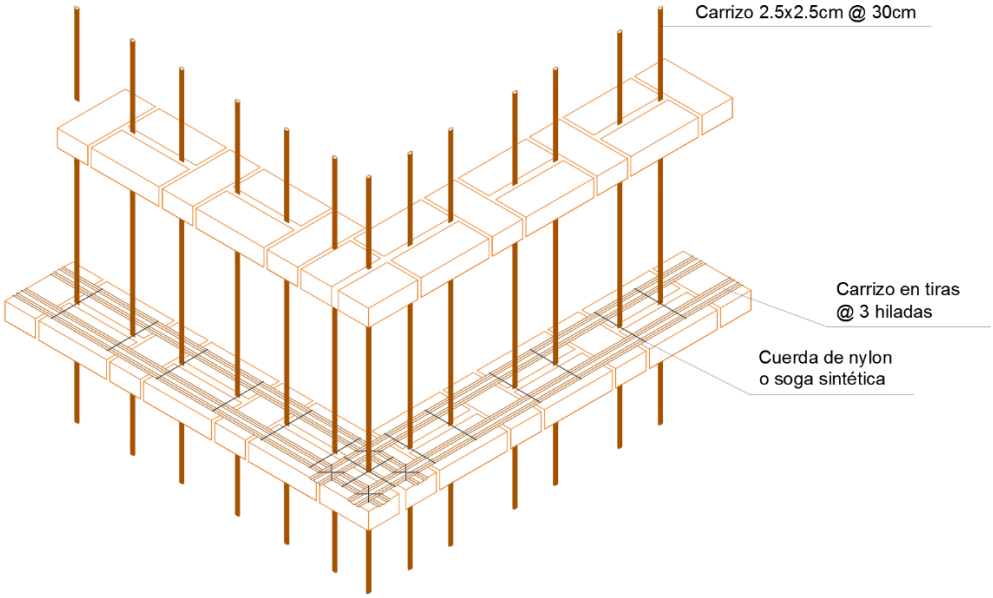


Figura 4-7 Refuerzo de carrizo para muros de adobe
Elaboración: David Jiménez

En la facultad se realizó el ensayo de un muro de adobe reforzado con caña y otro sin refuerzo. Las cargas laterales soportadas por el muro reforzado fueron de un rango entre tres y cuatro veces mayores a las del muro sin refuerzo, además, se comprobó que el cortante basal resistido por muros reforzados con caña llega al 65% del peso (Bonilla Sánchez & Merino Cabezas, 2017).

Para comprobar si el muro analizado resiste los esfuerzos actuantes, se utilizó la siguiente ecuación (NORMA E.080, 2017):

$$f't = \frac{P}{2 * a * em}$$

Donde:

f’t= esfuerzo de tracción
P= fuerza sísmica horizontal
a= longitud del muro
em= ancho del muro

La Figura 4-8 muestra la representación de las cargas para la determinación del esfuerzo de tracción.

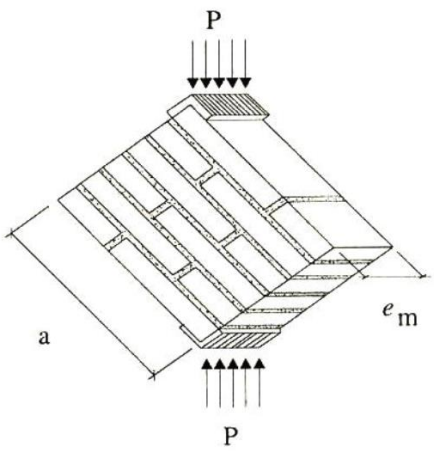


Figura 4-8 Compresión diagonal o tracción indirecta

Fuente: (NORMA E.080, 2017)

Además se calculó los esfuerzos producidos por la combinación de cargas verticales y horizontales utilizando la siguiente ecuación:

$$f = \frac{W}{A} \pm \frac{6 * M}{b * l^2}$$

Donde:
f= Esfuerzo de tracción y compresión
W= Peso sobre la base muro
A= Área de la base del muro

b= Espesor del muro

L= Longitud del muro

La Tabla 4-11 muestra los cálculos efectuados para la obtención de la fuerza sísmica horizontal y los esfuerzos de tensión producidos.

Sala resistencia a cargas Horizontales		
CARGAS REALES 1 muro		
CV	0.65	t/m2
CM	1.82	t/m2
Factor de suelo (S) =	1.4	
Factor de uso (U) =	1.4	
Coeficiente sísmico (C)=	0.2	
Área colaborante muro	19.36	m2
Altura de entrepiso(h)=	2.45	m
P= CM+0.5 CV=	41.55	T
FUERZA SISMICA HORIZONTAL (H)=	16.29	T
Espesor del muro em=	0.4	m
Longitud del muro (a)=	3.95	m
esfuerzo de tracción f't (solo cargas horiz)=	0.52	kg/cm2
M=	39.90	Tm
esf. de compresión f't (cargas horiz + vert)=	6.07	kg/cm2
esf. de tracción f't (cargas horiz + vert)=	-1.60	kg/cm2

Tabla 4-11 Esfuerzos producidos por cargas laterales y verticales

Elaboración: David Jiménez

El esfuerzo de tracción de un adobe por lo general se encuentra en el valor de 1.5 kg/cm2 (Vaca, 2011), añadido a esto, como se mencionó anteriormente esta resistencia a cargas laterales aumenta de tres a cuatro veces al ser una estructura de muros de adobe reforzados (Bonilla Sánchez & Merino Cabezas, 2017). Por lo tanto se puede concluir que los esfuerzos producidos son menores a los esfuerzos admisibles.

Además, se comprobó que los esfuerzos producidos son resistidos en su totalidad únicamente por los muros analizados, es decir, los muros cuyo eje es paralelo al eje de la fuerza sísmica horizontal, quedando los demás

muros, los del eje perpendicular al eje de la fuerza, sin necesidad de aportar resistencia ante esta fuerza.

Estos cálculos suponen que los muros están restringidos por un diafragma horizontal en la parte de arriba, es decir, en el techo. Esto se lo logra por medio de una viga collar que se encuentre en la parte superior de cada uno de los muros, uniéndolos a todos y formando el diafragma horizontal que se busca. Esta viga está formada por dos secciones de eucalipto cuadradas de 10x10 cm colocadas a cada orilla de la parte superior del muro y con un refuerzo transversal a cada 1.2 m, como se indica en la siguiente Figura.

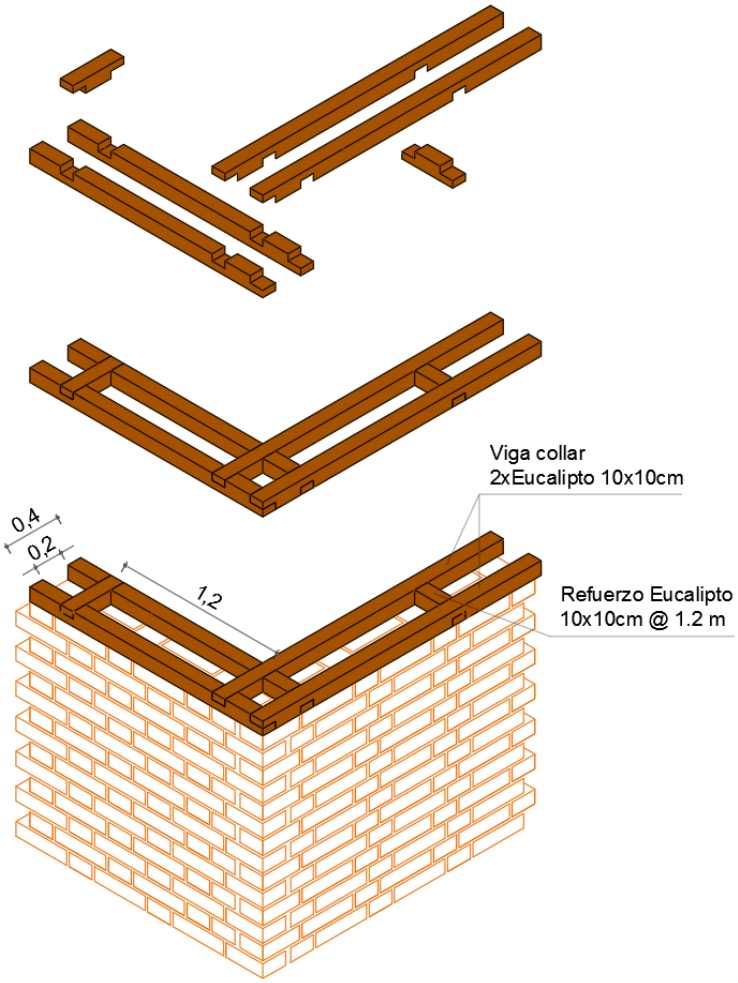


Figura 4-9 Viga collar para muros de adobe reforzado

Elaboración: David Jiménez

Esta viga collar también sirve para amarrar los refuerzos longitudinales de carrizo de los muros de adobe, quedando estos sujetos en la parte de abajo por el sobrecimiento y en la parte de arriba por la viga collar.

Por otro lado, las estructuras de adobe reforzado deben cumplir una densidad de paredes mínima dependiendo del tipo de estructura, en este caso la densidad de paredes requerida es del 15% y la real del 21%.

C. Cálculo de cúpula

Las cargas producidas por la cúpula se tomaron en cuenta para el cálculo de los muros en el literal anterior (B. Cálculo de muros de adobe reforzado), por lo tanto, en este literal únicamente se analizó la estabilidad propia de la cúpula.

Al tratarse de una cúpula esférica se sabe que actúa a compresión, sin embargo en la parte inferior de la cúpula se producen fuerzas horizontales hacia el exterior de esta, haciendo necesario un anillo de perímetro que trabaje a tensión y pueda soportar las fuerzas mencionadas (Winter & Nilson, 1981).

Para el cálculo del esfuerzo de meridianos por unidad de longitud utilizamos la siguiente ecuación (Winter & Nilson, 1981):

$$N\Phi = -\frac{W}{2 * \pi * r * sen^2\Phi 1}$$

Donde:

NΦ = esfuerzo en los meridianos por unidad de longitud
W= peso total de la lámina por encima del nivel estudiado
r= radio
Φ1= ángulo del nivel de estudio

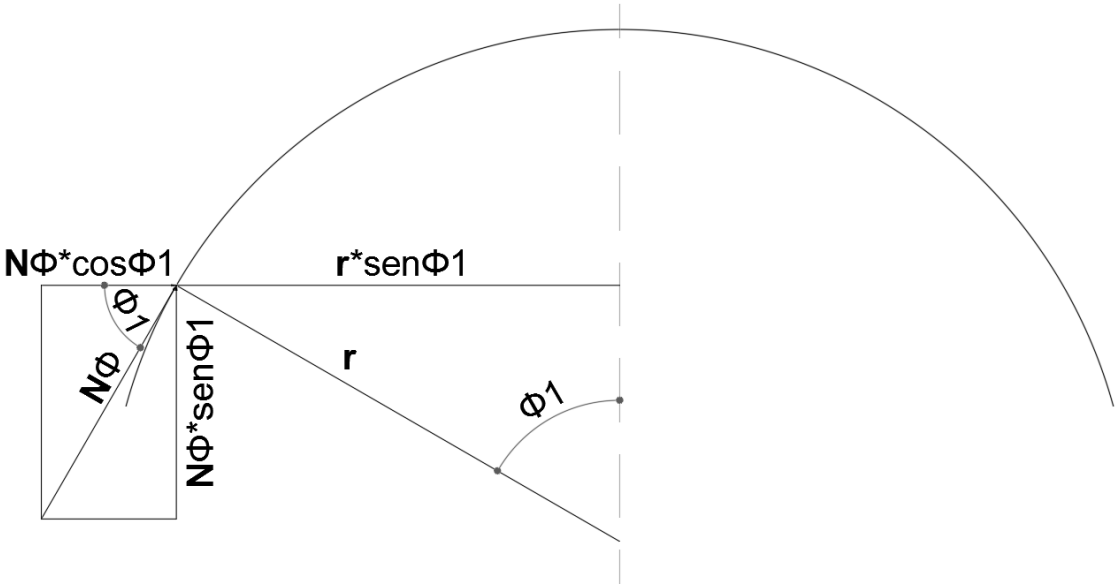


Figura 4-10 Esfuerzo de meridianos NΦ

Elaboración: David Jiménez

Con el esfuerzo NΦ podemos calcular sus componentes tanto horizontal como vertical, que representan los esfuerzos producidos por la cúpula hacia el exterior y hacia abajo.

La tabla a continuación muestra los esfuerzos de meridianos a diferentes ángulos Φ, terminando en Φ=79.19° el cual corresponde al mayor ángulo que tiene esta cúpula.

CÚPULA DE ADOBE						
				Por unidad de longitud (m)		
ϕ [°]	Peso esfera adobe [T]	Peso conoide adobe [T]	Peso TOTAL [T]	Nϕ esfera [T]	Magnitud de Fuerza radial [T]	Magnitud de Fuerza vertical [T]
28.96	8.16	0.10	8.26	-1.40	1.23	0.68
41.41	14.42	0.10	14.52	-1.32	0.99	0.87
51.32	20.67	0.10	20.78	-1.36	0.85	1.06
60.00	26.93	0.10	27.03	-1.43	0.72	1.24
67.98	33.19	0.10	33.29	-1.54	0.58	1.43
75.52	39.45	0.10	39.55	-1.68	0.42	1.63
79.19	42.58	0.10	42.68	-1.76	0.33	1.73

Tabla 4-12 Esfuerzo de meridianos NΦ

Elaboración: David Jiménez

Con estos valores podemos proceder al cálculo de la resistencia de la primera hilada de adobes a carga vertical.

Cúpula resistencia a cargas verticales		
CARGAS ADMISIBLES		
Área en planta de base de cúpula=	7.82	m2
Resistencia a compresión adobe =	10	kg/cm2
	100	t/m2
Coeficiente Reducción Respuesta Estructural=	1.5	
Factor seguridad =	3	
Q admisible= Resist. A compresión/(CR*FS) =	22.22	t/m2
W admisible=	173.78	T

Tabla 4-13 Resistencia a cargas verticales admisibles

Elaboración: David Jiménez

CARGAS REALES		
Peso total cúpula (CM)=	42.68	T
Peso total cúpula (CV)=	17.09	T
W= 1.2*CM+1.6*CV =	78.56	T

Tabla 4-14 Resistencia a cargas verticales reales

Elaboración: David Jiménez

Demostrando así que la carga admisible (173.78 T) es mayor a la carga actuante (78.56 T).

Por otro lado es necesario calcular la viga que forma el anillo de perímetro de la cúpula. Para esto se utilizó la ecuación (Winter & Nilson, 1981):

$$Pt = \frac{W * \cos \Phi 1}{2 * \pi * \sin \Phi 1}$$

Donde:

Pt = tensión del anillo de perímetro

W= peso total de la lámina por encima del nivel estudiado

Φ1= ángulo del nivel de estudio

Resolviendo la ecuación obtenemos:

$$Pt = \frac{42.68\ T * \cos 79.19}{2 * \pi * \sin 79.19} = 1.297\ [T]$$

Se escogió utilizar una viga de eucalipto, ya que es una madera de fácil obtención en la zona donde se encuentra el terreno destinado a la construcción del Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0.

La Tabla 4-15 muestra los esfuerzos últimos, esfuerzos admisibles y coeficiente de elasticidad del EUCALYPTUS GLOBULUS, que es el tipo de Eucalipto común en la zona.

Eucalipto (EUCALYPTUS GLOBULUS)							
Flexión			**Tracción**				
			Paralelo a las fibras			**Perpendicular a las fibras**	
σ ultimo [kg/cm2]	**σ adm [kg/cm2]**	**E [kg/cm2]**	**σ ultimo [kg/cm2]**	**σ adm [kg/cm2]**	**E [kg/cm2]**	**σ ultimo [kg/cm2]**	**σ adm [kg/cm2]**
873.06	287.14	133444.89	2354.86	738.05	202506.6	47.24	18.55

Tabla 4-15 EUCALYPTUS GLOBULUS

Fuente: (Ecuador Forestal, 2013)

Elaboración: David Jiménez

A continuación se procedió a calcular las dimensiones de la viga necesaria para contrarrestar la tensión calculada.

Viga de Eucalipto		
b=	0.1	m
h=	0.1	m
área=	0.01	m2
Factor de reducción por calidad=	0.8	
Resistencia a tracción (paralelo a fibra) =	59.044	T

Tabla 4-16 Viga de Eucalipto

Elaboración: David Jiménez

Se optó por colocar una viga de anillo de eucalipto de 10x10 cm, la cual cumple con creces los esfuerzos producidos por la cúpula.

En la parte de las puertas la cúpula se apoya únicamente sobre la viga collar de los muros de adobe reforzado, esta viga es suficiente para soportar los esfuerzos a flexión que se producen, sin embargo ese no es el papel principal que tiene la viga collar y es por esto que se recomienda colocar un refuerzo adicional de 2 vigas de eucalipto de 10x10 cm sobre cada puerta de la Sala adicionales a los dos ya existentes que conforman la viga collar.

D. Cubierta

Para la cubierta se optó por un techo de madera apoyado sobre vigas de Eucalipto de 10x20 cm de cada 4 a 5m y correas de 7x15cm de cada 1 a 1.2m. Para el resto de la estructura de cubierta se escogió un sistema tradicional y estándar con cabios de 5x10 cm de cada 60 a 80 cm para sostener un entablado junto con su aislante hidráulico que en este caso se seleccionó la paja para entrar en los parámetros de construcción sostenible, y finalmente un techo de teja.

Techo		
Área=	37.94	m2
CM techo de teja=	0.10	T/m2
Peso=	3.79	T

Tabla 4-17 Cargas de cubierta

Elaboración: David Jiménez

Cubriendo así excedentemente las cargas producidas con las vigas colocadas.

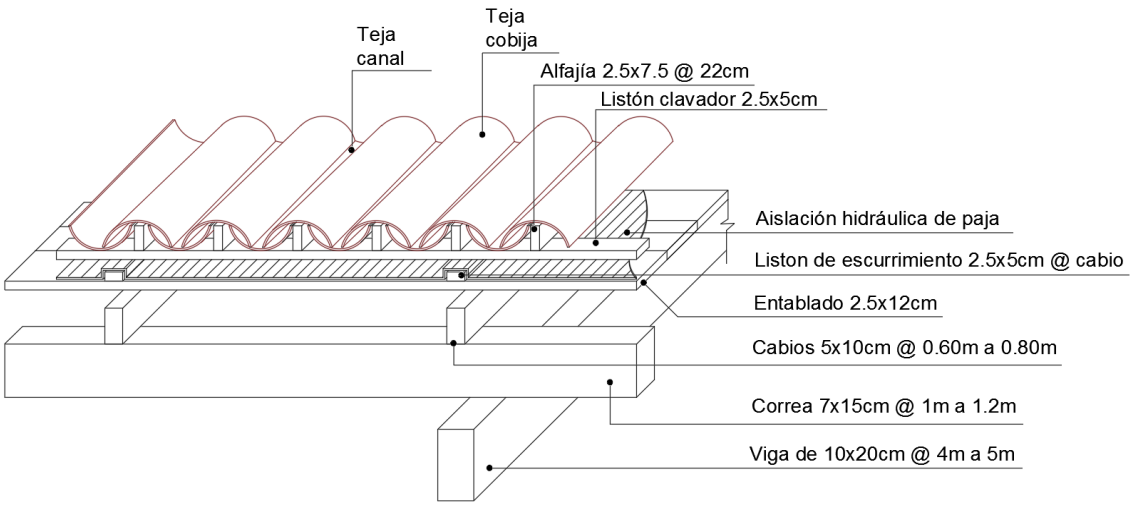


Figura 4-11 Detalle de cubierta de teja

Elaboración: David Jiménez

E. Cálculo de cimentación

Para el cálculo de la cimentación se realizó un estudio de suelos a cargo del Ing. Ricardo Martínez.

En el informe se puede rescatar datos como la capacidad portante del suelo la cual está en el valor de qadm = 10 kg/cm2, la sugerencia por parte de los encargados del estudio de realizar la cimentación a una profundidad de 1.2m (profundidad de desplante 1.00 m) y un mejoramiento de suelo (Martínez, 2018).

Según la norma E.080 para diseño y construcción con tierra reforzada, se establece una profundidad mínima de 0.60 m medida desde el suelo natural y un ancho mínimo de 0.60 m. Para su construcción se puede utilizar piedra grande compactada y acomodada con otras de menor tamaño, hormigón

ciclópeo y albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa (NORMA E.080, 2017).

En este caso se adoptó las sugerencias brindadas por el estudio de suelo y se decidió optar por una profundidad de desplante de 1.00 m y para el ancho y espesor se escogió los valores mínimos permitidos por la norma E.080 diseño y construcción con tierra reforzada quedando en 0.60 m de ancho y 0.30 m de peralte. Como material se escogió hormigón ciclópeo.

Con estos datos se calculó los esfuerzos transmitidos al suelo para comprobar si las dimensiones adoptadas eran suficientes para que estos esfuerzos no sobrepasen la capacidad portante del suelo. Cabe recalcar que la cimentación escogida fue una viga de cimentación continua en todos los muros.

Debido a que los muros y el sobrecimiento representan una carga repartida para la cimentación, no se produce acumulación de esfuerzos sobre un punto en específico de esta, además, la cimentación es simétrica. Es por esto que se simplifica el cálculo de los esfuerzos producidos a la ecuación:

$$\sigma = \frac{W}{A}$$

Donde:

σ= esfuerzo transmitido por la estructura hacia el suelo

W = peso total de la estructura, incluido el peso de la cimentación y mayorado en un 20%.

A= área total de cimentación

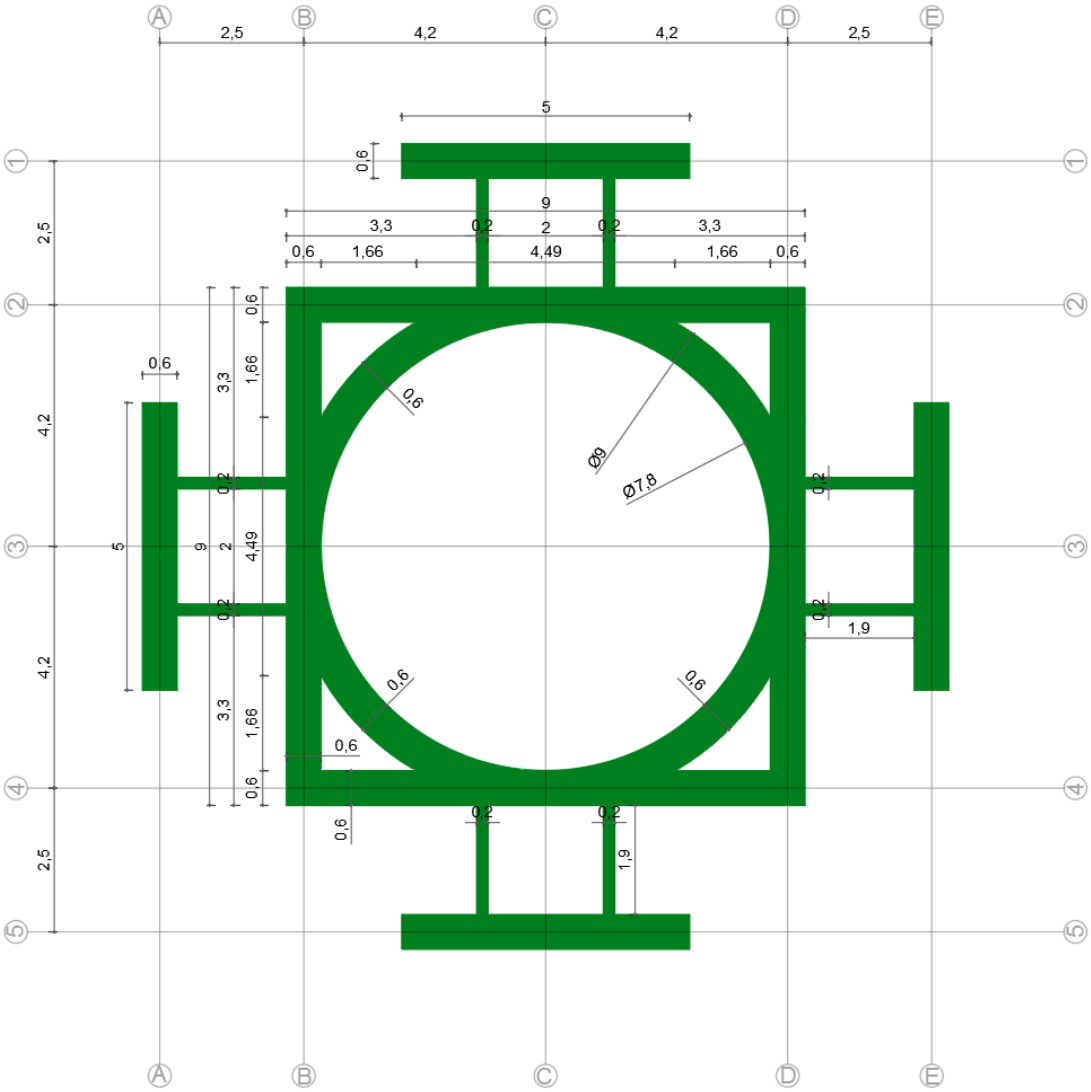


Figura 4-12 Cimentación de Sala del Parque de Estudio Y Reflexión Latitud 0
Elaboración: David Jiménez

De esta forma se realizó dos cálculos, el primero tomando en cuenta el peso total de la estructura y dividiéndolo para el Área 1 mostrada en la Figura 4-13, y el segundo sin tomar en cuenta el peso de las paredes trapezoidales que se encuentran frente a cada puerta de la Sala y dividiéndolo para el área 2 de la Figura 4-13.

