



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

TEMA: "SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA PARA CISTERNAS
MEDIANTE CAPTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR"

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Tecnólogo en Construcciones y
Domótica

Profesor Guía
Ing. Jorge Enrique Álava

Autor
Cristina Elizabeth Avilés Fuel

Año
2018

Declaración del profesor Guía

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con la estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las diapositivas vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Jorge Enrique Álava
Ingeniero
C.C.1706348073

Declaración del profesor Corrector

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con la estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las diapositivas vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

André Jacobo Hernández Mena
Ingeniero
C.C. 1716589740

Declaratoria de Autoría del Estudiante

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se ha citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos del autor vigentes.

Cristina Elizabeth Avilés Fuel
CC.1723551527

Dedicatoria

A mis padres que con amor y esfuerzo me han apoyado a conseguir mis sueños dándome ánimos en todo momento. Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas las personas que comparten mis días.

Agradecimiento

A mi madre por sus consejos, apoyo, ánimo y compañía. De igual, doy las gracias al hogar de ancianos "Betania" por proporcionarme la información para desarrollar el proyecto de trabajo de fin de carrera y en especial a quienes con su paciencia y tiempo me ayudaron a culminar mi carrera

Resumen.

En este trabajo de titulación se elaboró una guía práctica para la implementación de un sistema de calentamiento solar, el mismo que debe almacenar el agua caliente en una cisterna aislada térmicamente y que se encuentra bajo tierra. Durante la elaboración de este documento se incurrió en la investigación de distintas fuentes bibliográficas por medio de las cuales se determinó la influencia de las condiciones ambientales sobre los colectores solares, también, se desarrolló un desglose de los distintos sistemas de calentamiento de agua y formas de almacenamiento como la utilización de cisternas, además, se encontró varios parámetros con los cuales se desarrolló los distintos cálculos.

Para la elaboración de la guía se realizó la investigación de dos lugares donde se podría instalar este sistema que son: Una vivienda perteneciente a la familia Morales y el asilo Betania en los cuales se desarrolló el cálculo para determinar la capacidad mínima de reserva de agua dependiendo el número de personas que residen en esos sitios.

Posteriormente, a esto se elaboró los cálculos necesarios para poder instalar el sistema de aislamiento en las distintas cisternas donde se determinó que el aislante que debe ser utilizado es el poliestireno por las distintas propiedades que posee y por costos cuyo espesor debe ser de 10 cm, valor que fue determinado mediante modelo matemático de transferencia de calor desarrollado para el sistema que conforma el conjunto de aislamiento y la cisterna. También, se hizo la propuesta para la implementación de sistemas de calentamiento solar mediante la utilización de colectores planos.

Además, se elaboró un desglose económico aproximado de cuanto se debería invertir para la implementación del sistema tanto en el asilo como en la vivienda, también, se desarrolló diagramas de flujo donde se especifica de forma detallada y ordenada los pasos a seguir para la construcción e implementación de este conjunto calefacción de agua y almacenamiento. Por último, se enumeran las conclusiones y recomendaciones encontradas en la realización de este trabajo.

Abstract

In this titling work, a practical guide was developed for the implementation of a solar heating system, which must store the hot water in a thermally isolated cistern that is underground. During the elaboration of this document, research was carried out from different bibliographic sources by means of which the influence of environmental conditions on solar collectors was determined, as well as a breakdown of the different water heating systems and forms of water was developed. storage as well as the use of tanks, in addition, several parameters were found with which the different calculations were developed.

For the elaboration of the guide, an investigation was made of two places where this system could be installed: A house belonging to the Morales family and the Betania asylum in which the calculation was developed to finish the minimum water reserve capacity depending the number of people residing in those sites.

Later, to this the necessary calculations were elaborated to be able to install the system of isolation in the different cisterns where it was determined that the insulator that must be used is the polystyrene for the different properties that it has and for costs whose thickness must be of 10 cm value was determined by mathematical model of heat transfer developed for the system that makes up the insulation set and the cistern. Also, the proposal was made for the implementation of solar heating systems through the use of flat collectors.

In addition, an approximate economic breakdown of what should be invested for the implementation of the system in both the asylum and the housing was developed, also, flow diagrams were developed where the steps to be followed for the construction and detailing are specified in a detailed and orderly manner. implementation of this water heating and storage set. Finally, the conclusions and recommendations found in the realization of this work are listed.

Índice

CAPÍTULO I	1
GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes.	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.3. Descripción del Problema	3
1.4. Objetivos:	3
1.4.1. Objetivo General:	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Alcance.	4
1.6. Justificación del proyecto	4
1.6.1. Justificación teórica	4
1.6.2. Justificación Práctica.	5
1.6.3. Justificación metodológica	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Energía solar.	7
2.1.1. Ventajas de la energía solar.	7
2.1.2. Desventajas de la energía solar.	8
2.2. Sistema de energía solar térmica	9
2.2.1. Aplicaciones:	10
2.2.2. Ventajas.	11
2.3. Calentadores solares.	12
2.3.1. Funcionamiento.	12
2.4. Tipos de calentadores	13
2.4.1. Tipos de calentadores solares.	13

2.4.2. Calentadores eléctricos. -----	15
2.4.3. Calentadores de combustión. -----	16
2.4.4. Calentadores híbridos. -----	16
2.5. Recursos solares en la ubicación geográfica. -----	16
2.5.1. Radiación solar-----	17
2.5.2. Irradiancia -----	18
2.5.3. Irradiación -----	19
2.5.4. Insolación -----	19
Comportamiento de la insolación solar en Ecuador -----	19
2.5.5. Estimación de la demanda potencial -----	20
2.6. Normativa técnica para la construcción de cisternas. -----	21
2.7. Normativa técnica para la construcción de colectores solares.-----	23
2.8. Normativa de gestión ambiental.-----	23
CAPÍTULO III-----	24
ESTUDIO TÉCNICO DEL PLANO DE VIVIENDA Y CENTRO COMUNITARIO -----	24
3.1. Análisis de los planos arquitectónicos. -----	24
3.1.1. Planos de la Vivienda.-----	24
3.1.2. Centro comunitario. -----	26
3.2. Macro localización y micro localización -----	27
3.2.1. Vivienda. -----	27
3.2.1.1. Macro localización. -----	27
3.2.1.2. Micro-localización. -----	28
3.2.2. Centro comunitario. -----	29
3.2.2.1. Macro-localización. -----	29
3.2.2.2. Micro localización. -----	29

3.3. Cálculo del número de usuarios del sistema de agua caliente sanitaria. --	30
3.3.1. Vivienda. -----	30
3.3.2. Centro comunitario. -----	30
3.4. Cálculo de la demanda por día de agua caliente sanitaria.-----	31
3.4.1. Vivienda. -----	31
3.4.2. Centro comunitario. -----	32
3.5. Cálculo de la reserva de agua. -----	33
3.5.1. Vivienda. -----	33
3.5.2. Centro comunitario. -----	33
3.6. Cálculo de la capacidad mínima de la reserva (cisterna).-----	34
3.6.1. Vivienda. -----	34
3.6.2. Centro comunitario. -----	34
3.7. Determinación física y ubicación de la cisterna. -----	35
3.7.1. Vivienda. -----	35
3.7.2. Centro comunitario. -----	36
CAPÍTULO IV -----	37
PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA CISTERNA-----	37
4.1. Cisternas Afines al proyecto.-----	37
4.1.1. Cisterna para la vivienda. -----	37
4.1.2. Cisterna para el centro comunitario.-----	40
4.2. Materiales de construcción adecuados para la cisterna. -----	41
4.2.1. Vivienda. -----	41
4.2.2. Centro comunitario. -----	42
4.3. Materiales con alta capacidad de aislamiento térmico. -----	42
4.3.1. Selección del aislante para la cisterna. -----	47
4.4. Cálculos de espesores.-----	49

4.4.1. Cálculo del espesor del aislante en la cisterna de la vivienda. -----	49
4.4.2. Calculo del espesor del aislante en la cisterna del asilo. -----	55
4.5. Herramientas para la construcción de la cisterna. -----	58
4.6. Análisis del costo de cisternas. -----	58
4.6.1. Costos de construcción de la cisterna de la vivienda. -----	58
4.6.2. Costos de adecuación de la cisterna de sitio comunitario. -----	63
CAPÍTULO V -----	66
PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN COLETOR SOLAR DE PLACAS ABSORVENTES -----	66
5.1. Tipo de colector solar a Fin al Proyecto. -----	66
5.2. Materiales Plásticos y Aislantes resistente a las adversidades Climáticas. -----	68
5.2.1. Materiales plásticos. -----	68
5.2.2. Materiales aislantes. -----	70
5.3. Preparación de la ducteria de entrada y salida de agua. -----	71
5.3.1. Entrada y salida del colector solar. -----	71
5.3.2. Entrada y salida de la cisterna. -----	72
5.4. Análisis del colector solar. -----	72
5.4.1. Materiales para el ensamble del Colector solar. -----	72
5.4.2. Herramientas para la construcción de los colectores. -----	73
5.4.3. Análisis del costo del colector solar. -----	73
5.5. Esquematizar el funcionamiento de colector solar en tres dimensiones. --	74
5.6. Analizar costo del sistema total. -----	76
CAPÍTULO VI -----	79
DESARROLLO DE LA GUÍA PRÁCTICA DEL PROCESO -----	79
6.1. Diagrama de flujo para la construcción de la cisterna. -----	79

6.2. Diagrama de procesos constructivos. -----	80
6.2.1. Cisterna móvil.-----	82
6.2.2. Cisterna fija.-----	83
6.3. Diagrama de flujo para la instalación del sistema calentamiento solar. ---	83
6.4. Especificaciones y requerimientos -----	85
CONCLUSIONES -----	88
RECOMENDACIONES -----	90
Glosario de Términos -----	91
Simbología -----	92
REFERENCIA -----	94
ANEXOS -----	101

Índice de Figuras

Figura 1: Esquema del problema.	2
Figura 2: Sistema de calentamiento solar	9
Figura 3: Principio de funcionamiento de un colector solar de agua.	12
Figura 4: Colector solar plano.	13
Figura 5: Colector solar de tubos al vacío.	14
Figura 6: Colector de concentración solar.	15
Figura 7: Espectro electromagnético	17
Figura 8: Radiación solar, después de atravesar la atmósfera.....	17
Figura 9: Ángulos con los que entra la radiación solar	18
Figura 10: Ángulos con los que entra la radiación solar	18
Figura 11: Radiación incide en la región ecuatorial.....	19
Figura 12: Consumo de energía por sectores.	20
Figura 13: Consumo de electricidad del Ecuador por sectores.	21
Figura 14: Cisternas de PVC.....	22
Figura 15: Cisternas de Concreto.....	22
Figura 16: Planta Baja de la vivienda	24
Figura 17: Planta Alta, de la vivienda	25
Figura 18: Mapa de evacuación del centro comunitario	26
Figura 19: Plano del centro comunitario.....	27
Figura 20: Macro-localización de la vivienda.....	28
Figura 21: Micro-localización de la vivienda.....	28
Figura 22: Macro-localización, del centro comunitario.	29
Figura 23: Micro-localización, del hogar de ancianos.....	30
Figura 24: Dimensiones de la cisterna para la vivienda.	34
Figura 25: Dimensiones de la cisterna, del hogar de ancianos.	35
Figura 26: Ubicación de la cisterna en la vivienda.	35
Figura 27: Ubicación de la cisterna en el centro comunitario.	36
Figura 28: Cisterna de Polietileno.	37
Figura 29: Cisterna de Polietileno esquematizada.	39
Figura 30: Instalación de la cisterna para la vivienda.....	40
Figura 31: Instalación de la cisterna para centro comunitario	40

Figura 32: Conductividad térmica efectiva para aislantes.	43
Figura 33: Lana de vidrio.....	44
Figura 34: Manta Cerámica.	45
Figura 35: Planchas de poliestireno.	46
Figura 36: Esquema de la cisterna Implementada.	50
Figura 37: Esquema de resistencias.	50
Figura 38: Esquema de resistencias con variables.	51
Figura 39: Esquema de resistencias con variables en la cisterna del asilo.....	56
Figura 40: Costo del tanque cisterna.....	58
Figura 41: Adecuación del tanque cisterna.	59
Figura 42: Volumen de concreto en la vivienda.....	60
Figura 43:Costo del metro cúbico del concreto.	61
Figura 44: Aislamiento de la cisterna del asilo.	63
Figura 45: Concreto necesario.	63
Figura 46: Aislante superior.....	64
Figura 47: Aislante inferior.....	64
Figura 48: Colector solar semiesférico.....	67
Figura 49:Tubería con aislamiento Térmico.	71
Figura 50: Colector solar de placas planas absorbentes.....	74
Figura 51: Sistema de calentamiento del agua en la vivienda.	75
Figura 52: Esquema de agua caliente de la vivienda.	75
Figura 53: Sistema de calentamiento solar instalado en la cisterna.....	76
Figura 54: Diagrama de flujo para la construcción de la cisterna.	80
Figura 55: Diagrama de procesos constructivos.	82
Figura 56: Esquema de la base de hormigón de la cisterna.	82
Figura 57: Diagrama de flujo para la instalación del sistema por calentamiento solar	84
Figura 58: Esquema del sistema de calefacción total.	84
Figura 59: Elementos del sistema de bombeo.	85
Figura 60:Esquema de instalación del sistema de bombeo.	86
Figura 61: Aislamiento en la cisterna de la vivienda y el asilo.....	86

Índice de tablas

Tabla 1. Radiación Directa para Pichincha.....	20
Tabla 2. Distribución de los departamentos en la vivienda.	25
Tabla 3. Distribución de las dimensiones de para la cisterna de la vivienda. ...	34
Tabla 4. Distribución de las dimensiones de la cisterna para el sitio de ayuda.35	
Tabla 5. Dimensiones de la cisterna de polietileno.	38
Tabla 6. Aislantes a seleccionar.....	47
Tabla 7. Ventajas y porcentaje de importancia.....	47
Tabla 8. Criterios de calificación.....	48
Tabla 9. Evaluación de los parámetros.	48
Tabla 10. Selección de la alternativa.....	49
Tabla 11. Resultados de cálculos cisterna de la vivienda.	55
Tabla 12. Resultados de cálculos cisterna del asilo.	57
Tabla 13. Resistencia del hormigón.	61
Tabla 14. Desglose del costo de instalación de la cisterna en la vivienda	63
Tabla 15. Desglose del costo de instalación del aislante en el asilo	65
Tabla 16. Tabla de comparaciones de colectores.	67
Tabla 17. Tabla de costos del sistema total en la vivienda.	77
Tabla 18. Tabla de costos del sistema total en el asilo	78
Tabla 19. Elementos del sistema de calentamiento solar.	84

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Antecedentes.

El agua caliente constituye un consumo energético importante a nivel internacional existen algunos estudios de medida de este consumo. En general se considera que un consumo medio típico es del orden de los 40 litros por día y persona.(Placco, Saravia, & Cadena, 2011)

En los países en desarrollo este consumo constituye entre el 30 y el 40% del consumo de energía, este porcentaje es mayor que en los países desarrollados, donde el consumo de energía para producir agua caliente sanitaria (ACS) se supone del 26% del consumo total de la vivienda. Por esta razón, el calentamiento de agua mediante energía solar, más allá de ser una alternativa ecológica, se ha convertido en una tecnología económicamente atractiva y competitiva en muchos países. En los últimos años se está produciendo un aumento notable de instalaciones de energía solar térmica en el mundo; los avances tecnológicos permitieron la fabricación de sistemas de mejor calidad y a menor costo y la sociedad está entendiendo la necesidad de sustituir los combustibles fósiles. (Placco et al., 2011)

Los colectores solares son dispositivos utilizados para coleccionar, absorber y transferir energía solar a un fluido, que puede ser agua o aire. La energía solar, puede ser utilizada para calentar agua, para sistemas de calefacción o para climatización de piscinas. Desde su primera invención, hace 120 años, se han desarrollado diversas formas de colectores solares térmicos, que van de los colectores planos a los colectores parabólicos y helióstatos. Se estima que, en todo el mundo, el área instalada de colectores solares supera los $58 \times 10^6 \text{ m}^2$. (Placco et al., 2011)

Para calentar agua a temperatura media, para calefacción de espacios y para procesos industriales, las aplicaciones más utilizadas son los colectores planos, en los cuales el área de la superficie absorbadora es la misma que el área total

del colector; o tubulares, en los que el absorbedor se encuentra dentro de un tubo de vidrio al vacío. Estos últimos pueden incluir, ya sea dentro o fuera del tubo, espejos cilindro-parabólicos para centrar la energía solar en el sitio absorbe la energía. (Placco et al., 2011)

Temperaturas de 40 a 70 °C son alcanzadas fácilmente por los colectores planos; el uso de superficies selectivas y reflectores junto a la retención de calor, hace que los colectores de tubos de vacío alcancen temperaturas significativamente más elevadas. (Placco et al., 2011)

Un colector necesita ser seleccionado cuidadosamente de acuerdo a la temperatura del fluido que debe proporcionar, para la aplicación prevista y de acuerdo al clima del lugar en el cuál va a estar emplazado. Un colector diseñado para aplicaciones en las que se necesitan fluidos a alta temperatura no resulta más eficiente cuando operan a bajas temperaturas. (Placco et al., 2011)

1.2. Formulación del Problema

En la figura 1, se muestra la representación esquemática del problema para este proyecto.

EFFECTOS

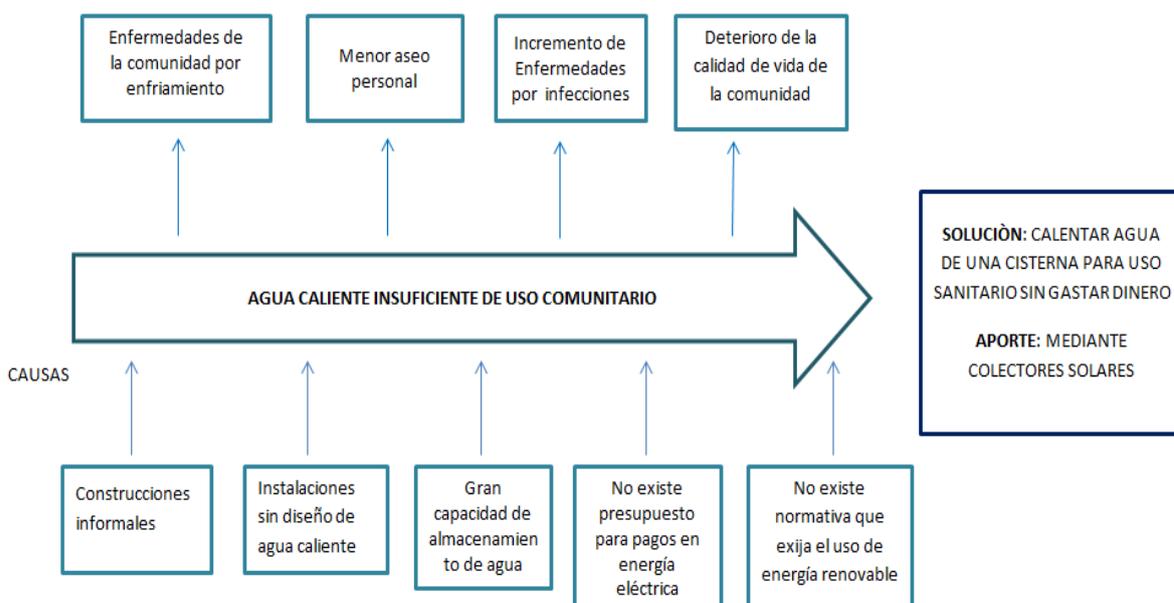


Figura 1: Esquema del problema.

1.3. Descripción del Problema

La falta de agua caliente sanitaria (ACS) en viviendas y centros comunitarios de interés social se debe a las construcciones informales ya que existen diseños inapropiados en cuanto a instalaciones de agua caliente sanitaria, la gran capacidad de almacenamiento de agua para calentar por medio de gas o energía eléctrica y satisfacer las necesidades del usuario, esto afecta al presupuesto económico de cada familia. Por otra parte, no existe una normativa que exija el uso de energía renovable en el país.

Todas las causas mencionadas generan deterioro del confort y calidad de vida en viviendas o centros comunitarios produciendo un incremento de las enfermedades por infecciones ya que crea menos aseo personal en cada individuo.

La solución está en proponer una guía para la implementación de un sistema de calentamiento de agua de una cisterna mediante el uso de un kit de colectores solares para uso en viviendas o centros comunitarios generando así el correcto aprovechamiento de la energía solar en beneficio de un grupo humano.

1.4. Objetivos:

1.4.1. Objetivo General:

Proponer una guía de implementación de calentamiento de agua para cisternas de 30m³, mediante el uso de un colector solar en viviendas de interés social, generando así el correcto aprovechamiento de energía solar.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Definir el plano de la comunidad y vivienda de interés social en el cual se implantará la cisterna y la ubicación del kit de colectores.
- Investigar el proceso constructivo de una cisterna y colectores solares.

- Elaborar un proceso la construcción de una cisterna térmicamente aislada.
- Determinar los costos que se debe invertir en la implementación de un sistema de calentamiento solar con las cisternas aisladas.
- Seleccionar el tipo de material útil para las cisternas.
- Desarrollar cálculos para encontrar los espesores para los aislantes térmicos.
- Elaborar una guía práctica del proceso de implementación de un colector con especificaciones técnicas sobre la construcción, montaje de piezas y la instalación del sistema de calentamiento de agua de una cisterna por medio de energía solar.

1.5. Alcance.

Elaborar una guía práctica del proceso de instalación de un sistema de calentamiento de agua para una cisterna por medio de energía solar, a su vez se dará a conocer el proceso constructivo de una cisterna la cual tiene que estar aislada térmicamente en todo su perímetro para almacenar el agua a una temperatura media para el uso de agua caliente sanitaria en viviendas económicas. Cabe mencionar que en este proyecto no se va a realizar ningún prototipo a escala.

1.6. Justificación del proyecto

1.6.1. Justificación teórica

El presente proyecto tiene como objetivo aplicar todos los conocimientos adquiridos para el desarrollo de nuevas tecnologías, procesos constructivos, aplicando nuevas tendencias como es el consumo de las fuentes renovables

Para la ejecución del proyecto es necesario aplicar los conocimientos de introducción a la construcción, integrando los diferentes sistemas constructivos que nos sirvan para materializar una idea. El dibujo para las construcciones se aplica para plasmar un objeto, con toda la información necesaria para llevar a

cabo su construcción de manera precisa. Esto nos ha servido al hacer el levantamiento planímetro del proyecto. Los materiales de construcción nos dan a conocer las propiedades y limitaciones de cada material y seleccionar los necesarios, (económico, resistente y estético) afines al proyecto.

Instalaciones Hidrosanitarias y física de construcciones nos sirve para el cálculo de agua, la preparación de los ductos de entrada y salida del agua y la capacidad de la cisterna más el número de usuarios que se beneficiaran del sistema.

Para el análisis de los planos arquitectónicos de proyecto nos es de ayuda la materia de lectura de planos, ya que así podemos identificar la mejor ubicación del colector y la cisterna.

Actualidad tecnológica nos da a conocer los beneficios de utilizar las energías renovables mediante el aprovechamiento del sol y análisis de precios unitarios para el presupuesto del sistema (cisterna y colector). Dicho conocimiento fue adquiriendo durante la formación académica en la UDLA.

1.6.2. Justificación Práctica.

Este trabajo de titulación se desarrolla porque existe un alto consumo de energía para el calentamiento del agua en las distintas zonas de Quito, especialmente en los lugares que se encuentra a mayor altura, y en sitios residenciales como lo son los asilos de ancianos, es así que nace la necesidad de ahorrar electricidad y consumo de GLP(Gas licuado de petróleo) ya que en los últimos años se ha elevado el consumo, por lo que representan un gasto considerable a los distintos hogares especialmente en la sierra ecuatoriana.

La idea de crear una cisterna subterránea con aislamiento térmico que permita almacenar agua caliente que proveniente de un sistema de calentamiento solar podría dar solución a los problemas existentes en los sistemas de calentamiento comunes, donde el agua debe ser utilizada inmediatamente cuando sale del colector y en días lluviosos o en la noche son inútiles, mientras que si se almacena agua caliente en una cisterna bien aislada se puede utilizar a cualquier hora del día y hasta en las noches siempre y cuando se cuente con un buen

sistema de aislamiento en la cisterna y días soleados para poder recolectar agua caliente.

1.6.3. Justificación metodológica

Para la aplicación y determinación de los aislamientos ideales para cisternas se realizará una indagación mediante un método cuantitativo, donde, por medio de parámetros técnicos y aplicación de ecuaciones se obtenga el espesor ideal para aislar cisternas.

También, a través de una aplicación directa hacia una vivienda y un asilo de ancianos se podrá obtener resultados con la finalidad de proponer una guía práctica para la implementación de este sistema, de tal forma que se puedan desarrollar de forma fácil, dependiendo de los resultados obtenidos y comprobando su validez y confiabilidad se podrá recomendar su aplicación para distintas instituciones donde se consume gran cantidad de agua caliente como los hospitales y centros de salud.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Energía solar.

La energía solar proveniente del sol, se manifiesta en forma de calor y luz radiante, las cuales pueden ser aprovechadas mediante una gama de tecnologías que en la actualidad se han desarrollado. Además, constituye una fuente sustancial de energía renovable y sus tecnologías para aprovecharla se caracterizan principalmente como: energía solar pasiva y solar activa, esta clasificación está determinada según cómo se capture y se distribuya la energía solar.

- **Las técnicas solares activas:** Son procesos tecnológicos altamente desarrollados en los últimos años que incluyen sistemas fotovoltaicos, energía solar concentrada y calentamiento de agua solar para aprovechar la energía calórica.(CEMAER, 2012)
- **Las técnicas solares pasivas:** Incluyen determinar materiales o sistemas que permitan controlar la energía calórica producida por el sol, un ejemplo práctico es en la construcción de edificios donde se selecciona materiales con una masa térmica favorable o propiedades de dispersión de la luz para poder controlar los parámetros de radiación, del mismo modo, también se hacen diseño específico como los espacios para que circulen el aire de forma natural y mantener refrigerada la construcción.(Energía solar, 2015)

2.1.1. Ventajas de la energía solar.

La energía solar presenta un sin número de ventajas, las cuales se clasifican dependiendo las aplicaciones que pueden ser, medio ambientales, de estrategia y socio económicas.

- Es una fuente inagotable de energía, y tiene sin número de aplicaciones tanto domésticas como industriales.

