



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO
FORZADO, ACOPLADO A UN SISTEMA CENTRALIZADO DE
AGUA CALIENTE SANITARIA DE GLP EN LA CIUDAD DE QUITO”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

BALLAGAN ROMERO JONATHAN RODRIGO
jonathan.ballagan@epn.edu.ec

PICO MANTILLA JULIO CÉSAR
julio.pico@epn.edu.ec

DIRECTOR: LÓPEZ VILLADA JESÚS, Ph.D.
jesus.lopez@epn.edu.ec

CODIRECTOR: HIDALGO VÍCTOR HUGO, D.Sc.
victor.hidalgo@epn.edu.ec

Quito, junio 2018

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **JONATHAN RODRIGO BALLAGAN ROMERO Y JULIO CÉSAR PICO MANTILLA**, bajo nuestra supervisión.

JESÚS LÓPEZ VILLADA, Ph.D.

DIRECTOR DE PROYECTO

VÍCTOR HUGO HIDALGO, D.Sc.

CO-DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros, **JONATHAN RODRIGO BALLAGAN ROMERO Y JULIO CÉSAR PICO MANTILLA**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Jonathan Rodrigo Ballagan Romero

Julio César Pico Mantilla

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, hermanos y tíos, por todo el apoyo brindado a lo largo de mi carrera universitaria ya que sin su ayuda tal vez esto no sería posible.

Julio César Pico.

A Papanayo, quien quiso que fuese doctor.

Jonathan Ballagan R.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a nuestro director Jesús López por compartir sus conocimientos y su ayuda, a nuestro codirector Víctor Hugo Hidalgo por toda su guía a lo largo de este trabajo y a Mariana por permitirnos realizar el estudio en el edificio Kitzia.

También quiero mencionar a Paulina, Soledad, Juan, Flavio, Hortensia y Diana. Así como a mis tíos en especial a Gilma, Octavio, Carlos, Jorge y Narcisa, quienes me han ayudado mucho a lo largo de mi vida universitaria.

Agradezco a muchos de mis amigos en la universidad, en especial a mi compañero de tesis Jonny, Anderson, Kathy, Patricio, Eduardo, Alex, Pauly, Diego, Jonathan y Jazz, a los compañeros del polibus, y un especial agradecimiento a Kathy.

Julio César Pico.

Agradezco a mi madre por su constancia y confianza, a mi padre por su apoyo cuando fue necesario. A mis hermanos, Andrea, Lizbeth y en especial a David por su contribución en mi vida estudiantil. A mis abuelos, Lucho, Crucita, Papanayo por inspirarme a seguir esta carrera y a Bachita por estar cuando nadie más estuvo. A mis tías, Sandra, Maribel y Mayra. A mis tíos, especialmente a mi padrino y Leo.

Agradezco a Naty por su compañía en todos estos años, a mi compañero de tesis, Julio. A nuestro director de tesis Jesús López por su guía y conocimiento, a nuestro codirector Víctor Hidalgo por su valiosa ayuda. Finalmente, agradezco a la vida por las oportunidades, personas y experiencias.

Jonathan Ballagan R.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	i
DECLARACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
Objetivo general	xiv
Objetivos específicos	xiv
Alcance	xv
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Recurso solar	1
1.1.1. Conceptos	1
1.1.2. Irradiación solar en Ecuador	3
1.1.3. Temperatura ambiente en el Ecuador	5
1.2. Tecnología solar térmica	6
1.2.1. Introducción	6
1.2.2. Conceptos	6
1.2.3. Clasificación de los captadores solares térmicos	8
1.2.4. Colectores de baja temperatura	9
1.2.5. Colectores de media y alta temperatura	11
1.2.6. Captadores solares en el Ecuador.	14
1.3. Realidad de la tecnología solar térmica en el Ecuador	15
1.3.1. Instaladores	15
1.3.2. Instalaciones	17
2. METODOLOGÍA	19
2.1. Método f-Chart	21
2.2. System Advisor Model (SAM)	24
2.2.1. Modelo de calentamiento solar de agua	25
2.2.2. Validación	27
2.3. AcSol 2.5.1	29

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
3.1. Perfil de consumo diario de ACS en el edificio Kitzia	34
3.2. Perfil horario de consumo de ACS en el edificio Kitzia	38
3.3. Diseño preliminar.....	42
3.3.1. Selección del colector solar.....	42
3.3.2. Análisis de la calidad del agua de red en el edificio Kitzia	43
3.3.3. Pre-dimensionamiento en f-Chart.....	44
3.3.4. Simulación preliminar en el programa computacional SAM	47
3.3.4.1. Datos de Entrada	47
3.3.4.2. Resultados SAM.....	47
3.3.5. Simulación preliminar en el programa computacional AcSol.....	48
3.3.5.1. Datos de Entrada	48
3.3.5.2. Resultados de AcSol	50
3.3.6. Análisis comparativo del diseño preliminar.....	50
3.3.6.1. Comparativa de programas computacionales f-Chart, SAM y AcSol.	50
3.3.6.2. Comparación de resultados de software.	53
3.3.7. Parametrización utilizando SAM.....	53
3.3.7.1. Azimut	54
3.3.7.2. Área de captación.....	55
3.3.7.3. Ángulo de inclinación.....	57
3.3.7.4. Volumen de acumulación	58
3.3.8. Parametrización AcSol	60
3.3.8.1. Conexión de colectores	60
3.3.8.2. Distanciamiento entre filas	61
3.3.9. Resumen de datos optimizados para la instalación en cada software de simulación	62
3.4. Dimensionamiento de la instalación	63
3.4.1. Dimensionamiento del intercambiador de calor	63
3.4.2. Circuito hidráulico del sistema primario.....	65
3.4.3. Tubería del sistema secundario	67
3.4.4. Dimensionamiento de la bomba del sistema primario	67
3.4.5. Dimensionamiento de la bomba del sistema secundario	69
3.4.6. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento solar	70
3.4.7. Dimensionamiento del vaso de expansión para el sistema primario y secundario.....	71