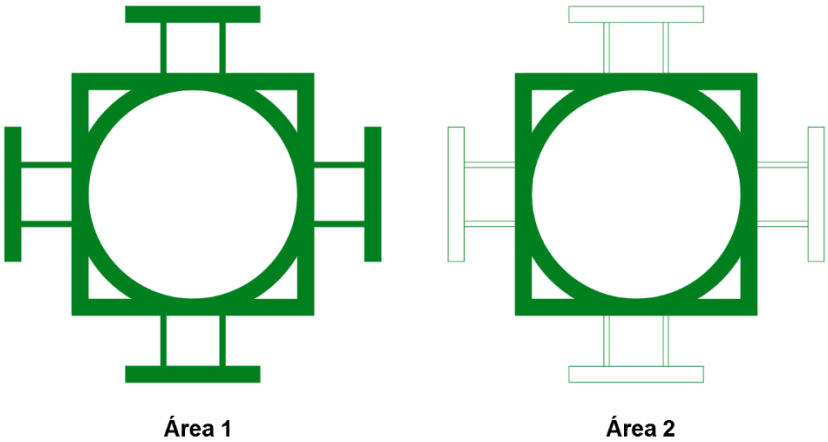


Figura 4-13 Área de cimentación

Elaboración: David Jiménez

Diseño Cimentación total, Área 1		
Peso total estructura=	274.58	t
Resistencia de suelo=	10	ton/m2
Área necesaria =	27.46	m2
Ancho de cimentación=	0.6	m
Área de cimentación=	40.70	m2

Tabla 4-18 Cálculo de cimentación Área 1

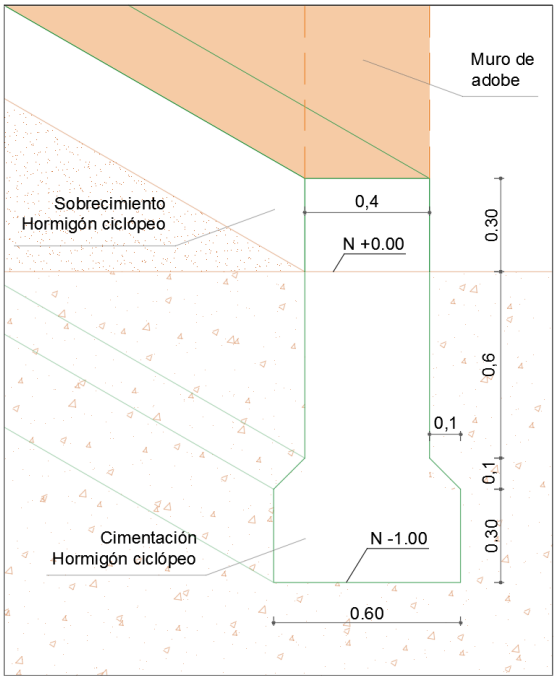
Elaboración: David Jiménez

Diseño Cimentación Área 2		
Peso total estructura=	208.10	t
Resistencia de suelo=	10	ton/m2
Área necesaria =	20.81	m2
Ancho de cimentación=	0.6	m
Área de cimentación=	28.70	m2

Tabla 4-19 Cálculo de cimentación Área 2

Elaboración: David Jiménez

En ambos casos observamos que el área de cimentación es mayor al área necesaria, por lo tanto, las medidas adoptadas cumplen con el requerimiento de transmitir esfuerzos al suelo quesean menores a la capacidad portante del mismo.



Elaboración: David Jiménez

4.1.2. Diseño estructural del Centro de Trabajo, Centro de Estudios y Sala Multiusos

Tanto el centro de trabajo como el centro de estudio son lugares de residencia temporal. El Centro de Trabajo se diseñó para alojar a 12 personas, teniendo tres habitaciones con dos literas cada una, dos baños, una cocina y un área de reuniones, este lugar está destinado para todo tipo de visitantes que lleguen al parque. El Centro de Estudios tiene una capacidad para 8 personas, con cuatro habitaciones dobles, dos baños, una cocina y un área de reuniones, por su parte este lugar está dirigido para los maestros de la Escuela, es decir, los integrantes del movimiento Humanista. La Sala Multiuso, es un espacio para reuniones diseñado para albergar de 40 a 50 personas y dotado de una pequeña cafetería (FUNDACIÓN ÁGORA, 2017).

Al igual que en la Sala se optó por un sistema constructivo de paredes portantes de adobe reforzado con carrizo, entrando así el material y sistema constructivo en los parámetros de construcción sostenible.

A. Cálculo del peso de la estructura

El cálculo del peso de la estructura se lo realizó en base a las siguientes dimensiones:

Centro de Trabajo

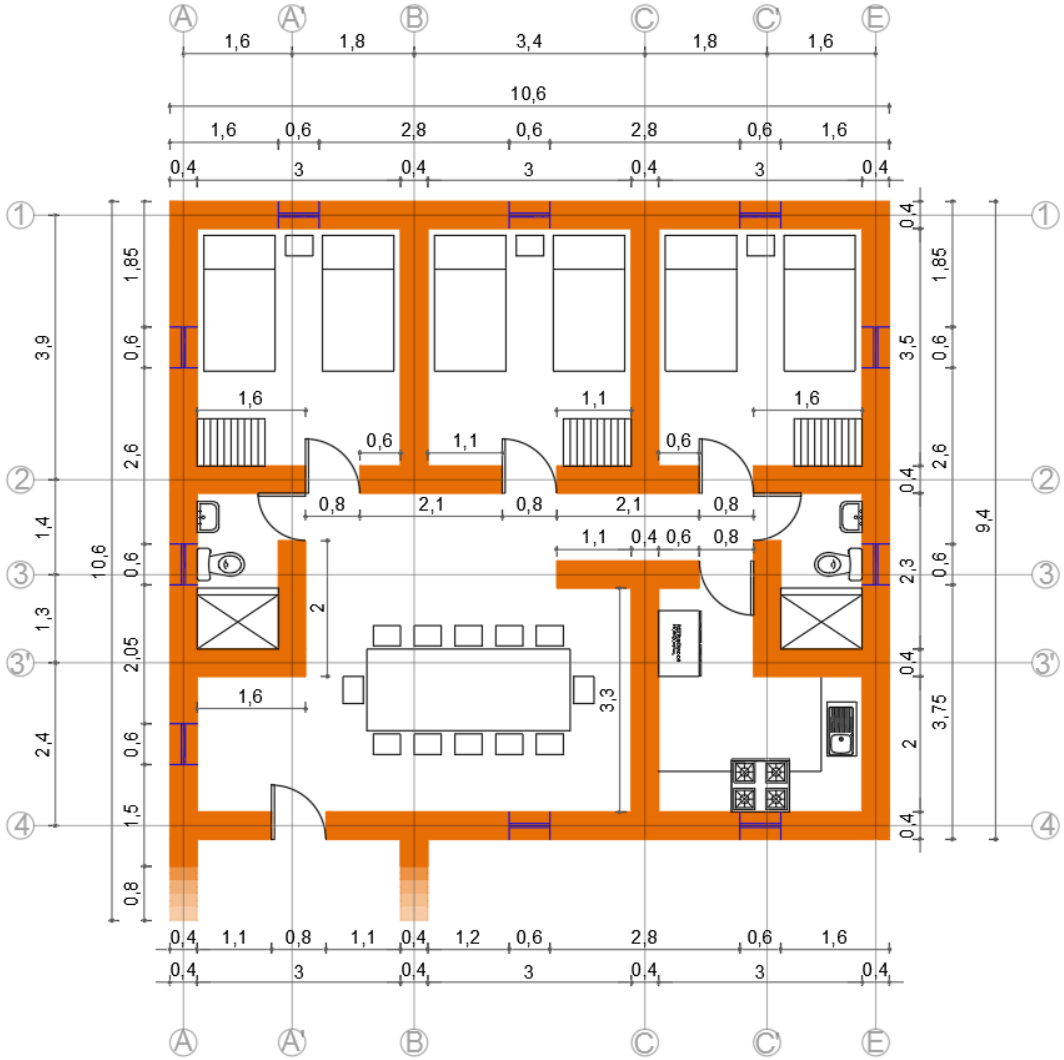


Figura 4-14 Centro de Trabajo, vista en planta

Elaboración: David Jiménez

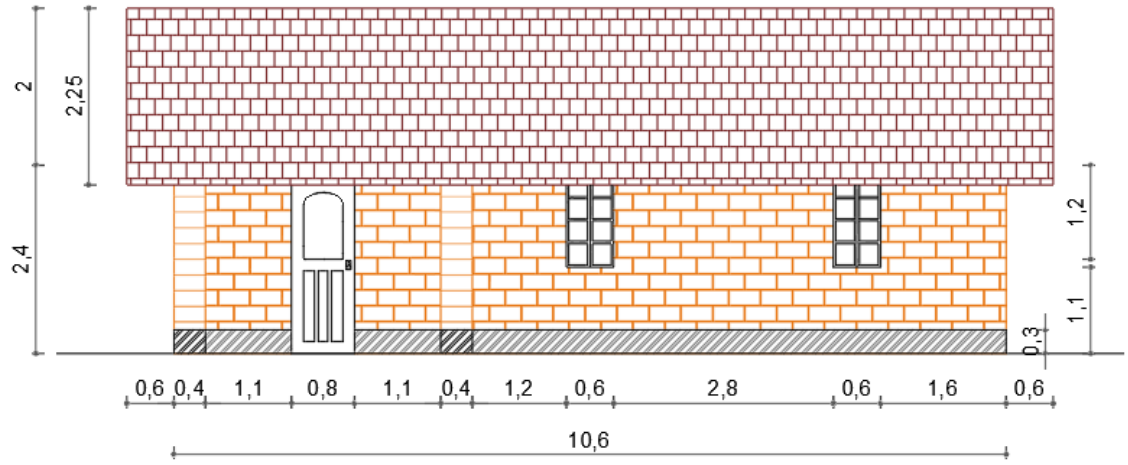


Figura 4-15 Centro de Trabajo, vista frontal

Elaboración: David Jiménez

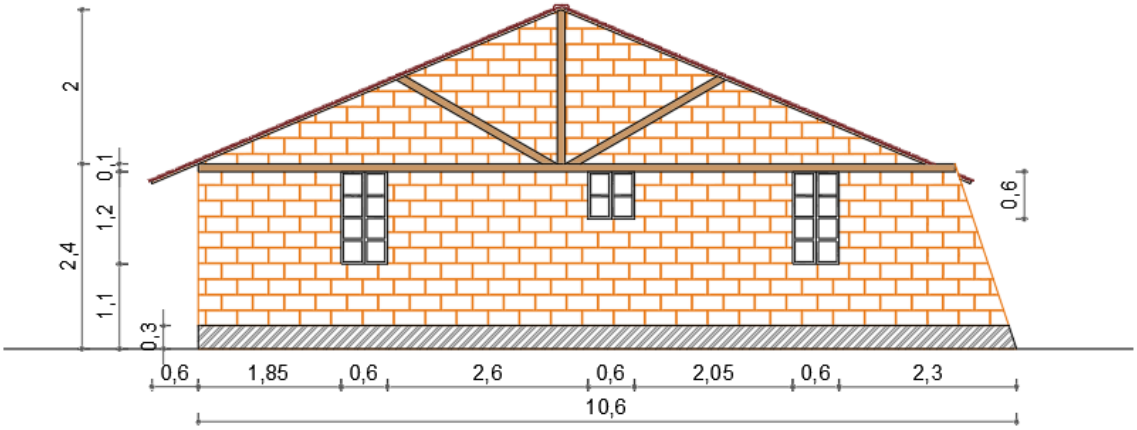


Figura 4-16 Centro de Trabajo, vista lateral izquierda

Elaboración: David Jiménez

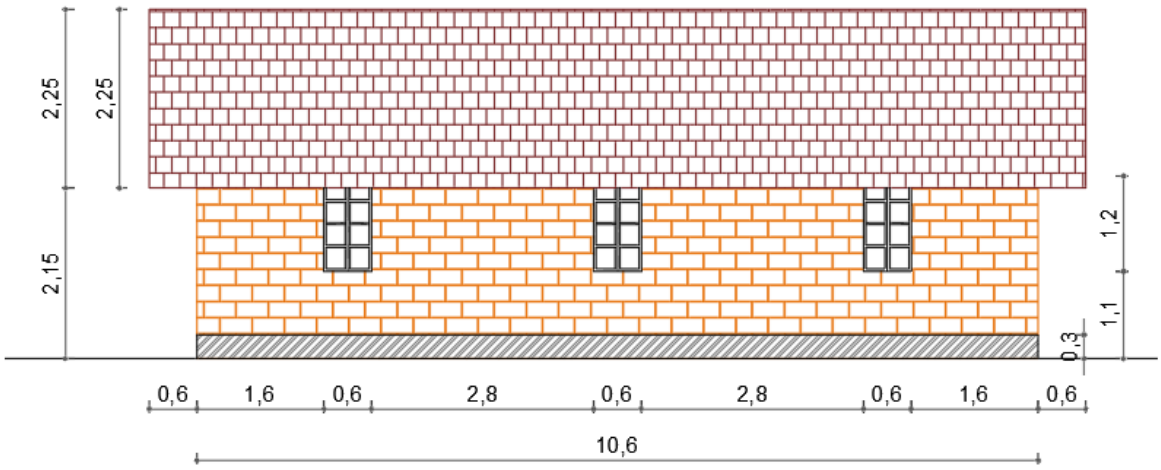


Figura 4-17 Centro de Trabajo, vista posterior

Elaboración: David Jiménez

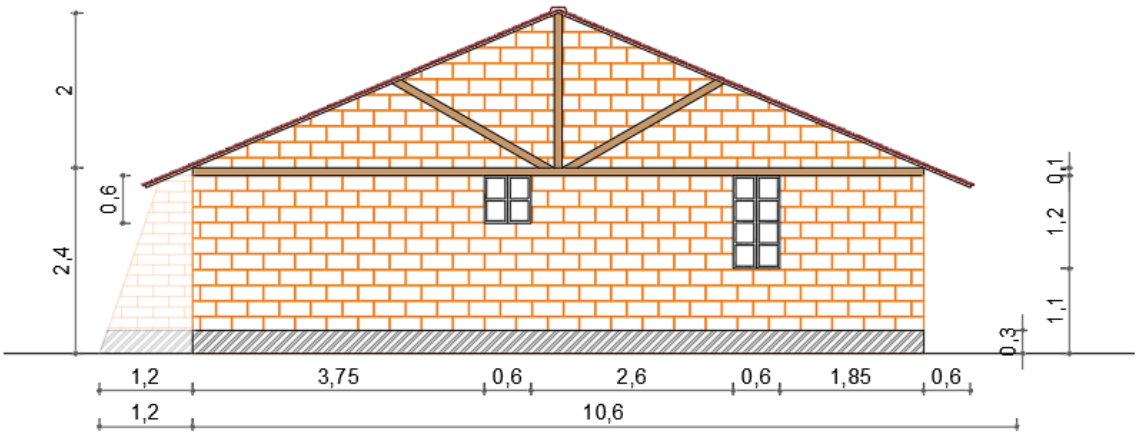


Figura 4-18 Centro de Trabajo, vista lateral derecha

Elaboración: David Jiménez

De donde se obtuvo los siguientes resultados:

Paredes		
Área de paredes=	25.84	m2
h de paredes=	2.1	m
Volumen=	57.53	m3
Densidad =	1600.00	kg/m3
Peso=	92.05	T

Tabla 4-20 Paredes

Elaboración: David Jiménez

Techo		
Área=	135.936	m2
CM techo de teja=	0.10	T/m2
Peso=	13.05	T

Tabla 4-21 Techo

Elaboración: David Jiménez

Cimentación		
Área de cimentación=	42.54	m2
Área de paredes=	25.84	m2
Prof. de desplante=	1.00	m
Peralte de cimentación=	0.30	m
Vol. cimentación =	12.762	m3
Vol. sobrecimiento =	25.84	m3
Peso cimentación =	30.63	T
Peso sobrecimiento =	56.848	T
Peso total=	87.48	T

Tabla 4-22 Cimentación

Elaboración: David Jiménez

TOTAL		
PESO ESTRUCTURA=	105.10	T
PESO TOTAL (incluido cimentación)=	192.58	T

Tabla 4-23 Peso de estructura TOTAL Centro de Trabajos

Elaboración: David Jiménez

Centro de Estudios

Figura 4-19 Centro de Estudio, vista en planta

Elaboración: David Jiménez

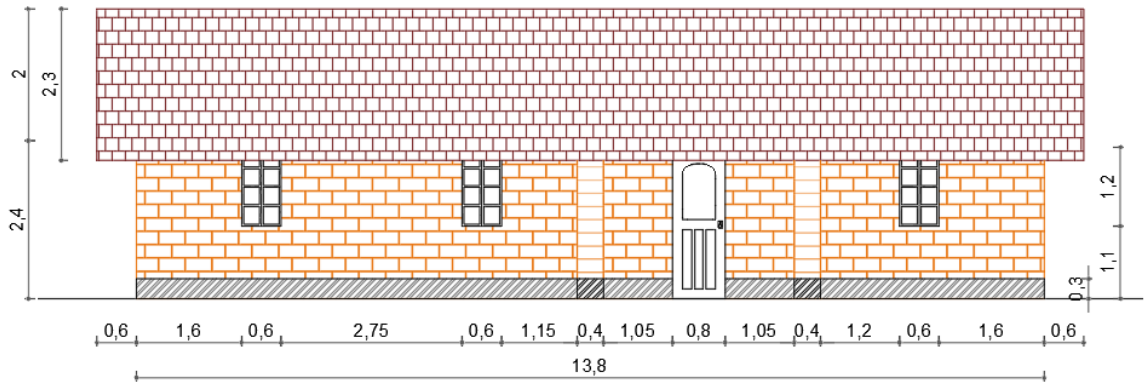


Figura 4-20 Centro de Estudio, vista frontal

Elaboración: David Jiménez

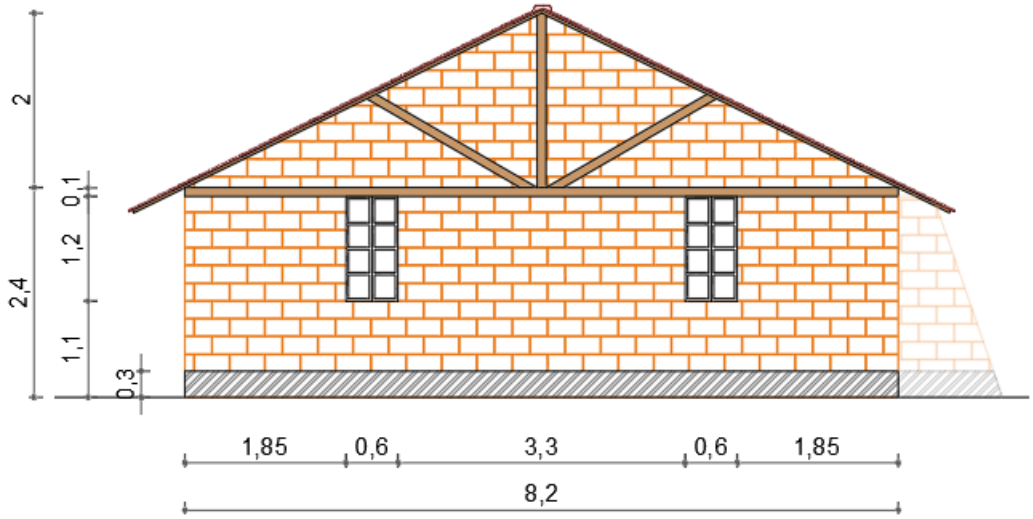


Figura 4-21 Centro de Estudio, vista lateral izquierda

Elaboración: David Jiménez

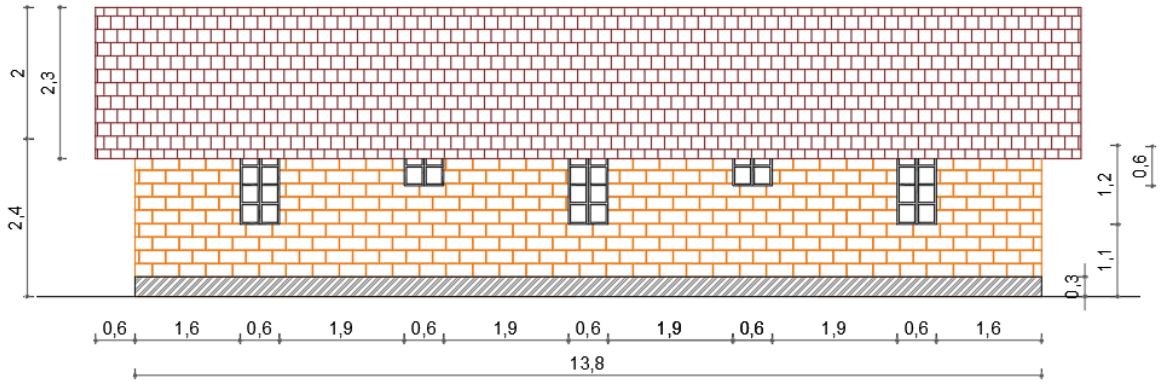


Figura 4-22 Centro de Estudio, vista posterior

Elaboración: David Jiménez

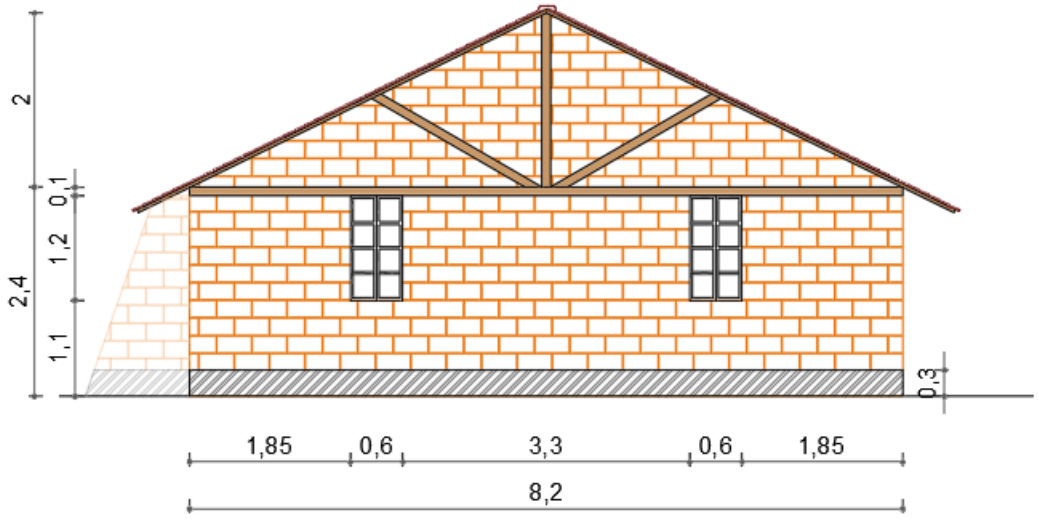


Figura 4-23 Centro de Estudio, vista lateral derecha

Elaboración: David Jiménez

De donde se obtuvo los siguientes resultados:

Paredes		
Área de paredes=	27.36	m2
h de paredes=	2.1	m
Volumen=	60.72	m3
Densidad =	1600.00	kg/m3
Peso=	97.16	T

Tabla 4-24 Paredes

Elaboración: David Jiménez

Techo		
Área=	156.3	m2
CM techo de teja=	0.10	T/m2
Peso=	15.00	T

Tabla 4-25 Techo

Elaboración: David Jiménez

Cimentación		
Área de cimentación=	44.88	m2
Área de paredes=	27.36	m2
Prof. de desplante=	1.00	m
Peralte de cimentación=	0.30	m
Vol. cimentación =	13.464	m3
Vol. sobrecimiento =	27.36	m3
Peso cimentación =	32.31	T
Peso sobrecimiento =	60.192	T
Peso total=	92.51	T