- Es muy utilizada para iluminar lugares cubiertos, como galpones o mercados con cubiertas de iluminación natural.
- Por medio de equipos especializados se puede producir energía eléctrica.
- Con ayuda de equipos se puede aprovechar su poder calórico para el calentamiento de agua, la cocción de alimentos o calefacción.
- Permite disminuir la dependencia de los combustibles fósiles.
- Se puede proveer de energía eléctrica a países, con poca accesibilidad de tecnología.
- El uso de esta energía ayuda a la disminución de CO₂ hacia el medio ambiente.
- Si se aprovecha adecuadamente este tipo de energía, puede significar un ahorro grande en lo económico.
- Se puede generar nuevas fuentes de trabajo por medio de la producción de equipos.

2.1.2. Desventajas de la energía solar.

La energía solar, a pesar de no emitir ningún tipo de contaminante hacia al planeta representa desventajas que se relacionan con la climatología y los costos que se debe invertir para el procesamiento adecuado que son:

- No es tan eficiente con respecto a la energía producida por los combustibles fósiles, razón por la cual no la ha podido reemplazar.
- Para aprovecharla con mayor eficiencia se la debe almacenar, especialmente cuando se produce energía eléctrica
- Las fuentes de almacenamiento tienen un costo altísimo.
- Al ser energía que está en función de las condiciones climatológicas y ubicación geográfica, no se la puede controlar adecuadamente.
- Este tipo de energía es muy alta en lugares poco accesibles para el ser humano, como es el caso de las zonas desérticas.(twenergy.com, 2012)
- Los costos de instalación y fabricación de la tecnología son muy elevados.

- Genera gran contaminación visual en comparación a la hidráulica, ya que, necesita de extensas áreas para producir pequeñas cantidades de energía
- Para poder obtener elevadas cantidades de energía se necesita ocupar grandes superficies.(twenergy.com, 2012)
- La instalación de los equipos puede ocasionar cambios en el ecosistema.

2.2. Sistema de energía solar térmica

Los sistemas de energía solar térmica estas conformados por un conjunto de elementos que permiten la utilización de la energía calórica del sol de forma adecuada y eficiente. En la figura 2, se puede ver un esquema generalizado de un sistema de captación calórica.

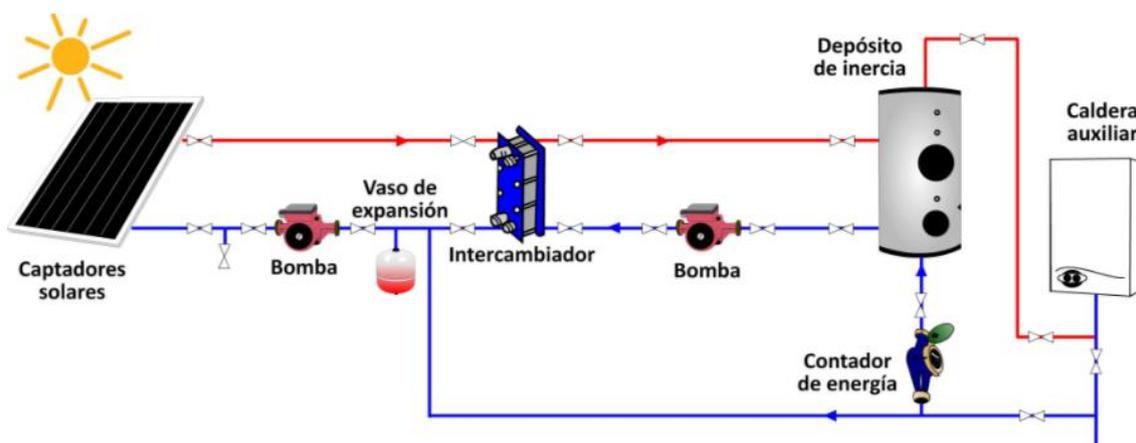


Figura 2: Sistema de calentamiento solar
Tomado de:(cenitsolar.com, 2017).

En la figura anterior se tiene un número determinado de elementos que se utilizan para el procesamiento de la energía calórica, los principales son:

- Captadores Solares: Es un equipo que tiene la capacidad de captar la mayor cantidad de energía térmica del sol que incide sobre su superficie, por medio de materiales especiales que van orientados adecuadamente, realizan el fenómeno de transferencia de calor hacia un determinado fluido que está en su interior el cual es el encargado de transportar la energía térmica, que luego será aprovechada de alguna forma.

- Bombas: Elementos mecánicos, que ayudan a incrementar la energía cinética del fluido para que éste tenga la capacidad de llegar a sitios específicos y con buena presión y rapidez, de tal forma que se minimice la pérdida de energía térmica en las tuberías.
- Tuberías: Elementos por donde se transporta el fluido desde los captadores.
- Depósito de inercia: Depósito donde se almacena el fluido que proviene de los captadores, los mismos que deben estar ubicados de forma específica para que se pueda aprovechar la energía potencial del líquido para su debida distribución. Además, deben contar con aislamiento térmico para evitar pérdidas.
- Vaso de expansión: Elemento que es el encargado de absorber las dilataciones que se producen en el fluido cuando está en un circuito cerrado y que se producen por el aumento de temperatura.

2.2.1. Aplicaciones:

Existe algunos sistemas que permiten el aprovechamiento de la energía solar térmica los cuales se clasifican de acuerdo a la funcionalidad que desempeñan como:

- Sistemas para calentamiento de agua en piscinas: Este sistema está conformado por un gran conjunto de captadores solares, los mismos que elevan la temperatura del agua cuando esta pasa a través ellos y que luego es enviada a depósitos grandes desde donde se hace la alimentación hacia las piscinas, por medio de bombas.
- Sistema de calefacción auxiliares en edificios: En este caso los captadores solares permiten calentar el aire que se encuentra en un recinto cerrado como puede ser el dormitorio de un hotel.
- Sistemas de suministro de agua caliente para sanitarios: En este caso los captadores solares son en menor cantidad que las que se utilizan para las piscinas, pues la cantidad de agua que hay que calentar es baja, por lo

que se utiliza para lavamos, inodoros e incluso para ducharse. Sus usos son en domicilios pequeños como en grandes edificios.

- **Sistemas de destilación:** La funcionalidad es la misma que las anteriores que es calentar el fluido, pero en este caso se lo hace para retirar impurezas o minerales que se encuentra en él líquido, su aplicación generalmente está en laboratorios de alimentos donde, el agua destilada obtenida mediante estos equipos es utilizada para lavar cristalería o incluso para realizar algunas reacciones dependido el tipo que se tenga que van desde la, tipo uno (I) hasta la, tipo cuatro (IV). (Wasserlab, 2010)
- **Sistema de cocción de alimentos:** A través de una adecuada configuración de los captadores solares y con la utilización de materiales especiales, los cuales, permitan tener una mayor captación e incremento por acumulación de la energía calórica del sol, se puede llegar a cocinar alimentos, ya sea, en estado puro o a través del calentamiento de agua. (ecoinventos.com, 2017)

Estos sistemas de energía solar térmica, presentan una característica común y es que ocupan la energía calórica del sol, que puede ser utilizada para calentar fluidos como el agua y el aire del medio ambiente.

2.2.2. Ventajas.

Dentro de sus principales ventajas que se tiene:

- Los equipos para la captación solar no presentan mayor tecnología, por lo que pueden ser contruidos de forma artesanal.
- Se reduce el consumo energético que se utiliza para la calefacción de agua.
- Ayuda a la reducción de la huella de carbono, que se produce por el consumo de energía calórica especialmente en el agua, cuando se utiliza combustibles fósiles.
- Se puede aprovechar la sostenibilidad de este tipo de energía, sin tener consecuencias en los diseños elegantes en construcción sobre todo en la aplicación de arquitectura e ingenierías.

- A diferencia de otros sistemas que utilizan energía solar, son muy compatibles con los sistemas de acumulación y distribución de agua.
- No presenta de mayor dificultad en la instalación de los equipos.

2.3. Calentadores solares.

Estos equipos son aquellos que están conformados de un sistema fototérmico, los mismo tienen la capacidad utilizar la energía calórica para el calentamiento de fluidos, alimentos u otro tipo de sustancias sólidas. La principal característica de que tiene es que no utilizan ningún tipo de combustible por lo que es amigable con el medio ambiente. (Greenpeace, 2006)

2.3.1. Funcionamiento.

El funcionamiento de estos equipos está basado en la captación de energía solar térmica por medio de materiales especiales con característica para transferir calor. En el caso de los colectores solares, su principio de operación está basado en el fenómeno de termosifón, el cual, consiste en la interacción de un mismo fluido que se divide por la variación de densidad, esto quiere decir que el agua de mayor temperatura es menos densa que la de menor, razón por lo cual, permanece en la parte superior, mientras que, el agua fría permanece en la parte inferior y es la encargada de empujar el agua caliente hacia el depósito de acumulación, esto se puede apreciar en la figura 3. (Aerosolar, 2017).



Figura 3: Principio de funcionamiento de un colector solar de agua.

Tomado de: (Aerosolar, 2017)

2.4. Tipos de calentadores

Los tipos de calentadores que existen van de acuerdo al tipo de energía que utilizan para calentar un determinado fluido y son: Solares, eléctricos, híbridos y térmicos.

2.4.1. Tipos de calentadores solares.

Con el avance de la tecnología existe una gran variedad que se están inventando, pero en la actualidad los que ya han sido desarrollados con mucha profundidad son:

- **Colectores solares planos:** este tipo de captadores solares generalmente se constituyen, por una cubierta de vidrio, una placa que capta energía solar la misma que se debe aislar adecuadamente. Estos equipos tienen la capacidad de alcanzar temperatura de hasta los 100°C, dependiendo el diseño y los materiales que se utilicen, su aplicación es para la calefacción de grandes cantidades de agua como en piscinas y edificios, así como también, para conjuntos habitacionales. (CEMAER, 2016), en la figura 4 se puede apreciar este tipo de calentador de agua.



Figura 4: Colector solar plano.
Tomado de: (CEMAER, 2016)

- Calentadores solares de tubos al vacío: Su aplicación está limitada a los hogares donde no se tenga un alto consumo de agua, pues su eficiencia para el calentamiento de agua no es muy alta con respecto a cantidad, pero con respecto a eficiencia térmica puede alcanzar hasta los 190°C (CEMAER, 2016), tal como se puede ver en la figura 5, está compuesta de varios tubos, en su interior tiene una configuración concéntrica que está conformada por tubería de vidrio y metálica y entre ellos existe un vacío producido por la extracción completa del aire, además el material del que está conformado el tubo interior tiene una superficie que es absorbente, el cual se encarga de realizar la transferencia de calor hacia el fluido, también, se tiene una placa reflexiva que retorna en gran parte la energía solar térmica que no han captado los tubos y del mismo modo sirve de soporte.



Figura 5: Colector solar de tubos al vacío.
Tomado de: (CEMAER, 2016)

- Calentadores solares de concentración: Como su nombre lo dice estos calentadores solares tienen la capacidad de concentra gran cantidad de energía calórica en un solo punto, pueden alcanzar temperaturas de los 50°C hasta los 4000°C (CEMAER, 2016) que corresponden a las cocinas solares y concentradores industriales respectivamente. En la figura 6 se muestra un concentrador solar utilizado para la cocción de alimentos.



Figura 6: Colector de concentración solar.
Tomado de:(ecoinventos.com, 2017)

- Calentadores solares caseros: Estos calentadores son los que se construyen en casa o en talleres, y pueden estar constituidos por materiales de fácil acceso.

2.4.2. Calentadores eléctricos.

Los calentadores eléctricos son aquellos que utilizan la electricidad para elevar la temperatura de un fluido, comúnmente se utilizan materiales con la capacidad de transformar la energía eléctrica en calórica, los elementos que tiene esta capacidad se denomina resistencias eléctricas y están fabricadas de aleaciones de níquel y cromo que son materiales que soportan grandes temperaturas.(CRN TECNOPART, 2017)

Los equipos que tiene la capacidad para utilizar la energía eléctrica para calentar un fluido son:

- Duchas eléctricas.
- Calefactores eléctricos.
- Calentadores de inmersión.
- Hornos eléctricos.

Muchos de los equipos que se mencionaron anteriormente se utilizan para el calentamiento de agua, a diferencia de los hornos que calienta el aire que está en su interior.

2.4.3. Calentadores de combustión.

Son aquellos que utilizan un tipo de combustible para la generación de llama que pueda calentar el fluido, dentro de su clasificación se tiene a los que usan: Gasolina, diésel, madera y GLP (gas licuado de petróleo), los equipos adecuados para realizar este tipo de operación son: Los calefones, cocina de industriales, calderos, etc. La ventaja que presenta es que son altamente eficientes y económicos, mientras que la desventaja principal y el por qué se busca cambiarlos, es por la gran contaminación ambiental que generan.

2.4.4. Calentadores híbridos.

Son aquellos que cuentan con varios sistemas para el calentamiento de una sustancia y pueden variar dependiendo el tipo de energía que utilicen y su funcionamiento va de acuerdo a las necesidades que se tenga un ejemplo de este tipo de calentadores, son los que utilizan la energía solar y la eléctrica al mismo tiempo o por separado, esto quiere decir que en los días que estén nublados o por la noche operaría mediante electricidad y en días soleados se suspendería el flujo eléctrico o en su defecto si se necesita gran cantidad de agua a calentarse se utilizaría los dos al mismo tiempo para obtener un alto nivel de calentamiento. Dentro de las principales combinaciones están los:

- Calentadores híbridos eléctricos y solares.
- Calentadores híbridos de combustión y eléctricos.

2.5. Recursos solares en la ubicación geográfica.

Para entender de los recursos solares de debe tener en cuenta los siguientes términos:

2.5.1. Radiación solar

Es un conjunto que engloba algunas radiaciones y que las clasifica dependiendo la energía que tenga y su frecuencia tal como se puede apreciar en la figura 7.

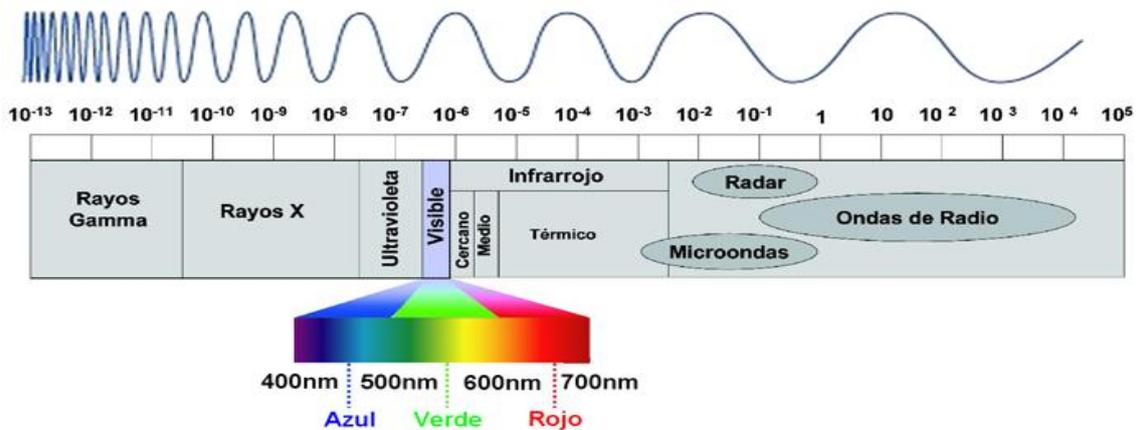


Figura 7: Espectro electromagnético
Tomado de: (Díaz Ramón, 2014)

La radiación al introducirse en el planeta pasa por múltiples fenómenos como transmisión, absorción y reflexión ocasionados por causa de algunos elementos que bordean el globo terráqueo que son: la atmósfera, nubes, etc (Tobajas Vazquez, 2012). Entonces, por consecuencia a esto se puede determinar cómo energía proveniente del sol donde apenas se aprovecha un cierto porcentaje cuyos valores depende en gran proporción de factores como: la climatología del sitio, ubicación y el ángulo de inclinación del sol respecto al planeta. Además, según Tobajas Vazquez, (2012) la radiación que atraviesa la atmósfera de la tierra se manifiesta de tres formas que son la radiación: directa, difusa y reflejada, tal como se puede apreciar en la figura 8.

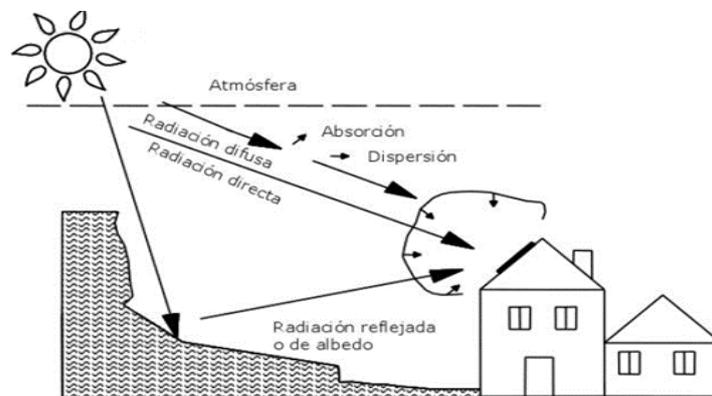


Figura 8: Radiación solar, después de atravesar la atmósfera
Tomado de: (Labarta, 2012).

Es así que para desarrollar un proceso de instalación solar activo como colectores solares o paneles se debe predecir de manera aproximada el ángulo donde mayor cantidad de radiación solar podría percibir el equipo, cuyos valores depende de la ubicación del sol y la tierra, que está variando constante dependiendo la época del año. Ver figura 9.

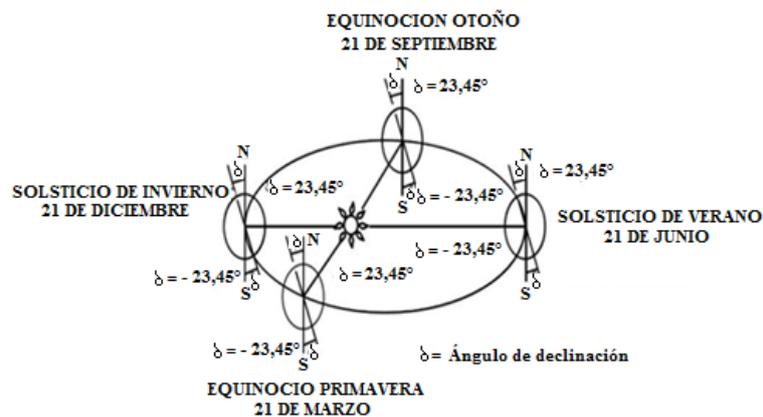


Figura 9: Ángulos con los que entra la radiación solar
Tomado de: (Labarta, 2012).

2.5.2. Irradiancia

La Irradiancia conocida también como potencia instantánea recibida, se mide en $\left(\frac{KW}{m^2}\right)$ y está determinada como una característica de la radiación que está en relación de la potencia sobre el área, en la figura 10 se puede apreciar este fenómeno que actúa sobre el planeta. (Eliseo, 2013)

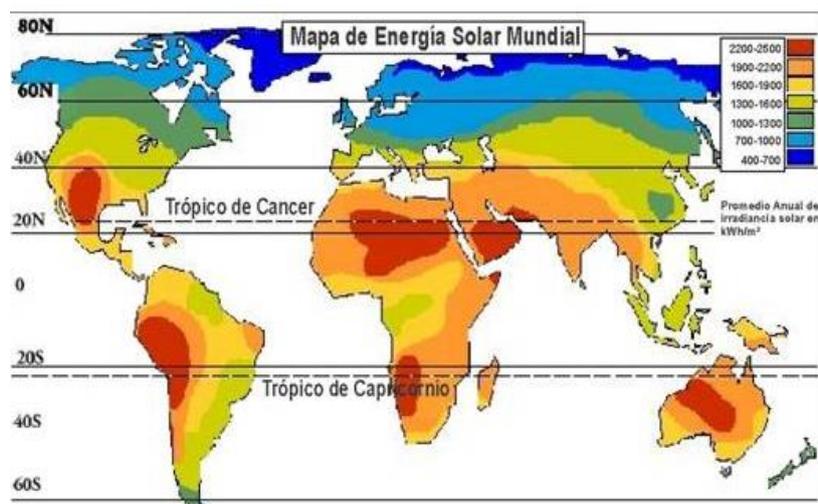


Figura 10: Ángulos con los que entra la radiación solar
Tomado de: (Eliseo, 2013)

2.5.3. Irradiación

Se la conoce como, la cantidad de energía solar que percibe la superficie de un cuerpo en un determinado tiempo, sus unidades de medición son $\left(\frac{Wh}{m^2}\right)$. (Talamantes, 2010).

2.5.4. Insolación

Según Eliseo (2013), es conocida como la acumulación de energía solar en un determinado tiempo y se lo puede determinar por la sumatoria de las irradiancias en un periodo establecido, siendo la recolección que se percibe en una unidad de área (superficie), puede ser expresada en $\left(\frac{kWh}{m^2 * día}\right)$. Además, es utilizada para la clasificación del potencial de un panel y la cantidad de energía percibida de forma diaria por el mismo.

Comportamiento de la insolación solar en Ecuador

El comportamiento en la república del Ecuador se mantiene en un rango de los $700 \left(\frac{W * h}{m^2 * día}\right)$ mínimos hasta los $6500 \left(\frac{W * h}{m^2 * día}\right)$ máximos según la región del país y las diferentes épocas del año (CONELEC, 2008). A continuación, se muestra un mapa de la insolación promedio durante el año 2008. ver figura 11.

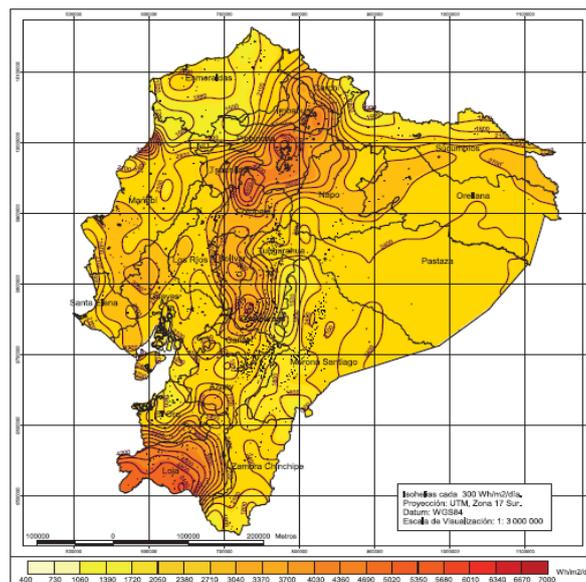


Figura 11: Radiación incide en la región ecuatorial.
Tomado de: (CONELEC, 2008).

En la tabla 1, se tiene la radiación directa mínima y máxima, la cual incide sobre provincia de Pichincha de acuerdo al años y meses. se puede ver que el mes con mayor incidencia solar es julio con $5700 \left(\frac{W \cdot h}{m^2 \cdot día} \right)$ como máximo, mientras que, los de menor incidencia son los meses de diciembre y enero con un promedio 900 y $1100 \left(\frac{W \cdot h}{m^2 \cdot día} \right)$ por mes respectivamente.

Tabla 1. Radiación Directa para Pichincha

MESES	INSOLACIÓN SOLAR MÍNIMA $\left(\frac{W \cdot h}{m^2 \cdot día} \right)$	INSOLACIÓN SOLAR MÁXIMA $\left(\frac{W \cdot h}{m^2 \cdot día} \right)$
ENERO	1100	3900
FEBRERO	1200	3600
MARZO	2100	3300
ABRIL	2400	3600
MAYO	1800	4200
JUNIO	1900	4800
JULIO	2400	5700
AGOSTO	1500	5400
SEPTIEMBRE	2700	5400
OCTUBRE	2100	5100
NOVIEMBRE	2700	5100
DICIEMBRE	900	4500

Tomado de (CONELEC, 2008)

2.5.5. Estimación de la demanda potencial

Según el MEER (ministerio de electricidad y energía renovable), la estimación que se tenía para el 2015, del consumo en el Ecuador de energía por sectores se presenta en la figura 12. (Muñoz V, 2015)

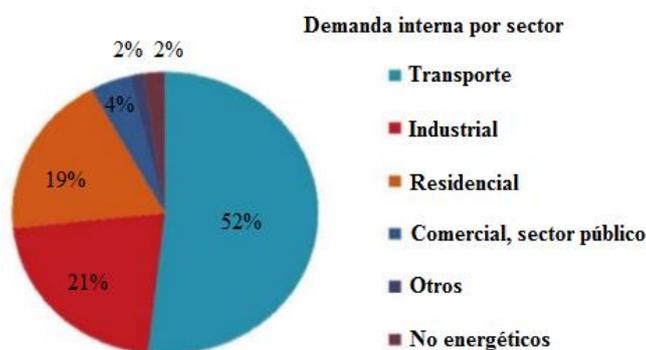


Figura 12: Consumo de energía por sectores.
Tomado de:(Muñoz V, 2015)

El consumo energético que se muestra en la figura anterior es de forma general, donde puede estar englobado la energía eléctrica, calórica, eólica e hidráulica, así como también, se puede ver que el porcentaje tanto en el sector industrial, residencial, comercial y sector público ocupan el 44% como suma total ya además son sectores en donde se tendría una aplicación directa de los colectores solares, ya que son equipos que permiten el aprovechamiento de la energía calórica.

En la figura 13, se tiene cual es el consumo de energía eléctrica según agencia de regulación y control de electricidad, (2017), para agosto. Donde se puede ver que el mayor consumo energético se da en los sectores residencial, industrial y comercial que corresponde a 16530,57 GWh. En estos sectores se podría intervenir con la aplicación directa para la utilización de colectores solares con la finalidad de disminuir el alto porcentaje que se tiene de consumo energético que corresponde a más del 27% de la energía que se consume en el país.

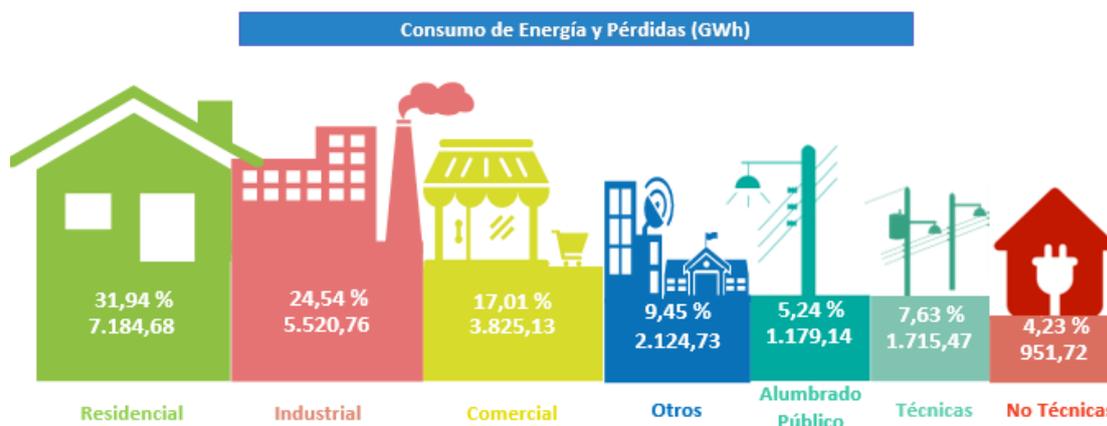


Figura 13: Consumo de electricidad del Ecuador por sectores.
Tomado de (Agencia de regulación y control de electricidad, 2017)

2.6. Normativa técnica para la construcción de cisternas.

Las cisternas son conocidas como elementos que pueden almacenar gran cantidad de agua, su clasificación van de acuerdo al material del que están constituidos.

Las cisternas de PVC que se puede ver en la figura 14, son depósitos que comúnmente se instalan en la parte superior de una edificación, con el fin de aprovechar la energía potencia y evitar la instalación de bombas. También pueden ser instaladas subterráneamente.



Figura 14: Cisternas de PVC.
Tomado de: (IUSA, 2016)

Otro tipo de cisternas son las de hormigón que son instaladas de forma subterránea, ver figura 15.

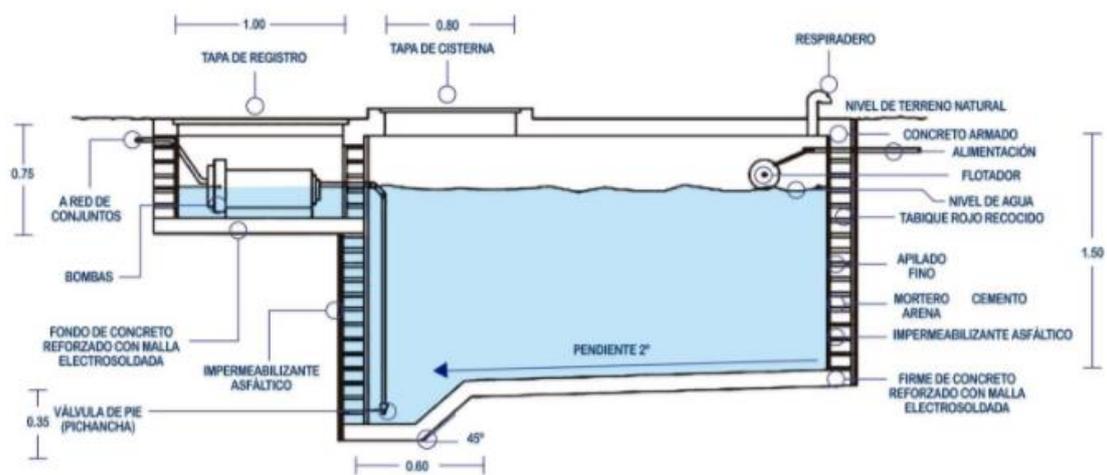


Figura 15: Cisternas de Concreto.
Tomado de: (UNICON, 2017)

Tanto la construcción y el dimensionamiento de estos elementos, están controlados por la normativa (CO 10.7-602) que corresponde a una norma para

el diseño de sistema de abastecimiento y almacenamiento de agua potable en el área rural. Así mismo, las normativas nacionales que regulan y detallan las características de construcción, técnicas, materiales, equipos, métodos de prueba son las IEOS y la INEN (SENAGUA, 2016)

2.7. Normativa técnica para la construcción de colectores solares.

En el Ecuador la normativa que se encarga de regular la construcción de los colectores solares es la GPE-INEN 18, en la cual se establece los requisitos de fabricación, los tanques de almacenamiento requeridos, accesorios de alimentación, requisitos de materiales y dimensionamiento de acuerdo al metraje cuadrado que tendrían los captadores solares. (GPE INEN 18, 2015).

2.8. Normativa de gestión ambiental.

La norma internacional que regula el equilibrio entre la sociedad, la economía y el medio ambiente se denomina ISO 14001, en la cual se busca un desarrollo sostenible en donde se considere los tres pilares que se mencionaron anteriormente con el fin de que sean sostenibles.

La ISO 14001 provee a las determinadas organizaciones un enfoque de operación en el que podrían proteger el medio ambiente de tal forma que se pueda responder a las condiciones ambientales que son cambiantes. En esta norma se establece un eficiente sistema de gestión ambiental, el cual se brinda a las empresas la oportunidad de conseguir resultados deseados de producción y que al mismo tiempo que protejan el medio ambiente. (ISO 14001:2015, 2015)

CAPÍTULO III

ESTUDIO TÉCNICO DEL PLANO DE VIVIENDA Y CENTRO COMUNITARIO

En este proyecto se realizará un análisis para la elaboración de una guía práctica, la misma que tendrá especificaciones técnicas sobre la construcción y montaje de equipos para la instalación de un sistema de calentamiento de agua solar, que enviará el agua hacia una cisterna aislada térmicamente para evitar la pérdida de energía del agua.

El análisis será dirigido a dos sitios específicos: una vivienda colectiva de dos plantas perteneciente a la familia “Morales” y un centro comunitario para ancianos denominado “Hogar de Ancianos Betania”.

3.1. Análisis de los planos arquitectónicos.

Para el desarrollo del estudio primero se hace un análisis general de los planos tanto de la vivienda como del centro comunitario, y se detallan a continuación:

3.1.1. Planos de la Vivienda.

La vivienda en donde se va a realizar el estudio no contaba con planos arquitectónicos por lo que fue necesario realizar un levantamiento, el mismo que se encuentra detallado en el (anexo A), a continuación, los planos que se muestran en las figuras 16 y 17, son los que corresponde a vivienda.

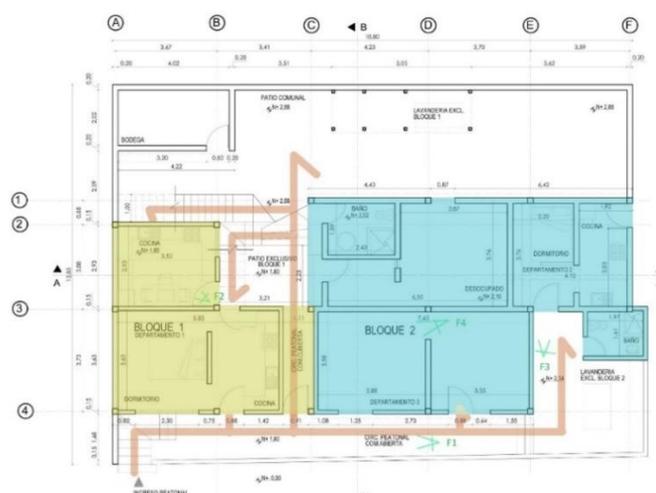


Figura 16: Planta Baja de la vivienda

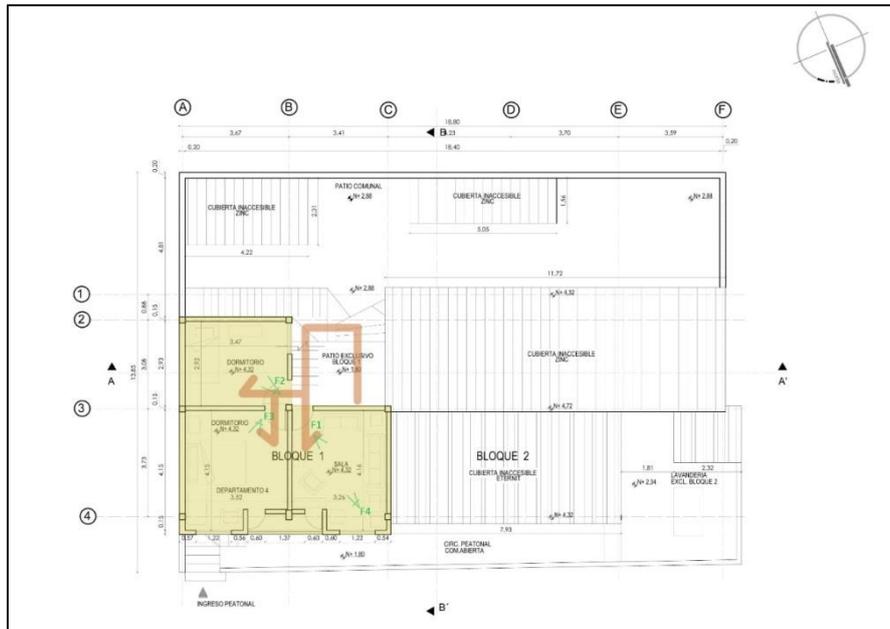


Figura 17: Planta Alta, de la vivienda

De acuerdo al levantamiento de planos que se desarrolló, la vivienda tiene área del lote de 257,78 (m²) y de construcción 198,12 (m²). La distribución de la vivienda con respecto a los departamentos está distribuida de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 2. Distribución de los departamentos en la vivienda.

Departamentos	ÁREA (m²)
Departamento 1	36,17
Departamento 2	20,96
Departamento 3	60,47
Departamento 4	44,32
TOTAL	161,92

Por medio de una encuesta desarrollada a una persona que vive ahí, en la casa residen trece personas, la vivienda fue desarrollada como estructura rígida, mediante la utilización de concreto, bloques y barrilla corrugada además esta vivienda cuenta con todos los servicios básicos que son: luz, agua y alcantarillado, cabe mencionar que la carretera frontal de la vivienda es de tierra.

3.1.2. Centro comunitario.

Del mismo modo que la vivienda, este centro comunitario no contaba con un plano arquitectónico, pero sí tenía un mapa de evacuación recursos y riesgos, ver figura 18.



Figura 18: Mapa de evacuación del centro comunitario
Tomado de: Carvajal, 2016

Basado en la figura anterior y mediante las mediciones reales de algunas estructuras fue posible realizar el escalamiento del plano, En la figura 19 se muestran los planos del centro comunitario “Hogar de Ancianos Betania” donde se puede apreciar que existe una gran cantidad de áreas verdes y las estructuras algo distanciadas.

Cabe mencionar que en la actualidad en este lugar tiene una capacidad máxima para albergar 50 personas, pero solo residen 30, sin incluir al personal administrativo y de limpieza.

También, tal como se puede apreciar en la figura 18, este ancianato ya cuenta con una cisterna, que está ubicada casi en el centro. Además, para el

calentamiento de agua utilizan calefones de gas, los mismos que son utilizados a diario. En la figura 19, se puede apreciar el plano de centro de ayuda, el mismo que fue realizado por medio del mapa de riesgos y evacuación.



Figura 19: Plano del centro comunitario.
Adaptado de: Carvajal, 2016

3.2. Macro localización y micro localización

3.2.1. Vivienda.

3.2.1.1. Macro localización.

Esta vivienda se encuentra ubicada en la provincia Pichincha, en el cantón Quito sitio donde se tiene un clima con una temperatura baja, la parroquia a la que pertenece es la “San Miguel de Nono”.

En la siguiente figura se puede ver la ubicación micrográfica, del sitio donde se ubica esta vivienda.



Figura 20: Macro-localización de la vivienda.
Tomado de: Google Maps, 2018

3.2.1.2. Micro-localización.

El barrio donde está construida la vivienda es Atucucho en las avenidas Corazón de Jesús y Pedernales. Este lugar, más que un barrio es una comunidad. Una población cuyos inicios datan de 1988, cuando en el Ecuador se hablaba de “Pan, techo y empleo”. Cerca de 600 familias migrantes se instalaron sobre el barrio San Carlos (noroccidente), iniciaron su lucha por la tierra, por el techo y por el pan en esos años. El barrio está en promedio a 3.500 msnm, sobre el nivel del mar por lo que es un sitio con un clima frío, sobre todo en las noches. (www.eltelegrafo.com.ec, 2014). en la figura se puede ver la ubicación exacta.



Figura 21: Micro-localización de la vivienda.
Tomado de: Google Maps, 2018

3.2.2. Centro comunitario.

3.2.2.1. Macro-localización.

Este centro comunitario está en la en la provincia Pichincha, en el cantón Quito, en la parroquia Calderón, donde es clima es templado razón por la cual se ve la necesidad de la instalación de un sistema de calentamiento de agua solar, en este centro de ayuda. En la figura 22, se puede ver la macro-localización

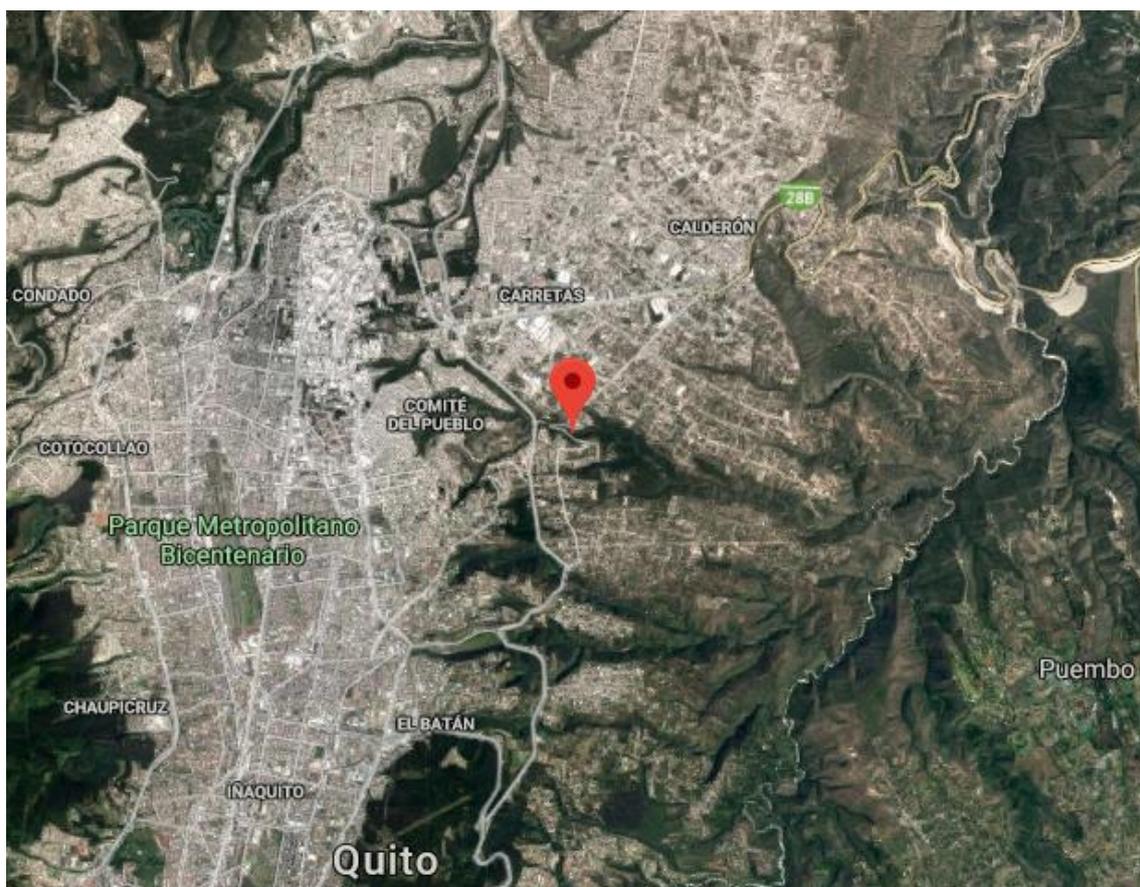


Figura 22: Macro-localización, del centro comunitario.

Tomado de: Google Maps, 2018

3.2.2.2. Micro localización.

El barrio en donde se ubica este centro comunitario es Llano Grande vía a Llano Chico en Av. Carapungo y S/N secundaria. A continuación, se presenta el croquis de la ubicación, donde se puede ver la similitud de los planos extendidos anteriormente. En la figura 23, fue obtenido mediante una cámara instalada en un dron y se puede apreciar el hogar de ancianos de forma clara, cuya principal es la avenida Carapungo.



Figura 23: Micro-localización, del hogar de ancianos.

3.3. Cálculo del número de usuarios del sistema de agua caliente sanitaria.

Por medio de los planos presentados en las figuras 16, 17 y 19, se hace un cálculo aproximado del número de usuarios que podría abastecer el sistema de agua sanitaria.

3.3.1. Vivienda.

Por medio de una entrevista a una persona que reside en esta vivienda se obtuvo la información del número de personas que habitan en esa casa, que en total son 13, los cuales están conformados solo por miembros familiares.

Con la finalidad de asegurar una distribución completa de agua para todos los días y considerando imprevistos, como llegada de familiares o fugas en el sitio se estable para el cálculo del consumo de agua a 15 personas.

3.3.2. Centro comunitario.

De acuerdo a datos, obtenidos por medio de la persona encargada de dirigir el Hogar de Ancianos Betania, la capacidad máxima que tiene este sitio es para albergar 50 personas como máximo.

Tomando en cuenta que existen trabajadoras de limpieza y personal administrativo, así como también, considerando la posibilidad de extenderse se hace el cálculo para 100 personas.

3.4. Cálculo de la demanda por día de agua caliente sanitaria.

Para determinar la cantidad aproximada de agua que se consumiría tanto en la vivienda como en el centro comunitario, se utiliza la siguiente aproximación, donde una persona podría utilizar y consumir un máximo de 4 m³ de agua al mes. (Eliseo, 2013)

Entonces para determinar la demanda de agua sanitaria por persona cada día de utiliza la siguiente expresión:

$$CDA_{persona} = \frac{CMA_{persona}}{30} \quad (1)$$

Dónde:

CDA: Consumo diaria de agua.

CMA: Consumo mensual de agua

Reemplazando el valor de $CMA_{persona} = 4 \text{ m}^3$, se tiene que:

$$CDA_{persona} = \frac{4}{30} = 0,133 \text{ m}^3$$

Cada persona consume un aproximado de 0,133 m³ de agua por día lo que equivale a 133 litros de agua como máximo, cabe mencionar que este valor puede cambiar dependiendo las costumbres que tenga cada persona.

3.4.1. Vivienda.

Para encontrar la cantidad de agua sanitaria caliente que se utiliza, en la vivienda hay que establecer la funciones en las que será útil el agua caliente y en las que no son necesarias. Por ejemplo:

- Actividad en el hogar, donde no es necesario el agua caliente es botar agua en el inodoro.
- Mientras que el agua caliente puede ser utilizada para lavar platos, ducharse, beberla, lavar alimentos, etc.

Con estas consideraciones y teniendo en cuenta que una persona normal debe ir al baño de 3 a 4 veces al día como máximo (Clinica los condes, 2017) y además por cada vez que se utiliza el inodoro y se acciona la palanca se envía de 8 a 10 litros de agua dependiendo el tipo (Burke, 2017). Entonces, asumiendo que todas las personas de esta vivienda van al baño 4 veces al día y que botan 10 litros por ida, se tiene que el volumen de agua fría que utilizan es de 40 litros por persona, por lo que el consumo de agua caliente por individuo sería de 93 litros por día.

Ahora para calcular el consumo de agua sanitaria caliente por día de la casa, se multiplica el número de personas que viven por su consumo diario, y se obtiene el siguiente resultado como consumo total máximo de agua en la vivienda.

$$\text{Consumo total de agua caliente} = \text{número de personas} * 93 \text{ litro}$$

$$\text{Consumo total de agua caliente} = 15 * 93 = 1395 \text{ litro}$$

El consumo total de agua caliente por día sería de 1395 litros (1,395 m³).

Haciendo un consumo total entre el agua caliente y fría se utiliza la consideración calculada en el numeral 3.4, donde el consumo por persona a diario es de 113 litros de agua. A continuación, se calcula el consumo total diario.

$$\text{Consumo total de agua} = 15 * 113 \text{ litro} = 1695 \text{ litros (1,695 m}^3\text{)}$$

Entonces esta familia consume mensualmente 50850 litros de agua que equivale a 50,85 (m³), el costo del metro cúbico de agua es de \$ 0,72 centavos de dólar según (EPMAPS, 2018) cuando el consumo es mayor a los 18 (m³), por lo que en este hogar se paga cerca de \$ 36,6 dólares solo por consumo de agua.

3.4.2. Centro comunitario.

Para este caso se desarrolla el mismo análisis que se realizó para la vivienda por lo que se tiene que el consumo de agua caliente es de

$$\text{Consumo total de agua caliente} = 100 * 93 \text{ litro} = 9300 \text{ litros}$$

Se presume que en este sitio existe un consumo de 9,3 m³, diarios, de agua caliente.

Al realizar el cálculo total de agua se tiene que

$$\text{Consumo total de agua, día} = 100 * 113 \text{ litro} = 11300 \text{ litros}$$

Con el valor total de consumo diario de agua $11,3 \text{ m}^3$, se calcula el consumo mensual.

$$\text{Consumo total de agua, mensual} = 30 \text{ dias} * 11,3(\text{m}^3) = 339(\text{m}^3)$$

Por medio del consumo mensual de agua de $339 \text{ (m}^3\text{)}$, se calculó el valor que se pagaría en este sitio, que sería de.

$$\text{Costo total a pagar} = 339(\text{m}^3) * \$ 0,72 = \$ 244,08$$

En este sitio se paga mensualmente \$ 244,08 por consumo de agua, eso considerando que estaría operando a la capacidad extendida de 100 personas.

3.5. Cálculo de la reserva de agua.

Para calcular la capacidad de la reserva de agua, se debe tomar los valores de consumo diario de agua, ya que este pasaría a ser el valor mínimo de capacidad que debería tener la cisterna.

3.5.1. Vivienda.

La capacidad del agua de la reserva, se establece mediante el consumo mínimo de agua por los habitantes de la vivienda valor que asciende a los $1,695 \text{ (m}^3\text{)}$, haciendo consideraciones por imprevistos se asume que la capacidad de la reserva debería tener $2 \text{ (m}^3\text{)}$.

3.5.2. Centro comunitario.

Para este caso se determinó un consumo diario de $11,3 \text{ m}^3$, valor que sería la capacidad que tendría la reserva de agua, considerando la existencia de imprevistos en el asilo se aumenta a $12 \text{ (m}^3\text{)}$.

3.6. Cálculo de la capacidad mínima de la reserva (cisterna).

3.6.1. Vivienda.

La capacidad que debe tener la cisterna es de 2 (m³), por lo que se acopla las dimensiones internas que debe tener la cisterna para que pueda albergar esta capacidad de agua.

Por lo que se estableció que la cisterna debe contar con las siguientes dimensiones.

$$2(m) \times 1(m) \times 1(m) = 2 (m^3)$$

Las dimensiones se detallan de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 3. Distribución de las dimensiones de para la cisterna de la vivienda.

Dimensiones de la cisterna	
Largo	2 (m)
Ancho	1 (m)
Profundidad	1 (m)

En la siguiente figura se puede observar las dimensiones de la cisterna

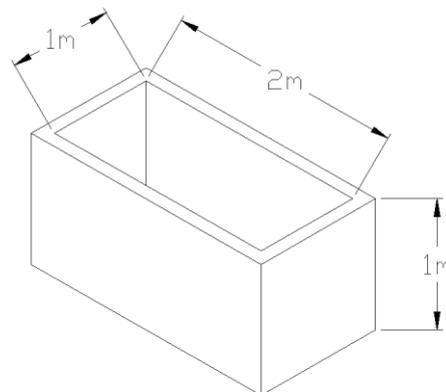


Figura 24: Dimensiones de la cisterna para la vivienda.

3.6.2. Centro comunitario.

La capacidad que debe tener la cisterna, en este centro comunitario es de 12 (m³), por lo que se debe acoplar las dimensiones internas que va a tener el reservorio para que pueda albergar la capacidad deseada.

Las dimensiones de la cisterna, quedan establecidas de la siguiente forma.

$$2(m) \times 2(m) \times 3(m) = 12 (m^3)$$

Entonces las dimensiones internas que tendrá la cisterna queda distribuida por la tabla 4.

Tabla 4. Distribución de las dimensiones de la cisterna para el sitio de ayuda.

Dimensiones de la cisterna	
Largo	3 (m)
Ancho	2 (m)
Profundidad	2 (m)

En la siguiente figura se puede observar, las dimensiones de esta cisterna.

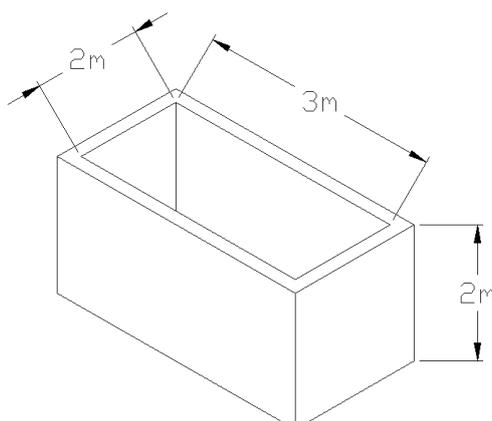


Figura 25: Dimensiones de la cisterna, del hogar de ancianos.

3.7. Determinación física y ubicación de la cisterna.

3.7.1. Vivienda.

La cisterna en la vivienda, puede ir ubicada en el patio comunal, sitio que está marcado con un círculo rojo en la figura 26, que corresponde al plano de la planta baja de la vivienda. Se eligió ese lugar porque es una zona accesible para la entrada de agua potable y la instalación del conjunto de calentadores solares, los cuales se va proponer para la instalación en esta vivienda.

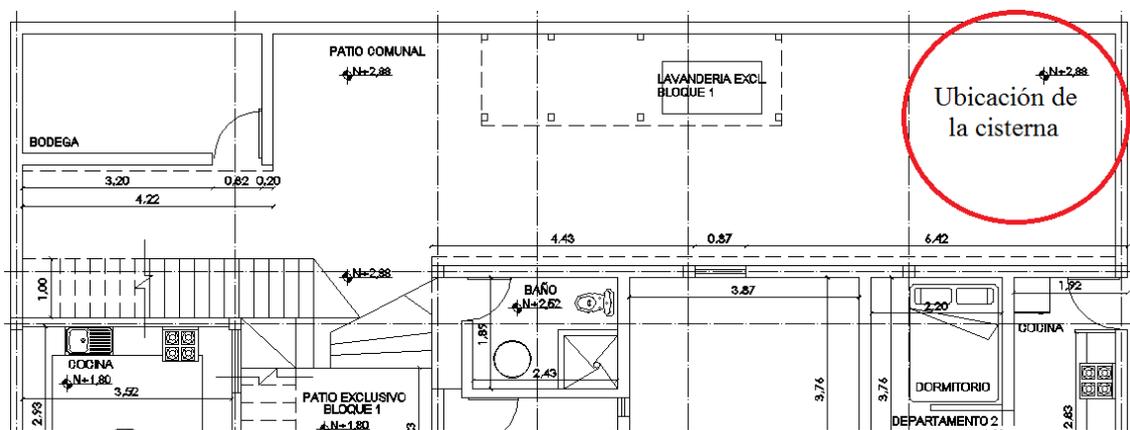


Figura 26: Ubicación de la cisterna en la vivienda.