Tabla 4-26 Cimentación

Elaboración: David Jiménez

TOTAL		
PESO ESTRUCTURA=	112.16	T
PESO TOTAL (incluido cimentación)=	204.67	T

Tabla 4-27 Peso TOTAL Centro de Estudio

Elaboración: David Jiménez

Sala Multiuso

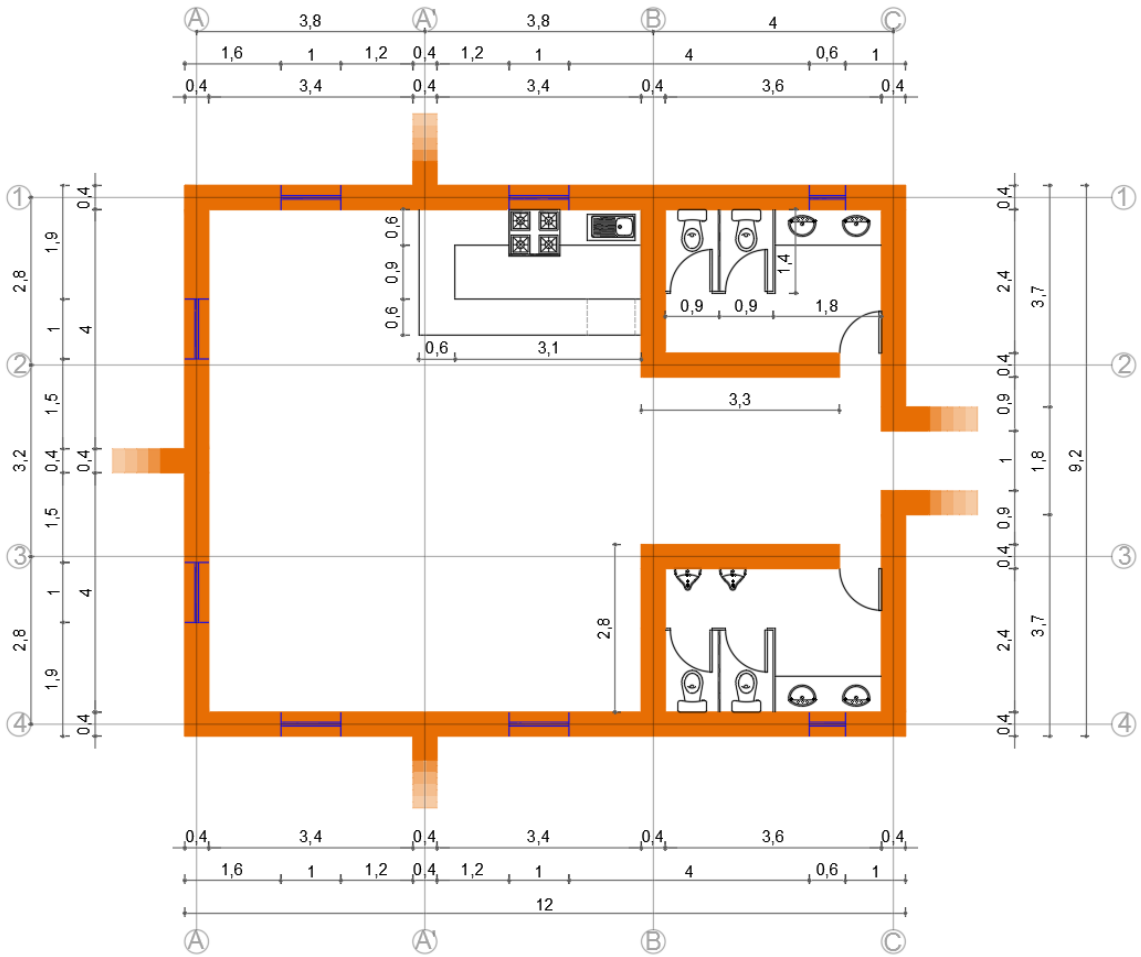


Figura 4-24 Sala Multiuso, vista en planta

Elaboración: David Jiménez

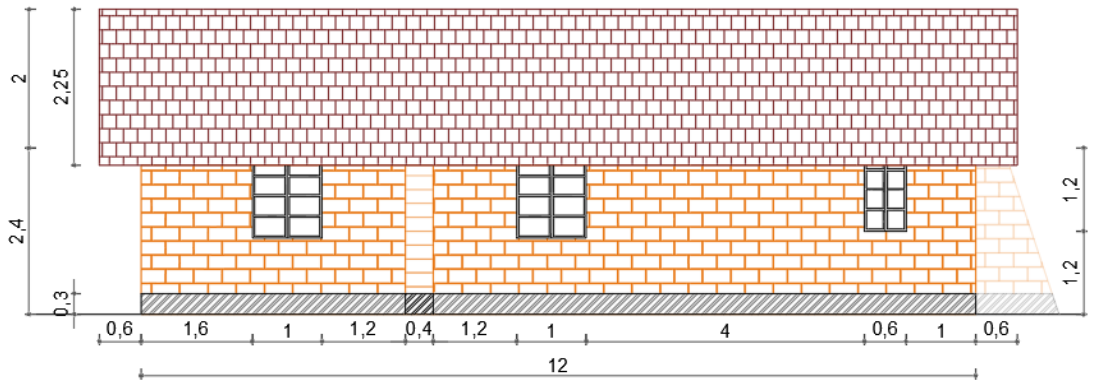


Figura 4-25 Sala Multiuso, vista lateral izquierda
Elaboración: David Jiménez

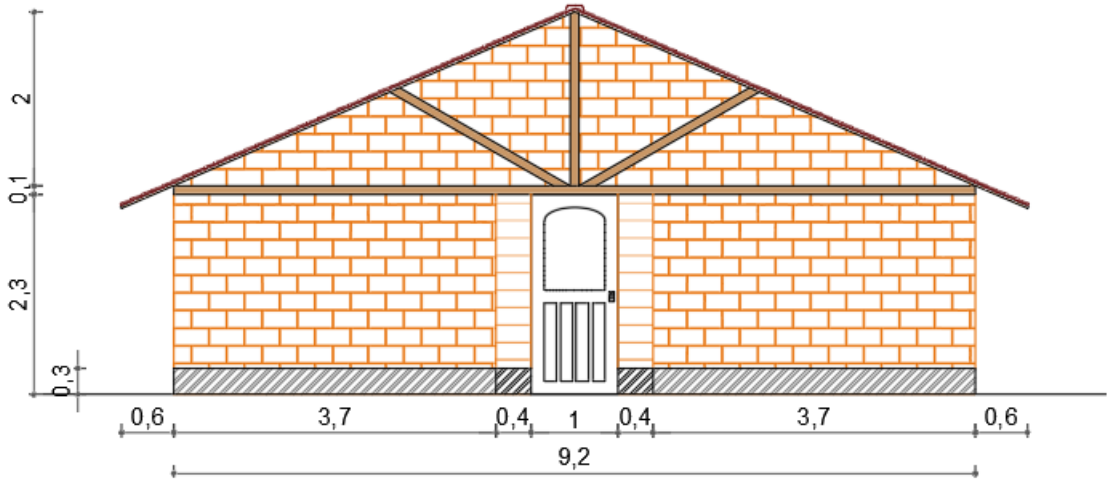


Figura 4-26 Sala Multiuso, vista frontal

Elaboración: David Jiménez

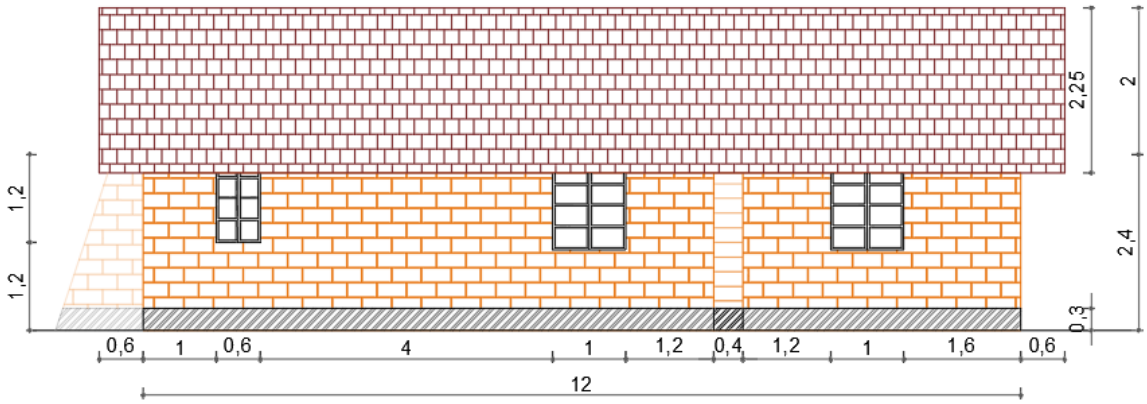


Figura 4-27 Sala Multiuso, vista lateral derecha

Elaboración: David Jiménez

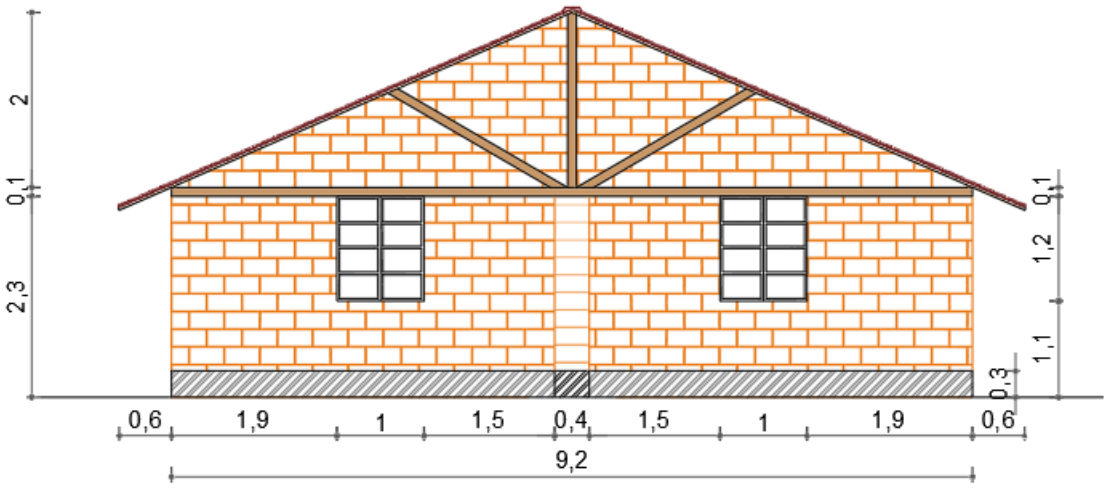


Figura 4-28 Sala Multiuso, vista posterior

Elaboración: David Jiménez

De donde se obtuvo los siguientes resultados:

Paredes		
Área de paredes=	21.28	m2
h de paredes=	2.1	M
Volumen=	47.96	m3
Densidad =	1600.00	kg/m3
Peso=	76.73	T

Tabla 4-28 Paredes

Elaboración: David Jiménez

Techo		
Área=	149.688	m2
CM techo de teja=	0.10	T/m2
Peso=	14.37	T

Tabla 4-29 Techo

Elaboración: David Jiménez

Cimentación		
Área de cimentación=	35.22	m2
Área de paredes=	21.28	m2
Prof. de desplante=	1.00	m
Peralte de cimentación=	0.30	m
Vol. cimentación =	10.566	m3
Vol. sobrecimiento =	21.28	m3
Peso cimentación =	25.36	T
Peso sobrecimiento =	46.816	T
Peso total=	72.17	T

Tabla 4-30 Cimentación

Elaboración: David Jiménez

TOTAL		
PESO ESTRUCTURA=	91.10	T
PESO TOTAL (incluido cimentación)=	163.27	T

Tabla 4-31 Peso TOTL Sala Multiuso

Elaboración: David Jiménez

Para las cargas vivas de utilizó la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015) en el capítulo Cargas no Sísmicas:

Cargas Vivas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.07	t/m2
Cargas de granizo	0.1	t/m2
Residencias: hoteles y residencias multifamiliares	0.48	t/m2
Áreas de reunión y teatros: asientos móviles	0.48	t/m2

Tabla 4-32 Cargas vivas

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción , 2015)

Elaboración: David Jiménez

B. Cálculo de muros de adobe reforzado

Al igual que en la cúpula, para las combinaciones de carga adoptadas se basó en la NEC:

Combinación 1

$$1.4\ D$$

Combinación 2

$$1.2\ D + 1.6\ L + 0.5\max[L_r\ ;\ S\ ;\ R]$$

Combinación 3*

$$1.2\ D + 1.6\ \max[L_r\ ;\ S\ ;\ R] + \max[L\ ;\ 0.5W]$$

Combinación 4*

$$1.2\ D + 1.0\ W + L + 0.5\ \max[L_r\ ;\ S\ ;\ R]$$

Combinación 5*

$$1.2\ D + 1.0\ E + L + 0.2\ S$$

Combinación 6

$$0.9\ D + 1.0\ W$$

Combinación 7

$$0.9\ D + 1.0\ E$$

Figura 4-29 Combinaciones de carga

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción , 2015)

Donde:

D= Carga permanente.

E= Carga de sismo.

L= Sobrecarga (carga viva).

Lr= Sobrecarga cubierta (carga viva).

S= Carga de granizo.

W= Carga de viento. (Norma Ecuatoriana de la Construcción , 2015)

Para el cálculo de cantidad de paredes necesarias en cada dirección existe un procedimiento rápido que se obtuvo de exposiciones sobre estructuras

de tierra, estructuras de paredes portantes de mampostería y hormigón armado, expuesto por el Ing. Félix Vaca, docente de la facultad (Vaca, 2011).

Además, según la norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada, se debe cumplir con una densidad mínima de paredes dependiendo de cada estructura, en este caso la densidad debe ser mayor al 15% (NORMA E.080, 2017).

A continuación se procedió con el cálculo aproximado de paredes para cada estructura, cabe recalcar que es favorable que la cantidad de paredes en ambos ejes (x,y) sean iguales o similares y su distribución sea lo más simétrica posible.

CÁLCULO APROXIMADO CENTRO DE TRABAJO		
Área de construcción (A)=	99.64	m2
Ancho de paredes =	0.4	m
# de pisos (n)=	1	
Área de pared en planta por eje (d)=	0.05	ADOBE
Área de pared necesaria en cada dirección = A*n*d =	4.98	m2
Long de paredes necesarias en cada eje =	12.46	m
Long de paredes construidas en X=	28.90	m
Long de paredes construidas en Y=	29.10	m
Área de paredes=	25.84	m2
Densidad de paredes (mayor a 15%)=	25.93%	

Tabla 4-33 CÁLCULO APROXIMADO CENTRO DE TRABAJO

Elaboración: David Jiménez

CÁLCULO APROXIMADO CENTRO DE ESTUDIOS		
Área de construcción (A)=	113.16	m2
Ancho de paredes (n)=	0.4	m
# de pisos =	1	
Área de pared en planta por eje (d)=	0.05	ADOBE
Área de pared necesaria en cada dirección = A*n*d =	5.66	m2
Long de paredes necesarias en cada eje =	14.15	m
Long de paredes construidas en X=	29.20	m

Long de paredes construidas en Y=	29.40	m
Área de paredes=	27.36	m2
Densidad de paredes (mayor a 15%)=	24.18%	

Tabla 4-34 CÁLCULO APROXIMADO CENTRO DE ESTUDIOS

Elaboración: David Jiménez

CÁLCULO APROXIMADO SALA MULTIUSO		
Área de construcción (A)=	110.4	m2
Ancho de paredes =	0.4	m
# de pisos (n)=	1	
Área de pared en planta por eje (d)=	0.05	ADOBE
Área de pared necesaria en cada dirección = A*n*d	5.52	m2
Long de paredes necesarias en cada eje =	13.80	m
Long de paredes construidas en X=	27.40	m
Long de paredes construidas en Y=	21.00	m
Área de paredes=	21.28	m2
Densidad de paredes (mayor a 15%)=	19.28%	

Tabla 4-35 CÁLCULO APROXIMADO SALA MULTIUSO

Elaboración: David Jiménez

Con esto se observa que todas las estructuras (Centro de Trabajo, Centro de Estudio y Sala Multiuso) cumplen con los requerimientos de paredes en cada eje y con la densidad mínima establecida en la norma E.080.

Sin embargo, para corroborar los resultados obtenidos, se procedió a comprobar la estabilidad por cargas verticales y horizontales en muros.

A continuación se muestra la resistencia a cargas verticales del Centro de Trabajo, Centro de Estudio y Sala Multiuso:

Centro de trabajo

Resistencia a cargas verticales		
CARGAS ADMISIBLES		
Área en planta de muros=	25.84	m2
Resistencia a compresión adobe =	10	kg/cm2
	100	t/m2
Coeficiente Reducc. Resp. Estructural=	1.5	
Factor seguridad =	3	
Q admisible= Resist. A compresión/(CR*FS) =	22.22	t/m2
W admisible= Área * Q admisible =	574.22	T
CARGAS REALES		
Peso total (CM)=	105.10	T
CV=	0.48	T/m2
Peso total (CV)=	47.83	T
W= 1.2*CM+1.6*CV =	202.64	T

Tabla 4-36 Resistencia a cargas verticales, Centro de Trabajo.

Elaboración: David Jiménez

Centro de estudios

Resistencia a cargas verticales		
CARGAS ADMISIBLES		
Área en planta de muros=	27.36	m2
Resistencia a compresión adobe =	10	kg/cm2
	100	t/m2
Coeficiente Reducc. Resp. Estructural=	1.5	
Factor seguridad =	3	
Q admisible= Resist. A compresión/(CR*FS) =	22.22	t/m2
W admisible= Área * Q admisible =	608.00	T
CARGAS REALES		
Peso total (CM)=	112.16	T
CV=	0.48	T/m2
Peso total (CV)=	54.32	T
W= 1.2*CM+1.6*CV =	221.50	T

Tabla 4-37 Resistencia a cargas verticales, Centro de Estudios.

Elaboración: David Jiménez

Sala Multiuso

Resistencia a cargas verticales		
CARGAS ADMISIBLES		
Área en planta de muros=	21.28	m2
Resistencia a compresión adobe =	10	kg/cm2
	100	t/m2
Coeficiente Reducc. Resp. Estructural=	1.5	
Factor seguridad =	3	
Q admisible= Resist. A compresión/(CR*FS) =	22.22	t/m2
W admisible= Área * Q admisible =	472.89	T
CARGAS REALES		
Peso total (CM)=	91.10	T
CV=	0.48	T/m2
Peso total (CV)=	52.99	T
W= 1.2*CM+1.6*CV =	194.11	T

Tabla 4-38 Resistencia a cargas verticales, Sala Multiuso.
Elaboración: David Jiménez

Comprobando así que las cargas reales son menores a las admisibles en todos los casos, tal y como se lo puede observar en las ultimas 3 tablas.

Por otro lado, como se indicó anteriormente, es necesario respetar ciertos parámetros de longitudes mínimas tanto en elevación como en planta, como se indica en la Figura más adelante.

Según esto, al ser las paredes de un espesor de 0.40 m, se limita sus dimensiones siendo la distancia máxima entre arriostres verticales de 4.00 m y la altura libre de 2.4 m, este último dato puede aumentar si se cumple la relación IV de la Figura a continuación (NORMA E.080, 2017).

La Tabla 4-39 Arriostres verticales, muestra las condiciones y cálculos efectuados que se realizó para la toma de decisión de las dimensiones de los arriostres verticales en las estructuras correspondientes al Centro de Trabajo, Centro de Estudios y Sala Multiuso.

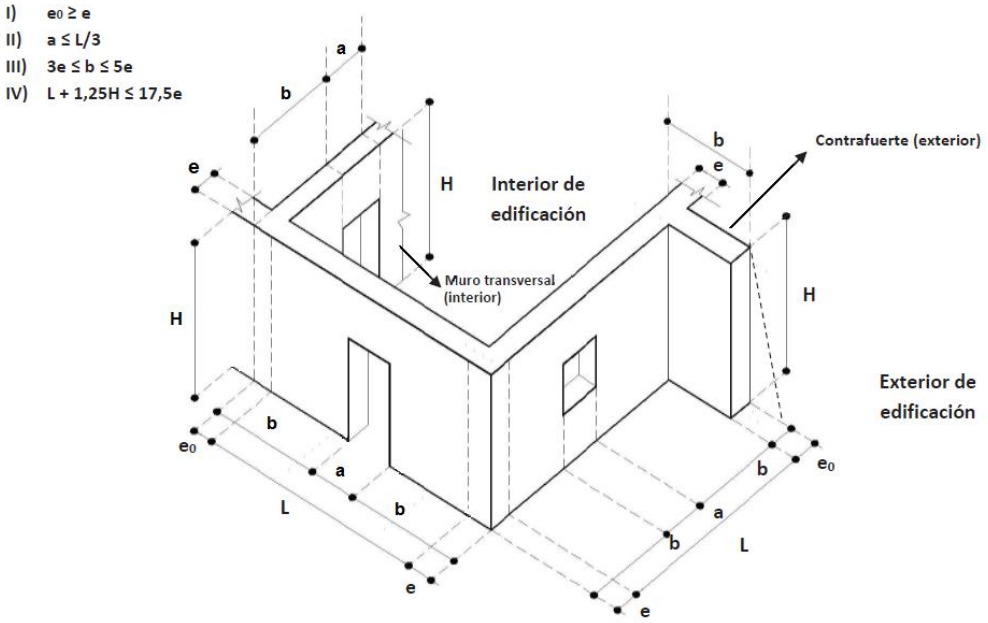


Figura 4-30 Límites geométricos de muros y vanos

Fuente: (NORMA E.080, 2017)

ARRIOSTRES VERTICALES		
Espesor de arriostre (ea)=	0.4	m
Ancho de paredes (e)=	0.4	m
ea >= e	**BIEN**	
Longitud de arriostre vertical (Lo) =	1.2	m
5e > Lo > 3e	**BIEN**	
5*e =	2	
3*e =	1.2	
Altura libre (h1) =	2.4	m
Distancia máxima entre arriostres verticales (L) = [64*(e^2)]/h1 ó 10*e =	4.00	m

Tabla 4-39 Arriostres verticales

Elaboración: David Jiménez

A continuación se procedió al cálculo de la resistencia de la estructura a cargas horizontales. Para esto, al igual que en la Sala, se consideró que los muros con eje paralelo al eje de la fuerza sísmica absorben el 100% de esta fuerza.

El espesor mínimo permitido por la norma Peruana E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada (2017) es de 0.40 m, rigiendo esta misma norma en Ecuador como lo especifica la Norma Ecuatoriana de la Construcción en el capítulo Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m (2015).

Para la determinación de la fuerza sísmica horizontal, se utilizó la formula mencionada en la sección 3.2. Diseño estructural:

$$H = S * U * C * P$$

Así como los requerimientos de dimensiones, refuerzo y arriostres mencionados en la misma sección.

Con la fuerza sísmica horizontal calculada se procedió a distribuirla en cada uno de los muros del eje paralelo a la línea de acción de esta fuerza, según la rigidez de cada muro, utilizando la siguiente ecuación para la rigidez:

$$k = \frac{12 * E * I}{h^3}$$

Donde:

k= rigidez
E= módulo de elasticidad
I= inercia del muro
h= altura del muro

Como todos los muros son del mismo material, adobe reforzado con carrizo, el módulo de elasticidad (E) es una constante. Además la altura de los muros son iguales, quedando la rigidez en función únicamente de la inercia.

Los siguientes gráficos muestran las áreas aportantes de cada muro para la determinación del peso que actúa sobre los mismos.

Centro de trabajo

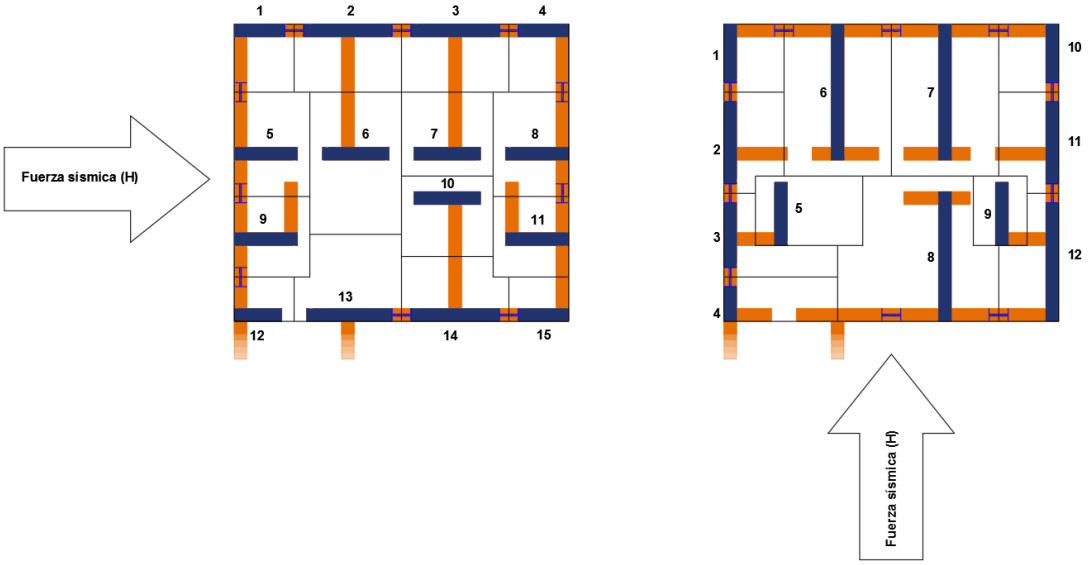


Figura 4-31 Muros y área colaborante en cada eje ante fuerza sísmica horizontal, Centro de Trabajo.