3.7.2. Centro comunitario.

Como se puede ver en la figura 27, que corresponde a una sección del plano general del centro comunitario, este sitio ya cuenta con una cisterna, la misma que tiene las siguientes dimensiones (2 x 3,5 x 7,5 m), que corresponde a una capacidad de 42 (m³) en el reservorio, cabe mencionar que también cuenta con un sistema de bombeo que facilita la distribución de agua a todo el lugar.

Para calentar agua en este sitio se utiliza 4 calefones de gas, también tiene un sistema de colectores solares los cuales se encuentra muy deteriorados y ya no están en funcionamiento, pues se debe a que su ubicación no es la adecuada y nunca existió un mantenimiento preventivo.

En este caso se va a promover la instalación del sistema de calentamiento de agua solar, cerca de la cisterna, con la finalidad de que el fluido caliente sea almacenado en la cisterna, para luego ser distribuido hacia los demás sitios, por medio del sistema de bombeo, de esta forma se podrá repartir agua caliente a toda la casa asistencial y no solo a sitios establecidos.

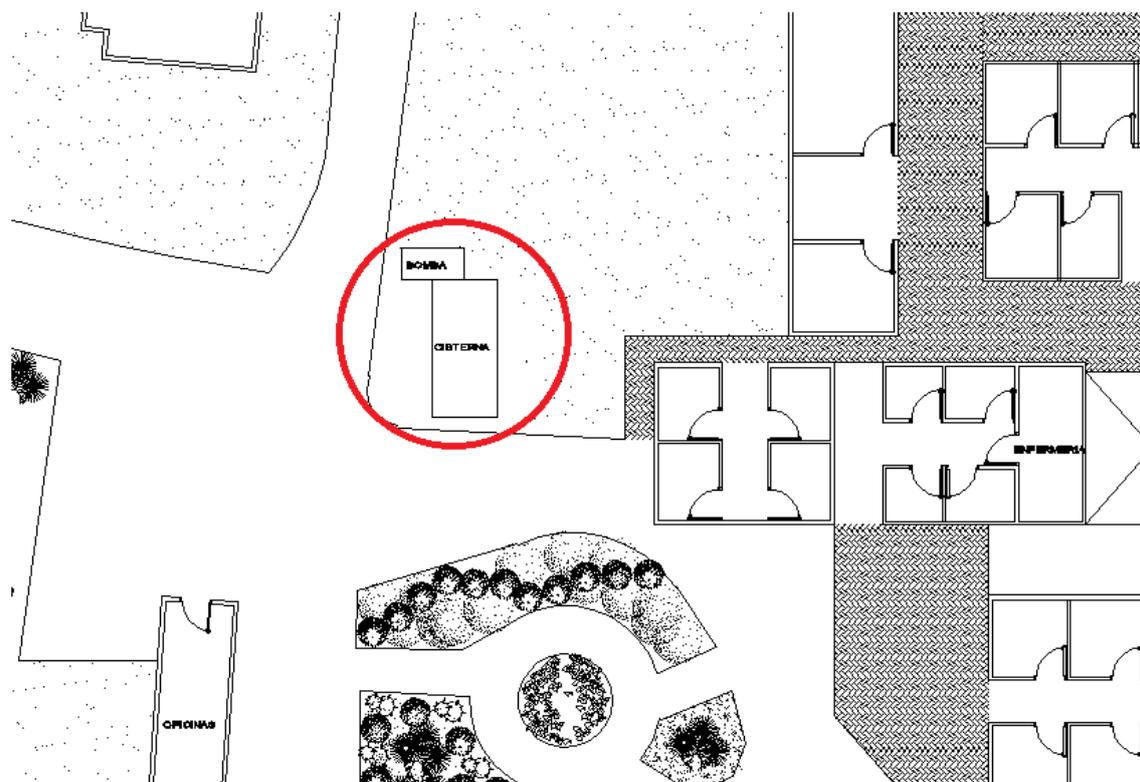


Figura 27: Ubicación de la cisterna en el centro comunitario.

CAPÍTULO IV

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA CISTERNA

4.1. Cisternas Afines al proyecto.

Para este proyecto, se determinó la capacidad mínima necesaria requerida tanto para la cisterna de la vivienda como del centro comunitario, cuyos valores se encuentra en el capítulo anterior. Además, se realizó la elección del tipo de cisterna adecuada para la vivienda, donde se consideró características como: facilidad de instalación y el costo de construcción como puntos claves.

Las cisternas que se consideran ideales se describen a continuación:

4.1.1. Cisterna para la vivienda.

La capacidad requerida para la vivienda es de 2 m^3 , además, teniendo en cuenta que en un cilindro la distribución de presión del fluido sobre las superficies del recipiente es uniforme, característica que hace que los espesores de las cisternas con esta configuración geométrica sean bajas, a diferencia de los rectangulares, que generan concentradores de esfuerzos en las esquinas, hace que los espesores sean robustos. Es así que se considera que el tipo de cisterna útil para la vivienda sea cilíndrica, la misma que se puede ver en la figura 28.

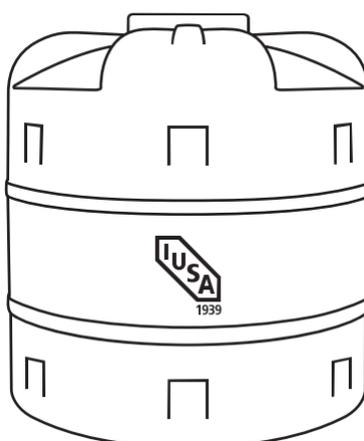


Figura 28: Cisterna de Polietileno.
Tomado de:(IUSA, 2017)

Este tipo de reservorio al ser ya fabricado en base a polietileno, presenta algunas ventajas (IUSA, 2017):

- Son fabricadas como una pieza con material de polietileno, por lo que se evita las fugas y el agua se mantiene limpia.
- Contiene tapas con un sello hermético, lo que hace que el agua se conserve limpia, pues evita el ingreso de impurezas.
- El agua no genera ni color ni sabor y eso se debe a la calidad de material con el que son fabricados.
- Facilidad de limpiar, ya que al no ser fija y de bajo peso puede ser extraída de su ubicación para lavarla externamente.
- No es indispensable realizar mantenimiento periódico.
- Los materiales plásticos con el que son fabricados evita la formación de bacterias.
- Son fáciles de instalar por lo que son ligeras.
- Debido a las características del material son resistentes y muy flexibles, razón por lo que no tiende a sufrir grietas o fisuras.

Las desventajas que presentan este tipo de cisternas son:

- Por las características de su material, no permiten almacenar fluidos a elevadas temperaturas ya que su temperatura de trabajo máxima es hasta los 100°C.(EUAT, 2017)
- No facilita almacenar fluidos con alta densidad.
- No permite almacenar fluidos a altas presiones.

A continuación, en la siguiente tabla se muestra las dimensiones y capacidad que posee este tipo de cisternas.

Tabla 5. Dimensiones de la cisterna de polietileno.

N°	ALTURA (m)	DIÁMETRO		CAPACIDAD (L)
		CUERPO (m)	CUELLO (cm)	
1	1,26	1,12	57	1100
2	1,49	1,55	57	2500
3	1,55	2,20	57	5000
4	2,94	2,20	57	10000

Tomado de:(IUSA, 2017)

A continuación, en la figura 29 se muestra esquematizado las dimensiones mostradas en la tabla anterior.

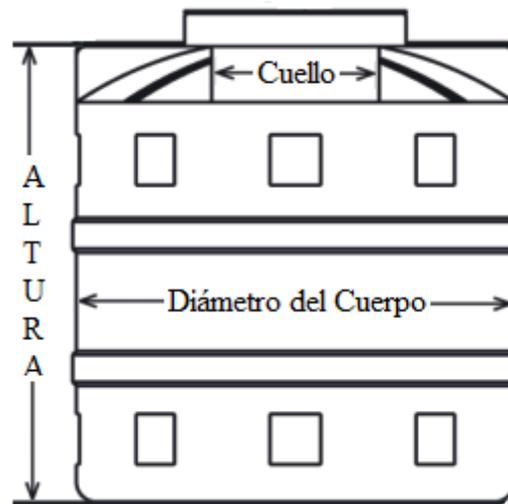


Figura 29: Cisterna de Polietileno esquematizada.
Adaptado de: (IUSA, 2017)

Como ya se había mencionado la temperatura máxima de operación de estos reservorios es de 100°C también tomando en cuenta que superando los 150 °C tienden a ablandarse(EUAT, 2017). Además, considerando que va a ser un cisterna que va almacenar agua caliente proveniente de un sistema de calentamiento solar, los cuales pueden calentar el agua hasta los 100°C y sabiendo que el punto de ebullición del agua en Quito es de 91°C(xatakaciencia, 2012). Entonces, se puede determinar que este tipo de cisternas estarían dentro de los rangos aceptables para el almacenamiento de agua caliente en la vivienda.

Con la finalidad de evitar que la energía calórica del tanque de almacenamiento y de las tuberías se disipe, es indispensable la adecuación del sitio donde va a ir instalada la cisterna, en donde, se debe contar con aislamiento térmico utilizando materiales que ayuden a minimizar la pérdida de energía calórica, cabe mencionar, que en la base del recipiente el concreto trabajaría como aislante térmico pues este material brinda las características de dureza para poder soportar el peso de la cisterna con agua.

Aparte del sistema de aislamiento también se debe instalar el sistema de bombeo, el sistema de alimentación de agua caliente, y el sistema de distribución hacia toda la casa. A continuación, en la figura 30 se muestra la esquematización para la instalación del este reservorio.

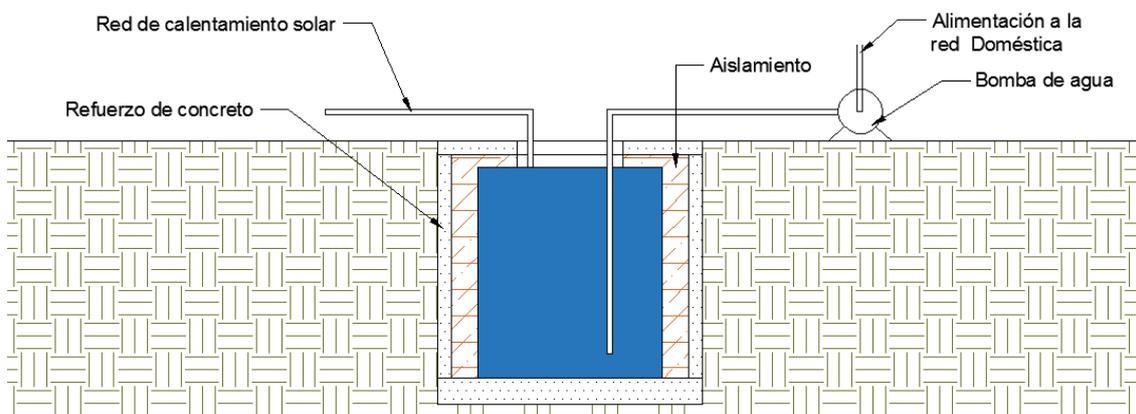


Figura 30: Instalación de la cisterna para la vivienda.

Mediante cálculos desarrollados en el numeral 3.6, se determinó que la capacidad de almacenamiento de agua para la vivienda es de 2 m^3 , volumen con el que se realiza la selección de las dimensiones de la cisterna que se encuentran en la tabla 15, donde se toma el valor más cercano que es de $2,5 \text{ m}^3$ (2500 litros).

4.1.2. Cisterna para el centro comunitario.

Como ya se había mencionado, este centro cuenta con una cisterna, la misma que está fabricada de concreto y es rectangular, por lo que sería indispensable realizar la instalación del aislamiento para poder almacenar agua caliente. En la figura 31, se puede ver cómo quedaría con el sistema aislamiento.

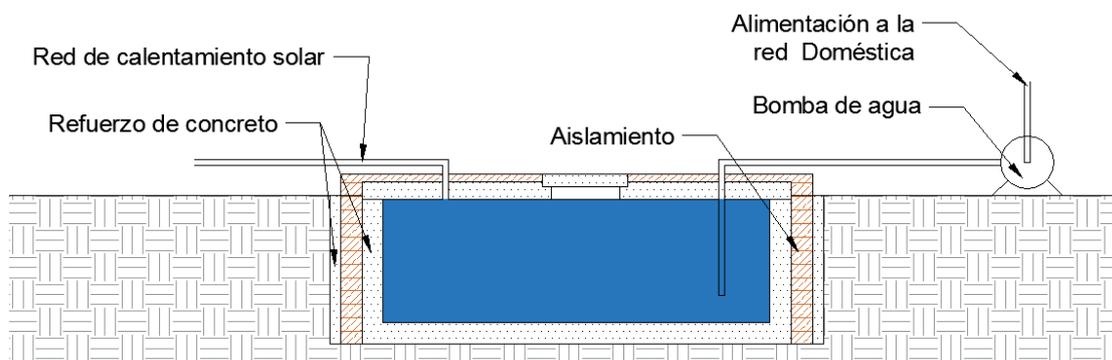


Figura 31: Instalación de la cisterna para centro comunitario

4.2. Materiales de construcción adecuados para la cisterna.

4.2.1. Vivienda.

Para la implementación de la cisterna de almacenamiento de agua caliente en la vivienda se debe realizar algunos procesos constructivos:

Cimentación de la base y laterales: Estas partes son las más importantes para la implementación de la cisterna por lo cual será necesario los siguientes materiales:

- Polvo de piedra Azul: Este material es piedra molida que está en forma de polvo, y es uno de los más utilizados para la construcción de bases para cisternas, columnas y losas. Esto se debe a que posee altas características de compactación y rigidez.(Chimpana Castro, 2014)
- Acero: La varilla corruga de acero de bajo contenido de carbono, es necesaria para evitar fisuras y brindar propiedades mecánicas como elasticidad y tenacidad. En la base deben ser instalados en forma de malla y recubierto por hormigón.
- Ripio.
- Cemento: presenta propiedades endurecedoras
- Acelerantes: Son compuestos químicos que ayudan a elevar el proceso de secado y compactación del concreto cuando ya están fabricados y utilizados.
- Agua: Mediante este líquido se desarrolla las mezclas de material pétreo y cementos.

Otros materiales indispensables que se deben utilizara son:

- Aislante térmico: necesario para evitar que la energía calórica que tiene el agua caliente se vaya hacia los alrededores.
- Fijadores para los aislantes: Permiten proteger los materiales aislantes de lluvias y humedad de la tal forma que estos puedan tener una vida útil larga.

4.2.2. Centro comunitario.

Como la cisterna ya se encuentra construida, los materiales indispensables para la construcción del conjunto de aislamiento son:

- Cemento.
- Varilla corrugada.
- Polvo azul.
- Acelerantes.
- Aislante.

El material que se va a utilizar como aislante, se determinara dependiendo las características que tenga y por la disponibilidad en el mercado nacional en el siguiente numeral se hace el respectivo análisis.

4.3. Materiales con alta capacidad de aislamiento térmico.

El material de aislamiento térmico sirve para reducir flujo calórico del interior de las cisternas hacia el exterior, de tal forma se mantenga el agua caliente por más tiempo en el interior del reservorio.

Estos materiales son más eficientes si la conductividad térmica es baja.

La conductividad térmica de un material es la característica o capacidad que tiene un material o sustancia para poder conducir energía calórica o térmica (calor), la misma que puede ser medida en vatios sobre metro por grados kelvin (w/mk).

Una de las principales clasificaciones que se tiene los aislantes térmicos según Kreith, Mangilk y Bohn ,(2012) son:

- **Fibrosos:** Aislantes térmicos constituidos de materiales de baja densidad por lo que facilitan la realización de tableros, planchas, colchones o bloques, presenta la característica como altamente porosos ejemplos: la manta cerámica y la lana mineral que son materiales fibrosos que pueden ser utilizados en recubrimientos para temperaturas inferiores a los 700 °C, la lana

de vidrio puede ser utilizado bajo los 200 °C y para protección térmica. (Kreith, Manglik, & Bohn, 2012)

- **Celular:** Conformadas por celtas cerradas o abiertas presentan una forma similar a los fibrosos ya que pueden formar tableros flexibles o rígidos, son resistentes a la compresión y pueden ser moldeados a distintas geometrías, ejemplos de estos materiales son las esponjas, el poliuretano, el poliestireno expandido, etc.
- **Granular:** Material aislante constituido de elementos inorgánicos, elaborados de hojuelas prefabricadas o también pueden venir en polvos los ejemplos más comunes son: Polvos de perlita, la vermiculita, sílice, etc.

De acuerdo a la clasificación anterior, los materiales útiles para aislamiento en las cisternas que considera son: los fibrosos y celulares pues poseen características como: adaptabilidad y conductividad térmica baja. En la figura 32 se puede ver la conductividad térmica global para estos materiales.

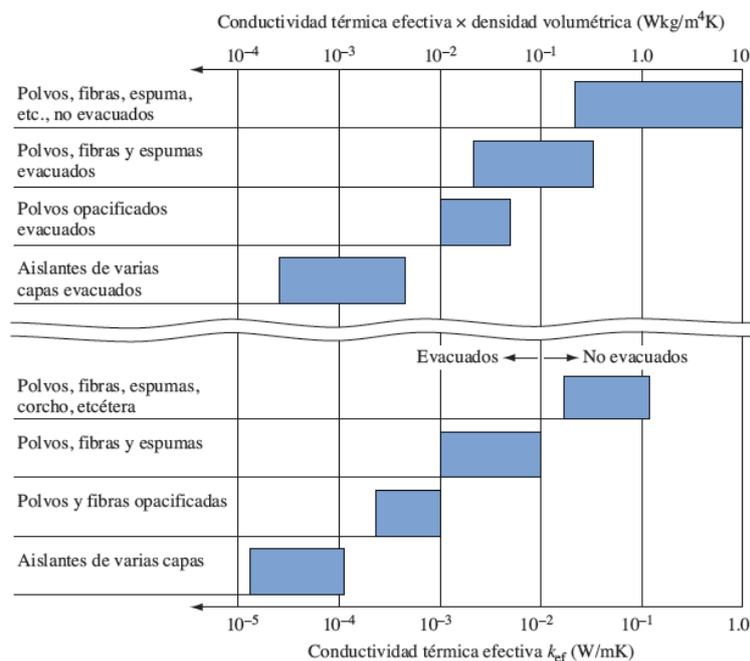


Figura 32: Conductividad térmica efectiva para aislantes.
Tomado de: (Kreith et al., 2012)

Para determinar el tipo de aislante de la cisterna se considerando los costos y disponibilidad dentro del mercado ecuatoriano, a continuación, se mencionan los más idóneos.

Lana de vidrio: Este elemento aislante está formado por fibras muy finas de vidrio y entre cada una existe aire atrapado, es por eso, que a este material conforma un cuerpo con sustancias en dos estados que son: gaseoso y sólido razón por lo cual tiene la capacidad de minimizar la pérdida térmica y acústica. Presenta una conductividad térmica de 0,045 (w/mk) (Kaefer, s. f.), el mismo que es ideal para trabajos temperaturas bajas hasta los 200°C.

Las ventajas que ofrece este tipo de material son:

- Facilidad en el moldeo.
- Costos relativamente bajos.
- Ideal para aislamiento acústico.
- Fácil de cortar
- Fáciles de conseguir en el mercado nacional.

Las desventajas de este tipo de material son que, al tener una superficie rugosa con pequeñas partículas de vidrio:

- Generan irritaciones o picazón en la piel.
- Su manipulación debe realizarse con guantes y protección para los ojos.
- Muy sensibles a la humedad
- Su instalación debe ser completamente seca y con una protección adecuada.
- Si no se instala se secó crea un foco de crecimiento de hongos.(must know how, 2018).

En la figura 33, se muestra como está constituido este tipo de material.



Figura 33: Lana de vidrio.
Tomado de: (aislaperu, 2018)

Manto cerámico: Según (QuimiNet, 2011) este material está conformado por silicato de alúmina con inclusiones de algunos óxidos, además también tiene en su composición materiales como el cuarzo, circonio, caolín, etc. razón por lo que presenta ventajas como:

- Resistentes a los choques térmicos.
- Soporta altas temperaturas.
- Buen absorbente de sonido.
- Fácil de manipular incluso sin protección.
- Resistente a la corrosión.
- Resistente a la humedad.

Debido a las características que tiene, se menciona las desventajas de este material, que son:

- Costos relativamente altos.
- Requiere de una estructura de fijación para la superficie.
- Son muy difíciles de conseguir en el mercado nacional.

Su temperatura de operación es alta de 1400°C (Takeuchi, 2009), la conductividad térmica es de $0,06$ (W/mk) (Thermal Ceramics, 2016). En figura 34, se puede ver este tipo de material.



Figura 34: Manta Cerámica.
Tomado de: (Williamson Industrial, 2018).

Durapax (Poliestireno): Es un material termoplástico que se produce por la polimerización del estireno. Según (Goodfellow, 2017) la temperatura de trabajo es inferior a 100 y 80 °C , dependiendo del tipo de poliestireno, así mismo su conductividad térmica va desde 0,046 a 0,033 (W/mk).

Las ventajas que ofrece este material son:

- Resistentes a la humedad.
- Resistente a la generación de hongos por lo que no se degrada.
- Baja conductividad térmica.
- Costos bajos.
- Facilidad de moldeo.
- Fácil de cortar y manipular.
- Se puede encontrar con facilidad en el mercado nacional.
- Por su baja densidad es muy liviano.

Las principales desventajas que presenta este tipo de material son:

- Debido a la gran aplicación se ha convertido en foco rojo en la contaminación ambiental.
- A los 85°C tiene a deformarse.
- Es inflamable.

En la figura 35, se puede observar este tipo de material en planchas.



Figura 35: Planchas de poliestireno.
Tomado de: (Williamson Industrial, 2018)

4.3.1. Selección del aislante para la cisterna.

Para determinar cuál sería el aislante ideal para las cisternas se tabula las alternativas que se estudiaron anteriormente, y que se puede ver en la tabla 6.

Tabla 6. Aislantes a seleccionar.

Alternativas	
A	Lana de Vidrio
B	Manto cerámico
C	Poliestireno

Para realizar el proceso de selección del tipo de material, se toma las características y ventajas de cada aislante térmico y se selecciona las más importantes que fueron consideradas por el nivel de importancia. En la tabla 7 se puede ver como se le dio el nivel de importancia a cada característica.

Tabla 7. Ventajas y porcentaje de importancia.

	Criterios de Selección	Porcentaje de importancia
I	Conductividad Térmica Baja	30 %
II	Costos adquisición	25 %
III	Temperatura de trabajo ideal para el proyecto	10 %
IV	Facilidad de manipulación	15 %
V	Resistente a la humedad	20 %

De la tabla anterior por porcentajes de importancia son considerados bajo el siguiente criterio.

- El 30% se considera a la conductividad térmica, ya que, en este proyecto la finalidad es mantener el mayor tiempo posible caliente el agua en el interior de la cisterna, pues esta va a ser utilizada en distintas horas del día.
- Como este proyecto está enfocado hacia la población de la clase media y baja. A los costos se le da 25% de importancia, pues generalmente suele ser uno de los puntos más importantes a la hora de adquirir un producto o un servicio.
- El material aislante en este proyecto va estar expuestos a la humedad y podría deteriorarse, es por eso, que como tercer punto más importante es la resistencia a la humedad y se le da un valor del 20%.

- La manipulación tiene un valor del 15%, pues existen aislantes térmicos necesitan de protección para poder manipularlos.
- Finalmente, una de las características técnicas a la que se le dio el valor más bajo, es la temperatura de trabajo con un 10%, ya que, tomando en cuenta que la temperatura máxima que se tendría en la cisterna en el mejor de los casos es 91 °C, valor que corresponde al punto de ebullición de agua en Quito.

En la tabla 8, se muestra los criterios de calificación que se van a manejar para la selección, los cuales fueron considerados con la finalidad de poder tener una referencia numérica que permita determinar cuál sería la alternativa correcta.

Tabla 8. Criterios de calificación.

Criterio de calificación	
bajos	1 a 4
medios	5 a 7
altos	8 a 10

Una vez determinado todos los parámetros numéricos se empieza a evaluar cada alternativa bajo los criterios de selección, los valores de calificación son considerados dependiendo el nivel de cumplimiento con las necesidades del proyecto.

En la tabla 9, se puede ver como se realiza la calificación para cada alternativa

Tabla 9. Evaluación de los parámetros.

Alternativas	Criterios de Selección					Ponderación	
	I	II	III	IV	V		
A	8	9	10	8	6	30	I
B	7	3	8	9	7	25	II
C	9	10	5	10	8	10	III
						15	IV
						20	V
Total	24	22	23	27	21	100	

Una vez completa la tabla anterior se desarrolla los cálculos respectivos ejemplo

$$\frac{8}{24} = 0,333$$

El valor que se muestra en el cálculo anterior se ubica en la tabla 10, esta operación se debe realizar para todos los valores de la tabla 9, e ir llenando la

tabla 10. Finalmente se debe multiplicar el vector de las alternativas con el de las ponderaciones y se obtiene el porcentaje de importancia para cada alternativa. A este método se lo conoce como selección de una alternativa de la forma cuantitativa y bajo la aplicación de matrices(Riba, 2002).

Tabla 10. Selección de la alternativa.

Alternativas	Criterios de Selección					Ponderación		
	I	II	III	IV	V			
A	0,333	0,409	0,435	0,296	0,286	0,3	I	A= 34,73
B	0,292	0,136	0,348	0,333	0,333	0,25	II	B= 27,45
C	0,375	0,455	0,217	0,37	0,381	0,1	III	C= 37,96
						0,15	IV	
						0,2	V	
	1	1	1	1	1	1		100

Este método es una herramienta que sirve para tomar de decisiones utilizando criterios de ponderación, de tal forma, que se pueda asignar prioridades a tareas, propiedades, soluciones, etc. Debido a que esta técnica, proporciona una perspectiva lógica para elegir una opción de un conjunto de alternativas fue utilizada en este proyecto y los resultados se muestran en la tabla 10, donde mejor alternativa es la C con un porcentaje de 37,96 % que corresponde al poliestireno, aislante que se utilizará para los cálculos de espesores para las cisternas.

4.4. Cálculos de espesores.

El tipo de material aislante que se va a utilizar como aislante para las cisternas es el poliestireno, por las ventajas que presenta y por los resultados obtenidos en el proceso de selección.

4.4.1. Cálculo del espesor del aislante en la cisterna de la vivienda.

Para determinar el espesor que tendrá el aislante de la cisterna se debe realizar los siguientes pasos.