Elaboración: David Jiménez

Centro de Estudios

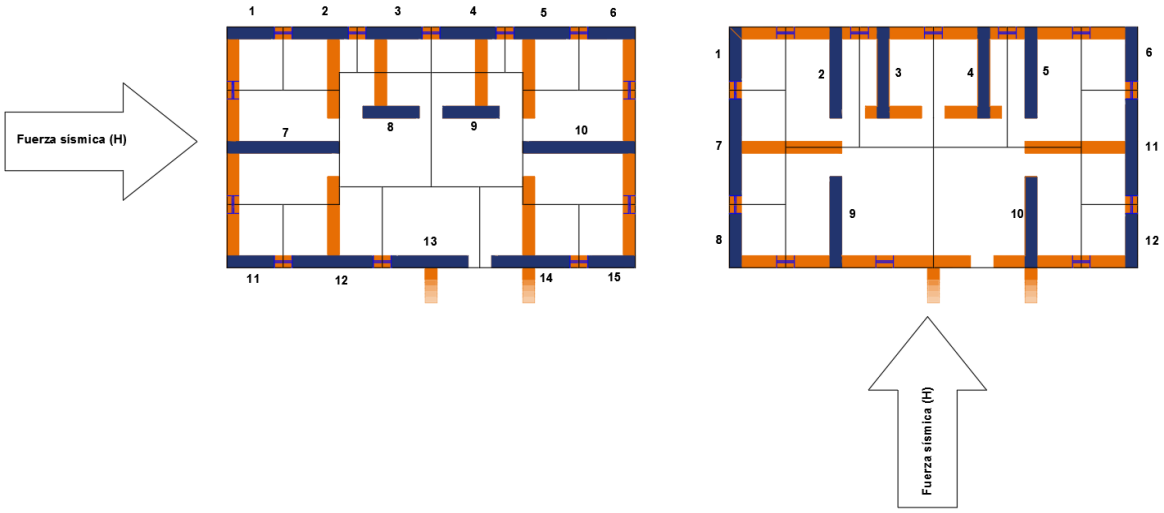


Figura 4-32 Muros y área colaborante en cada eje ante fuerza sísmica horizontal, Centro de Estudios.

Elaboración: David Jiménez

Sala Multiuso

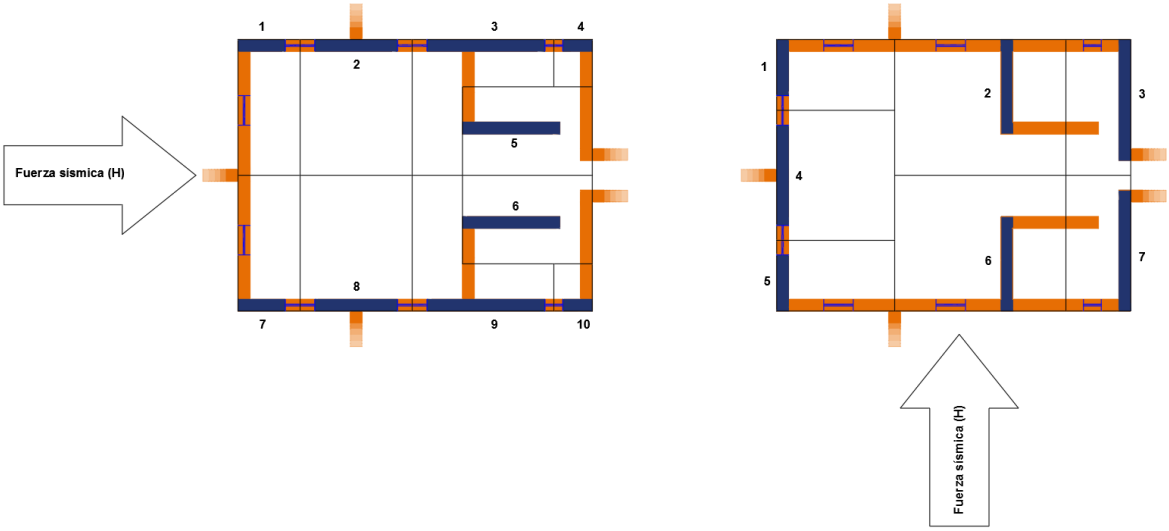


Figura 4-33 Muros y área colaborante en cada eje ante fuerza sísmica horizontal, Sala Multiuso.

Elaboración: David Jiménez

Este muro al igual que todos los muros que conforman la estructura posee un refuerzo tanto transversal como longitudinal de carrizo, siendo el refuerzo longitudinal de 2.5 cm de diámetro y espaciado a cada 30 cm, y el transversal de carrizo en tiras a cada 3 hiladas, tal y como se lo muestra en la Figura a continuación.

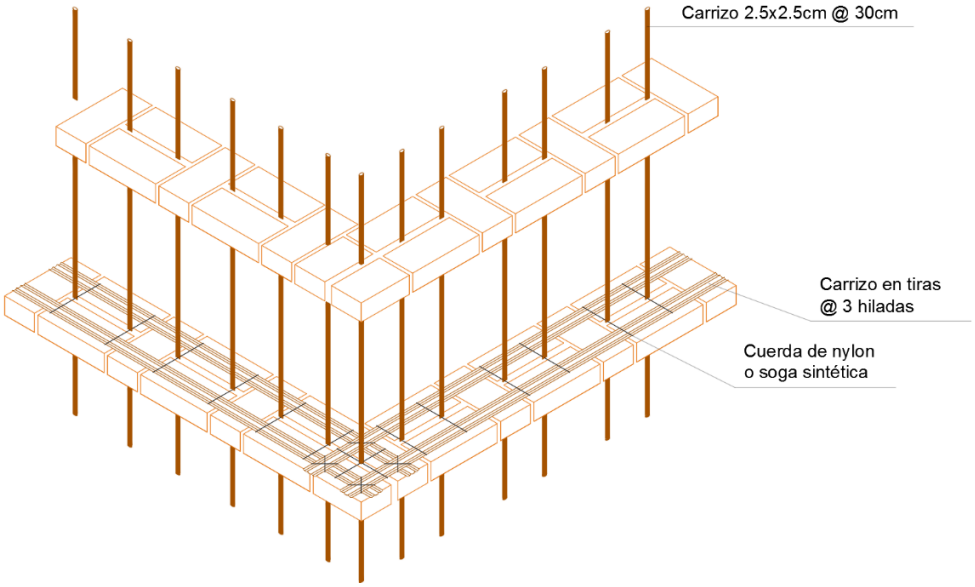


Figura 4-34 Refuerzo de carrizo para muros de adobe

Elaboración: David Jiménez

Para comprobar los muros analizados resisten los esfuerzos actuantes, se utilizó la siguiente ecuación (NORMA E.080, 2017):

$$f't = \frac{P}{2 * a * em}$$

Donde:

f’t= esfuerzo de tracción

P= fuerza sísmica horizontal

a= longitud del muro

em= ancho del muro

La Figura siguiente muestra la representación de las cargas para la determinación del esfuerzo de tracción.

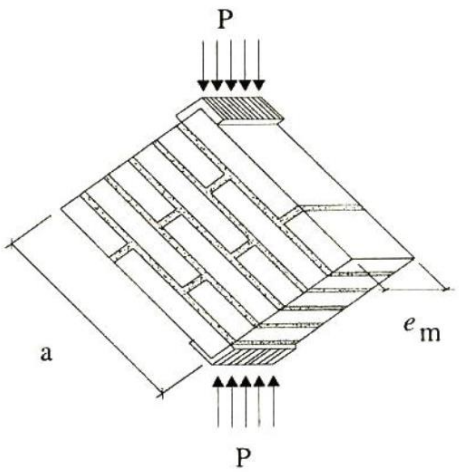


Figura 4-35 Compresión diagonal o tracción indirecta

Fuente: (NORMA E.080, 2017)

Además se calculó los esfuerzos producidos por la combinación de cargas verticales y horizontales utilizando la siguiente ecuación:

$$f = \frac{W}{A} \pm \frac{6 * M}{b * l^2}$$

Donde:

f= Esfuerzo de tracción y compresión

W= Peso sobre la base muro

A= Área de la base del muro

b= Espesor del muro

L= Longitud del muro

A continuación se muestra los cálculos efectuados para la obtención de los esfuerzos producidos en los muros de cada eje por la acción combinada de cargas laterales y verticales, además de la tracción indirecta en los mismos:

Centro de trabajo

Esfuerzos producidos en muros del eje X										
								Esfuerzos producidos [kg/cm2]		
Muro #	L[m]	Espesor [m]	Inercia [m4]	% de Inercia	F.sis. Repart (H)	M (Tm)	W [T]	Esf1	Esf2	Tracc Indi-recta
1	1.6	0.4	0.14	0.03	1.37	3.29	4.31	2.60	-1.26	0.11
2	2.8	0.4	0.73	0.14	7.35	17.64	7.71	4.06	-2.69	0.33
3	2.8	0.4	0.73	0.14	7.35	17.64	7.71	4.06	-2.69	0.33
4	1.6	0.4	0.14	0.03	1.37	3.29	4.31	2.60	-1.26	0.11
5	2	0.4	0.27	0.05	2.68	6.43	8.35	3.45	-1.37	0.17
6	2.1	0.4	0.31	0.06	3.10	7.44	13.77	4.17	-0.89	0.18
7	2.1	0.4	0.31	0.06	3.10	7.44	8.11	3.50	-1.57	0.18
8	2	0.4	0.27	0.05	2.68	6.43	8.35	3.45	-1.37	0.17
9	2	0.4	0.27	0.05	2.68	6.43	6.46	3.22	-1.60	0.17
10	2.1	0.4	0.31	0.06	3.10	7.44	7.80	3.46	-1.60	0.18
11	2	0.4	0.27	0.05	2.68	6.43	6.46	3.22	-1.60	0.17
12	1.5	0.4	0.11	0.02	1.13	2.71	2.81	2.28	-1.34	0.09
13	2.7	0.4	0.66	0.12	6.59	15.81	9.15	4.10	-2.41	0.31
14	2.8	0.4	0.73	0.14	7.35	17.64	7.01	4.00	-2.75	0.33
15	1.6	0.4	0.14	0.03	1.37	3.29	2.81	2.37	-1.49	0.11

Tabla 4-40 Esfuerzos producidos en cada muro por cargas laterales y verticales en eje X, Centro de Trabajo.

Elaboración: David Jiménez

Esfuerzos producidos en muros del eje Y										
								Esfuerzos producidos [kg/cm2]		
Muro	L[m]	Espesor [m]	Inercia [m4]	% de Iner.	F.sis. Repart (H)	M (Tm)	W [T]	Esf1	Esf2	Tracc Indi-recta
1	1.85	0.4	0.21	0.02	0.96	2.29	4.31	1.59	-0.42	0.06
2	2.6	0.4	0.59	0.05	2.65	6.37	5.89	1.98	-0.85	0.13
3	2.05	0.4	0.29	0.02	1.30	3.12	5.54	1.79	-0.44	0.08
4	1.1	0.4	0.04	0.00	0.20	0.48	5.32	1.81	0.61	0.02
5	2.2	0.4	0.35	0.03	1.61	3.86	7.89	2.09	-0.30	0.09
6	4.3	0.4	2.65	0.22	12.00	28.80	17.21	3.34	-1.34	0.35
7	4.3	0.4	2.65	0.22	12.00	28.80	17.21	3.34	-1.34	0.35
8	4.1	0.4	2.30	0.19	10.40	24.97	21.03	3.51	-0.95	0.32
9	2	0.4	0.27	0.02	1.21	2.90	3.94	1.58	-0.59	0.08
10	1.85	0.4	0.21	0.02	0.96	2.29	4.31	1.59	-0.42	0.06
11	2.6	0.4	0.59	0.05	2.65	6.37	5.89	1.98	-0.85	0.13
12	3.75	0.4	1.76	0.15	7.96	19.10	6.55	2.47	-1.60	0.27

Tabla 4-41 Esfuerzos producidos en cada muro por cargas laterales y verticales en eje Y, Centro de Trabajo.

Centro de Estudios

Esfuerzos producidos en muros del eje X										
								Esfuerzos producidos [kg/cm2]		
Muro	L[m]	Espesor [m]	Inercia [m4]	% de Inercia	F.sis. Repart (H)	M (Tm)	W [T]	Esf1	Esf2	tracc Indi-recta
1	1.6	0.4	0.14	0.02	1.07	2.56	4.05	2.13	-0.87	0.08
2	1.9	0.4	0.23	0.03	1.79	4.29	4.97	2.43	-1.13	0.12
3	1.9	0.4	0.23	0.03	1.79	4.29	3.84	2.29	-1.28	0.12

4	1.9	0.4	0.23	0.03	1.79	4.29	3.84	2.29	-1.28	0.12
5	1.9	0.4	0.23	0.03	1.79	4.29	4.97	2.43	-1.13	0.12
6	1.6	0.4	0.14	0.02	1.07	2.56	4.05	2.13	-0.87	0.08
7	3.8	0.4	1.83	0.24	14.29	34.28	14.69	4.53	-2.60	0.47
8	1.9	0.4	0.23	0.03	1.79	4.29	11.98	3.36	-0.20	0.12
9	1.9	0.4	0.23	0.03	1.79	4.29	11.98	3.36	-0.20	0.12
10	3.8	0.4	1.83	0.24	14.29	34.28	14.69	4.53	-2.60	0.47
11	1.6	0.4	0.14	0.02	1.07	2.56	4.05	2.13	-0.87	0.08
12	2.75	0.4	0.69	0.09	5.41	12.99	8.00	3.30	-1.85	0.25
13	2.6	0.4	0.59	0.08	4.58	10.98	9.00	3.30	-1.57	0.22
14	2.65	0.4	0.62	0.08	4.84	11.63	8.00	3.24	-1.73	0.23
15	1.6	0.4	0.14	0.02	1.07	2.56	4.05	2.13	-0.87	0.08

Tabla 4-42 Esfuerzos producidos en cada muro por cargas laterales y verticales en eje X, Centro de Estudios.

Elaboración: David Jiménez

Esfuerzos producidos en muros del eje Y										
								Esfuerzos producidos [kg/cm2]		
Muro	**L[m]**	**Espesor [m]**	**Inercia [m4]**	**% de Inercia**	**F.sis. Repart (H)**	**M (Tm)**	**W [T]**	**Esf1**	**Esf2**	**tracc Indi-recta**
1	1.85	0.4	0.21	0.02	1.34	3.22	4.05	1.96	-0.86	0.09
2	3.1	0.4	0.99	0.11	6.30	15.13	10.16	3.18	-1.54	0.25
3	3.1	0.4	0.99	0.11	6.30	15.13	10.16	3.18	-1.54	0.25
4	3.1	0.4	0.99	0.11	6.30	15.13	10.16	3.18	-1.54	0.25
5	3.1	0.4	0.99	0.11	6.30	15.13	10.16	3.18	-1.54	0.25
6	1.85	0.4	0.21	0.02	1.34	3.22	4.05	1.96	-0.86	0.09
7	3.3	0.4	1.20	0.13	7.60	18.25	7.34	3.07	-1.96	0.29
8	1.85	0.4	0.21	0.02	1.34	3.22	4.05	1.96	-0.86	0.09

9	3.1	0.4	0.99	0.11	6.30	15.13	20.32	4.00	-0.72	0.25
10	3.1	0.4	0.99	0.11	6.30	15.13	20.32	4.00	-0.72	0.25
11	3.3	0.4	1.20	0.13	7.60	18.25	7.34	3.07	-1.96	0.29
12	1.85	0.4	0.21	0.02	1.34	3.22	4.05	1.96	-0.86	0.09

Tabla 4-43 Esfuerzos producidos en cada muro por cargas laterales y verticales en Y, Centro de Estudios.

Elaboración: David Jiménez

Sala Multiuso

Esfuerzos producidos en muros del eje X										
								Esfuerzos producidos [kg/cm2]		
Muro	**L[m]**	**Espesor [m]**	**Inercia [m4]**	**% de Inercia**	**F.sis. Repart (H)**	**M (Tm)**	**W [T]**	**Esf1**	**Esf2**	**Tracc Indi-recta**
1	1.6	0.4	0.14	0.02	0.80	1.93	7.97	2.37	0.12	0.06
2	2.8	0.4	0.73	0.09	4.30	10.33	14.42	3.26	-0.69	0.19
3	4	0.4	2.13	0.25	12.54	30.10	10.55	3.48	-2.16	0.39
4	1	0.4	0.03	0.00	0.20	0.47	1.72	1.13	-0.28	0.02
5	3.3	0.4	1.20	0.14	7.04	16.90	10.89	3.15	-1.50	0.27
6	3.3	0.4	1.20	0.14	7.04	16.90	10.89	3.15	-1.50	0.27
7	1.6	0.4	0.14	0.02	0.80	1.93	7.97	2.37	0.12	0.06
8	2.8	0.4	0.73	0.09	4.30	10.33	14.42	3.26	-0.69	0.19
9	4	0.4	2.13	0.25	12.54	30.10	10.55	3.48	-2.16	0.39
10	1	0.4	0.03	0.00	0.20	0.47	1.72	1.13	-0.28	0.02

Tabla 4-44 Esfuerzos producidos en cada muro por cargas laterales y verticales en eje X, Sala Multiuso.

Elaboración: David Jiménez

Esfuerzos producidos en muros del eje Y										
								Esfuerzos producidos [kg/cm2]		
Muro	L[m]	Espesor [m]	Inercia [m4]	% de Inercia	F.sis. Repart (H)	M (Tm)	W [T]	Esf1	Esf2	Tracc Indi-recta
1	1.9	0.4	0.23	0.03	1.33	3.20	7.92	2.37	-0.29	0.09
2	3.2	0.4	1.09	0.13	6.36	15.27	22.02	3.96	-0.52	0.25
3	4.1	0.4	2.30	0.27	13.38	32.11	8.35	3.37	-2.36	0.41
4	3.4	0.4	1.31	0.15	7.63	18.31	14.52	3.44	-1.31	0.28
5	1.9	0.4	0.23	0.03	1.33	3.20	7.92	2.37	-0.29	0.09
6	3.2	0.4	1.09	0.13	6.36	15.27	22.02	3.96	-0.52	0.25
7	4.1	0.4	2.30	0.27	13.38	32.11	8.35	3.37	-2.36	0.41

Tabla 4-45 Esfuerzos producidos en cada muro por cargas laterales y verticales en eje Y, Sala Multiuso.
Elaboración: David Jiménez

El esfuerzo admisible de compresión del adobe es de 10 kg/cm2 y a tracción de 1.5 kg/cm2 (Vaca, 2011), añadido a esto, como se mencionó anteriormente la resistencia a cargas laterales aumenta de tres a cuatro veces al ser una estructura de muros de adobe reforzados (Bonilla Sánchez & Merino Cabezas, 2017). Por lo tanto se puede concluir que los esfuerzos producidos son menores a los esfuerzos admisibles.

Además, se comprobó que los esfuerzos producidos son resistidos en su totalidad únicamente por los muros analizados, es decir, los muros cuyo eje es paralelo al eje de la fuerza sísmica horizontal, quedando los demás muros, los del eje perpendicular al eje de la fuerza, sin necesidad de aportar resistencia ante esta fuerza.

Por otro lado, estos cálculos suponen que los muros están restringidos por un diafragma horizontal en la parte alta, es decir, en el techo. Esto se lo logra por medio de una viga collar que se encuentre en la parte superior de cada

uno de los muros, uniéndolos a todos y formando el diafragma horizontal que se busca. Esta viga está formada por dos secciones de Eucalipto cuadradas de 10x10 cm colocadas a cada orilla de la parte superior del muro y con un refuerzo transversal a cada 1.2 m, como se indica en la figura a más adelante.

Esta viga collar también sirve para amarrar los refuerzos longitudinales de carrizo de los muros de adobe, quedando estos sujetos en la parte de abajo por el sobrecimiento y en la parte de arriba por la viga collar.

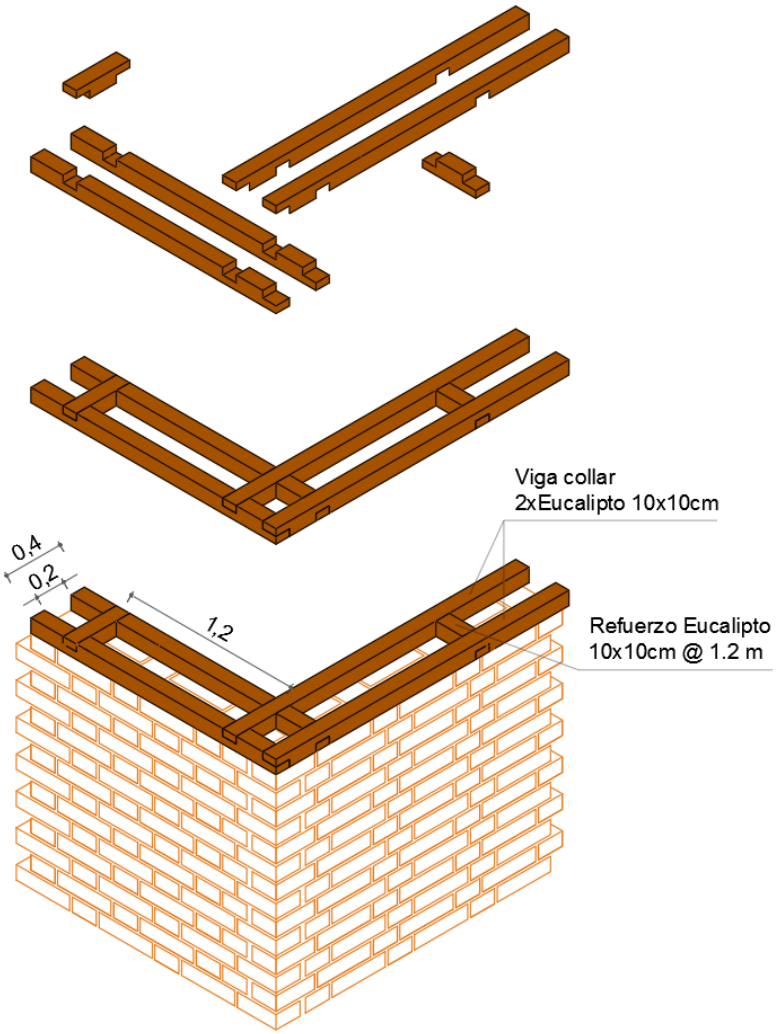


Figura 4-36 Viga collar para muros de adobe reforzado

Elaboración: David Jiménez

Por otro lado, las estructuras de adobe reforzado deben cumplir una densidad de paredes mínima dependiendo del tipo de estructura, en este caso la densidad de paredes requerida es del 15% y la real del 21%.

La colocación de los adobes es otra parte fundamental al momento de construir con este sistema de paredes portantes, se debe garantizar en trabado en las distintas uniones de muros, ya que estos son de los puntos más frágiles de la estructura. A continuación se detalla los posibles trabados a utilizar en las estructuras del Centro de Trabajo, Centro de Estudios y Sala Multiuso.

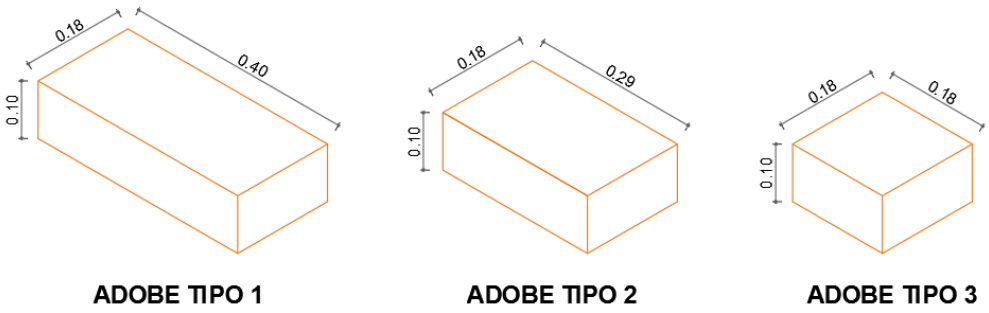


Figura 4-37 Dimensiones del adobe

Elaboración: David Jiménez

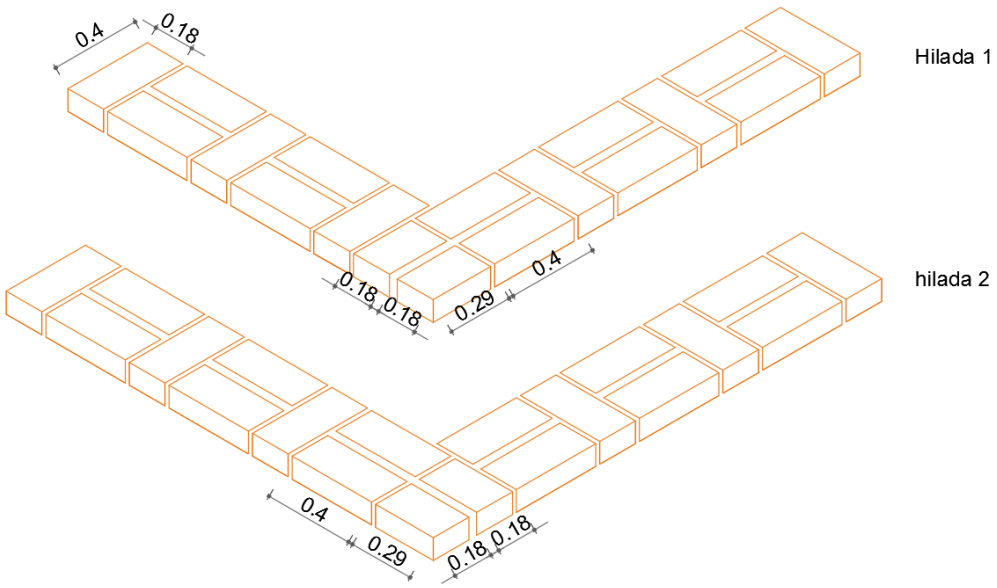


Figura 4-38 Detalle de colocación de adobe en L.

Elaboración: David Jiménez

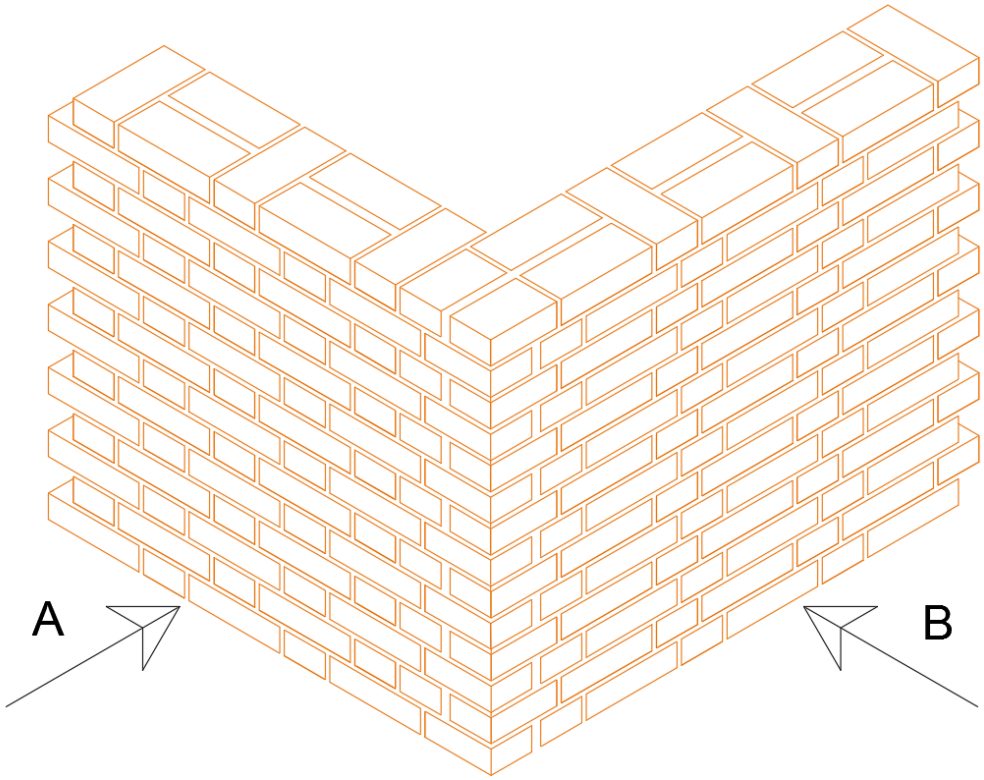


Figura 4-39 Detalle de colocación de adobe en L.

Elaboración: David Jiménez

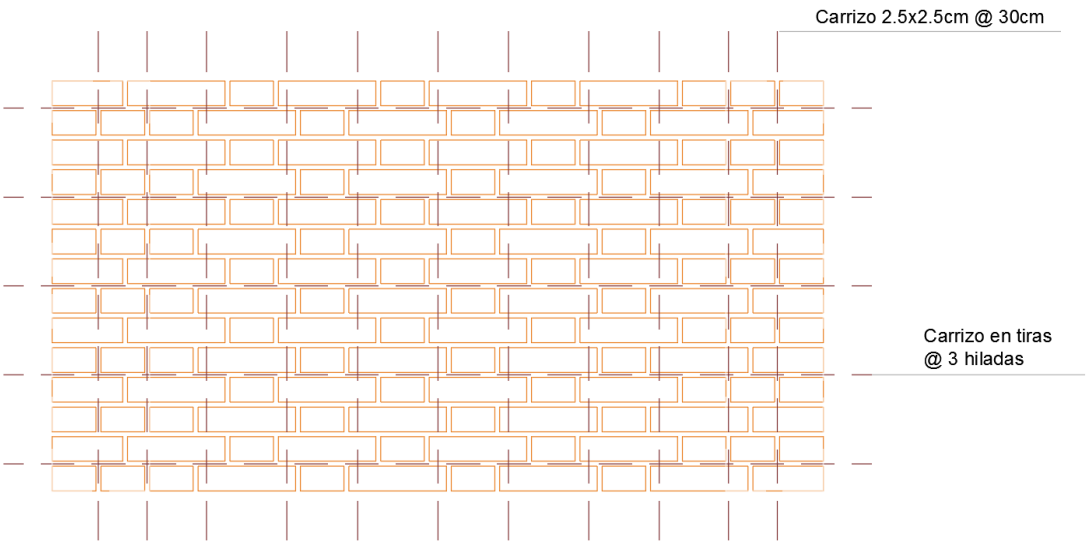


Figura 4-40 Detalle de colocación de adobe en L, vista A.

Elaboración: David Jiménez

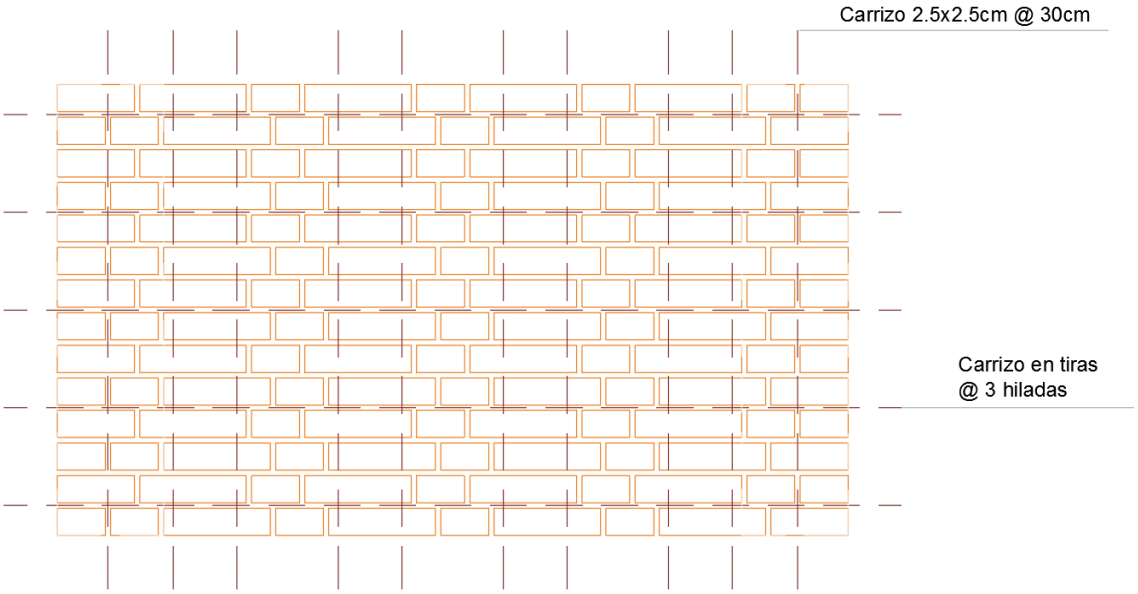


Figura 4-41 Detalle de colocación de adobe en L, vista B.

Elaboración: David Jiménez

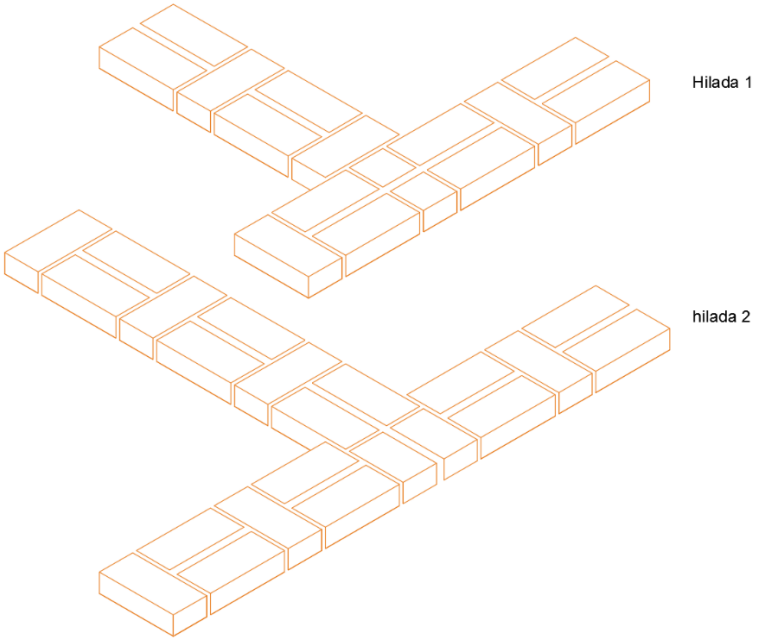


Figura 4-42 Detalle de colocación de adobe en T.

Elaboración: David Jiménez

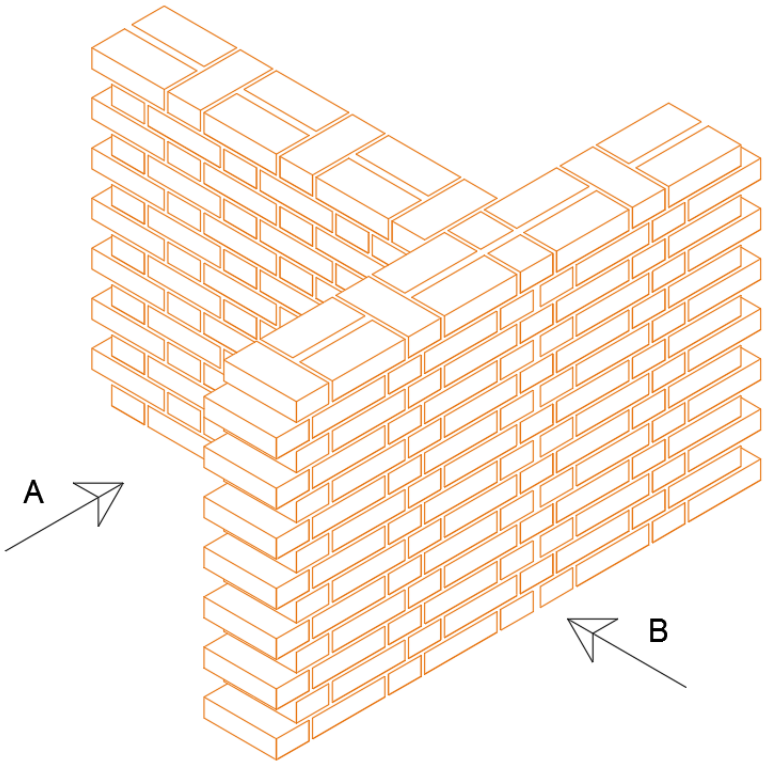


Figura 4-43 Detalle de colocación de adobe en T.

Elaboración: David Jiménez

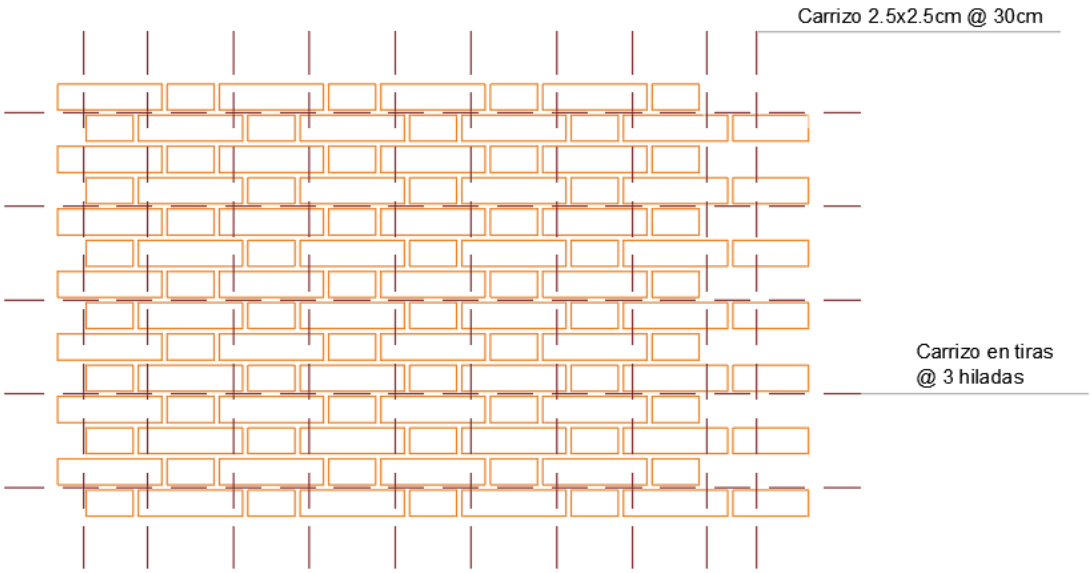


Figura 4-44 Detalle de colocación de adobe en T, vista A.

Elaboración: David Jiménez

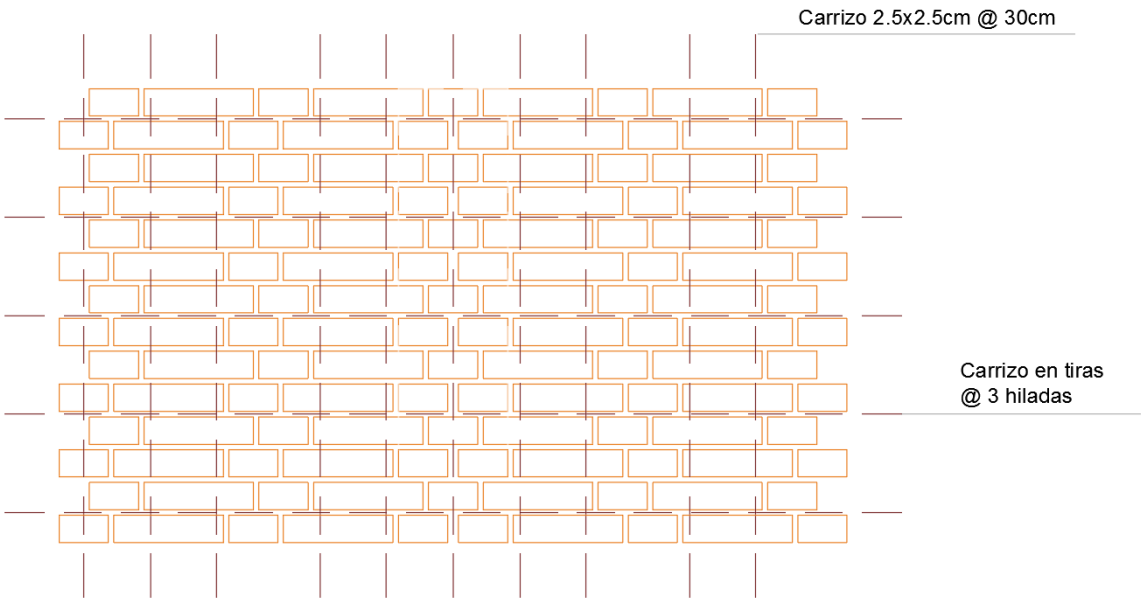


Figura 4-45 Detalle de colocación de adobe en T, vista B.

Elaboración: David Jiménez

C. Cubierta

Para la cubierta se optó por un techo de madera apoyado sobre vigas de Eucalipto de 10x20 cm de cada 4 a 5m y correas de 7x15cm de cada 1 a 1.2m. Para el resto de la estructura de cubierta se escogió un sistema tradicional y estándar con cabios de 5x10 cm de cada 60 a 80 cm para sostener un entablado junto con su aislante hidráulico que en este caso se seleccionó la paja para entrar en los parámetros de construcción sostenible, y finalmente un techo de teja.

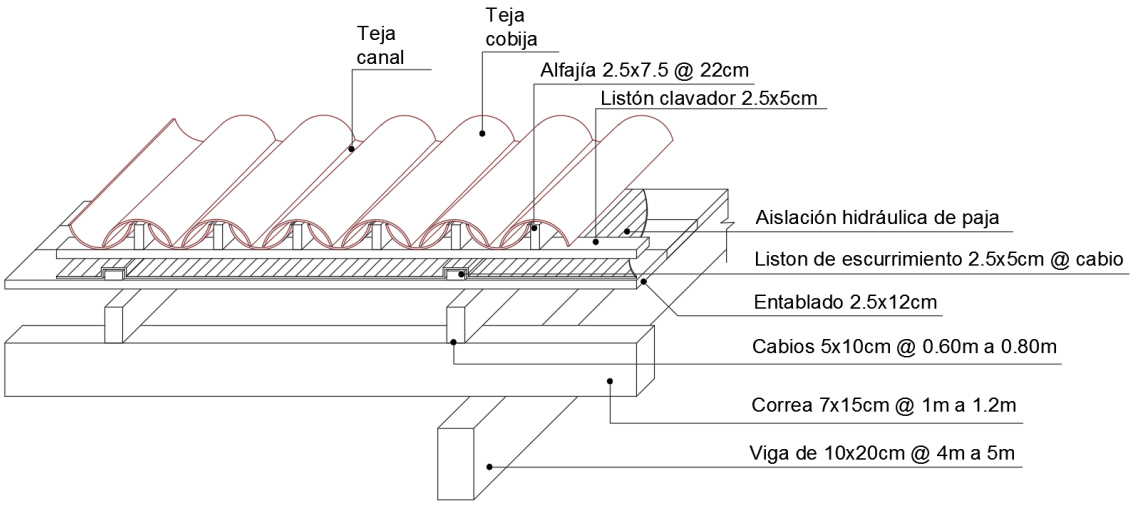


Figura 4-46 Detalle de cubierta de teja.
Elaboración: David Jiménez

D. Cálculo de cimentación

Para el cálculo de la cimentación se utilizó el estudio de suelos a cargo del Ing. Ricardo Martínez. De aquí se obtuvo la capacidad portante del suelo la cual es de 10kg/cm2 y se rescató sugerencias tales como tomar una profundidad de desplante de 1.00 m de profundidad (Martínez, 2018).

Según la norma E.080 para diseño y construcción con tierra reforzada (2017), se establece una profundidad mínima de 0.60 m medida desde el

suelo natural y un ancho mínimo de 0.60 m. Para su construcción se puede utilizar piedra grande compactada y acomodada con otras de menor tamaño, hormigón ciclópeo y albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa (NORMA E.080, 2017).

En este caso se adoptó las sugerencias brindadas por el estudio de suelo y se decidió optar por una profundidad de desplante de 1.00 m y para el ancho y espesor se escogió los valores mínimos permitidos por la norma E.080 diseño y construcción con tierra reforzada (2017) quedando en 0.60 m de ancho y 0.30 m de peralte. Como material se escogió hormigón ciclópeo.

Con estos datos se calcularon los esfuerzos transmitidos al suelo para comprobar si las dimensiones adoptadas eran suficientes para que estos esfuerzos no sobrepasen la capacidad portante del suelo. Cabe recalcar que la cimentación escogida fue una viga de cimentación continua en todos los muros, gracias a esto y a que los muros y sobrecimiento representan una carga repartida para la cimentación, no se produce acumulación de esfuerzos sobre un punto en específico, es posible simplificar el cálculo de los esfuerzos producidos a la ecuación:

$$\sigma = \frac{W}{A}$$

Donde:

σ= esfuerzo transmitido por la estructura hacia el suelo

W = peso total de la estructura, incluido el peso de la cimentación y mayorado en un 20%.

A= área total de cimentación

<u>Centro de Trabajo</u>

Cimentación		
Peso total estructura mayorada en un 20%=	231.09	t
Resistencia de suelo=	10	ton/m2
Área necesaria =	23.11	m2
Ancho de cimentación=	0.6	m
Área de cimentación diseñada=	42.54	m2

Tabla 4-46 Cimentación Centro de Trabajo

Elaboración: David Jiménez

Centro de Estudio

Cimentación		
Peso total estructura mayorada en un 20%=	245.60	t
Resistencia de suelo=	10	ton/m2
Área necesaria =	24.56	m2
Ancho de cimentación=	0.6	m
Área de cimentación diseñada=	44.88	m2

Tabla 4-47 Cimentación Centro de Estudio

Elaboración: David Jiménez

Sala Multiuso

Cimentación		
Peso total estructura mayorada en un 20%=	195.93	t
Resistencia de suelo=	10	ton/m2
Área necesaria =	19.59	m2
Ancho de cimentación=	0.6	m
Área de cimentación diseñada=	35.22	m2

Tabla 4-48 Cimentación Sala Multiuso

Elaboración: David Jiménez

En todos los casos se observa que los esfuerzos transmitidos por la estructura hacia el suelo son menores al esfuerzo admisible o capacidad portante del mismo. A continuación se presenta el detalle de las vigas de cimentación del Centro de Trabajo, Centro de Estudios y Sala Multiuso del Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0.