Primero se hace la esquematización de los componentes estructurales que se muestran a continuación. Ver figura 36

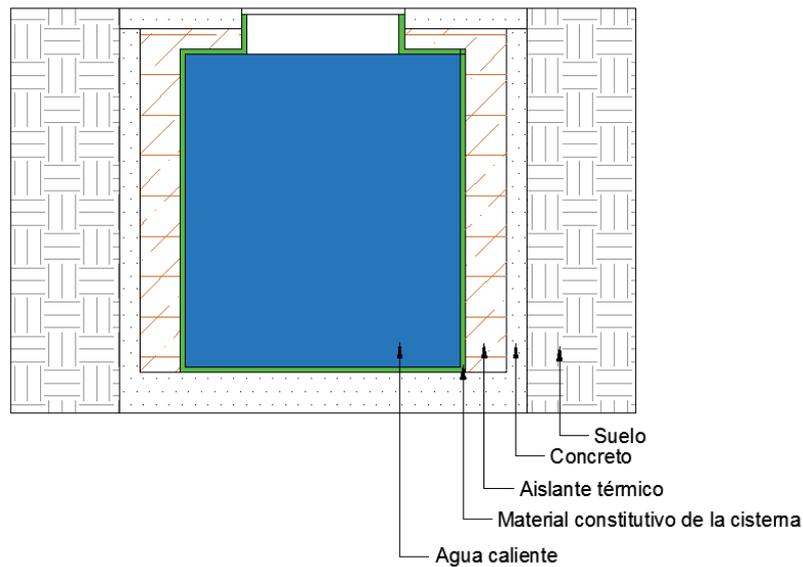


Figura 36: Esquema de la cisterna Implementada.

Para desarrollar el modelo matemático el cual consiste en determinar el flujo de calor de una zona de mayor temperatura a una de menor, se utiliza resistencias térmicas, las mismas que tiene una relación analógica a las resistencias eléctricas que están asociadas a la conductividad eléctrica, es así, que la resistencia térmica se relaciona con la conducción de calor y se puede representar tal como se muestra en la figura 37, la misma que corresponde al reservorio de la vivienda.

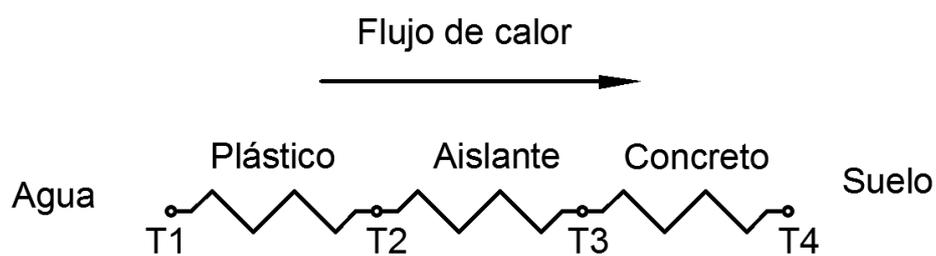


Figura 37: Esquema de resistencias.

Del esquema anterior se tiene que:

T1: Temperatura interna del agua.

T2: Temperatura de contacto entre el plástico y aislante

T3: Temperatura de contacto entre el aislante y el concreto.

T4: Temperatura del suelo.

Haciendo un análisis del flujo de calor al que se lo denominara (q_{Total}) se tiene la siguiente expresión:

$$q_{Total} = \frac{T1 - T4}{\sum Rt, c} \quad (2)$$

Donde, Rt, c corresponde a las resistencias térmicas de conducción para cilindros los cuales se calculan de la siguiente forma.

$$Rt_{cond} = \frac{Ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}{2\pi * L * k} \quad (3)$$

Donde:

Ln : Logaritmo Natural.

$r2$: Radio externo del cilindro.

$r1$: Radio interno del cilindro.

L : Longitud del cilindro.

k : Conductividad térmica del material.

Haciendo una distribución el esquema queda tal como se puede apreciar en la figura 38.

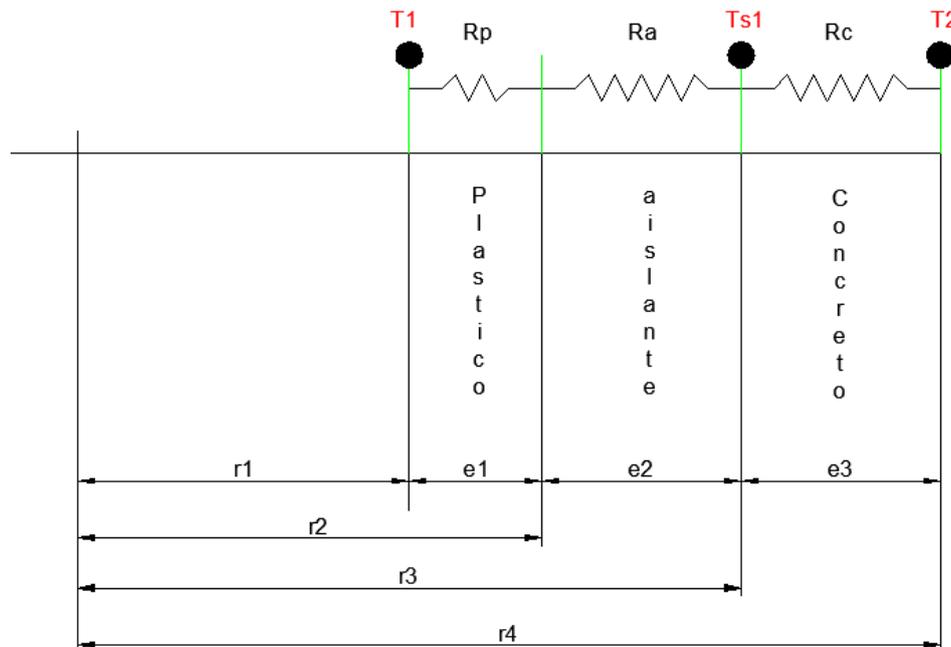


Figura 38: Esquema de resistencias con variables.

Del esquema anterior se obtiene la igualdad que se representa en la ecuación 4, que corresponde al equilibrio térmico en el punto Ts1 (temperatura de contacto entre el aislante y concreto).

$$q_p + q_a = q_c \quad (4)$$

Donde:

q_p : Flujo de calor por el plástico o polímero de la cisterna.

q_a : Flujo de calor por el aislante.

q_c : Flujo de calor por el concreto.

Desarrollando la ecuación 4 se tiene que

$$\frac{T1 - Ts1}{Rp + Ra} = \frac{Ts1 - T2}{Rc}$$

Despejando la Ts1, de la ecuación anterior se obtiene la siguiente expresión.

$$Ts1 = \frac{T1 * Rc + T2 * (Rp + Ra)}{Ra + Rc + Rp}$$

Reemplazando las equivalencias de las resistencias Rc, Rp y Ra.

$$Ts1 = \frac{T1 * \left(\frac{\ln\left(\frac{r4}{r3}\right)}{2\pi * kc * L} \right) + T2 * \left(\frac{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}{2\pi * kp * L} + \frac{\ln\left(\frac{r3}{r2}\right)}{2\pi * ka * L} \right)}{\frac{\ln\left(\frac{r3}{r2}\right)}{2\pi * ka * L} + \frac{\ln\left(\frac{r4}{r3}\right)}{2\pi * kc * L} + \frac{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}{2\pi * kp * L}}$$

Desarrollando la ecuación anterior se puede ver que los términos $(2\pi L)$ se simplifican por lo que la ecuación reducida queda de la siguiente forma.

$$Ts1 = \frac{T1 * \left(\frac{\ln\left(\frac{r4}{r3}\right)}{kc} \right) + T2 * \left(\frac{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}{kp} + \frac{\ln\left(\frac{r3}{r2}\right)}{ka} \right)}{\frac{\ln\left(\frac{r3}{r2}\right)}{ka} + \frac{\ln\left(\frac{r4}{r3}\right)}{kc} + \frac{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}{kp}} \quad (5)$$

De la figura 37, también se tiene las siguientes equivalencias.

$$r2 = r1 + e1$$

$$r3 = r1 + e1 + e2$$

$$r4 = r1 + e1 + e2 + e3$$

Donde:

e1: Espesor del tanque cisterna

e2: Espesor del Aislante.

e3: Espesor del concreto.

Finalmente, reemplazando las equivalencias anteriores en la ecuación 5, se tiene.

$$T_{s1} = \frac{T1 * \left(\frac{\ln\left(\frac{r1 + e1 + e2 + e3}{r1 + e1 + e2}\right)}{kc} \right) + T2 * \left(\frac{\ln\left(\frac{r1 + e1}{r1}\right)}{kp} + \frac{\ln\left(\frac{r1 + e1 + e2}{r1 + e1}\right)}{ka} \right)}{\frac{\ln\left(\frac{r1 + e1 + e2}{r1 + e1}\right)}{ka} + \frac{\ln\left(\frac{r1 + e1 + e2 + e3}{r1 + e1 + e2}\right)}{kc} + \frac{\ln\left(\frac{r1 + e1}{r1}\right)}{kp}} \quad (6)$$

Para evaluar la ecuación 6, se justifican los valores conocidos:

Radio interno de la cisterna (r1): Puede ser obtenido por medio de la tabla 5 y tiene un valor de 0,775 m.

Espesor del material de la cisterna (e1): Los reservorios tipos cisternas tienen un promedio de 5,5 mm (0,0055m)(López Romero, Méndez Martínez, & Serrano Reyes, 2008).

Espesor de la pared de concreto(e3): Este debe ser de 5 cm (0,05m)(IUSA, 2017).

Temperatura del agua en el interior de la cisterna (T1): Como se había mencionado esta cisterna va almacenar agua proveniente de un sistema de calentamiento solar, los mismos pueden llegar a calentar el agua hasta los 100°C y considerando que el punto de ebullición de agua en Quito es de los 91° C, además tomando en cuenta la existencia de pérdida por la tubería hasta llegar a

la cisterna se asume que el agua llegaría al reservorio a una temperatura de 80°C como temperatura máxima.

Temperatura del suelo de Quito (T2): Para determinar esta temperatura se aplica la siguiente expresión obtenida de (SENPLADES, GADPP, MAGAP, INEC, & SIGTIERRAS, 2013)

$$T_{mas} = T_{maa} + 1^{\circ}C \quad (7)$$

Donde:

T_{mas} : Temperatura media anual del suelo.

T_{maa} : Temperatura media anual del ambiente.

Según, Geiger y Köppen Quito tiene un clima templado con grandes cantidades de lluvia durante todo el año, por lo que su temperatura promedio anual es 13,9°C (Climate-data.org, 2018). Entonces aplicando la ecuación 7 se tendría el siguiente resultado para la temperatura del suelo.

$$T_{mas} = 13,9^{\circ}C + 1^{\circ}C = 14,9^{\circ}C$$

Haciendo una aproximación la temperatura que estaría el suelo de Quito es de 15°C.

Conductividad térmica de los materiales que actúan: Los distintos materiales que se utilizan en este proyecto son:

- Polietileno: Es el material que conforma la cisterna y tiene una conductividad térmica de $k_p=0,43$ (w/mk). (Plasticbages Industrial, 2018)
- Aislante: El material que se había determinado como aislante es el poliestireno el mismo que tiene una conductividad térmica de $k_a=0,033$ (w/mk).
- Concreto: Es el material que formaría la base donde va asentada la cisterna y las paredes laterales presenta la siguiente conductividad térmica $k_c= 1,4$ (w/mk). (Incropera & DeWitt, 1999)

Por último, las variables que no se conocen de la ecuación 6 son: el espesor del aislante (e_2) y la temperatura superficial después del aislante (T_{s1}), es así que

para evaluar la ecuación se va dando distintos valores de espesores para el aislante y se va calculando la que temperatura Ts1 y toma la que más se aproxime a la temperatura del suelo, ya que de esta forma se podría estar perdiendo la menos cantidad de calor a través las distintos materiales por donde tiene que fluir el calor que son: plástico, aislante y concreto.

$$T_{s1} = \frac{T_1 * \left(\frac{\ln\left(\frac{r_1 + e_1 + e_2 + e_3}{r_1 + e_1 + e_2}\right)}{k_c} \right) + T_2 * \left(\frac{\ln\left(\frac{r_1 + e_1}{r_1}\right)}{k_p} + \frac{\ln\left(\frac{r_1 + e_1 + e_2}{r_1 + e_1}\right)}{k_a} \right)}{\frac{\ln\left(\frac{r_1 + e_1 + e_2}{r_1 + e_1}\right)}{k_a} + \frac{\ln\left(\frac{r_1 + e_1 + e_2 + e_3}{r_1 + e_1 + e_2}\right)}{k_c} + \frac{\ln\left(\frac{r_1 + e_1}{r_1}\right)}{k_p}}$$

Como los espesores del plástico y concreto son constantes, se debe varia los espesores del aislante.

Reemplazando los valores en la expresión anterior se obtiene la siguiente tabla, donde se puede ver los resultados obtenidos para las resistencias térmicas, radios y espesor del aislante.

Tabla 11. Resultados de cálculos cisterna de la vivienda.

Esesor [m] (aislante)	Ts1[°C] (calcula)	Rp	Rc	Ra	r3 [m]	r4 [m]
0,01	21,4	0,01644584	0,04380807	0,38578535	0,7905	0,8405
0,05	16,4	0,01644584	0,04175857	1,88161179	0,8305	0,8805
0,1	15,5	0,01644584	0,03945153	3,65318751	0,8805	0,9305
0,2	15,3	0,01644584	0,03552625	6,91296684	0,9805	1,0305

De los resultados obtenidos en la tabla 11 se puede ver que los valores para la temperatura Ts1 que corresponden a los espesores 0,2 y 0,1 m, la diferencia es mínima, por lo que se toma para aislar la cisterna el de 0,1m (10 cm) bajo criterios de costos y construcción, ya que, tomando en cuenta los valores de 1 cm y 5cm representarían mayor pérdida de calor y su implantación seria complicada, mientras que, el de 2 cm representaría un costo muy alto en el aislante.

4.4.2. Calculo del espesor del aislante en la cisterna del asilo.

Para determinar cuál será el espesor del aislante que debe tener la cisterna del asilo se desarrolla el siguiente esquema. Ver figura 39

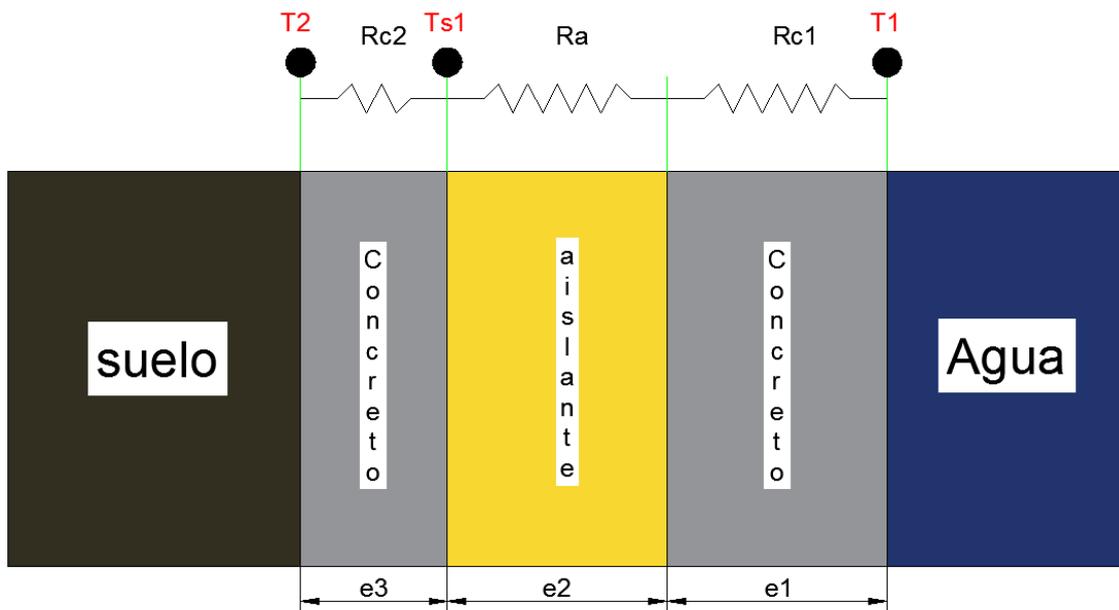


Figura 39: Esquema de resistencias con variables en la cisterna del asilo.

Realizando el análisis de equilibrio térmico se tiene la ecuación 8.

$$\frac{T1 - Ts1}{Rc1 + Ra} = \frac{Ts1 - T2}{Rc2} \quad (8)$$

Las resistencias térmicas para superficies planas se pueden determinar con la siguiente ecuación.

$$Rt = \frac{e}{k * A} \quad (9)$$

Donde:

e: Espesor del material.

k: Conductividad térmica.

A: Área.

Entonces despejando Ts1 y realizando el reemplazo de la ecuación 9 en la 8 se tiene.

$$Ts1 = \frac{T1 * Rc + T2 * (Rp + Ra)}{Rc1 + Rc2 + Ra}$$

$$T_{s1} = \frac{T1 * Rc2 + T2 * (Rc1 + Ra)}{Rc1 + Rc2 + Ra}$$

Reemplazando las equivalencias.

$$T_{s1} = \frac{T1 * \left(\frac{e3}{kc2 * A}\right) + T2 * \left(\frac{e1}{kc1 * A} + \frac{e2}{ka * A}\right)}{\frac{e1}{kc1 * A} + \frac{e3}{kc2 * A} + \frac{e2}{ka * A}}$$

Entonces la ecuación para evaluar cuál sería el espesor ideal para el aislante de la cisterna es la siguiente.

$$T_{s1} = \frac{T1 * \left(\frac{e3}{kc2}\right) + T2 * \left(\frac{e1}{kc1} + \frac{e2}{ka}\right)}{\frac{e1}{kc1} + \frac{e3}{kc2} + \frac{e2}{ka}} \quad (10)$$

Para poder evaluar la ecuación 10, se utilizará algunos datos que se mencionaron en el numeral 4.4.1, como, por ejemplo: La temperatura del suelo ($T2=15^{\circ}\text{C}$), conductividad térmica del concreto ($kc2=kc1=1,4 \text{ w/mk}$), la conductividad térmica para el aislante ($ka=0,033\text{w/mk}$) y la temperatura del agua en el interior de la cisterna ($T1=80^{\circ}\text{C}$).

Otro dato que es conocido es el espesor que tiene el muro de concreto de la cisterna del asilo que es de 15 cm (0,15m). Por lo que los resultados obtenidos por medio de dar varios valores de espesores se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Resultados de cálculos cisterna del asilo.

Espesor [m] (aislante)	Ts1[°C] (calcula)	Rc1	Ra	Rc2
0,01	20,2068111	0,1071	0,3030303	0,03571429
0,05	16,4001667	0,1071	1,51515152	0,03571429
0,1	15,7315924	0,1071	3,03030303	0,03571429
0,2	15,3742175	0,1071	6,06060606	0,03571429

Tomando en cuenta los valores de tabla 12, se analiza de la siguiente forma, para los espesores de 1 cm y 5 cm representarían mayor pérdida de calor y su proceso de instalación sería complicada, mientras que, el de 2 cm representaría un costo muy alto en el aislante, por lo que el de 0,1m (10 cm) sería el espesor del aislante a elegir.

4.5. Herramientas para la construcción de la cisterna.

Para la construcción de la cisterna de la vivienda y para la instalación del material aislante en el reservorio del asilo de ancianos son:

- Cubetas para recolección de agua.
- Equipos para cortar varilla corrugado como amoladoras o cierras.
- Cucharas de albañil.
- Carretillas.
- Plomo de albañil.
- Picos.
- Palas.

4.6. Análisis del costo de cisternas.

Los costos de construcción de las cisternas van de acuerdo a los tipos de materiales que se utilice, así como también de los procesos constructivos llevados a cabo.

4.6.1. Costos de construcción de la cisterna de la vivienda.

Para determinar un costo aproximado de la adecuación de la cisterna para la vivienda, hay que ver los materiales que se necesita que son:

Cisterna de polietileno: Este depósito puede ser adquirido en algunas ferreterías o sitios de dedicados a la venta de estos productos como es el caso de “Water supply” que se encuentra ubicado en Quito, en la Av. Ilalo Y Rio Corriente, donde poseen los depósitos que se requiere y con las especificaciones necesarias. Ver a continuación la figura 40

Tanque Cisterna Para
Agua 2500lts En Quito
Ipichincha |

U\$S 299



Figura 40: Costo del tanque cisterna.

Tomado de:(Water Supply, 2018)

La adecuación para este depósito, de tal forma, que pueda almacenar agua sería tal como se muestra en la figura 41.

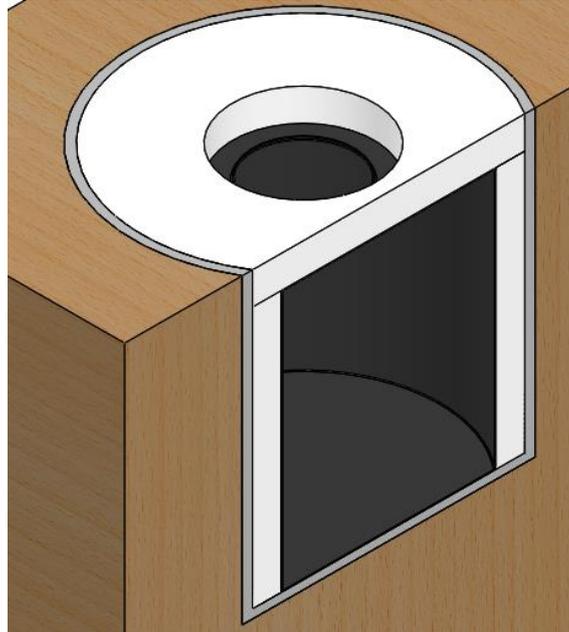


Figura 41: Adecuación del tanque cisterna.

Hormigón: Como se puede apreciar en la figura anterior el volumen que ocuparía la capa de concreto donde iría asentado la cisterna y el aislante se obtiene de la siguiente forma.

$$V_c = V1 - V2 \quad (11)$$

Donde

V_c : Volumen del concreto.

$V1$: Volumen Total.

$V2$: Volumen de vaciado.

En la figura 42 se muestra la esquematiza el volumen de concreto que se necesita

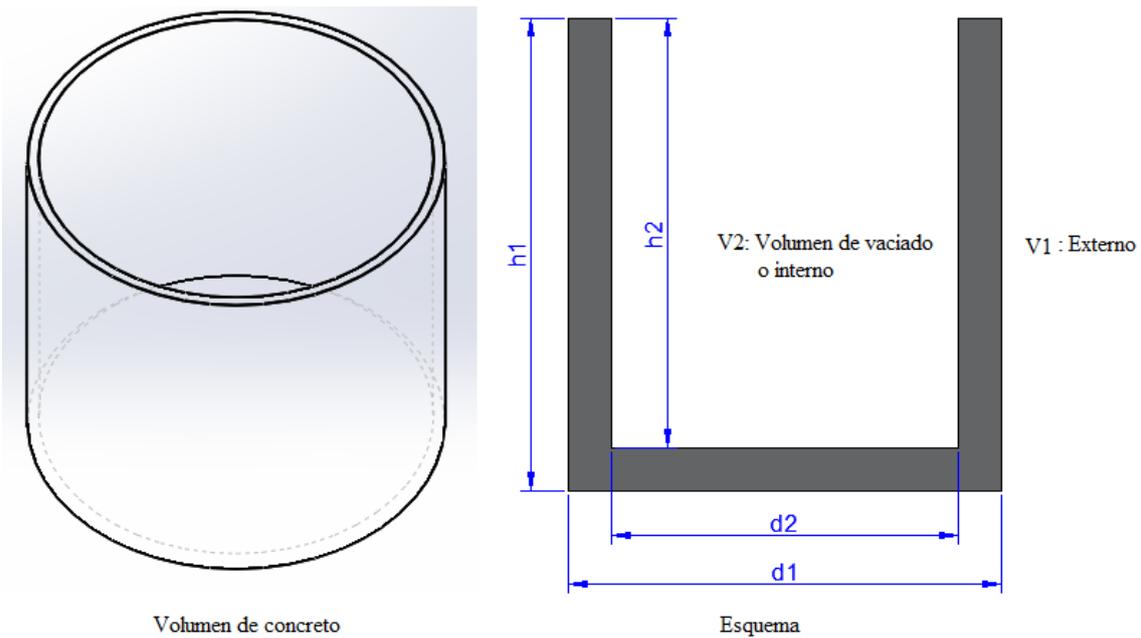


Figura 42: Volumen de concreto en la vivienda.

Además, el volumen de un cilindro se obtiene de la siguiente forma.

$$V = \pi r^2 h \quad (12)$$

Donde:

r : Radio de la base del cilindro.

h : Altura del cilindro.

Entonces reemplazando 12 en la 11 se tendría la siguiente.

$$V_c = \pi r_1^2 h_1 - \pi r_2^2 h_2 \quad (13)$$

Las variables de la ecuación 11, $r_1 = r_4 = 9305 \text{ m}$ y $r_2 = r_3 = 0,8805 \text{ m}$, corresponde a los valores obtenidos en los cálculos de la tabla 11.

El valor de $h_2 = 1,68 \text{ m}$, profundidad que recomiendan ubicar este tipo de cisternas (IUSA, 2017), mientras que $h_1 = 1,73 \text{ m}$, valor que corresponde a la suma de la profundidad y el espesor de la base. Finalmente reemplazando los valores en la ecuación 11 se tiene.

$$V_c = \pi(0,9305)^2 * 1,73 - \pi(0,8805)^2 * 1,68 = 0,62 \text{ m}^3$$

Entonces lo que se requiere para realizar el sitio donde va la cisterna es de 0,62 m³, de hormigón el cual, debido a la siguiente tabla, se considera el que tiene una resistencia de 200 kg/cm², ya que la aplicación es para losas y zapatas.

Tabla 13. Resistencia del hormigón.

Resistencia del concreto	resistencia	Bulto por m ³ de concreto
Aplicación	F'c= Kg/cm ²	
Alta Resistencia	300	9
Columnas Techos	250	7,5
Losas, Zapatas	200	6,5
Castillos, Dalas	150	6
Muros, Pisos	100	5

Tomado de: (Gómez H, 2011)

Vasado en la tabla 13, el hormigón promocionado por (Construye Ecuador, 2018) tiene un costo de 90 dólares el m³, cuya característica es de 210 kg/cm². Ver figura 43.



Figura 43:Costo del metro cúbico del concreto.

Fuente: (Construye Ecuador, 2018)

De acuerdo al volumen necesario el costo de hormigón sería.

$$90 \frac{\$}{m^3} * 0,62 m^3 = \$ 55,8$$

Poliestireno: La cantidad de aislante que se requiere para cubrir toda la cisterna se calcula de la siguiente forma.

$$Va_c = h_{a,c} * \pi * (r_3^2 - r_2^2) \quad (14)$$

Donde:

Va_c : Volumen de aislante del cilindro.

$h_{a,c}$: Altura del cilindro que conforma el aislante.

r_3 : Radio externo del cilindro que conforma el aislante. (ver tabla 11)

r_2 : Radio interno del cilindro que conforma el aislante.