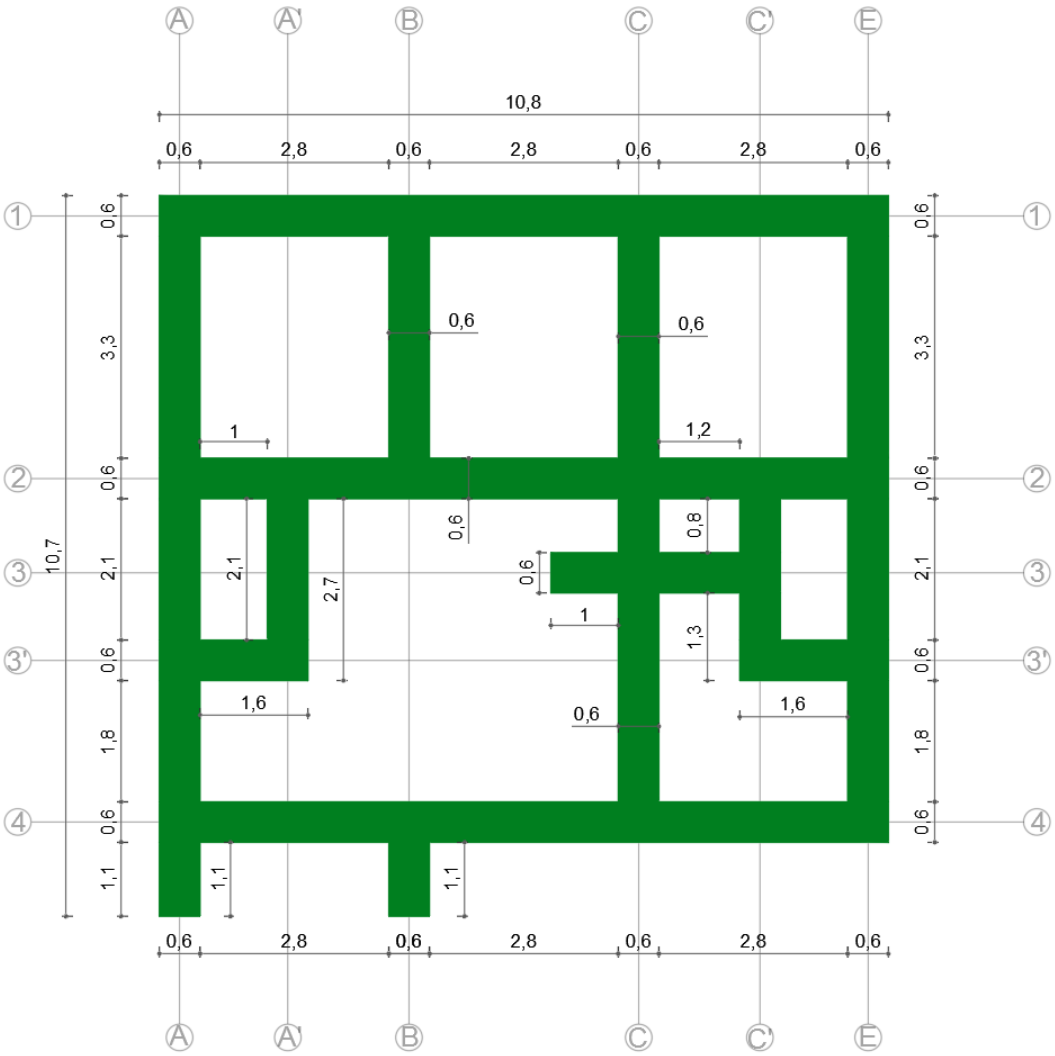


Figura 4-47 Detalle de viga de cimentación del Centro de Trabajo

Elaboración: David Jiménez

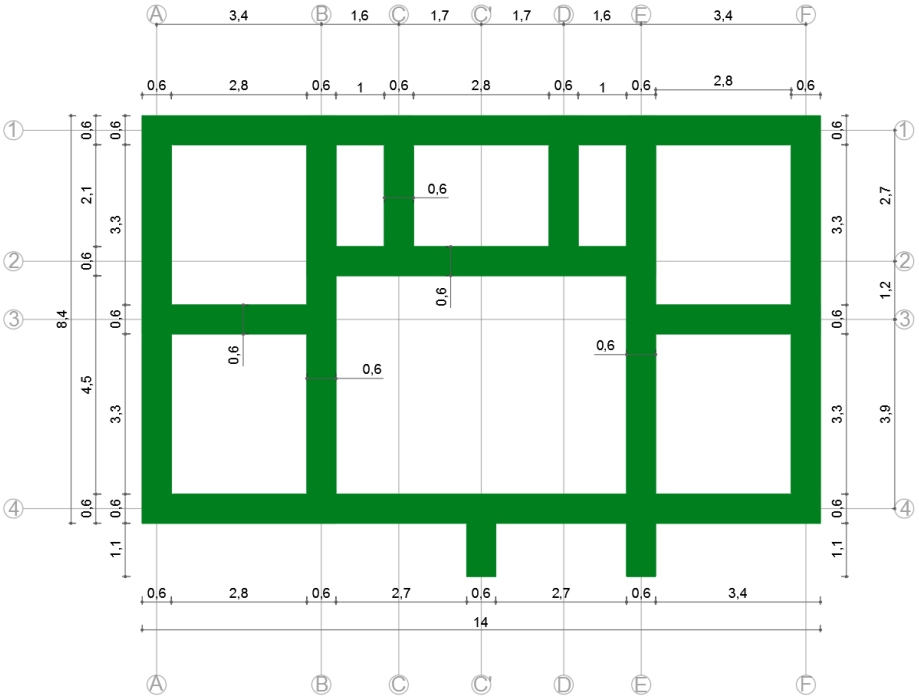


Figura 4-48 Detalle de viga de cimentación del Centro de Estudios

Elaboración: David Jiménez

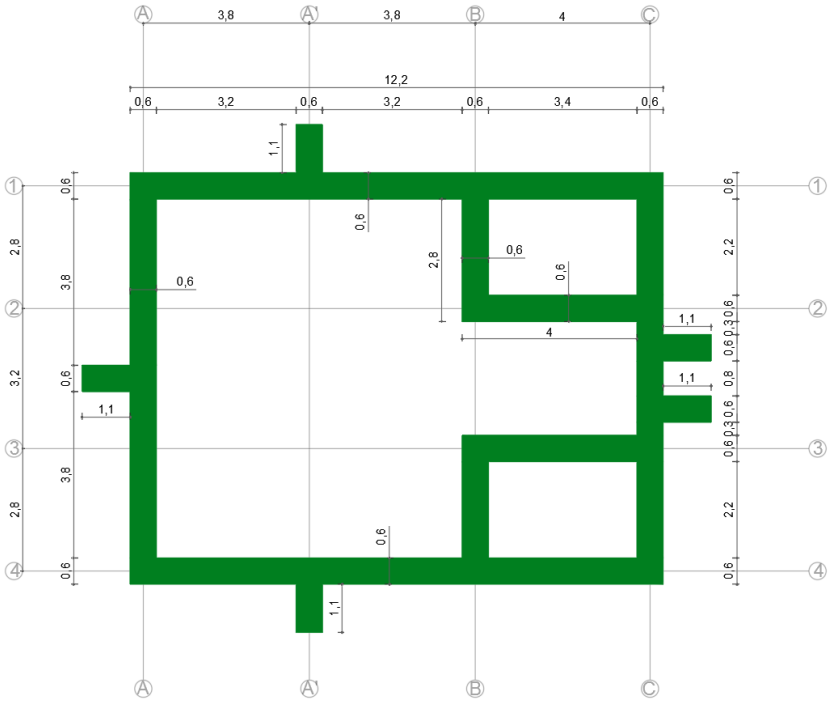


Figura 4-49 Detalle de viga de cimentación de Sala Multiuso

Elaboración: David Jiménez

4.2. Diseño hidrosanitario

Los cálculos de tuberías para la red de distribución de AAPP, la red de recolección de AALL y la red de recolección de AASS (aguas negras y grises por separado), se encuentran en el ANEXO 1 y los planos correspondientes en el ANEXO 3.

4.2.1. Agua potable

A. Dotación

Utilizando los parámetros cantidad de agua consumida por cada aparato y la frecuencia de uso de los mismos, se calculó la dotación para las diversas estructuras del proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0.

Dotación de agua Centros de Trabajo y Estudio (Lt/hab. Día)					
	Aparatos ahorradores				
	Cantidad de agua consumida		Frecuencia de consumo		Total (Lt/hab día)
Inodoro desc. liq.	3.5	L/desc	3	desc	10.5
Inodoro desc. sol.	4.8	L/desc	1	desc	4.8
Ducha	8.3	L/min	20	min	166
Lavaplatos	8.3	L/min	5	min	41.5
Lavamanos	8.3	L/min	4	min	33.2
Consumo	6	L/día	1	día	6
			(Lt/hab día)=		**262**
# Personas=	20		**TOTAL (Lt)=**		**5240**

Tabla 4-49 Dotación Centro de Trabajo y Centro de Estudios

Elaboración: David Jiménez

Dotación de agua Sala Multiuso (Lt/hab. Día)					
	Aparatos ahorradores				
	Cantidad de agua consumida		Frecuencia de consumo		Total (Lt/hab día)
Inodoro desc. liq.	3.5	L/desc	3	desc	10.5
Inodoro desc. sol.	4.8	L/desc	1	desc	4.8

Lavamanos	8.3	L/min	4	min	33.2
				(Lt/hab día)=	**48.5**
# Personas=	30			**TOTAL (Lt)=**	**1455**

Tabla 4-50 Dotación Sala Multiuso

Elaboración: David Jiménez

Dando un total de 6695 litros de agua.

B. Captación de aguas lluvias

Con los datos de precipitación media obtenidos anteriormente se procedió al cálculo de cantidad de aguas lluvia captada.

Captación media de agua lluvia						
	Precipitación Media (mm) o (Lt/m2)	Área de captación (m2)	Coeficiente de escurrimiento para teja	Captación mensual (Lt)	Días del mes	Captación diaria (Lt)
ENERO	38.91	401.21	0.85	13268.67	31	428.02
FEBRERO	48.74	401.21	0.85	16621.84	28	593.64
MARZO	60.28	401.21	0.85	20555.61	31	663.08
ABRIL	71.15	401.21	0.85	24263.03	30	808.77
MAYO	43.14	401.21	0.85	14710.81	31	474.54
JUNIO	24.60	401.21	0.85	8389.33	30	279.64
JULIO	8.54	401.21	0.85	2912.38	31	93.95
AGOSTO	4.07	401.21	0.85	1387.99	31	44.77
SEPTIEMBRE	39.89	401.21	0.85	13603.63	30	453.45
OCTUBRE	48.76	401.21	0.85	16628.11	31	536.39
NOVIEMBRE	48.55	401.21	0.85	16556.01	30	551.87
DICIEMBRE	54.55	401.21	0.85	18603.30	31	600.11

Tabla 4-51 Captación agua lluvia

Elaboración: David Jiménez

C. Reservorio Recolección (reservorio)

Para el cálculo del reservorio, se adoptó un tiempo de retención igual a tres días, además, tomando la dotación total diaria obtenida anteriormente, se realizó los siguientes cálculos:

Reservorio		
Tiempo de retención (Tr)=	3	días
Dotación (D)=	6695	Lt/día
Volumen necesario = Tr*D	20.09	m3
Alto =	1.5	m
Largo total =	4.5	m
Ancho total =	4.5	m
Talud =	3;1	
Área arriba =	20.25	m2
Área bajo =	12.25	m2
Volumen real =	24.13	m3

Tabla 4-52 Reservorio

Elaboración: David Jiménez

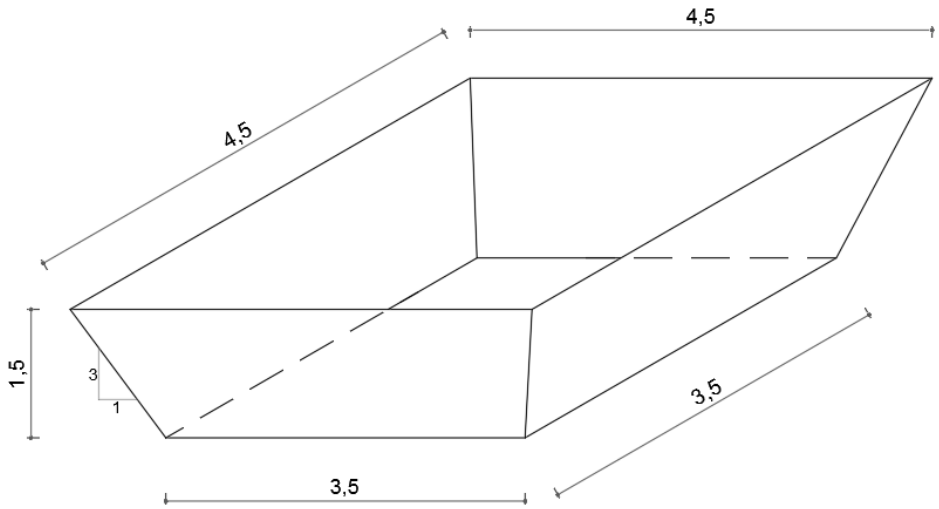


Figura 4-50 Reservorio

Elaboración: David Jiménez

D. Tratamiento

- **FLA**

Los cálculos fueron realizados utilizando las ecuaciones del literal 3.3.2. Agua potable, en el literal E.

FILTRO LENTO DE ARENA		
Dimensiones de estructura		
Caudal (Q)=	0.08	l/s
	0.29	m3/h
T (tasa de filtración)=	0.1	m3/m2 h
Área del FLA	2.88	m2
# de unidades=	2.00	u
Coef. De costo min=	1.33	
Largo filtro=	1.96	m
Ancho filtro =	1.47	m
Largo real=	2.00	m
Ancho real=	1.50	m
Área real=	3.00	m2
Orificios		
Diámetro de orificios (6.5-15.8) =	12.00	mm
Área de cada orificio =	1.13E-04	m2
Tubos		
Espaciamiento de laterales (1-2)=	1.00	m
# Total de laterales =	6.00	u
Longitud de laterales =	0.60	m
Espaciamiento de orificios (7.5-25) =	7.50	cm
# Orificios por lateral =	8.00	u
Área de orificios por lateral =	9.05E-04	m2
# Orificios totales =	48.00	u
Área de orificios totales =	5.43E-03	m2
Diámetro de tubo lateral =	60.00	mm
Área de tubo lateral =	2.83E-03	m2
Diámetro de tubo principal =	90.00	mm
Área de tubo principal =	6.36E-03	m2
Comprobación		
Área tot. Orificios/A. lecho =(1.5-5)E-03 =	1.81E-03	**CUMPLE**
Área principal/A. lateral = (1.5-3) =	2.25	**CUMPLE**
Área Tub. Lat./A. orificios = (2-4) =	3.13	**CUMPLE**

Tabla 4-53 Dimensionamiento de filtro lento de arena

Elaboración: David Jiménez

Lecho filtrante		
Altura de agua sobrenadante = (1-1.5m) =	1.00	m
Prof. Medio filtrante (Arena) = (1-1.4m) =	1.00	m
Prof. Sistema de drenaje (3/4"-2") =	0.175	m
Prof. Sistema de drenaje (3/8"-3/4") =	0.075	m
Prof. Sistema de drenaje (3/16"-3/8") =	0.075	m

Tabla 4-54 Dimensionamiento de lecho filtrante

Elaboración: David Jiménez

Cálculo de pérdidas:

Pérdidas arena		
Coef. De Kozeny (f) =	5.00	
Long. medio filtrante =	1.00	m
Aceleración gravedad =	9.81	m/s2
Viscosidad cinemática =	0.01054	cm2/s
Porosidad =	0.355	
Esfericidad	0.95	
Diámetro de partícula =	0.02	cm
Velocidad de filtración =	0.0027778	cm/s
Pérdidas arena (Hf) =	13.84	cm

Tabla 4-55 Pérdidas en arena

Elaboración: David Jiménez

Pérdidas grava 1" inferior (3/4"-2")		
Coef. De Kozeny (f) =	5.00	
Long. medio filtrante =	0.175	m
Aceleración gravedad =	9.81	m/s2
Viscosidad cinemática =	0.01054	cm2/s
Porosidad =	0.400	
Esfericidad	0.82	
Diámetro de partícula =	2.54	cm
Velocidad de filtración =	0.0027778	cm/s
Pérdidas arena (Hf) =	0.00012	cm

Tabla 4-56 Pérdidas en capa inferior de grava 1"

Elaboración: David Jiménez

Pérdidas grava 3/6" media (3/8"-3/4")		
Coef. De Kozeny (f) =	5.00	
Long. medio filtrante =	0.075	m
Aceleración gravedad =	9.81	m/s2
Viscosidad cinemática =	0.01054	cm2/s
Porosidad =	0.400	
Esfericidad	0.82	
Diámetro de partícula =	1.27	cm
Velocidad de filtración =	0.0027778	cm/s
Pérdidas arena (Hf) =	0.00021	cm

Tabla 4-57 Pérdidas en capa media de grava 3/6"

Elaboración: David Jiménez

Pérdidas grava 3/12" superior (3/16"-3/8")		
Coef. De Kozeny (f) =	5.00	
Long. medio filtrante =	0.075	m
Aceleración gravedad =	9.81	m/s2
Viscosidad cinemática =	0.01054	cm2/s
Porosidad =	0.400	
Esfericidad	0.82	
Diámetro de partícula =	0.64	cm
Velocidad de filtración =	0.0027778	cm/s
Pérdidas arena (Hf) =	0.00084	cm

Tabla 4-58 Pérdidas en capa superior de grava 3/12"

Elaboración: David Jiménez

Pérdidas en orificios		
Caudal de orificio =	1.67E-06	m3/s
Coeficiente de descarga =	0.60	
Aceleración de la gravedad =	9.81	m/s2
Pérdida por orificio =	3.07E-05	m
Pérdida total en orificios =	0.15	cm

Tabla 4-59 Pérdidas en orificios

Elaboración: David Jiménez

Dando un total de pérdidas de 14 cm.

- **Desinfección**

  Como se observa en el literal 3.3.2. Agua potable, es necesario colocar un dosificador de erosión de pastillas de hipoclorito de calcio para la desinfección del agua.

E. Almacenamiento

Cálculo de cisterna:

Tanque Cisterna		
Dotación (D)=	6695	Lt/día
Tiempo de retención (Tr)=	1	días
Vol. Cisterna = D*Tr =	6695	Lt
	6.70	m3

Tabla 4-60 Tanque Cisterna

Elaboración: David Jiménez

Se necesita una cisterna de 6.7 m3, como se decidió utilizar tanques cisterna se instalará un tanque de 10000 Lt.

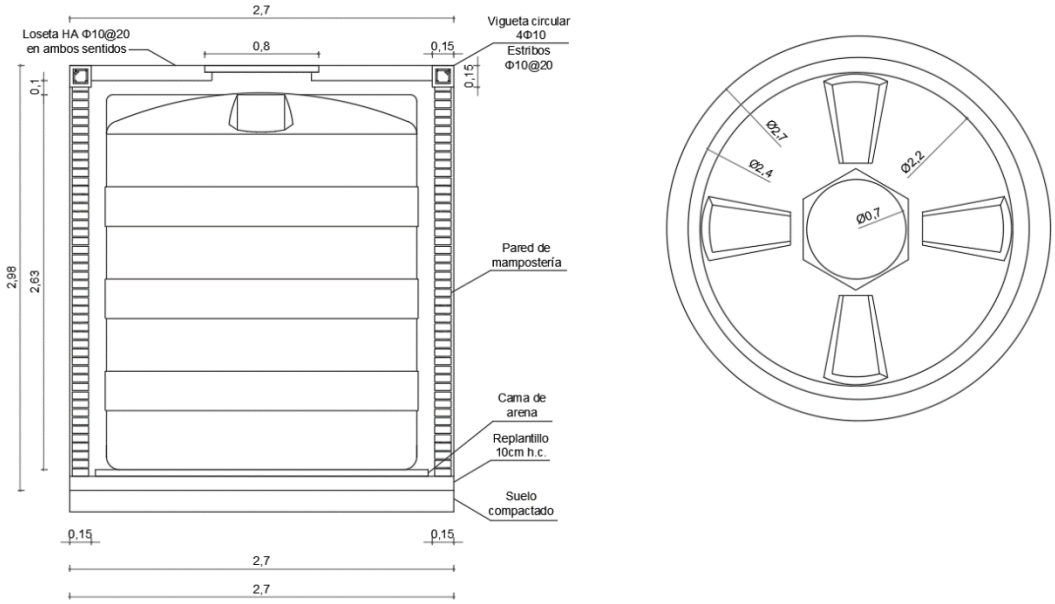


Figura 4-51 Tanque Cisterna

Elaboración: David Jiménez

F. Distribución

Para el cálculo de las tuberías y caudales de distribución se utilizó la siguiente tabla de cálculo

tramo	# Aparatos	#Viviendas	Q instantáneo	Coef. Simultaneidad	Q max (l/s)	Diámetro tubería (plg)	V (m/s)
SM-4	11		1.3	0.44	0.57	0.75	2.00
CT-4	7		1	0.52	0.52	0.75	1.82
4-2	18	2		0.70	0.76	1.00	1.50
3-Fuente	1		0.1	1.00	0.10	0.50	0.79
3-2	8	1		1.00	0.62	1.00	1.22
CE-3	7		1	0.52	0.52	0.75	1.82
2-1	26	3		0.55	0.71	1.00	1.39

Tabla 4-61 Distribución

Elaboración: David Jiménez

Con esto se comprueba que las velocidades no superan los 2 m/s. A continuación se muestra las longitudes equivalentes calculadas por cada accesorio utilizado en la red interna y externa del Parque de estudio y Reflexión Latitud 0.

Accesorios red AAPP		**Le. unitaria (m)**	**L. equiv. total (m)**
Tee (1")	2	0.38	0.76
Yee (1")	1	0.38	0.38
Reductores (1"-3/4")	3	0.31	0.93
Reductores (1"-1/2")	1	0.31	0.31

Tabla 4-62 Pérdida en accesorios red de AAPP

Elaboración: David Jiménez

Accesorios Centro de estudio		**Le. unitaria (m)**	**L. equiv. total (m)**
Tee (3/4")	6	0.29	1.74
Codo 90° (3/4")	2	0.28	0.56
Codo 90° (1/2")	12	0.2	2.4
Reducciones (3/4"-1/2")	7	0.24	1.68

Tabla 4-63 Pérdida en accesorios Centro de Estudios

Elaboración: David Jiménez

Accesorios Centro de Trabajo		Le. unitaria (m)	L. equiv. total (m)
Tee (3/4")	6	0.29	1.74
Codo 90° (3/4")	3	0.28	0.84
Codo 90° (1/2")	9	0.2	1.8
Reducciones (3/4"-1/2")	7	0.24	1.68

Tabla 4-64 Pérdida en accesorios Centro de Trabajo

Elaboración: David Jiménez

Accesorios Sala multiuso		Le. unitaria (m)	L. equiv. total (m)
Tee (3/4")	10	0.29	2.9
Codo 90° (3/4")	2	0.28	0.56
Codo 90° (1/2")	17	0.2	3.4
Reducciones (3/4"-1/2")	11	0.24	2.64

Tabla 4-65 Pérdida en accesorios Sala Multiuso

Elaboración: David Jiménez

Accesorios en Fuente		Le. unitaria (m)	L. equiv. total (m)
Codo 90° (1/2")	1	0.2	0.2

Tabla 4-66 Pérdida en accesorios Fuente

Elaboración: David Jiménez

La tabla de cálculo a continuación muestra las perdidas longitudinales de cada tramo incluyendo las longitudes equivalentes de los accesorios:

tramo	V (m/s)	ϕ (m)	Long (m)	Le(m)	Perdidas (m)
SM-4	2.00	0.019	47.69	9.5	14.67
CT-4	1.82	0.019	20.95	6.06	5.89
4-2	1.50	0.025	12.94	1	1.52
3-Fuente	0.79	0.013	6.65	0.2	0.57
3-2	1.22	0.025	9.52	1	0.80
CE-3	1.82	0.019	20.68	6.38	5.90
2-1	1.39	0.025	34.19	0.38	3.28
				Hf Total (m)=	**32.63**

Tabla 4-67 Pérdida de carga total

Elaboración: David Jiménez

Para el cálculo de la bomba hay que tener en cuenta que la altura dinámica total es igual a las pérdidas totales de carga en el sistema, esto debido a que la diferencia de alturas entre la cisterna y el destino es despreciable. Los cálculos fueron realizados utilizando las ecuaciones del literal 3.3.2. Agua potable, en el literal G.

POTENCIA DE LA BOMBA		
Peso esp. agua	1	Kg/Lt
Altura dinámica total	32.63	m
Caudal total de diseño	0.76	l/s
Eficiencia motor-bomba	0.65	
Potencia de bomba	0.50	HP
P motor monofásico	0.76	HP

Tabla 4-68 Potencia de la bomba

Elaboración: David Jiménez

Volumen de tanque hidroneumático:

Tanque hidroneumático		
Q arranque	0.76	l/s
Q parada (25%)	0.19	l/s
Q medio	0.48	l/s
Tiempo	4	min
Vol. De regulación	28.59	Lt
Factor de presiones	4	
Vol. Tanque	114.38	Lt
	30.22	Gal

Tabla 4-69 Volumen de tanque hidroneumático

Elaboración: David Jiménez

En el mercado existen conjuntos de tanque hidroneumático y bomba de las siguientes características:

	HIDR-1/2x24	**HIDR-1/2x50**	**HIDR-1x100**	**HIDR-1 1/2x150**
Potencia (HP)	1/2	1/2	1	1 1/2
Tomas de agua simultaneas	4	6	9	15
Flujo máximo (L/min)	43	43	70	70
Altura máx. (m)	28	28	35	35
Vol. Tanque Hid. (Lt)	24	50	100	150

Tabla 4-70 Equipos hidroneumáticos en el mercado
Elaboración: David Jiménez

Por lo cual se recomienda escoger el equipo HIDR-1 1/2x150, el cual cumple con todos los requisitos de dimensiones calculados.

4.2.2. Tratamiento de aguas residuales

A. Biodigestor

Los biodigestores se venden en el mercado dependiendo del número de personas que habitan la estructura a tratar, así, un biodigestor de 3000 litros es suficiente para las 20 personas que constituyen la máxima capacidad de alojamiento del Parque de estudio y Reflexión Latitud 0, sin embargo, hay que tener en cuenta que se espera alrededor de 50 visitantes extra por evento, dando un total de aproximadamente 70 personas. En este caso el volumen necesario según el fabricante deberá ser de 7000 litros (Rotoplas, 2018).

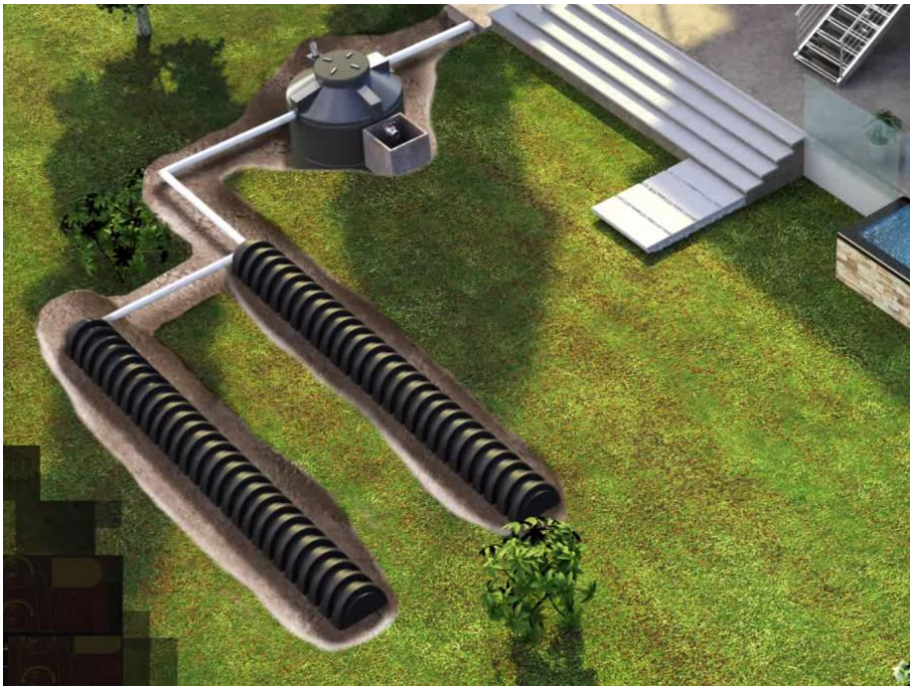


Figura 4-52 Biodigestor y sistema de infiltración
Fuente: (Rotoplas, 2018)

Características:

Capacidad	7000	Lt
Color	negro	
Tipo de líquidos	Tratamiento de aguas residuales y jabonosas	
Vida útil	45	años
Diámetro del tanque	2.4	m
Altura del tanque	2.65	m

Tabla 4-71 Características biodigestor 7000 Lt

Fuente: (Rotoplas, 2018)

B. Laguna de bajo calado

Los cálculos para la laguna de bajo calado se resumen en la siguiente tabla utilizando las ecuaciones del literal 3.3.3. Tratamiento de aguas residuales, en el literal B.

Caudal	5.93	m3/día
DBO5	100	mg/L
Concentración inicial coliformes fecales	1.00E+07	NMP/100mL
Tiempo de retención	1	días
Profundidad	0.35	m
Relación Largo/Ancho	3	
Evaporación	3.76	mm/día
Temperatura media anual	14.85	°C
Carga orgánica	0.593	kg/día
Volumen	5.93	m3
Área	16.94	m2
Largo	7.13	m
Ancho	2.38	m
Largo real	7.10	m
Ancho real	2.40	m
Área real	17.04	m2
Caudal en el efluente	5.87	(m3/día)
Carga orgánica superficial	350	kg/Ha día
Coeficiente de remoción de patógenos	12.54	días-1
Concentración final coliformes fecales	35.81	NMP/100ml
Coeficiente de reducción de DBO	0.23	días-1
Concentración DBO efluente	79.30	mg/L

Tabla 4-72 Laguna de bajo calado

Elaboración: David Jiménez

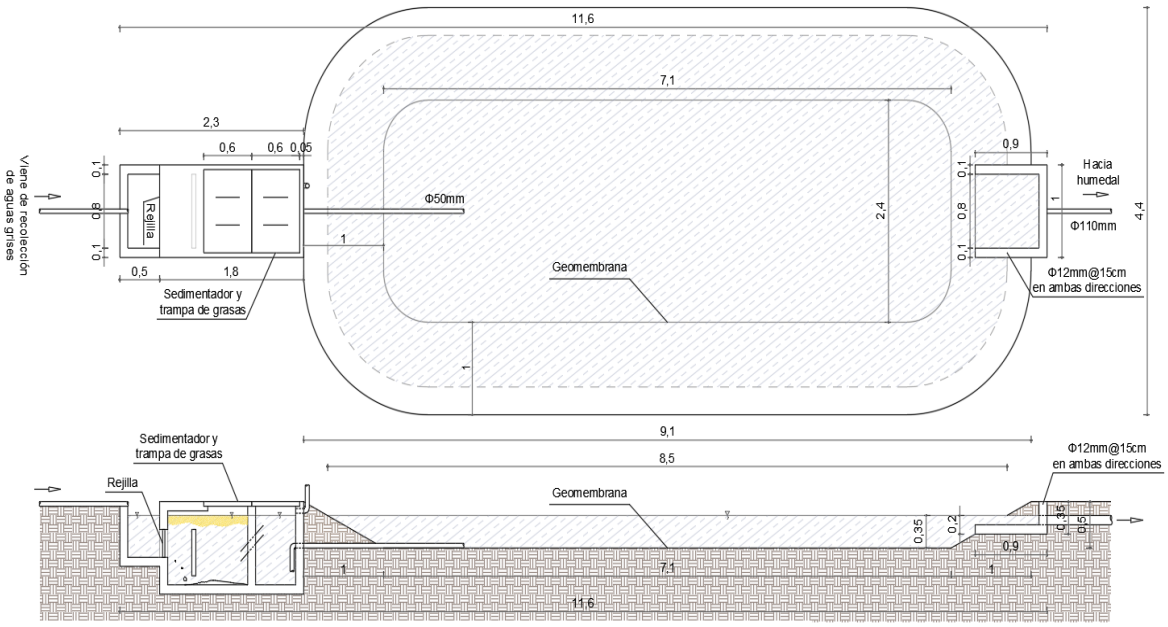


Figura 4-53 Laguna de bajo calado

Elaboración: David Jiménez

C. Humedal de flujo sub superficial

Para el humedal de flujo sub superficial se estableció la siguiente granulometría:

Características de material granular		
	Recomendado	Escogido
Extremos	40-80 mm	60 mm
Medio	5-20 mm	12.5 mm

Tabla 4-73 Características del medio granular

Elaboración: David Jiménez

Con estos datos se procede al dimensionamiento del humedal mediante la siguiente tabla de cálculo, utilizando las formulas detalladas en el literal 3.3.3. Tratamiento de aguas residuales, literal C.

Datos		
Caudal afluente	5.87	m3/día
Concentración coliformes fecales inicial	35.81	NMP/100ml
DBO afluente	79.30	mg/L
DBO efluente requerido	**10**	**mg/L**
Profundidad de humedal subsuperficial	0.6	m
Temperatura del agua	16.5	°C
Porosidad promedio material filtrante	34.33	%
Conductividad hidráulica promedio	0.002	m/s
Pérdida de carga máxima	0.06	m
Gradiente	1	%
Resultados		
Constante de remoción DBO5	0.90	día-1
Constante de remoción coliformes fecales	1.41	día-1
Área de humedal	65.49	m2
Tiempo de retención	2.30	días
Área transversal=	3.39	m
Ancho=	5.66	m
Largo=	11.58	m
Concentración final de coliformes	**8.42**	**NPM/100ml**

Tabla 4-74 Cálculo de humedal de flujo sub superficial

Elaboración: David Jiménez

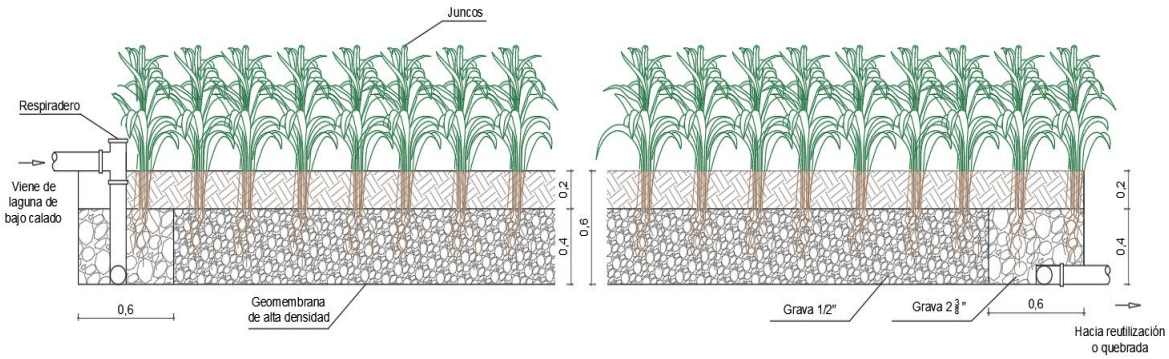


Figura 4-54 Humedal de flujo subsuperficial horizontal

Elaboración: David Jiménez

4.3. Diseño eléctrico

Como se mencionó anteriormente, para que el proyecto cumpla con los requisitos se sostenibilidad, la energía eléctrica debe provenir de una de las siguientes fuentes: energía fotovoltaica, biomasa, eólica, solar térmica o hidráulica.

Según la Agencia Nacional de Energía, en conjunto con el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos de Ecuador, desde el año 2017 el país cuenta con más del 90% de energía proveniente de fuentes renovables, distribuyéndola de la siguiente manera:

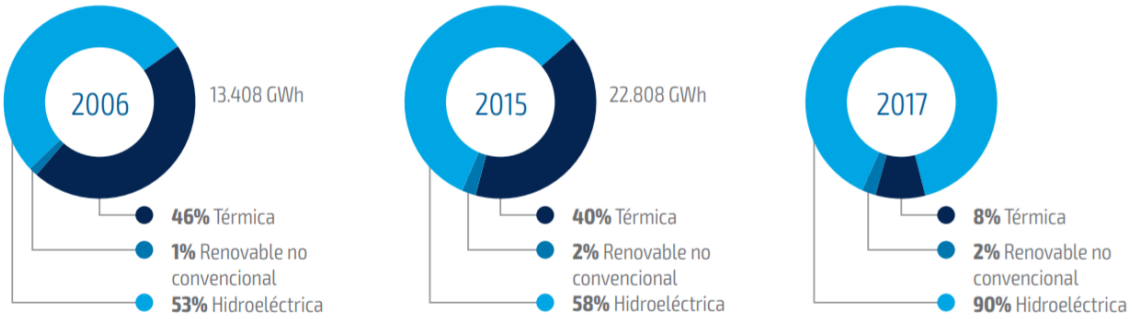


Figura 4-55 Participación de fuentes en la generación eléctrica dentro del SNI
Fuente: Agencia Nacional de Energía (Delgado Noboa & Dávalos Villacrés, 2016)

Con la gráfica anterior se observa que a partir del 2017 (desde la inauguración de las últimas hidroeléctricas construidas en el país) el 90% de la energía producida en el país es de origen hidroeléctrico y el 2% es de origen renovable no convencional (biomasa, solar y eólica), sumando un total de 92% de energía eléctrica proveniente de recursos renovables y por lo tanto sostenibles (Delgado Noboa & Dávalos Villacrés, 2016).

Sabiendo esto, es posible utilizar la energía de la red eléctrica nacional sin afectar la sostenibilidad del proyecto.

4.4. Presupuesto

4.4.1. Análisis de precios unitarios y presupuesto

El presupuesto del proyecto se lo obtuvo mediante el análisis de precios unitarios, la siguiente tabla muestra los precios unitarios junto con las cantidades de obra obtenidos y su correspondiente costo total.

	Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
OBRAS PRELIMINARES				**$ 815.00**	
1	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	455.26	0.36	166.05
2	LIMPIEZA Y DESBROCE DE CAPA VEGETAL H= 0,20 CM.-SIN DESALOJO	m2	455.26	0.67	303.49
3	EXCAVACIÓN A MÁQUINA, INCLUYE DESALOJO	m3	28.99	7.59	220.07
4	RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL	m3	28.99	4.32	125.39
CENTRO DE TRABAJO				**$ 29'895.52**	
5	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	104.20	0.36	38.01
6	EXCAVACIÓN MANUAL DE CIMIENTOS Y PLINTOS	m3	33.32	2.06	68.75
7	HORMIGÓN SIMPLE EN VIGAS DE CIMENTACIÓN Y SOBRECIMIENTO F'C= 210 KG/CM2	m3	41.08	132.49	5441.87
8	CONTRAPISO DE H.S. H= 5 CM + MALLA + RELLENO GRANULAR H= 15	m2	104.20	17.14	1786.15
9	MURO DE ADOBE (E=0.4m) CON REFUERZO DE CARRIZO DE ϕ2.5cm@30cm	m2	170.88	13.68	2338.22
10	VIGA COLLAR DE MADERA 2-10x10CM	m	71.20	36.48	2597.05
11	CUBIERTA DE TEJA CON ESTRUCTURA DE MADERA	m2	135.94	51.80	7042.06
12	TECHO INTERIOR DE MADERA	m2	104.20	21.84	2275.72
13	CANALETA RECOLECCION AGUA LLUVIA	m	23.60	12.68	299.30
14	BAJANTE DE AALL- PVC 75 MM.	m	2.40	6.47	15.53
15	PUNTO DE ILUMINACIÓN NORMAL 15A/120VPOR TECHO O PARED, CABLE THHN 2 X 10 AWG+ 3X16 CONCENTRICO	pto	7.00	54.46	381.24
16	PUNTO DE TOMACORRIENTES 15A 125 V	pto	8.00	38.90	311.17
17	PISO ALISADO CON COLOR Y ADITIVO	m2	69.50	7.88	548.00
18	VINYL DE PISO DE COCINA	m2	8.14	16.10	131.07
19	VENTANA DE ALUMINIO FIJA- INC. VIDRIO 4MM.	m2	7.20	87.86	632.60
20	PUERTA DE MADERA LAUREL-INC. MARCO, TAPAMARCO Y CERRADURA	m2	13.44	118.27	1589.61
21	CERÁMICA PAREDES 20 X 30 CM - INSTALACIÓN Y EMPORADO	m2	33.60	24.49	822.88
22	PINTURA PLÁSTICA ECOLÓGICA MATE	m2	189.12	5.61	1061.12

23	LAVAMANOS TIPO ROMA BLANCO C/PEDESTAL-INC.GRIFERÍA	u	2.00	162.80	325.61
24	INODORO BLANCO AHORRADOR - INC. ACCESORIOS	u	2.00	185.42	370.85
25	DUCHA CON MEZCLADORA- INC. ACCESORIOS	u	2.00	91.02	182.05
26	MESÓN DE ACERO INOXIDABLE- A=0,60 H=0,90M INC. PROVISIÓN E INSTALACIÓN	ml	0.80	608.15	486.52
27	FREGADERO DE ACERO INOXIDABLE 1 POZO CON ESCURRIDERA- INC.GRIFERÍA 1ª CALIDAD	u.	1.00	500.12	500.12
28	LÁMPARAS LED DE TUMBADOS	u	7.00	92.86	650.05
CENTRO DE ESTUDIOS				**$ 32'338.74**	
29	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	117.60	0.36	42.89
30	EXCAVACIÓN MANUAL DE CIMIENTOS Y PLINTOS	m3	35.16	2.06	72.53
31	HORMIGÓN SIMPLE EN VIGAS DE CIMENTACIÓN Y SOBRECIMIENTO F'C= 210 KG/CM2	m3	43.36	132.49	5745.13
32	CONTRAPISO DE H.S. H= 5 CM + MALLA + RELLENO GRANULAR H= 15	m2	117.60	17.14	2015.85
33	MURO DE ADOBE (E=0.4m) CON REFUERZO DE CARRIZO DE ϕ2.5cm@30cm	m2	168.00	13.68	2298.81
34	VIGA COLLAR DE MADERA 2-10x10CM	m	70.00	36.48	2553.28
35	CUBIERTA DE TEJA CON ESTRUCTURA DE MADERA	m2	156.30	51.80	8097.00
36	TECHO INTERIOR DE MADERA	m2	117.60	21.84	2568.37
37	CANALETA RECOLECCION AGUA LLUVIA	m	30.00	12.68	380.46
38	BAJANTE DE AALL- PVC 75 MM.	m	2.40	6.47	15.53
39	PUNTO DE ILUMINACIÓN NORMAL 15A/120VPOR TECHO O PARED, CABLE THHN 2 X 10 AWG+ 3X16 CONCENTRICO	pto	8.00	54.46	435.70
40	PUNTO DE TOMACORRIENTES 15A 125 V	pto	9.00	38.90	350.06
41	PISO ALISADO CON COLOR Y ADITIVO	m2	82.38	7.88	649.56
42	VINYL DE PISO DE COCINA	m2	7.22	16.10	116.25
43	VENTANA DE ALUMINIO FIJA- INC. VIDRIO 4MM.	m2	8.64	87.86	759.12
44	PUERTA DE MADERA LAUREL-INC. MARCO, TAPAMARCO Y CERRADURA	m2	15.36	118.27	1816.70
45	CERÁMICA PAREDES 20 X 30 CM - INSTALACIÓN Y EMPORADO	m2	33.60	24.49	822.88
46	PINTURA PLÁSTICA ECOLÓGICA MATE	m2	176.54	5.61	990.56
47	LAVAMANOS TIPO ROMA BLANCO C/PEDESTAL-INC.GRIFERÍA	u	2.00	162.80	325.61
48	INODORO BLANCO AHORRADOR - INC. ACCESORIOS	u	2.00	185.42	370.85
49	DUCHA CON MEZCLADORA- INC. ACCESORIOS	u	2.00	91.02	182.05
50	MESÓN DE ACERO INOXIDABLE- A=0,60 H=0,90M INC. PROVISIÓN E INSTALACIÓN	ml	0.80	608.15	486.52
51	FREGADERO DE ACERO INOXIDABLE 1 POZO CON ESCURRIDERA- INC.GRIFERÍA 1ª CALIDAD	u.	1.00	500.12	500.12
52	LÁMPARAS LED DE TUMBADOS	u	8.00	92.86	742.91
SALA MULTIUSO				**$ 32'585.77**	
53	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	114.00	0.36	41.58

54	EXCAVACIÓN MANUAL DE CIMIENTOS Y PLINTOS	m3	62.75	2.06	129.44
55	HORMIGÓN SIMPLE EN VIGAS DE CIMENTACIÓN Y SOBRECIMIENTO F'C= 210 KG/CM2	m3	69.13	132.49	9158.64
56	MURO DE ADOBE (E=0.4m) CON REFUERZO DE CARRIZO DE ϕ2.5cm@30cm	m2	137.28	13.68	1878.46
57	VIGA COLLAR DE MADERA 2-10x10CM	m	57.20	36.48	2086.39
58	CUBIERTA DE TEJA CON ESTRUCTURA DE MADERA	m2	149.69	51.80	7754.47
59	TECHO INTERIOR DE MADERA	m2	114.00	21.84	2489.75
60	CANALETA RECOLECCION AGUA LLUVIA	m	26.40	12.68	334.81
61	BAJANTE DE AALL- PVC 75 MM.	m	2.40	6.47	15.53
62	PUNTO DE ILUMINACIÓN NORMAL 15A/120VPOR TECHO O PARED, CABLE THHN 2 X 10 AWG+ 3X16 CONCENTRICO	pto	8.00	54.46	435.70
63	PUNTO DE TOMACORRIENTES 15A 125 V	pto	6.00	38.90	233.37
64	PISO ALISADO CON COLOR Y ADITIVO	m2	83.35	7.88	657.21
65	VINYL DE PISO DE COCINA	m2	7.79	16.10	125.43
66	VENTANA DE ALUMINIO FIJA- INC. VIDRIO 4MM.	m2	8.64	87.86	759.12
67	PUERTA DE MADERA LAUREL-INC. MARCO, TAPAMARCO Y CERRADURA	m2	6.24	118.27	738.03
68	CERÁMICA PAREDES 20 X 30 CM - INSTALACIÓN Y EMPORADO	m2	57.60	24.49	1410.66
69	PINTURA PLÁSTICA ECOLÓGICA MATE	m2	94.08	5.61	527.87
70	LAVAMANOS TIPO ROMA BLANCO C/PEDESTAL-INC.GRIFERÍA	u	4.00	162.80	651.21
71	INODORO BLANCO AHORRADOR - INC. ACCESORIOS	u	4.00	185.42	741.69
72	MESÓN DE ACERO INOXIDABLE- A=0,60 H=0,90M INC. PROVISIÓN E INSTALACIÓN	ml	0.80	608.15	486.52
73	FREGADERO DE ACERO INOXIDABLE 1 POZO CON ESCURRIDERA- INC.GRIFERÍA 1ª CALIDAD	u.	1.00	500.12	500.12
74	LÁMPARAS LED DE TUMBADOS	u	8.00	92.86	742.91
75	URINARIO BLANCO I-INC.LLAVE PRESSMÁTIC Y ACCESORIOS DE INSTALACIÓN	u	2.00	343.43	686.85
SALA DE MEDITACIÓN				**$ 18'941.61**	
76	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	119.46	0.36	43.57
77	EXCAVACIÓN MANUAL DE CIMIENTOS Y PLINTOS	m3	31.88	2.06	65.77
78	HORMIGÓN SIMPLE EN VIGAS DE CIMENTACIÓN Y SOBRECIMIENTO F'C= 210 KG/CM2	m3	39.52	132.49	5235.41
79	CONTRAPISO DE H.S. H= 5 CM + MALLA + RELLENO GRANULAR H= 15	m2	119.46	17.14	2047.73
80	MURO DE ADOBE (E=0.4m) CON REFUERZO DE CARRIZO DE ϕ2.5cm@30cm	m2	159.48	13.68	2182.23
81	ADOBE (E=0.3m) EN CÚPULA CON REFUERZO DE CARRIZO DE ϕ2.5cm@30cm	m2	88.70	12.81	1136.21
82	VIGA COLLAR DE MADERA 2-10x10CM	m	66.45	36.48	2423.79
83	TECHO DE MADERA	m2	57.31	21.84	1251.64
84	BAJANTE DE AALL- PVC 75 MM.	m	2.40	6.47	15.53

85	PUNTO DE ILUMINACIÓN NORMAL 15A/120VPOR TECHO O PARED, CABLE THHN 2 X 10 AWG+ 3X16 CONCENTRICO	pto	8.00	54.46	435.70
86	PUNTO DE TOMACORRIENTES 15A 125 V	pto	4.00	38.90	155.58
87	PISO ALISADO CON COLOR Y ADITIVO	m2	82.81	7.88	652.95
88	PUERTA DE MADERA LAUREL-INC. MARCO, TAPAMARCO Y CERRADURA	m2	7.92	118.27	936.73
89	PINTURA PLÁSTICA ECOLÓGICA MATE	m2	287.98	5.61	1615.83
90	LÁMPARAS LED DE TUMBADOS	u	8.00	92.86	742.91
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AAPP				**$ 15'689.85**	
Recolección de AALL				$ 800.11	
91	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	42.26	0.36	15.41
92	EXCAVACIÓN MANUAL	m3	25.35	2.06	52.31
93	RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL	m3	25.35	4.32	109.65
94	TUBERÍA PVC 50 mm E/C 1.25 Mpa	m	70.43	3.77	265.43
95	BOMBA SUMERGIBLE AGUA LLUVIA 1HP	u	1.00	55.76	55.76
96	REPLANTILLO H.S. 180 KG/CM2 EN CAJA DE REVISIÓN	m2	0.10	129.21	12.92
97	HORMIGÓN SIMPLE EN LOSA DE FONDO F'C= 240 KG/CM2 EN CAJA DE REVISIÓN	m3	0.20	140.81	28.16
98	HORMIGÓN SIMPLE EN PAREDES F'C= 240 KG/CM2 EN CAJA DE REVISIÓN	m3	0.76	218.02	165.70
99	HORMIGÓN SIMPLE EN LOSA DE TAPA F'C= 240 KG/CM2 EN CAJA DE REVISIÓN	m3	0.10	176.22	17.62
100	ACERO DE REFUERZO F'Y= 4.200 KG/CM2- CORTE Y FIGURADO	kg	62.75	1.23	77.15
Reservorio				$ 1'105.58	
101	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	54.00	0.36	19.70
102	EXCAVACIÓN A MÁQUINA, INCLUYE DESALOJO	m3	43.00	7.59	326.38
103	COMPACTACION MANUAL SUELO NATURAL	m2	54.00	2.73	147.39
104	GEOMEMBRANA DE POLIETILENO 0.50MM.	m2	54.00	5.90	318.56
105	ACCESORIOS PARA RESERVORIO	glb	1.00	293.55	293.55
Filtro Lento de Arena				$ 7'701.56	
106	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	15.14	0.36	5.52
107	EXCAVACIÓN A MÁQUINA, INCLUYE DESALOJO	m3	39.364	7.59	298.78
108	REPLANTILLO H.S. 180 KG/CM2	m3	1.40	129.21	180.25
109	HORMIGÓN SIMPLE EN LOSA DE FONDO F'C= 240 KG/CM2.	m3	4.54	140.81	639.54
110	HORMIGÓN SIMPLE EN PAREDES F'C= 240 KG/CM2.	m3	7.70	218.02	1677.75
111	ACERO DE REFUERZO F'Y= 4.200 KG/CM2- CORTE Y FIGURADO	kg	1269.64	1.23	1560.90
112	TUBERIA PVC 60MM	ml	7.20	5.60	40.35
113	TUBERIA PVC 90MM	ml	4.00	8.96	35.84
114	MEDIO FILTRANTE	glb	1.00	1005.00	1005.00
115	ACCESORIOS PARA FILTRO LENTO	glb	1.00	2257.62	2257.62