Reemplazando los valores en la ecuación 14, se tiene.

$$V_{a_c} = 1,49 * \pi * (0,8805^2 - 0,7805^2) = 0,78 m^3$$

Para la parte superior se requiere una determinada cantidad de aislante, de tal forma que llegue hasta la superficie superior de la tierra (hts), las misma que se calcula de la siguiente forma:

$$hts = h_p - h_{cis}$$

Donde

h_p : profundidad que recomiendan ubicar este tipo de cisternas(IUSA, 2017).

h_{cis} : Altura de la cisterna. Ver tabla 5

$$hts = 1,68 - 1,49 = 0,19m$$

Entonces el volumen de aislante (V_{ta}) que se necesita para cubrir la parte superior de la cisterna es:

$$V_{ta} = \pi * 0,8805^2 * 0,19 = 0,46m^3$$

Entonces el volumen total de aislante que se requiere para toda la cisterna es:

$$V_{total\ del\ aislante} = 0,78m^3 + 0,46m^3 = 1,24m^3$$

Finalmente, el costo de poliestireno es de 54,90 \$, los 15 Kg (Sodimac, 2018), entonces para determinar cuánto sería el valor a gastar para aislar toda la cisterna se utilizó la densidad que es 19 Kg/m³(Solis, 2005).

$$19 \frac{kg}{m^3} * \frac{54,90\$}{15kg} * 1,24m^3 = 86,23 \$$$

En la siguiente tabla se muestra desglosado cual sería el costo para la adecuación de la cisterna de la vivienda.

Tabla 14. Desglose del costo de instalación de la cisterna en la vivienda

Material	Costo unidad	Costo total
Cisterna	\$ 300	\$ 300,00
Hormigón	\$ 90 por m ³	\$ 55,80
Aislante	\$ 54,90 los 15Kg	\$ 86,23
Varios	\$ 100	\$ 100,00
Total		\$ 542,03

Los costos varios que se muestran en la tabla 14, corresponden para imprevistos u otros posibles materiales.

4.6.2. Costos de adecuación de la cisterna de sitio comunitario.

Como ya se había mencionado la cisterna del sitio comunitario ya está construida, por lo que la adecuación para la instalación del sistema de aislamiento sería de la siguiente forma. Ver Figura 44

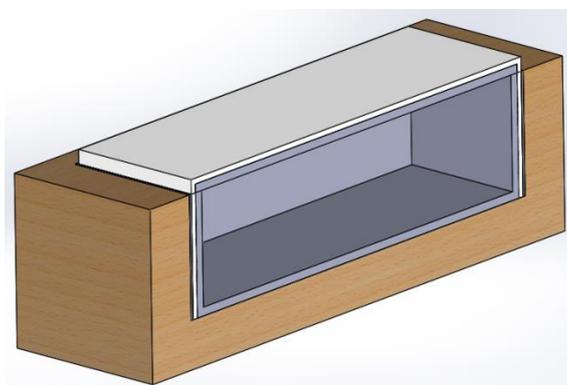


Figura 44: Aislamiento de la cisterna del asilo.

Hormigón: Para el desarrollo de esta adecuación se requiere un volumen de concreto que conforme un cubo tal como se ve en la figura 45.

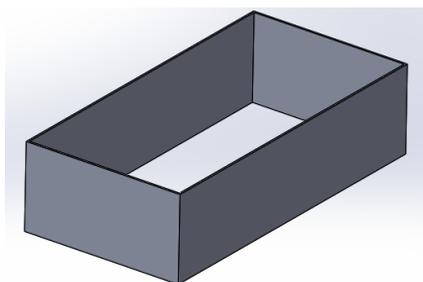


Figura 45: Concreto necesario.

Que presenta las (2,15m x 4m x 8m) como dimensiones internas, el espesor del material es de 0,05 m, por lo que el volumen de hormigón que se necesita es de 2,6 m³, entonces el costo del hormigón sería.

$$90 \frac{\$}{m^3} * 2,6m^3 = 234 \$$$

Aislante: La cantidad de aislante que se necesita para cubrir toda la cisterna se lo determina mediante el cálculo del volumen de la tapa. Ver figura 46

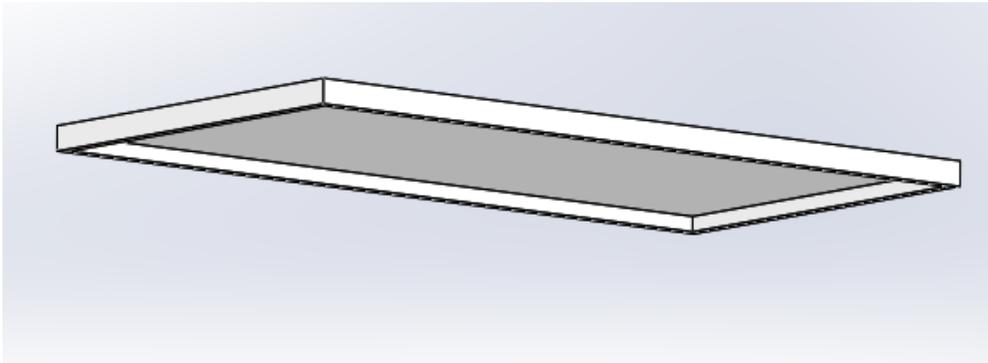


Figura 46: Aislante superior.

Las dimensiones de esta tapa son (8m x 4 m x 0,25m) el espesor de extracción de 0,1m por lo que el volumen es de 3,554 m³

Y el volumen que cubra todas las partes laterales del tanque de la cisterna. Ver figura 47.

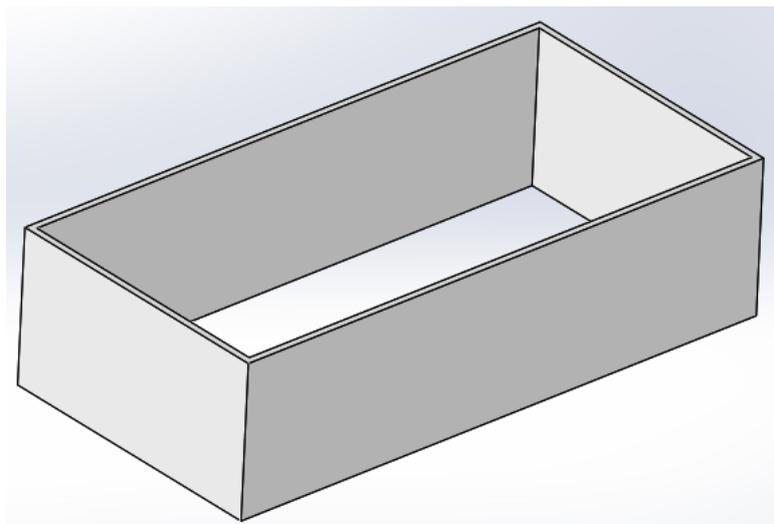


Figura 47: Aislante inferior.

Las dimensiones internas que tiene la figura anterior son (7,8m x 3,8m x 2,15m) el espesor de aislante es de 0,1m, con estos valores el volumen es de 5,074 m³. Para determinar la cantidad total de aislante que se requiere para toda la cisterna se suma el volumen de la tapa y de los laterales y se tiene.

$$(3,554 \text{ m}^3) + (5,074 \text{ m}^3) = 8,628 \text{ m}^3$$

Basado en los datos encontrados para la cisterna de la vivienda se puede determinar el costo de la cantidad de aislante que se requiere.

$$19 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{54,90\$}{15\text{kg}} * 8,628\text{m}^3 = \$ 599,99 \approx \$ 600$$

Finalmente, el valor total que se requiere para adecuar la cisterna se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 15. Desglose del costo de instalación del aislante en el asilo

Material	Costo unidad	Costo total
Hormigón	\$ 90 por m ³	\$ 234,00
Aislante	\$ 54,90 los 15Kg	\$ 600,00
Varios	\$ 1000	\$1000,00
Total		\$1834,00

Los costos varios que se asumen en la tabla 15, corresponde a un aproximado en mano de obra, otros materiales y equipos necesarios

CAPÍTULO V

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN COLECTOR SOLAR DE PLACAS ABSORVENTES

5.1. Tipo de colector solar a Fin al Proyecto.

Existen algunas variedades de colectores solares para el calentamiento de agua dentro de los más conocidos y utilizados por la eficiencia son:

Colectores solares planos: Estos equipos tienen la capacidad de alcanzar temperaturas de hasta los 100°C, dependiendo el diseño y los materiales que se utilicen su aplicación es para la calefacción de grandes cantidades de agua como en piscinas, edificios y conjuntos habitacionales.(CEMAER, 2016), por su forma y materiales pueden ser construidos de forma artesanal, su eficiencia son cercanas al 75%(Termocan, 2011).

Los costos de estos colectores no son tan elevados, su instalación es fácil, el peso que tiene la estructura en vacío es de 36 kg a 75 kg y el mantenimiento es muy sencillo(Termocan, 2011).

Colectores solares de tubos al vacío: Su aplicación está limitada a los hogares donde no se tenga un alto consumo de agua, pues su eficiencia para el calentamiento de agua no es muy alta con respecto a cantidad, puede alcanzar hasta los 190°C (CEMAER, 2016).

Además, estos tipos de colectores solares son muy complicados para la construcción ya que al tener vacío en los tubos colectores de agua necesitan de un sistema que se encargue se realizar la extracción del aire para la generación del vacío, su costo con relación a los colectores solares planos es más elevado, el peso cuando el colector está vacío es de 46 kg (Termocan, 2011).

Colectores solares semi-esféricos: Este tipo de colectores solares tiene la característica, que no necesita ningún tipo de inclinación para poder captar una gran cantidad de energía solar, ya que, tiene una cubierta semiesférica transparente que le permite captar energía solar en todas las direcciones, en su interior tiene una tubería corrugada, la cual, es la encargada de calentar el agua.

Este equipo puede llegar a una temperatura de 120 °C, en la figura 48 se puede ver con este tipo de colector solar.(bubblesun, 2007)



Figura 48: Colector solar semiesférico.
Tomado de: (bubblesun, 2007)

A continuación, se coloca una tabla con las especificaciones, que se considera importantes, misma que lleva una puntuación del 1 al 10 en cada una de las características, para comparar cuál alternativa es la más viable de los tres tipos de colectores, se realiza la calificación en cada una de estas y se hace la sumatoria y el valor más alto sería la mejor alternativa. Ver tabla 16

Tabla 16. Tabla de comparaciones de colectores.

ESPECIFICACIONES	Colectores		
	plano	Tubos al vacío	Semi-esférico
Más liviano	5	7	9
Eficiencia térmica	7	10	9
Captación solar	6	8	10
Ideal para calentar grandes cantidades de agua	9	9	10
Menor costo por equipo	8	5	10
Facilidad de construcción por personas naturales	10	5	5
Facilidad de mantenimiento	10	5	5
Facilidad de instalación	10	4	6
Facilidad de obtención en el mercado nacional	10	8	3
Total	75	61	67

Por las características técnicas los colectores al vacío y semi-esféricos son mejores, pero por cuestiones de operatividad, obtención y diseño accesible para persona que no cuentan con el conocimiento necesario para diseñar estos equipos, el más amigable es el colector solar plano el mismo que puede alcanzar una temperatura de hasta los 100°C, que sería ideal para las aplicaciones en el país además.

5.2. Materiales Plásticos y Aislantes resistente a las adversidades Climáticas.

5.2.1. Materiales plásticos.

PVC: Son materiales plásticos ideales y resistentes a los cambios climáticos su nombre técnico es (Policloruro de vinilo), según (Pérez Porto & Gardey, 2015) presenta ventajas como:

- Alta resistencia abrasiva.
- Puede resistir impactos, así como también esfuerzo mecánico externos.
- Es muy buen aislante eléctrico.
- Presenta propiedades estables e inertes, por lo que lo vuelven útil para productos de higiene.
- Su grado de inflamabilidad es bajo, por lo que no es propenso a la auto-combustión.
- Este material no se degrada fácilmente con el medio ambiente o por la presencia de humedad, puede llegar a durar hasta seis décadas.
- Tiene un poder energético alto, por lo que puede ser utilizado en sistemas de combustión, donde se aproveche su poder calórico.
- Su costo es bajo.

Desventajas:

- A elevadas temperaturas tiende a deformarse.
- Cuando el material está a temperatura ambiente no se puede conformar o dar forma.

Este material puede ser usado en las tuberías del sistema que alimenten el agua al colector solar, así como también, los que distribuyan el agua caliente hacia las duchas, lavabos e inodoros.

Polietileno de alta resistencia: Polímero que resulta del etileno mediante una polimerización, este material es muy conocido a nivel mundial ya que es el plástico común que se utiliza. Los mismos que se clasifican por la densidad como, por ejemplo: De baja densidad, alta densidad, alta densidad y alto peso molecular, ultra alto peso molecular y lineal de baja densidad.(Mariano, 2011)

Las ventajas que tiene este tipo de material son:

- Bajo peso.
- Superficies con baja rugosidad.
- Anticorrosivo.
- Flexible.
- Buena elasticidad.
- Puede ser moldeado con facilidad.
- Las deformaciones no son permanentes.
- Soporta grandes impactos mecánicos
- Amplia vida útil.
- Bajo costo.
- Resistente a químicos y bacterias.
- Se puede reciclar, para la creación de otros productos.
- Por su buena elasticidad tiene la capacidad de crearse hilos por lo que tiene aplicaciones en la industria textil.

Desventajas.

- Medioambientales, si no se lo procesa es un fuerte contaminante ambiental.
- No es rígido, y frente a la presencia de calor tiene a expandirse.

De acuerdo con (Mariano, 2011) las propiedades más importantes que tiene este material son:

- Densidad 960 Kg/m³.
- Punto de Fusión 135 °C.
- Temperatura de trabajo -100°C a 120°C.

Acrílico: Es un termoplástico que es muy utilizado por las propiedades físicas y estéticas que presenta, una de estas es la alta claridad ya que es el plástico más transparente que existe.(Acrilux S.A., 2018)

Sus propiedades son:

- Densidad 1,2 g/cm³.
- Transmisión de luz 95%.
- Temperatura de termo-formado de 140°C a 180°C.
- Temperatura máxima de trabajo 90°C.(Acrilux S.A., 2018)

Además, las ventajas que ofrece este material son:

- En presencia de cambios climáticos extremos, no se opaca.
- Larga vida útil
- Puede ser fácil de limpiar.
- Muy buena resistencia al medio ambiente, ya que no se degrada por humedad o por la presencia de rayos ultravioleta.(Acrilux S.A., 2018)

Las desventajas de este material son:

- Costosos.
- Frágil, no soporta impactos.

5.2.2. Materiales aislantes.

Existen una serie de aislantes que son resistentes a los cambios climáticos los mismo que ya se mencionaron en capítulo anterior, además los más utilizados para aplicaciones en aislamientos térmicos de colectores solares son:

- Poliestireno.
- Manta Cerámica.
- Lana de Vidrio.
- Y Fibra vegetal.

Dependiendo de las propiedades que presenta estos materiales los más idóneos para utilizar en los colectores solares son los tres primeros ya que tienen alta resistencias a los cambios climáticos, además su conductividad térmica es baja.

Para este proyecto el poliestireno no es tan recomendable por las bajas temperaturas de trabajo, la manta cerámica tiene buenas propiedades, pero su costo es muy alto, mientras que la lana de vidrio sería ideal pues presenta una conductividad térmica de 0,045 (w/mk) (Kaefer, s. f.), y además que es excelente para trabajos con temperaturas bajas, hasta los 200°C.

Las ventajas como: Facilidad en el moldeo, costos bajos, fácil de cortar y existente en el mercado nacional lo convierten en un material útil para usar en colectores solares, además las desventajas como irritaciones o picazón en la piel puede ser contrarrestada con manipulación del material con guantes y protección para los ojos, la sensibilidad a la humedad se puede resolver con pegamentos hidrofóbicos que repelen el agua.

5.3. Preparación de la ducteria de entrada y salida de agua.

5.3.1. Entrada y salida del colector solar.

Entrada: La tubería que dirige el agua hacia el colector solar, debería ir acoplada mediante rosados y con válvulas intermedias y en puntos especifico, donde se pueda minimizar el flujo de agua o en su defecto cortarlo, esto con la finalidad de realizar mantenimiento o permitir que el agua que va al colector se caliente a la temperatura deseada.

Esta tubería debe ser de PVC, de ½ pulgada y sin ningún tipo de recubrimiento.

Salida: Los ductos que salen del colector deberían estar equipados con aislante térmico tal como se ve en la siguiente figura



Figura 49:Tubería con aislamiento Térmico.
Tomado de:(Vilssa, 2018).

Del mismo modo debería estar equipada con válvulas con el fin de suspender la alimentación hacia la cisterna cuando se requiera realizar la limpieza de la misma, el material que constituye la tubería de salida de agua sería de pvc, ya que este material viene con protecciones que permiten soportar temperaturas de hasta 90°C con un pico máximo de 110°C.(Gottschalk, Breulmann, Fetter, Kretschmer, & Bastian, 2018)

5.3.2. Entrada y salida de la cisterna.

La preparación de la entrada y salida de la tubería de la cisterna debe estar equipada con aislamiento térmico, pues se requiere que durante el traslado del fluido caliente este no pierda la energía calórica que ha ganado mediante el colector solar.

5.4. Análisis del colector solar.

5.4.1. Materiales para el ensamble del Colector solar.

Los materiales útiles para la construcción de un colector solar plano que se designó para este proyecto son:

- Aislamiento térmico, Lana de Vidrio.
- Tubería de cobre o aluminio, ya que son materiales que tiene alta conductividad térmica.
- Vidrio o acrílico a para que se utilice como placa transparente y que permita el paso de los rayos solares y además que proteja la tubería interior para que estas no se oxiden.
- Planchas de acero inoxidable, para forrar la estructura y sujetar el aislante.
- Perfiles angulares, para forma el esqueleto del colector solar.
- Pegamentos hidrofóbicos como por ejemplo silicones de alta temperatura, masilla epóxica.
- Sujetadores como pernos, tornillos.
- Electrodo para soldadura de la estructura.
- Placa absorbente de color negro.

5.4.2. Herramientas para la construcción de los colectores.

Para la construcción de un colector solar las herramientas que se consideran ideales son:

- Llaves de boca y corona, con numeraciones desde 6mm hasta 20 mm de.
- Máquinas para soldar como la SMAW y GTAW la primera para crear la estructura del colector y unir los perfiles angulares y la segunda para soldar las tuberías de cobre.
- Cierras para cortar tubería.
- Amoladora o cizalla para tool.
- Destornilladores.
- Taladro.
- Brocas.

5.4.3. Análisis del costo del colector solar.

Los costos de los colectores solares varían dependiendo las mejores características técnicas que tenga, materiales utilizados procesos de construcción, diseños y funcionalidad es así que los precios que tiene distintos colectores solares varían, los colectores solares planos llegan a tener valores de \$ 220 hasta los \$ 330 dólares y varían dependiendo la capacidad de producción de agua caliente, versatilidad y tamaño.(KUHN, 2018)

También, cabe mencionar que los colectores de tubos de vacío presentan valores de \$ 400 hasta los \$ 700 dólares los mismo que varían por la capacidad de producción de agua y por los equipos necesario para la generación de vacío en las tuberías concéntricas que tiene.(KUHN, 2018)

Los colectores solares semi-esféricos aun no presentan costos, pues solo pueden ser adquiridos bajo pedido y dependiendo las características necesarias, que lo convierten en un elemento costoso ya que al tener una producción individual y no en serie, hace que los costos sean elevados por lo que es un dispositivo de difícil acceso.

5.5. Esquematizar el funcionamiento de colector solar en tres dimensiones.

El colector solar ideal para este proyecto, se muestra especificado en tres dimensiones en la figura 50.

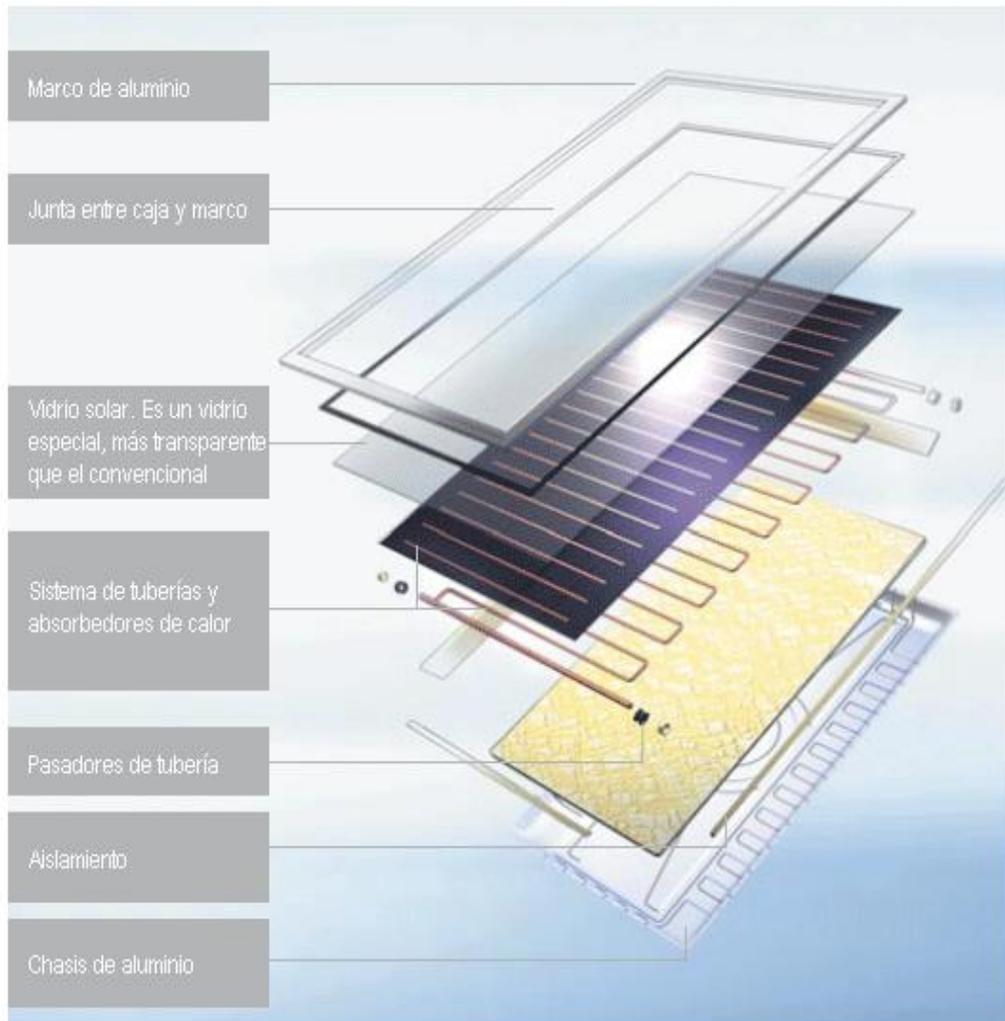


Figura 50: Colector solar de placas planas absorbentes.
Tomado de: (Ligero11, 2013)

En la gráfica anterior se puede ver los materiales necesarios que intervienen en un colector solar de placas absorbentes.

A continuación, en la figura 51 se puede ver el funcionamiento del sistema completo para la vivienda, donde el agua de red entra directamente hacia el sistema de calentamiento solar constituido por colectores solares planos, los mismos que elevarían la temperatura del agua y la almacenarían en cisterna.

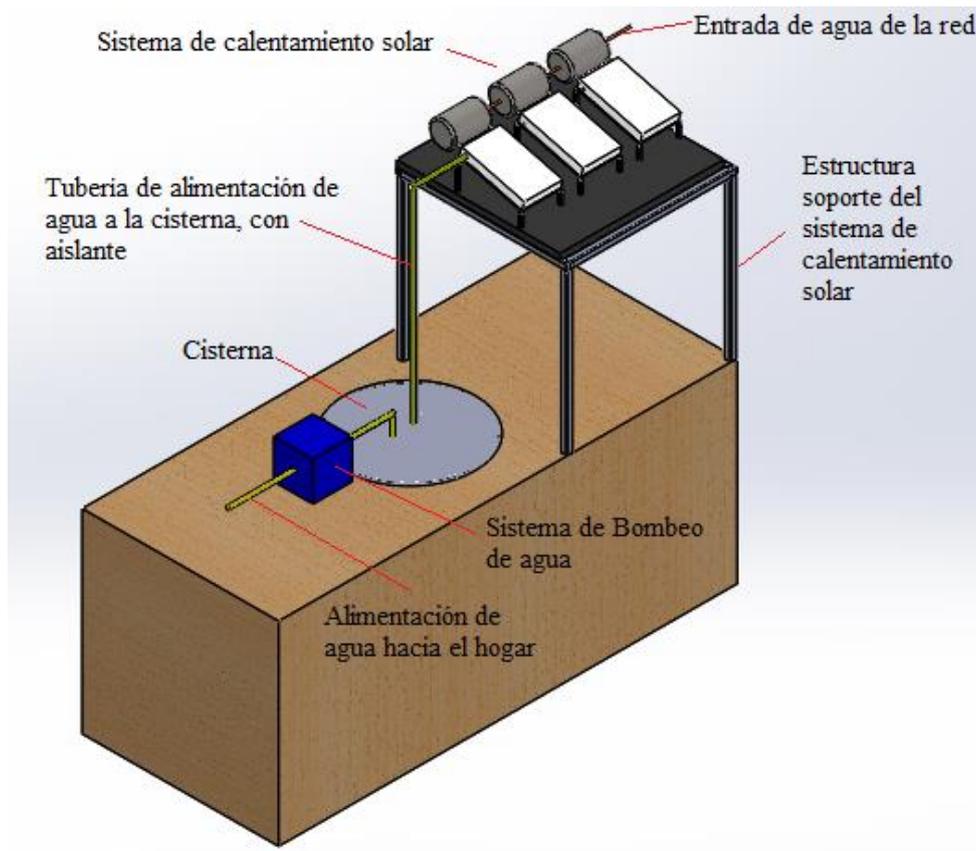


Figura 51: Sistema de calentamiento del agua en la vivienda.

El agua proveniente del sistema de calentamiento solar será almacenada en la cisterna, que está equipada con aislante térmico para minimizar las pérdidas de calor del agua hasta que se utilice.

El Agua Caliente almacenada en la cisterna sería distribuida por el sistema de bombeo hacia toda la casa dependiendo las necesidades, también, las tuberías que dirigen el agua caliente están equipadas con aislante térmico para minimizar las pérdidas de calor cuando esta sea distribuida hacia el hogar, ver figura 52

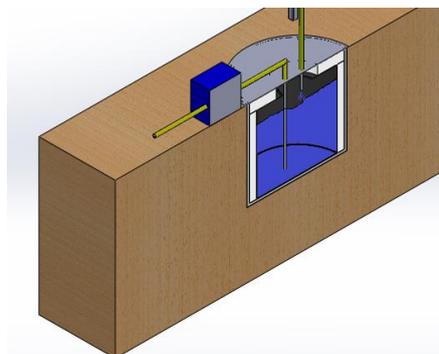


Figura 52: Esquema de agua caliente de la vivienda.