Desinfección				$ 154.60	
116	DISPENSADOR DE HIPOCLORITO DE CALCIO	u	1.00	154.60	154.60
Almacenamiento				$ 3'156.45	
117	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	5.73	0.36	2.09
118	EXCAVACIÓN A MÁQUINA, INCLUYE DESALOJO	m3	17.18	7.59	130.38
119	HORMIGÓN SIMPLE EN LOSA DE FONDO F'C= 240 KG/CM2	m3	0.57	140.81	80.62
120	HORMIGÓN SIMPLE EN LOSA F'C= 240 KG/CM2.	m3	0.57	194.38	111.29
121	ACERO DE REFUERZO F'Y= 4.200 KG/CM2- CORTE Y FIGURADO	kg	67.79	1.23	83.34
122	MURO DE ADOBE (E=0.15m) CON REFUERZO DE CARRIZO DE ϕ2.5cm@30cm	m2	25.45	12.37	314.85
123	TANQUE CISTERNA 10 000 LT	u	1.00	2433.89	2433.89
Distribución				$ 2'771.56	
124	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m2	60.76	0.36	22.16
125	EXCAVACIÓN MANUAL	m3	36.45	2.06	75.20
126	RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL	m3	36.45	4.32	157.65
127	CONJUNTO DE TANQUE HIDRONEUMATICO 150 LT Y BOMBA 1.5 HP	u	1.00	693.87	693.87
128	PUNTO DE AGUA FRIA PVC ø = 1/2"	u	22.00	21.65	476.37
129	PUNTO DE AGUA CALIENTE PVC ø = 1/2"	u	4.00	20.82	83.29
130	LLAVE DE PASO 1/2"	u	1.00	6.15	6.15
131	LLAVE DE PASO 3/4"	u	3.00	7.46	22.39
132	TUBERÍA PVC ROSCABLE ø = 1"	m	46.89	9.82	460.55
133	TUBERÍA PVC ROSCABLE ø = 1/2"	m	6.44	7.35	47.32
134	TUBERÍA PVC ROSCABLE ø = 3/4"	m	86.98	8.35	726.62
SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES				**$ 5'415.71**	
Recolección de AASS				$ 1'507.53	
135	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m2	56.06	0.36	20.45
136	EXCAVACIÓN MANUAL	m3	38.63	2.06	79.70
137	RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL	m3	33.63	4.32	145.46
138	DESAGUE DE AGUAS SERVIDAS PVC - 50 MM.	u	7.00	14.69	102.83
139	SUMINISTRO E INSTALACION TUBERÍA PVC DESAGUE 50 mm	m	144.46	4.68	676.78
140	CAJAS DE REVISIÓN PLÁSTICAS	u	5.00	96.46	482.32
Sedimentador y trampa de grasas				$ 442.08	
141	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	2.30	0.36	0.84
142	EXCAVACIÓN A MÁQUINA, INCLUYE DESALOJO	m3	2.30	7.59	17.46
143	REPLANTILLO H.S. 180 KG/CM2	m3	0.12	129.21	14.86
144	HORMIGÓN SIMPLE EN LOSA DE FONDO F'C= 240 KG/CM2	m3	0.23	140.81	32.39
145	HORMIGÓN SIMPLE EN PAREDES F'C= 240 KG/CM2	m3	0.74	218.02	161.33
146	HORMIGÓN SIMPLE EN LOSA DE TAPA F'C= 240 KG/CM2	m3	0.23	176.22	40.53

147	ACERO DE REFUERZO F'Y= 4.200 KG/CM2- CORTE Y FIGURADO	kg	142.08	1.23	174.67
Laguna de bajo calado				$ 534.97	
148	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	38.17	0.36	13.92
149	EXCAVACIÓN A MÁQUINA, INCLUYE DESALOJO	m3	19.09	7.59	144.86
150	COMPACTACION MANUAL SUELO NATURAL	m2	38.17	2.73	104.18
151	GEOMEMBRANA DE POLIETILENO 0.50MM.	m2	38.17	5.90	225.17
152	HORMIGÓN SIMPLE EN LOSA DE FONDO F'C= 240 KG/CM2	m3	0.08	140.81	11.41
153	HORMIGÓN SIMPLE EN PAREDES F'C= 240 KG/CM2	m3	0.07	218.02	14.17
154	ACERO DE REFUERZO F'Y= 4.200 KG/CM2- CORTE Y FIGURADO	kg	17.29	1.23	21.25
Humedal de flujo horizontal sub superficial				$ 2'931.13	
155	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	66.12	0.36	24.12
156	EXCAVACIÓN A MÁQUINA, INCLUYE DESALOJO	m3	39.67	7.59	301.12
157	COMPACTACION MANUAL SUELO NATURAL	m2	66.12	2.73	180.47
158	GEOMEMBRANA DE POLIETILENO 0.50MM.	m2	66.12	5.90	390.06
159	PLANTAS PARA LAGUNA DE BAJO CALADO (JUNCOS)	m2	66.12	18.43	1218.89
160	RELLENO CON GRAVA DE 1/2"	m3	23.71	15.06	357.08
161	RELLENO CON GRAVA DE 6 CM	m3	2.74	15.06	41.20
162	RELLENO CON SUELO NATURAL	m3	13.22	4.32	57.19
163	ACCESORIOS PARA HUMEDAL	glb	1.00	361.00	361.00
SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS				**$ 8'327.68**	
Recolección de AASS				$ 1'763.44	
164	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m2	50.96	0.36	18.59
165	EXCAVACIÓN MANUAL	m3	35.58	2.06	73.40
166	RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL	m3	30.58	4.32	132.24
167	SUMINISTRO E INSTALACION TUBERÍA PVC DESAGUE 110 MM	m	68.67	8.07	554.28
168	SUMINISTRO E INSTALACION TUBERÍA PVC DESAGUE 160 MM	m	58.83	8.54	502.62
169	CAJAS DE REVISIÓN PLÁSTICAS	u	5.00	96.46	482.32
Biodigestor				$ 6'564.24	
170	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m2	5.31	0.36	1.94
171	EXCAVACIÓN A MÁQUINA, INCLUYE DESALOJO	m3	15.13	7.59	114.85
172	HORMIGÓN SIMPLE EN LOSA DE FONDO F'C= 240 KG/CM2	m3	0.53	140.81	74.76
173	BIODIGESTOR PREFABRICADO 7000 LT	u	1.00	6365.90	6365.90
174	RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL	m3	1.57	4.32	6.79
		COSTOS DIRECTOS		$ 137'378.69	
		COSTOS INDIRECTOS		$ 6'631.20	
		TOTAL =		$ 144'009.88	

Tabla 4-75 Presupuesto del proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0

Elaboración: David Jiménez

El detalle de cada rubro utilizado se encuentra en el ANEXO 2.

4.4.2. Cronograma valorado

Se estima que el proyecto dura alrededor de 3 a 4 meses, la siguiente tabla muestra el cronograma del proyecto junto con sus respectivos costos generados cada 15 días.

	Tiempo en meses							
	1		2		3		4	
OBRAS PRELIMINARES	815.00							
ESTRUCTURAS								
CENTRO DE TRABAJO		7334.77	4935.27	9632.60	1371.47	4106.21	2515.19	
CENTRO DE ESTUDIOS		7876.40	4852.09	11061.36	1551.58	4389.26	2608.05	
SALA MULTIUSO		9329.66	3964.85	10594.55	1451.71	3435.68	3809.31	
SALA DE MEDITACIÓN		7392.49	4606.02	1136.21	1858.45	3948.43		
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AAPP								
Recolección de AALL			800.11					
Reservorio		1105.58						
Filtro Lento de Arena			4362.75	3338.81				
Desinfección					154.60			
Almacenamiento					722.56	2433.89		
Distribución							2771.56	
SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES								
Recolección de AASS			1507.53					
Sedimentador y trampa de grasas				442.08				
Laguna de bajo calado					534.97			
Humedal de flujo horizontal sub superficial						2931.13		
SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS								
Recolección de AASS			1763.44					
Biodigestor				6564.24				
Parcial	$ 815.00	$ 33'038.9	$ 26'792.06	$ 42'769.87	$ 7'645.35	$ 21'244.60	$ 11'704.11	
Acum..	$ 815.00	$ 33'853.9	$ 60'645.96	$ 103'415.83	$ 111'061.18	$ 132'305.77	$ 144'009.88	

Tabla 4-76 Cronograma valorado

Elaboración: David Jiménez

CAPÍTULO 5

5. RESULTADOS

5.1. Planos estructurales, hidrosanitarios y arquitectónicos del proyecto

Los resultados obtenidos corresponden a los planos estructurales, hidrosanitarios y arquitectónicos, mostrados en el ANEXO3:

- Arquitectónicos:
    - Sala de meditación: planos1-4
    - Centro de trabajo: planos 5-6
    - Centro de estudios: planos 7-8
    - Sala multiuso: planos 9-10
- Estructurales:
    - Detalles de cimentación, cubierta y muros estructurales de adobe reforzado con carrizo: planos 11-14
- Hidráulicos
    - Tuberías de agua potable, aguas grises y aguas negras en Centro de trabajos, Centro de estudios y Sala Multiuso: planos 15-17
    - Reservorio: plano 18
    - Filtro lento de arena: planos 19-20
    - Tanque cisterna: plano 21
    - Corte de sistema de potabilización de agua: plano 22
    - Sedimentador, trampa de grasas y laguna de bajo calado: plano 23
    - Humedal de flujo horizontal subsuperficial: plano 24
    - Red de distribución de AAPP: plano 25
    - Red de recolección de AALL: plano 26
    - Red de recolección de AASS: plano 27

5.2. Presupuesto del proyecto

Mediante el análisis de precios unitarios, se obtuvo el presupuesto total del proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0 y el costo parcial de cada estructura:

OBRAS PRELIMINARES	$ 815.00
CENTRO DE TRABAJO	$ 29'895.52
CENTRO DE ESTUDIOS	$ 32'338.74
SALA MULTIUSO	$ 32'585.77
SALA DE MEDITACIÓN	$ 18'941.61
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AAPP	
Recolección de AALL	$ 800.11
Reservorio	$ 1'105.58
Filtro Lento de Arena	$ 7'701.56
Desinfección	$ 154.60
Almacenamiento	$ 3'156.45
Distribución	$ 2'771.56
SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES	
Recolección de AASS	$ 1'507.53
Sedimentador y trampa de grasas	$ 442.08
Laguna de bajo calado	$ 534.97
Humedal de flujo horizontal sub superficial	$ 2'931.13
SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS	
Recolección de AASS	$ 1'763.44
Biodigestor	$ 6'564.24
	$ 144'009.88

Tabla 5-1 Resumen de presupuesto del proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- El sector de la construcción es uno de los sectores que puede aportar en mayor medida al desarrollo sostenible, esto se lo logra mediante los conceptos de construcción sostenible, dentro de los cuales se busca que los proyectos sean planificados de tal manera que luego de su vida útil puedan volver a su estado natural sin producir ningún impacto en el medio ambiente o disminuyéndolos al mínimo. Además, los proyectos deben utilizar recursos tanto de materiales, agua y energías que sean renovables y que no produzcan impactos en el ambiente durante la construcción, vida útil y disposición final del proyecto.
- El diseño estructural, el cual consiste en un sistema constructivo de muros portantes de adobe reforzado con carrizo mismo que utiliza únicamente materiales como tierra, paja, agua y carrizo, representa un tipo de construcción sostenible, ya que los materiales mencionados pueden ser devueltos su estado natural luego de que la estructura cumpla su vida útil sin haber afectado en mayor medida al ambiente. Sin embargo, existen partes que no se puede alcanzar un grado de sostenibilidad total, tal y como es el caso de la cimentación, en la cual se utilizó hormigón.
- En la parte hidrosanitaria se trató de implementar la captación de aguas lluvia como una fuente sostenible para abastecer el proyecto, no obstante, luego de analizar las precipitaciones medias que se producen en el terreno del parque, se concluyó que el agua captada incluso en los meses de mayor precipitación no es suficiente para abastecer al proyecto entero. Es por eso que se optó por la captación de agua de un canal de riego que atraviesa la propiedad, tratándola mediante un sistema de filtración lenta y desinfección con pastillas de hipoclorito de calcio.

- El tratamiento de aguas residuales, en este caso aguas grises y negras por separado, constituye el cierre de un sistema hidrosanitario sostenible, ya que logra devolver el agua utilizada en el proyecto con un grado de contaminación similar al de ingreso. No obstante, una vez más no se logró obtener un sistema 100% sostenible, ya que existen elementos dentro del sistema, como el filtro lento de arena, que necesitan una estructura de hormigón armado, reduciendo en parte la sostenibilidad del sistema.
- Según la Agencia Nacional de Energía en conjunto con el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos de Ecuador, desde el 2017 el 92% de la energía eléctrica de Ecuador proviene de fuentes renovables de energía, 90% de hidroeléctricas y 2% de fuentes renovables no convencionales, es por esto que se puede concluir que si se toma la energía eléctrica de la red nacional de energía, el proyecto estará utilizando un tipo de energía sostenible. Cabe recalcar que esto es posible únicamente en nuestro país o en países similares los cuales obtengan la mayor parte de su energía eléctrica de fuentes renovables.
- Luego de analizar los materiales utilizados en las estructuras, la garantía de devolución del agua utilizada con niveles de contaminación similares a los del ingreso y la utilización de energía eléctrica obtenida de fuentes renovables, es posible concluir que el proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0 cuenta con un alto grado de sostenibilidad, cumpliendo así con el objetivo principal del presente proyecto de titulación.
- Con respecto a lo estructural, se observa que los muros de adobe sin refuerzo apenas logran cumplir con los esfuerzos laterales últimos producidos. Es por esto que se concluye la necesidad de utilizar un refuerzo, en este caso carrizo a cada 30cm, que garantice la estabilidad de la estructura ante fuerzas laterales. Según ensayos realizados en la facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional, se observa que el refuerzo de los muros aumenta su capacidad ante fuerzas laterales en un múltiplo de 3 a 4 (Bonilla Sánchez & Merino Cabezas, 2017).

- Los muros de adobe reforzado están unidos en su parte superior por una viga llamada viga collar, esta viga cumple el papel de un diafragma y lo que busca es garantizar que la estructura actúe como un solo cuerpo.
- Ante la aplicación de fuerzas laterales, se puede despreciar el aporte de los muros que se encuentren en un eje perpendicular a la línea de acción de la fuerza, debiendo diseñar los muros en un eje paralelo a la línea de acción de la fuerza para resistir el 100% de la misma.
- Con respecto a la parte sanitaria, es necesario separar aguas grises y negras para facilitar su posterior tratamiento.

6.2. Recomendaciones

- Luego de haber investigado y tomado conciencia del concepto de desarrollo sostenible y del concepto de construcción sostenible, se recomienda implementar un pensum de estudio en donde se enseñe de manera directa la importancia de la sostenibilidad en los proyectos de construcción. Para que de esta manera, todos los graduados de la facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional, puedan construir ciudades, vías, puentes, fuentes de energía, etc. que sean sostenibles y no afecten a las futuras generaciones, como ahora se están viendo afectadas por las generaciones pasadas que no tenían estos conceptos de sostenibilidad.
- Basado en el concepto de construcción sostenible, se recomienda a todo proyecto que incluya la evacuación de aguas residuales, separar estas aguas en grises y negras. Es verdad que los sistemas actuales de alcantarillado no transportan aguas grises y negras por separado y que el separarlas en un proyectos repercute en el presupuesto, no obstante, se debe pensar a futuro y proponer un cambio, comenzando por uno mismo; y así en un futuro, quizá no muy cercano, se logre cambiar los sistemas actuales de alcantarillado de las ciudades, separando aguas grises y negras. Si eso ocurre los proyectos ya tendrán su sistema separado instalado y además se habrá provocado un cambio positivo en la sociedad.

- Con respecto al presente proyecto, en la parte estructural, se recomienda seguir los modelos de trabado de adobes propuestos en los planos del ANEXO 3, con el fin de garantizar el buen funcionamiento de los muros estructurales.
- En los muros de adobe reforzado, se deberá amarrar los refuerzos de carrizo horizontal en todas sus intersecciones con los refuerzos de carrizo vertical.
- Los refuerzos de carrizo vertical, además de estar atados al horizontal, deberán amarrarse en la parte de arriba a la viga collar del muro y en la parte de abajo estar sumergidos en el sobrecimiento (30 cm), colocando clavos o alambre #16 de manera horizontal para garantizar su adherencia al sobrecimiento.
- No deben existir dinteles, es decir, las ventanas y puertas deben llegar hasta el nivel del techo.
- Las uniones de tuberías de aguas servidas no deben estar conectadas en ángulos de 90°, se recomienda utilizar un ángulo de 45°.
- Debido a que el Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0 albergará una gran cantidad de personas, incluyendo niños, se recomienda colocar una cerca alrededor del reservorio de agua para evitar posibles accidentes.
- Tanto el reservorio como la laguna de bajo calado y el humedal de flujo subsuperficial no deberán tener las esquinas redondeadas, esto debido a que al momento de instalar la geomembrana se dificulta su colocación en las esquinas si tienen forma circular.
- Las plantas colocadas en el humedal pueden ser de cualquier tipo sub acuático, sin embargo, se recomienda colocar juncos por su excelente desempeño observado en otros humedales.

BIBLIOGRAFÍA

Armario, P., Hernández del Rey, R., & Martín-Baranera, M. (Enero de 2002). Estrés, enfermedad cardiovascular e hipertensión arterial. Obtenido de Medicina Clínica: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025775302733010

Bonilla Sánchez, D. J., & Merino Cabezas, J. G. (2017). ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA CAÑA GUADÚA Y SU APLICACIÓN COMO REFUERZO EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE ADOBE. Obtenido de Repositorio Digital - EPN: http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17267

CICAM. (2018). Centro de Investigación y Control Ambiental. Quito.

Cortéz Martínez, F., Luévanos Rojas, A., Luévanos Rojas, R., Uranga Sifuentes, A. C., Ávila Garza, C. M., & González Barrios, J. L. (2011). Diseño de lagunas de estabilización en serie con diferentes configuraciones . Obtenido de http://www.redalyc.org/pdf/1939/193921377001.pdf

Delgado Noboa, D., & Dávalos Villacrés, B. (2016). AGENCIA NACIONAL DE ENERGÍA. Obtenido de MINISTERIO COORDINADOR DE SECTORES ESTRTÉGICOS: http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00362.pdf

Ecuador Forestal. (2013). Ficha Técnica No. 15 EUCALYPTUS GLOBULUS LABILL. Obtenido de http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-15-eucalyptus-globulus-labill/

Fundacion Ágora . (2017). Información Fundacion Ágora . Quito.

FUNDACIÓN ÁGORA. (2017). Proyecto Parque de Estudio y Reflexión Latitud 0. Quito.

Gónzalez, J., Zaragoza, J., & Díaz, J. (2004). Un sistema de planeación para proyectos de construcción con base en actividades a partir de un

presupuesto de precios unitarios. Obtenido de redalyc.org: http://www.redalyc.org/html/467/46780207/

INAMHI. (2017). Instituto Nacional de Metereología e Hidrología. Obtenido de Anuarios Meteorológicos: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/

Instituto Meteorológico Nacional. (2000). Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos. Obtenido de http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/revista/topicosmet20001/html5/index.html?page=1&noflash

Martínez, R. (2018). Estudio de Mecánica de Suelos, PROYECTO: PARQUE DE ESTUDIO Y REFLEXIÓN LATITUD 0 DE PROPIEDAD DE LA FUNDACIÓN ÁGORA. Quito.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. (2010). MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BÁSICAS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA (SCALL) EN EL SECTOR AGROPECUARIO DE COSTA RICA Y RECOMENDACIONES PARA SU UTILIZACIÓN. COSTA RICA.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DE COSTA RICA. (2010). MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BÁSICAS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA (SCALL) EN EL SECTOR AGROPECUARIO DE COSTA RICA Y RECOMENDACIONES PARA SU UTILIZACIÓN.

MOP, Minvu, Minenergía, MMA. (Diciembre de 2013). Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Energía, Ministerio de Medio Ambiente. Obtenido de Estrategia Nacional de Construcción Sustentable: http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2014/10/2_Estrategia-Construccion-Sustentable.pdf

NORMA E.030. (2016). DISEÑO SISMORESISTENTE . PERÚ.

NORMA E.080. (Abril de 2017). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA. PERÚ.

Norma Ecuatoriana de la Construcción . (2015). Cargas no sísmicas.

Norma Ecuatoriana de la Construcción . (2015). VIVIENDAS DE HASTA 2 PISOS CON LUCESDE HASTA 5 m.

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE .

ONU-HABITAT. (2008). MANUAL DE HUMEDALES ARTIFICIALES, Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.

OPS. (2000). Filtración Lenta. Obtenido de http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/desinfeccion/capitulo5.pdf

OPS. (2005). GUÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS . Obtenido de Organización Panamericana de la Salud: http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/174esp-diseno-FiME.pdf

PAP-PDA. (2016). Reservorios de Agua Municipio de Chitaga. Obtenido de PAP-PDA Norte de Santander: http://pdanortedesantander.com/?p=1293

Parque de Estudio y Reflexíon Aloasí . (2017). Parques de Estudio y Reflexíon Aloasí . Obtenido de http://parquealoasi.com

Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas. (2017). Parques de Estudio y Reflexión Punta de Vacas. Obtenido de http://www.parquepuntadevacas.net

Pinto, P. (2016). Costos del proyecto. Costos en la construcción, Escuela Politécnica Nacional, 13. Quito.

Rabat Blázquez, J. (2016). Análisis de los modelos de diseño de los sistemas naturales de depuración. Obtenido de Universidad de Alicante, Máster Universitario en Gestión Sostenible y Tecnologías del Agua: https://iuaca.ua.es/es/master-agua/documentos/-gestadm/trabajos-fin-de-master/tfm10/tfm10-jorge-rabat-blazquez.pdf

Remache Rodríguez, M. D., & Zuleta Cevallos, C. S. (2017). DISEÑO Y PRESUPUESTO DE UN COMPLEJO ECO TURÍSTICO SUSTENTABLE EN LA RESERVA ECOLÓGICA MACHE-CHINDUL SECTOR LA LAGUNA, PROVINCIA DE ESMERALDAS. Obtenido de Repositorio Digital - EPN: http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18799

Rodríguez, F., & Fernández, G. (agosto de 2010). Ingeniería sostenible: nuevos objetivos en los proyectos de construcción. ESPAÑA: Universidad Politécnica de Madrid.

Romero Navarrete, R. N. (2017). Implementación de un post tratamiento por laguna de maduración de bajo calado para el efluente de un digestor anaerobio doméstico rural. Obtenido de Repositorio digital EPN: http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17442

Rotoplas. (2018). Biodigestor Autolimpiable Rotoplas. Obtenido de http://rotoplas.com.ec/categoria-producto/biodigestores/

Royal Academy of Engineering. (2005). Engineering for sustainable development Guiding Principles.

Solsona, F., & Méndez, J. P. (2002). Desinfección del agua. Obtenido de OPS/CEPIS: http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/fulltext/libro.pdf

Torres Guerrón, M. C. (2015). Instalaciones en los edificios. Quito, Pichincha: Escuela Politécnica Nacional.

TULSMA. (2015). Texto Unificado de Legislacion Secundaria de Medio Ambiente. Obtenido de http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155124.pdf

United Nations Enviroment Programme. (Agosto de 2014). Situación de la Edificación Sostenible en América Latina. México.

Vaca, I. F. (2011). Exposiciones sobre Estructuras de tierra, Estructuras pared portante de mampostería y hormigón armado. Quito.

Winter, G., & Nilson, A. H. (1981). Proyecto de estructuras de hormigón. España: REVERTÉ.

ZÚÑIGA MALDONADO, E. L. (2010). DISEÑO DE PLANTA DE POTABILIZACIÓN DEL PROYECTO REGIONAL DE AGUA POTABLE DE LA PROVINCIA DE ORELLANA COCA-LORETO-SACHA. Obtenido de Repositorio digital - EPN: http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2224