El principio de funcionamiento del sistema de calentamiento en el asilo de ancianos es el mismo que el de la vivienda, con la diferencia que la estructura donde estarían asentados los colectores solares irían a un costado la cisterna; con la finalidad minimizar pérdidas en el traslado de agua. En la figura 53, se puede apreciar como estaría instalado el sistema de calentamiento en el sitio asistencial.



Figura 53: Sistema de calentamiento solar instalado en la cisterna.

5.6. Analizar costo del sistema total.

El costo total del sistema completo propuesto en este proyecto depende de algunos factores, los cuales son del equipamiento de las cisternas para tener las características de almacenar agua caliente, tipos de colectores a utilizar para el calentamiento de agua, tuberías, accesorios, aislante de tubería, sistema de bombeo para distribuir el agua a los sitios donde puede ser utilizada.

La principal desventaja que presenta este tipo de sistema es la inversión inicial que es alta, pero a largo plazo es rentable ya que ayuda a minimizar el consumo de energía por calentamiento de agua. En la siguiente tabla se desglosa los valores aproximados que se utilizan para la implementación de este sistema en una vivienda con un número de máximo de 15 residentes, los mismo que consumirían como máximo 2 m³ cada día.

Tabla 17. Tabla de costos del sistema total en la vivienda.

Descripción	Costo USD
Costo por adecuación de la cisterna	\$ 542,03
Bomba de agua	\$ 91,00
3 Colectores solares.	\$ 660,00
Estructura soporte para los colectores solares	\$ 500,00
Varios	\$ 500,00
Total	\$ 2293,03

La tabla 17, muestra un desglose aproximado de lo que se gastaría para la implementación de un sistema de calentamiento solar que alimente a una cisterna de una vivienda de 15 residentes. Los cuales se justifican de la siguiente forma:

- Costo por adecuación de la cisterna: Este valor se encuentra justificado en el número 4.6.1 donde se especifica los materiales a utilizar y lo necesario para la adecuación correcta.
- Costo bomba de agua: Al ser una vivienda se necesita una bomba que presente características básicas y acorde a las necesidades, como por ejemplo la bomba centrífuga Century, que presenta características como: Temperatura de operación de hasta los 80°C, 1 Hp, caudal de 50 litros por minuto. (KUHN, 2018)
- Costo de colectores solares: Por la capacidad de agua que se requiere calentar, se asume que se debe tener como mínimo de 3 colectores solares, además también se asume este valor por el costo excesivo que representa la adquisición de estos equipos.
- Costo de la estructura del soporte: a esta se asume un valor de construcción de 500 dólares, por los materiales a utilizar como los tubos cuadrados para las columnas y vigas, además del material para la preparación de las bases y la losa con hormigón de 10 cm de 210.

- Costos varios: Estos valores se justifican por imprevisto, materiales de tubería a utilizar, válvulas aislantes, etc. Costos que no se puede identificar con exactitud.

Para el asilo de ancianos los costos para el sistema de calentamiento, se pueden ver en la tabla 18.

Tabla 18. Tabla de costos del sistema total en el asilo

Descripción	Costo USD
Costo por adecuación de la cisterna	\$ 1843,00
6 Colectores solares.	\$ 1320,00
Estructura soporte para los colectores solares	\$ 1000,00
Varios	\$ 500,00
Total	\$ 4663,00

Como se puede apreciar en la tabla anterior el valor total que se asume para adecuar un sistema de calentamiento solar en el asilo es de aproximadamente \$4663, donde se asume que debería tener como mínimo 6 colectores solares ya que la capacidad de agua a calentar es alta, el costo de adecuación de la cisterna se puede ver en el numeral 4.6.2 los costos varios se justifican para la adecuación y adquisición de tuberías para la instalación del sistema de calentamiento. Cabe mencionar que aquí no se toma el valor del sistema de bombeo ya que esta institución ya cuenta con uno.

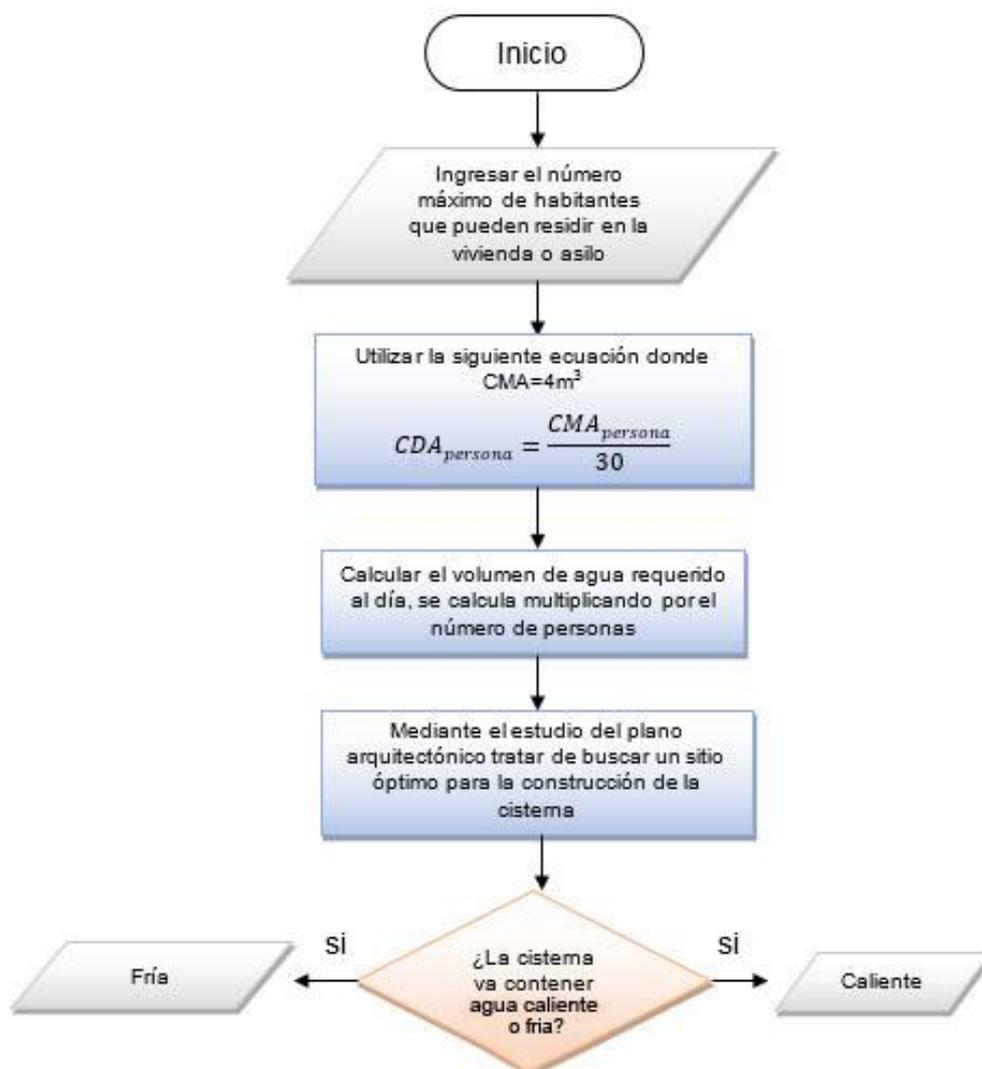
CAPÍTULO VI

DESARROLLO DE LA GUÍA PRÁCTICA DEL PROCESO

6.1. Diagrama de flujo para la construcción de la cisterna.

El diagrama de flujo para la construcción de una cisterna que permita almacenar agua va a estar distribuido por algunos diagramas, en el diagrama a continuación muestra cómo se determina la capacidad mínima de la cisterna y, además establece la ubicación y espesor de aislante

<



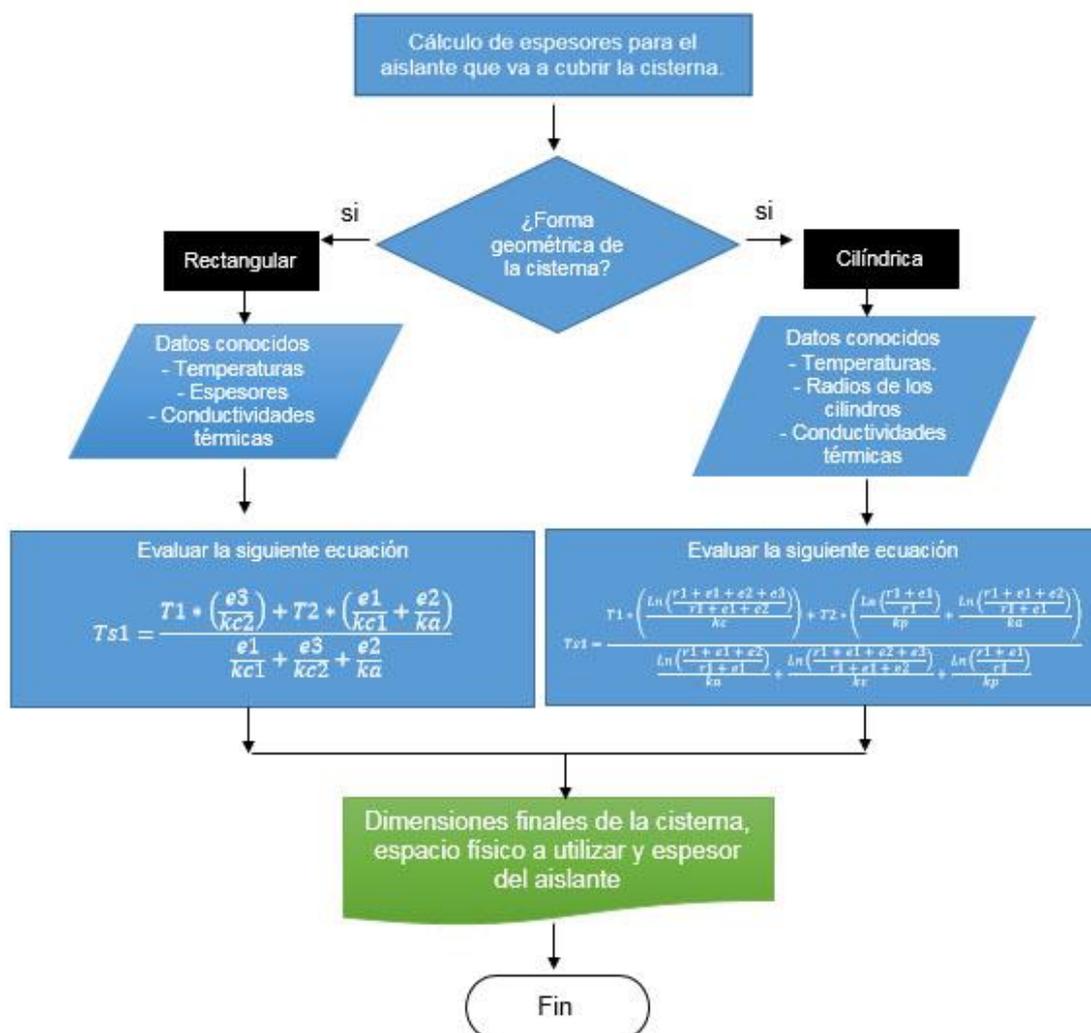
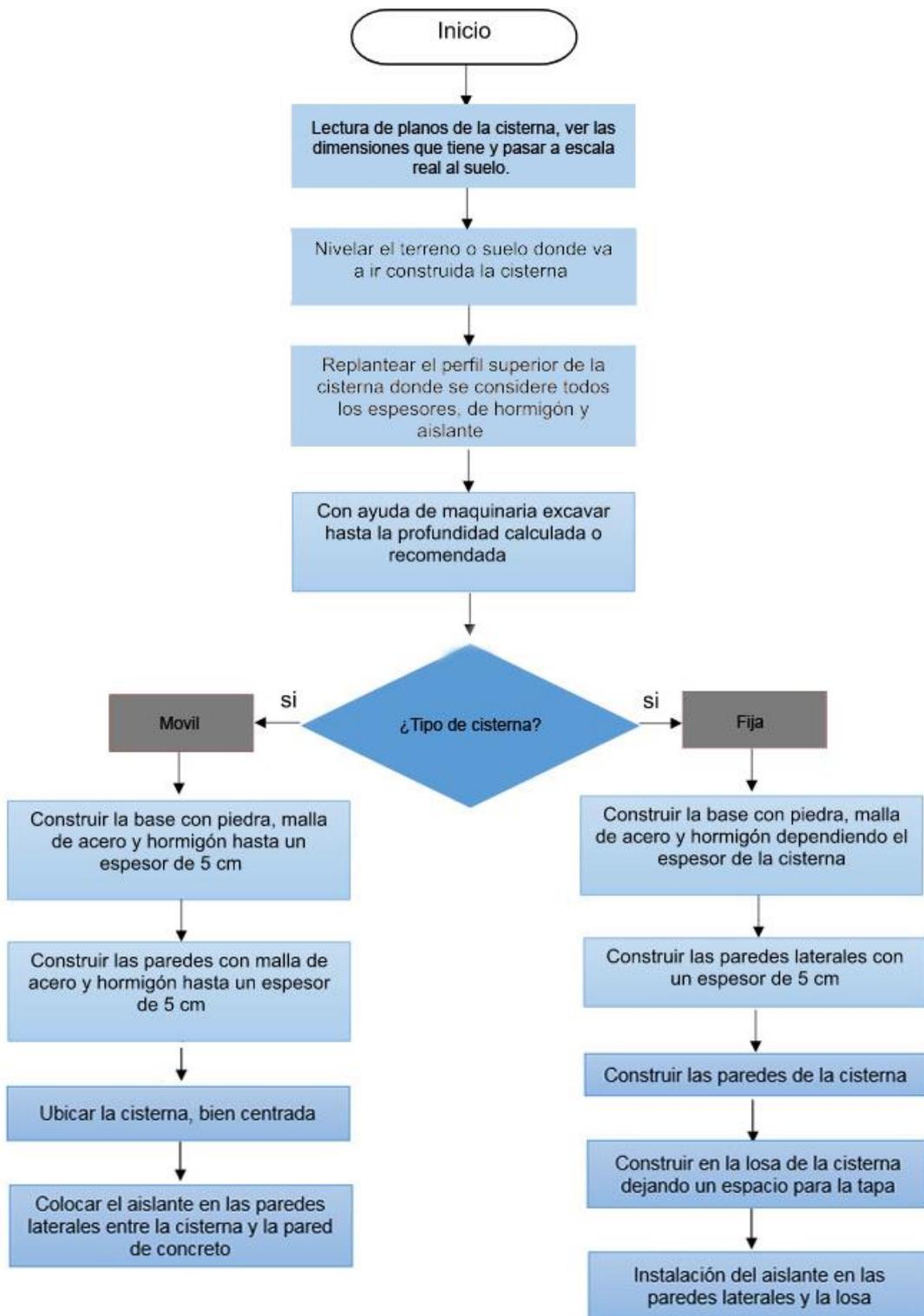


Figura 54: Diagrama de flujo para la construcción de la cisterna.

6.2. Diagrama de procesos constructivos.

Una vez determinado las dimensiones tanto de la cisterna como del lugar donde pueden ir instalada, se desarrolla el diagrama de flujo del proceso constructivo que se debe llevar a cabo, donde se pone los pasos a seguir y en qué orden van los procesos para construir una cisterna que permita almacenar agua caliente. A continuación, se muestra el diagrama para la construcción de la cisterna.



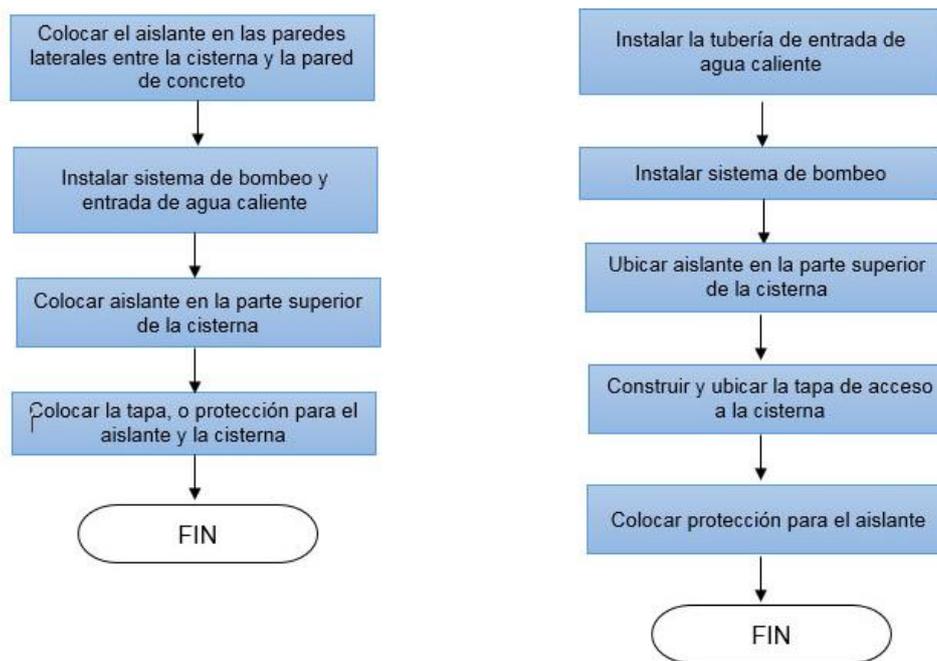


Figura 55: Diagrama de procesos constructivos.

A continuación, se describe de forma más detallada los procesos para la adecuación de la cisterna de acuerdo al tipo de cisterna.

6.2.1. Cisterna móvil.

Los procesos que necesitan una explicación detallada son:

Construcción de la base: Una vez, que se hay desarrollado el agujero donde va a ir asentada la cisterna hay que colocar piedras pequeñas que cubran en su gran mayoría la superficie inferior, posteriormente ubicar hormigón sobre las piedras de tal forma que se cubra los espacios entre piedras, después colocar malla electro-soldada de 5 mm, para finalmente, colocar hormigón sobre sobre la malla y nivelar adecuadamente hasta un espesor de 5 a 7 cm, en la figura 56 se puede ver cómo debería estar constituida la base de la cisterna y con los respectivos materiales.

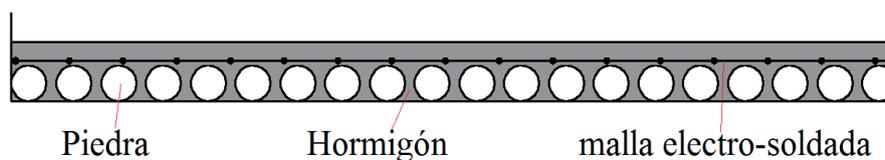


Figura 56: Esquema de la base de hormigón de la cisterna.

Construcción de las paredes laterales: Cuando la base este ya seca, armar la estructura que servirá para dar moldeo a las paredes de la cisterna, para ello se

puede utilizará madera o planchas de tol donde se le pueda dar forma cilíndrica, una vez armado la estructura colocar malla electro-soldada en el espacio entre la estructura y la tierra, finalmente, drenar el hormigón hasta llenar el volumen deseado.

6.2.2. Cisterna fija.

Construcción de la base de la cisterna: El proceso que se debe seguir es colocar piedras en la parte inferior, luego hormigón y la malla electro-soldada para finalizar colocando hormigón hasta tener el espesor deseado de la base de la cisterna.

6.3. Diagrama de flujo para la instalación del sistema calentamiento solar.

A continuación, se muestra el diagrama flujo para la implementación del sistema de calentamiento solar.



Figura 57: Diagrama de flujo para la instalación del sistema por calentamiento solar

En el siguiente esquema se muestra como el sistema de calentamiento, tanto para la cisterna de la vivienda y el asilo de ancianos.

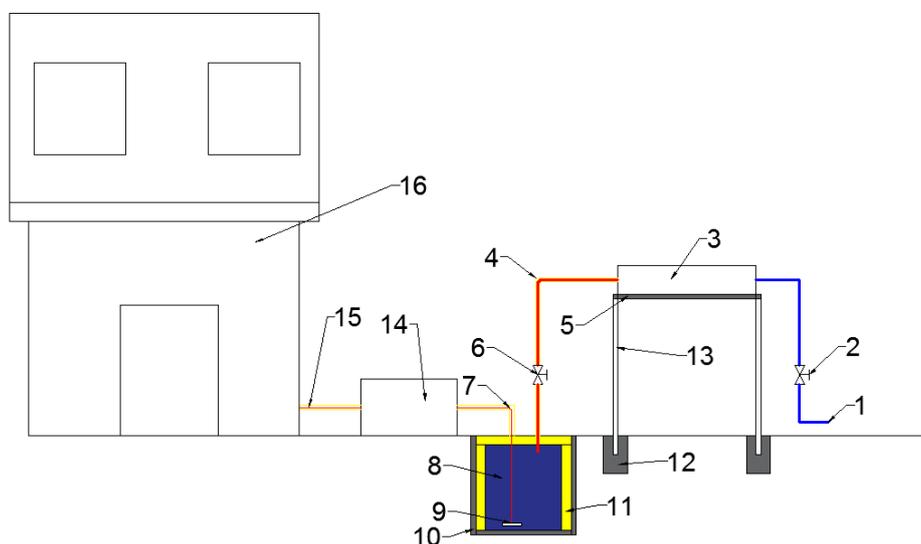


Figura 58: Esquema del sistema de calefacción total.

Del esquema anterior se tiene los elementos y sistemas principales que deben ir en el sistema de calentamiento solar para que pueda operar adecuadamente, los nombres de cada elemento mostrado en la figura 58, se tiene en la tabla 19.

Tabla 19. Elementos del sistema de calentamiento solar.

Número	Nombre
1	Tubería de conexión a la red de agua
2	Válvula para regular la entrada de flujo hacia los colectores
3	Sistema de colectores solares.
4	Tubería de alimentación de agua caliente hacia la cisterna
5	Losa de concreto donde se asiente los colectores
6	Válvula de acceso de agua hacia la cisterna
7	Tubería de salida de agua
8	Cisterna
9	Válvula de pie
10	Base de hormigón la soportar la cisterna
11	Aislante térmica de la cisterna
12	Bases de concreto para las columnas de la estructura que sostiene los colectores
13	Columnas de tubo cuadrado para armar la estructura que soportan el sistema de calefacción.
14	Sistema de bombeo
15	Tubería con aislamiento térmico de alimentación hacia la vivienda o lugar de consumo

16	Lugar de consumo de agua caliente.
----	------------------------------------

6.4. Especificaciones y requerimientos

Las especificaciones y requerimientos para la instalación del sistema son: sistema de bombeo que tengan como mínimo los siguientes accesorios, Ver figura 59

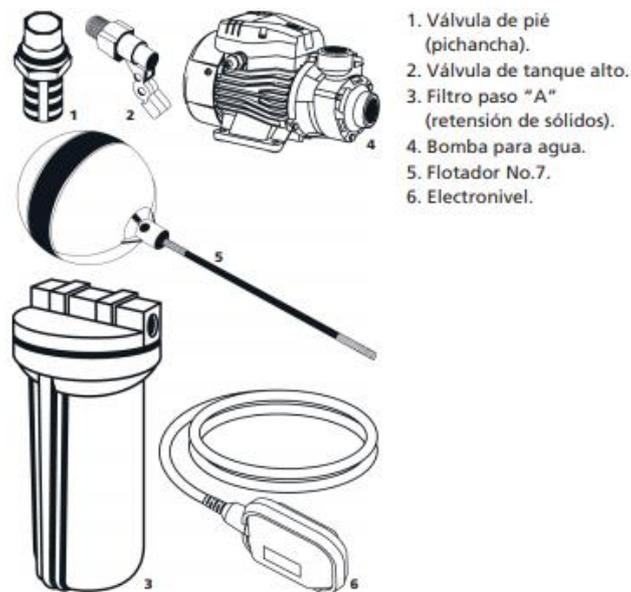


Figura 59: Elementos del sistema de bombeo.
 Tomado de: (IUSA, 2017)

El esquema de instalación sería el siguiente (Figura 60), el mismo que puede ir instalado acorde a las especificaciones de los catálogos.

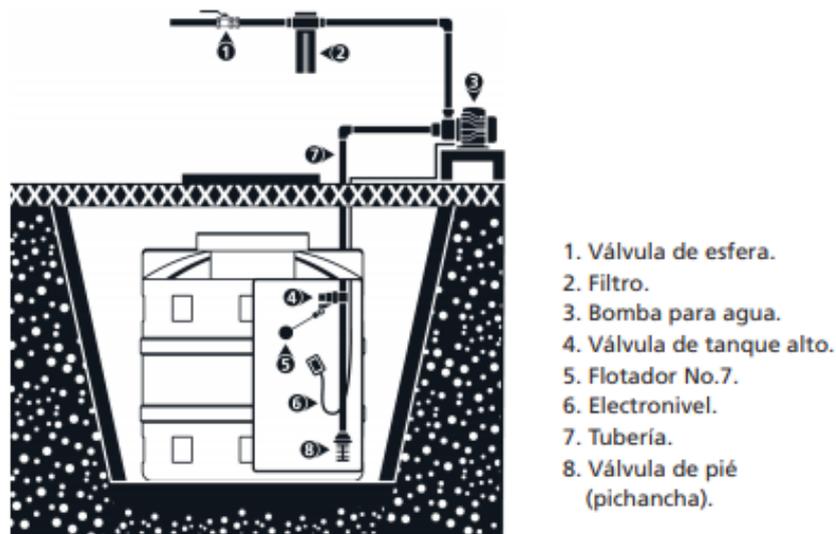


Figura 60:Esquema de instalación del sistema de bombeo.
 Tomado de: (IUSA, 2017)

Como requerimiento mínimo para la vivienda se debe utilizar una bomba de 1 hp, que pueda trabajar hasta temperaturas de 80 °C.

Aislamiento: Para el aislamiento se debe usar poliestireno o más conocido como espuma Flex, de 10 cm de espesor debe ir instalado tal como se muestra en la figura 61.

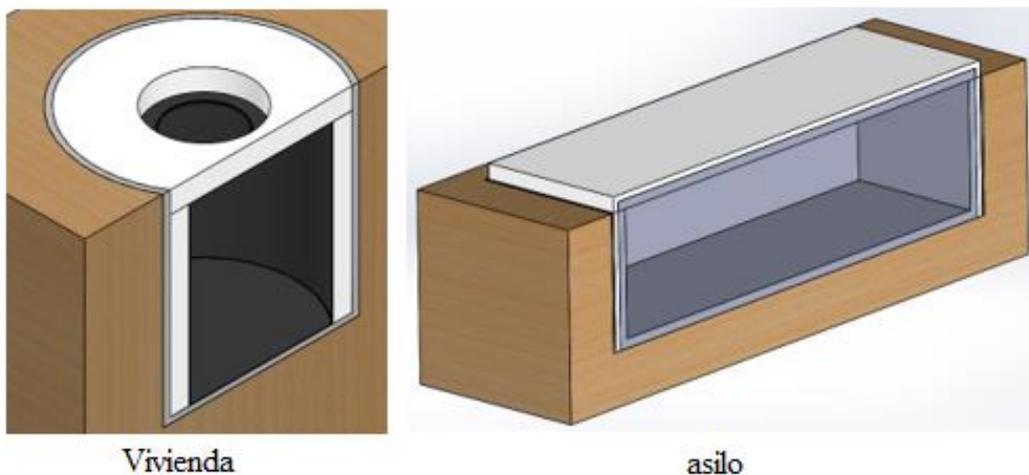


Figura 61: Aislamiento en la cisterna de la vivienda y el asilo.

Sistema de calefacción solar: Por la versatilidad de instalación y los costos de adquisición y mantenimiento, se deben utilizar colectores solares planos de

preferencia los más eficiente, los mismos que debe ir conectados en serie para poder alcanzar una temperatura alta para almacenar en la cisterna. Además, el número mínimo de colectores que debe tener la vivienda es tres y el asilo seis.

CONCLUSIONES

- Se desarrolló una guía práctica, donde por medio de diagramas de flujo se especifica los pasos que se deben seguir para determinar el dimensionamiento de una cisterna para una vivienda o centro comunitario. Se realizó el cálculo de espesor del aislante para la cisterna, describiendo los procesos a seguir para la implementación del sistema de calentamiento solar.
- El sitio comunitario que se eligió para la implementación del sistema es un asilo de ancianos llamado Betania que está ubicado en Llano grande y la vivienda de la familia Morales en donde residen 13 personas que se encuentra ubicada en Atucucho. Se determinó que la capacidad de consumo de agua por día es 2 m^3 y 12 m^3 para la vivienda y asilo respectivamente, donde los cálculos se realizaron haciendo aproximaciones para 15 y 100 personas.
- El proceso constructivo de una cisterna está relacionado con la capacidad de líquido para almacenar, ya que mediante esto se puede determinar si se fabrica la cisterna de concreto o se compra, estas van equipadas con sistemas de bombeo para distribuir el agua, mientras que los colectores solares se diseñan bajo parámetros de ubicación geográfica y utilidad.
- Por medio de un proceso de selección donde se utilizó matrices y ponderaciones se determinó que el material útil para aislar la cisterna es el poliestireno, ya que entre sus principales ventajas se destaca su baja conductividad térmica, su resistencia a la humedad y su bajo costo en relación a otros aislantes térmicos que existen en el mercado nacional.
- A través, de la aplicación de un modelo matemático de transferencia de calor se calculó los espesores para el aislante y por medio de este dato se pudo encontrar las dimensiones globales que tendrían el conjunto de aislamiento y la cisterna, en este proyecto se obtuvo valores de espesor de 10 cm, con material de poliestireno, para la vivienda se recomendó comprar una cisterna ya que resulta más económico que construirla y para el asilo como ya tenía una cisterna se recomendó realizar el sistema de aislamiento.

- La instalación del sistema que se propone en este proyecto tiene un costo aproximado de \$ 2293 en la vivienda y en el asilo \$4663 dentro de estos valores está incluido mano de obra utilizada durante la implementación.

RECOMENDACIONES

- Para lograr almacenar agua caliente y que el sistema de calentamiento solar pueda tener la aplicación deseada debe estar ubicada en un lugar estratégico, y que sea cercano a la cisterna para que no exista pérdidas de calor, por traslado del fluido por las tuberías.
- También, para obtener mayor cantidad de captación solar el sistema de colectores solares, se recomienda realizar una estructura donde se asiente todo el sistema y lograr tener mayor eficiencia en el funcionamiento de los colectores solares.
- El aislamiento de las cisternas debe estar correctamente instalado, ya que una mala instalación puede ocasionar pérdidas de calor por lo que sería inútil y se tendría un gran desperdicio de recursos económicos.
- Tanto en la vivienda como en el asilo se recomienda una estructura metálica con una losa de 10 cm de hormigón donde se ubique los colectores solares, de tal forma que puedan recibir la mayor cantidad de radiación solar.
- Para aislar las tuberías por donde circula agua caliente es necesario colocar lana de vidrio como aislante térmico para evitar pérdidas de calor.

Glosario de Términos

Vatios [W]: Unidad de potencia.

Kelvin [°K]: Unidad de temperatura absoluta.

Conductividad Térmica: La capacidad que tiene un material para conducir el calor.

Aislante térmico: Material que tiene una conductividad térmica baja.

Conformar: Proceso mecánico para la formación o el moldeo de piezas.

Tenacidad: Capacidad que tiene los materiales para absorber energía hasta su punto de ruptura.

Calefacción: Es el método o sistema, mediante el cual se aporta calor a alguien o algo con el fin de mantener o elevar su temperatura.

Dron: Es un vehículo aéreo no tripulado (VANT por sus siglas en español). En la actualidad tiene diferentes funciones que son fundamentales dentro de la sociedad, desde propuestas comerciales hasta el rescate de personas

Analógica: Término utilizado para indicar que algo es similar o igual.

Flujo de calor: Es la transferencia de energía calórica por distintos medios.

Resistencia térmica: Es la capacidad que presentan un determinado material para oponerse al flujo de calor.

Resistencia eléctrica: Capacidad que presenta un material para oponerse al flujo de electricidad.

Polímero: Son macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión mediante enlaces covalentes de una o más unidades simples llamadas monómeros.

GTAW (Gas tungsten arc welding): Es un proceso de soldadura por arco eléctrico, que se establece entre un electrodo de tungsteno y la pieza a soldar, bajo la protección de un gas inerte es ideal para unir piezas de bajo espesor.

SMAW (Shield Metal Arc Welding): Es un proceso de soldadura por arco eléctrico entre un electrodo revestido y un metal base.

Simbología

Simbología de unidades

W: Vatios (watts)

h: horas.

Kw: kilovatios.

s: Segundos.

Kwh: Kilovatios hora.

GWh: Gigavatios hora

m: Metros.

m³: Metros cúbicos.

m²: Metros cuadrados.

cm: Centímetros.

mm: Milímetros.

°C: Grados celcius.

K: Grados Kelvin.

Kg: Kilogramos.

\$: Símbolo de dólar.

Simbología de nomenclatura.

h: altura

r: Radio.

L: Longitud.

Rc: Resistencia térmica del concreto.

Ra: resistencia térmica del aislante.

Rp: Resistencia térmica del plástico.

Ln: Logaritmo Natural

T: Temperatura

d: Diámetro

M: Masa.

q: Flujo de calor.

e: Espesor.

A: Área.

kp: Conductividad térmica del concreto.

ka: Conductividad térmica del aislante.

kc: Conductividad térmica del concreto.

V: Volumen.

REFERENCIA

- Acrilux S.A. (2018). Propiedades del acrílico. Recuperado a partir de <http://acrilux.com.ec/files/PROPIEDADES.pdf>
- Aerosolar. (2017). ¿Cómo funcionan los calentadores solares de agua? Recuperado a partir de <http://www.aerosolarmexico.com/productos-aerosolar-mexico/como-funcionan-los-calentadores-solares-de-agua/>
- Agencia de regulación y control de electricidad. (2017). Balance Nacional de Energía Eléctrica | Agencia de Regulación y Control de Electricidad. Recuperado a partir de <http://www.regulacioneolica.gob.ec/estadistica-del-sector-electrico/balance-nacional/>
- aislaperu. (2018). Lana de Vidrio. Recuperado a partir de http://www.aislaperu.com/productos_caliente.php?id_caliente=3
- bubblesun. (2007). Manual técnico. Recuperado a partir de <http://www.retex.es/Downloads/20160119-MANUAL-TECNICO-BUBBLESUN-Retex.pdf>
- Burke, E. (2017). Ahorro de AGUA en el Inodoro. Recuperado a partir de <http://www.arbolesymedioambiente.es/ahorro-inodoro.html>
- CEMAER. (2012). ¿Qué Es La Energía Solar Activa? | Energías Renovables. Recuperado 28 de noviembre de 2017, a partir de <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2012/09/19/que-es-la-energia-solar-activa/>
- CEMAER. (2016). Tipos de Calentadores Solares | Cemaer. Recuperado a partir de <http://www.cemaer.org/tipos-de-calentadores-solares/>
- cenitsolar.com. (2017). Esquema de principio - Térmica - Cenit Solar. Recuperado a partir de http://www.cenitsolar.com/termica_esquema.php
- Chimpana Castro, J. (2014). Uso de la piedra molida en construcciones civiles. Recuperado a partir de

<https://es.slideshare.net/jacsonchipanacastro/propiedades-de-la-piedra-38891790>

Climate-data.org. (2018). Clima Quito: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Quito - Climate-Data.org. Recuperado 8 de marzo de 2018, a partir de <https://es.climate-data.org/location/1012/>

Clinica los condes. (2017). ¿CUÁNTAS VECES ES NORMAL IR AL BAÑO? Recuperado a partir de <https://www.clinicalascondes.cl/BLOG/Listado/Urologia/cuantas-veces-es-normal-ir-al-bano>

CONELEC. (2008). Atlas solar del ecuador. *Conelec*, 1-51.

Construye Ecuador. (2018). Hormigón - Materiales de Construcción | Precios de materiales de construcción y servicios de construcción en Ecuador. Recuperado a partir de <http://www.construyecuador.com/decoracion/hormigon-premezclado.html>

CRN TECNOPART, S. A. (2017). Resistencias Eléctricas Y Equipos Calefactores Características Técnicas Generales Características Constructivas.

Díaz Ramón, R. L. (2014). Espectro electromagnético. Recuperado a partir de <https://farmaciaastrabudua.wordpress.com/2014/05/04/radiacion-solar/>

ecoinventos.com. (2017). Cocina solar, la forma ecológica de cocinar. Recuperado a partir de <https://ecoinventos.com/cocina-solar-elige-la-tuya-entre-diferentes-modelos/>

Eliseo, S. (2013). Radiación solar, irradiancia e insolación. Recuperado a partir de <http://eliseosebastian.com/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion/>

Energía solar. (2015). Energía solar pasiva. Recuperado 28 de noviembre de 2017, a partir de <https://solar-energia.net/energia-solar-pasiva>

EPMAPS. (2018). Pliego Tarifario EPMAPS. Recuperado a partir de <http://www.aguaquito.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/pliego-20151.pdf>

- EUAT. (2017). Plásticos. Recuperado a partir de <http://asignatura.us.es/materialesII/Carpetas/Apuntes/plastico/plasticos.pdf>
- Gómez H, V. (2011). Resistencias del concreto. Recuperado 13 de marzo de 2018, a partir de <http://valegom.blogspot.com/2011/08/resistencias-del-concreto.html>
- Goodfellow. (2017). Propiedades y características del poliestireno. En Goodfellow (Ed.), *Goodfellow (Polystyren)* (p. 23). España.
- Gottschalk, A., Breulmann, M., Fetter, E., Kretschmer, K., & Bastian, M. (2018). El PVC se vuelve todavía «más caliente». Recuperado a partir de <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/19819-El-PVC-se-vuelve-todavia-mas-caliente.html>
- GPE INEN 18. (2015). ECUATORIANA. Recuperado a partir de http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf
- Greenpeace. (2006). Calentadores solares: energía renovable en tu hogar. *Campaña de Energía y Cambio Climático*, 1-19. Recuperado a partir de <http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2006/1/calentadores-solares-energ-a.pdf>
- Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. Pearson Educación. Recuperado a partir de <https://books.google.com.ec/books?id=QqfJw4tpljcC>
- ISO 14001:2015. (2015). ISO 14001:2015. *Transparencia.Puebla.Gob*, 14. Recuperado a partir de http://transparencia.puebla.gob.mx/docs/adjuntos/696_1493934843_99bf062c1fb5c6d8ed87b24be5f279a4.pdf
- IUSA. (2016). CISTERNA 5,000 LITROS. Recuperado 1 de diciembre de 2017, a partir de <http://ws.iusa.com.mx/detalle.php?p=MTg2>
- IUSA. (2017). Manual de instalación y póliza de garantía. Recuperado a partir de

www.iusa.mx%0AFabricado

Kaefer. (s. f.). Lana de vidrio. En *Aislantes Térmicos y Absorbentes Acústicos Incombustibles* (p. 4). Chile: Kaefer Distribución.

Kreith, F., Manglik, R. M., & Bohn, M. S. (2012). *Principios de transferencia de calor*. Cengage Learning. Recuperado a partir de <https://books.google.com.ec/books?id=xr4uAzjOquoC>

KUHN. (2018). KUHN - COLECTORES SOLARES. Recuperado a partir de <http://www.kuhn.cl/webstore/energiasolar/termosolar/colectorsolar.html>

Labarta, J. L. V. (2012). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Editorial Donostiarra, S.A.

Ligero11. (2013). colector solar – SUPERESTRATO DE LA CIENCIA, Y DEL CONOCIMIENTO. Recuperado 15 de marzo de 2018, a partir de <https://laelectricidad.wordpress.com/tag/colector-solar/>

López Romero, R., Méndez Martínez, G., & Serrano Reyes, Luis. (2008). *PROPUESTA DE SISTEMATIZACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACION DE TINACOS, BAJO LA NORMA NMX-374-ONNCCE-2007*. INTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. Recuperado a partir de <http://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/2929/I7.1821.pdf?sequence=1>

Mariano. (2011). Polietileno de alta densidad | Tecnología de los Plásticos. Recuperado 15 de marzo de 2018, a partir de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/polietileno-de-alta-densidad.html>

Muñoz V, J. P. (2015). Uso eficiente de energía en alumbrado público del Ecuador (Universida.... Recuperado a partir de <https://es.slideshare.net/jorgemunozv/uso-eficiente-ip-ecuador-parte-i-unl>

must know how. (2018). ► Fibra De Vidrio Desventajas De Aislamiento. Recuperado 7 de marzo de 2018, a partir de

<https://es.mustknowhow.com/tag/fibra-de-vidrio-desventajas-de-aislamiento>

Pérez Porto, Julián, & Gardey, A. (2015). Definición de PVC - Qué es, Significado y Concepto. Recuperado 15 de marzo de 2018, a partir de <https://definicion.de/pvc/>

Placco, Saravia, & Cadena. (2011). INFORME TECNICO SOBRE COLECTORES SOLARES PARA AGUA CALIENTE. Recuperado a partir de http://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=&id=05446&inst=yes&inf_tecnico=yes&detalles=yes&inf_tecnico_id=1299283

Plasticbages Industrial, S. L. (2018). Tablas con las características técnicas y propiedades del polietileno en formato de barras y placas de plasticbages. Recuperado a partir de <http://www.plasticbages.com/caracteristicaspolietileno.html>

QuimiNet. (2011). Ventajas y aplicaciones de la manta cerámica | QuimiNet.com. Recuperado 7 de marzo de 2018, a partir de <https://www.quiminet.com/articulos/ventajas-y-aplicaciones-de-la-manta-ceramica-2634469.htm>

Riba, C. (2002). *Diseño concurrente*. Barcelona, Edicions UPC. Recuperado a partir de <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Diseño+concurrente#0>

SENAGUA. (2016). Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. *Secretaría del Agua*, 1-44. <https://doi.org/10.7>

SENPLADES, GADPP, MAGAP, INEC, & SIGTIERRAS. (2013). Generación de Geoinformación para la gestión del territorio a nivel Nacional Escala 1:12500. Recuperado a partir de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA2/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/PICHINCHA/PUEERTO_QUITO/IEE/MEMORIA_TECNICA/mt_puerto_quito_capacidad_uso_de_las_tierras.pdf

- Sodimac. (2018). Placas de poliestireno expandido 15 kg para con... - Sodimac.com.ar. Recuperado 15 de marzo de 2018, a partir de <http://www.sodimac.com.ar/sodimac-ar/product/1191284/Placas-de-poliestireno-expandido-15-kg-para-con.../1191284>
- Solis, C. (2005). Características del Poliestireno Expandido KNAUF Therm Th35SE. Recuperado a partir de <http://www.davsa.com/infoWeb/Grup/Subgrups/caracteristiques/040101D-20.pdf>
- Takeuchi, B. (2009). Diseño y construcción de un horno de cerámica. Recuperado a partir de <http://hdl.handle.net/10016/6119>
- Talamantes, C. S. (2010). Fototest una herramienta indispensable en el diagnostico de las fotodermatosis. *Enfermería Dermatológica*, 27-34.
- Termocan. (2011). catálogo de productos. Recuperado a partir de <http://www.teican.com>
- Thermal Ceramics, I. (2016). Fibra cerámica (Información técnica). En S&P Global Market Intelligence (Ed.), *Diamore (Manuales)* (pp. 2-3). Argentina: Diamore.
- Tobajas Vazquez, M. C. (2012). Configuración de las instalaciones de energía solar fotovoltaica. En *Instalaciones Solares Fotovoltaicas* (Cuarta, p. 25). Barcelona: S.L. Ediciones Ceysa. Cano Pina.
- twenergy.com. (2012). Desventajas de la energía solar - Twenergy. Recuperado a partir de <https://twenergy.com/a/desventajas-de-la-energia-solar-528>
- UNICON. (2017). UNICONSEJOS: Recomendaciones para la construcción de una cisterna - UNICON, Unión de Concreteras. Recuperado a partir de <http://www.unicon.com.pe/principal/noticias/noticia/uniconsejos-recomendaciones-para-la-construccion-de-una-cisterna/218>
- Vilssa. (2018). Tipos de aislamiento de tuberías. Recuperado 15 de marzo de 2018, a partir de <http://vilssa.com/tipos-de-aislamiento-de-tuberias>

Wasserlab. (2010). Generalidades sobre Agua Purificada. *Sistemas de producción y aplicaciones.*, 33.

Water Supply. (2018). Catálogo de productos : Water Supply : ALL.BIZ: Ecuador. Recuperado a partir de <https://6025-ec.all.biz/goods>

Williamson Industrial. (2018). Manta Cerámica. Recuperado a partir de http://www.williamsonindustrial.com/index.php?id_product=6700501&controller=product

www.eltelegrafo.com.ec. (2014). Atucucho, una historia de organización y paciencia Esta noticia ha sido publicada originalmente por Diario EL TELÉGRAFO bajo la siguiente dirección: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/11/atucucho-una-historia-de-organizacion-y-paciencia> Si va a . Recuperado a partir de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/11/atucucho-una-historia-de-organizacion-y-paciencia>

xatakaciencia. (2012). porque el agua hierve a 91 grados en quito. Recuperado a partir de <https://www.xatakaciencia.com/respuestas/porque-el-agua-hierve-a-91-grados-en-quito>

ANEXOS

FICHA 1 - LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO

VIVIENDA – UBICACIÓN
Atucucho - Corazón de Jesús y
Pedernales.

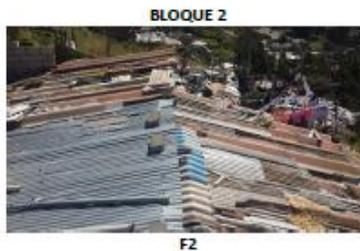
ÁREA LOTE: 257,78m²
ÁREA CONTRUIDA: 198,12m²

IMPLANTACIÓN

DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

PLANTA ARQUITECTÓNICA

ANÁLISIS



Es una edificación cuya ocupación del suelo es continua, ya que se encuentra adosada lateralmente, y posee 2 retiros, uno lateral y otro frontal.
El bloque 1 es una edificación de hormigón armado, mientras que el bloque 2 es de madera, ladrillo y tierra, cuya cubierta es de eternit y zinc.
Esta edificación posee una circulación frontal que sirve a los dos bloques .

FICHA 1 - LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO

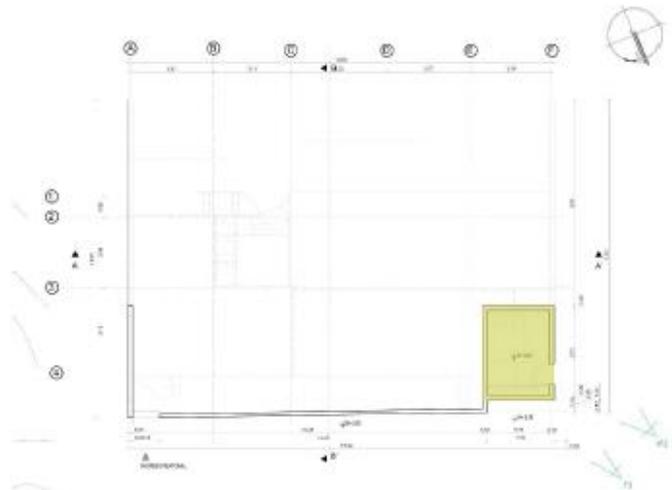
VIVIENDA – PLANTA BAJA

PB

DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

NIVEL	ÁREA m2
+ 0,00	12,98

PLANTA ARQUITECTÓNICA



PLANTA BAJA N+ 0,00



ANÁLISIS

Esta edificación posee un dormitorio en la planta baja nivel +0,00 aprovechando el terreno por su topografía. Este dormitorio se encuentra aislado de los demás departamentos, ya que se encuentra en el exterior de la vivienda ya que su puerta se abre para la calle.

FICHA 1 - LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO

VIVIENDA – PLANTA BAJA

PB

DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

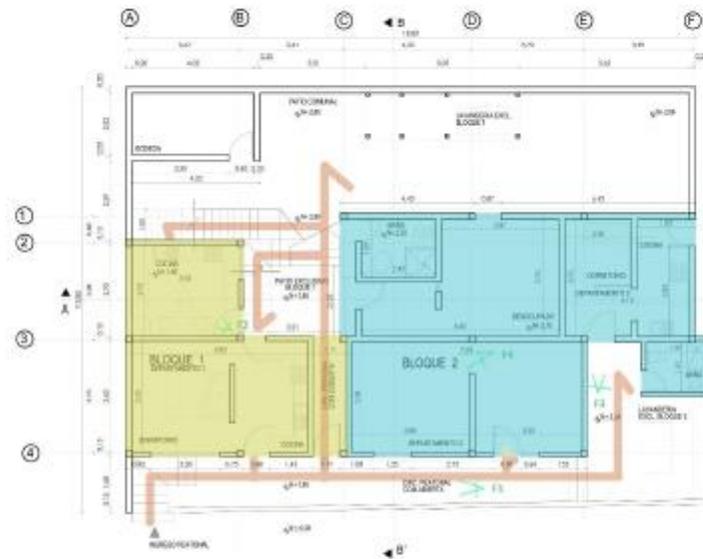
NIVEL	ÁREA m2
+1,80	137,19



F1



F2



PLANTA BAJA N+1,80



F3



F4

PLANTA ARQUITECTÓNICA

ANÁLISIS

Esta edificación posee una circulación frontal abierta que conecta los dos bloques cuyo ancho es 1,74m, además posee una circulación cubierta que permite el acceso al patio comunal y a los pisos superiores.

El bloque 1 consta de dos cocinas, comedor, y un dormitorio; este bloque posee un patio exclusivo.

El bloque 2 consta de un dormitorio, dos baño y cocina, además existen espacios vacíos los cuales podrían tener un potencial uso.

FICHA 1 - LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO

VIVIENDA – PLANTA BAJA

PA

DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

NIVEL	ÁREA m2
+4,32	44,32



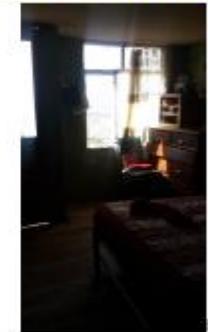
F1



F2



PLANTA ALTA N+4,32



F3



F4

PLANTA ARQUITECTÓNICA

ANÁLISIS

El Bloque 1 consta de dos pisos y la terraza; para llegar al segundo piso se debe subir por unas gradas que están pegadas a la parte lateral derecha del bloque.

Esta planta alta N +4,32 consta de dos dormitorios y una sala.

FICHA 1 - LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO

VIVIENDA – PLANTA BAJA

NIVEL	ÁREA m2
+6,79	5,07

PB

PLANTA ARQUITECTÓNICA



F1



PLANTA ALTA N+6.79

DESCRIPCIÓN FUNCIONAL



F3

ANÁLISIS

El bloque 1 además de dos plantas útiles posee una terraza la cual contiene un cuarto de lavar, es decir el espacio de lavado posee una relación directa con el espacio de secado.

FICHA 1 - LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO

VIVIENDA

ÁREA DEL
LOTE:257,78M2

VIVIENDAS	ÁREA
Departamento 1	36,17
Departamento 2	20,96
Departamento 3	60,47
Departamento 4	44,32
TOTAL	161,92

SÍNTESIS

SOCIAL

COS	0/1	CUS	0/1	VIVIENDAS					USUARIOS	ÁREA POR ABITANTE	1/1
72,38		72,38	VIVIENDA	PB	P1	P2	P3	TOTAL	13	Hoja anterior.	
				137,19	44,32	5,07	-	187,29			

ENTORNO



El bloque 1 es una edificación en hormigón armado, de cubierta plana, mientras que el bloque 2 es una edificación en madera, ladrillo y tierra, con cubierta inclina a doble agua .

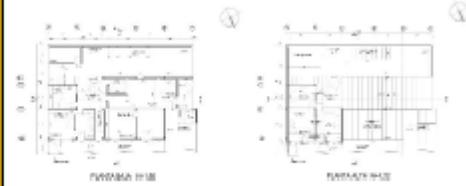


Estas edificaciones poseen dos retiros, uno frontal y otro posterior, y se encuentra adosada lateralmente.



Estas edificaciones poseen cubiertas de distintos materiales, la cubierta del bloque 1 es de hormigón, mientras que el bloque 2 está conformada de retazos de distintos materiales, como zinc y eternit.

P. ARQUITECTÓNICAS



Esta construcción consta de 4 departamentos, los cuales constan de baño, dormitorio, cocina, sala.

El bloque 2 se encuentra sub utilizado, ya que la gran parte de los espacios están desocupados.



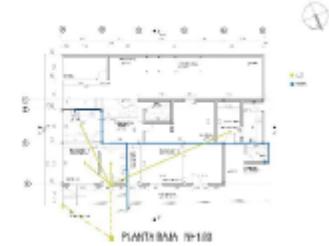
ESPACIOS AMBIENTALES



CORTE B - B'

Existe una buena iluminación y ventilación dentro de los espacios arquitectónicos, a excepción del departamento 3 el cual posee un espacio reducido y carece de ventanas.

SERVICIOS



Estas viviendas poseen luz, agua, pero carecen de alcantarillado, ya que desalojan las aguas grises a la vía pública mediante una tubería