3.4.8. Dimensionamiento de la válvula de seguridad	73
3.4.9. Dimensionamiento de válvula de equilibrado	74
3.5. Simulación definitiva del sistema solar térmico en AcSol	75
3.5.1. Datos definitivos	75
3.5.2. Resultados Definitivos	76
3.6. Control de la instalación	77
3.6.1. Funcionamiento del sistema de control	80
3.6.1.1. Sensor de temperatura	81
3.6.1.2. Control de temperatura diferencial	81
3.6.1.3. Control de temperatura	81
3.6.2. Selección de elementos del sistema de control.....	82
3.7. Estudio financiero	82
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
4.1. Conclusiones	89
4.2. Trabajos futuros.....	90
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	94
Anexo I. Figuras	95
Anexo II. Tablas	99
Anexo III. Mediciones Consumo de ACS horario para el edificio Kitzia	104
Anexo IV. Fichas técnicas	115
Anexo V. Calculo de tuberías de cobre	127
Anexo VI. Diagrama de flujo PLC	129
Anexo VII. Datos para el estudio económico	130
Anexo VIII. Análisis del agua	132
Anexo IX. Pago del consumo de ACS en el edificio Kitzia	133
Anexo X. Fotos del edificio Kitzia	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Formas de aprovechamiento de la energía solar.	2
Figura 1.2. Mapa de irradiación solar anual en el Ecuador.	3
Figura 1.3. Mapa solar de la provincia de Pichincha.	4
Figura 1.4. Distancia a la que se encuentran las estaciones de medición solar. ...	5
Figura 1.5. Áreas en un colector de tubos de vacío.	7
Figura 1.6. Partes del colector solar plano.	8
Figura 1.7. Clasificación de colectores solares térmicos.	9
Figura 1.8. Elementos de un colector solar plano.	10
Figura 1.9. Representación de un colector de tubos de vacío.	11
Figura 1.10. Colector cilindro – parabólico (PTC).	12
Figura 1.11. Colector lineal tipo Fresnel.	12
Figura 1.12. Colector de concentración cilíndrico – parabólico compuesto (CPC).	13
Figura 1.13. Colector paraboloide.	13
Figura 1.14. Receptor central.	14
Figura 1.15. Instalación Edificio Estrella IX.	18
Figura 2.1. Diagrama de flujo del proyecto Kitzia.	19
Figura 2.2. Contador de ACS individual.	20
Figura 2.3. Modelo utilizado en calentamiento solar de agua de SAM.	26
Figura 2.4. Modelo de tanque estratificado.	27
Figura 2.5. Dispersión de la energía solar suministrada en el año.	29
Figura 2.6. Distribución de agua caliente sanitaria.	32
Figura 3.1. Comportamiento de consumo diario de ACS en un mes sin corrección.	35
Figura 3.2. Comportamiento de consumo diario de ACS en un mes.	36
Figura 3.3. Consumo de ACS horario del Edificio Kitzia.	39
Figura 3.4. Consumo de ACS horario del Edificio Kitzia y F-chart.	41
Figura 3.5. Colector solar de placa plana Termicol T20MS.	42
Figura 3.6. Gráficas obtenidas en f-Chart.	46
Figura 3.7. Referencia de azimut para AcSol 2.5.1.	48
Figura 3.8. Referencia azimut para SAM.	54
Figura 3.9. Número de colectores óptimo.	56
Figura 3.10. Fracción solar resultante a partir de diferentes ángulos de inclinación.	58
Figura 3.11. Selección volumen de acumulación.	59
Figura 3.12. Temperaturas en el acumulador estratificado.	61
Figura 3.13. Intercambiador de calor AN52-60H.	65
Figura 3.14. Bomba UPS 26-99-FC.	68
Figura 3.15. Bomba UPS 15-42 BUC5.	70
Figura 3.16. Tanque de almacenamiento MXV3000RB.	71
Figura 3.17. Vaso de expansión de 100 litros.	72
Figura 3.18. Válvula de seguridad para Energía Solar 3178.	74
Figura 3.19. Válvula de equilibrado 3073.	74
Figura 3.20. Esquema instalación solar y control.	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Datos climáticos en Quito en el año 2016.	5
Tabla 1.2. Comportamiento de colectores solares y ahorro energético en localidades del Ecuador.	15
Tabla 2.1. Parámetros utilizados para la comparación de los modelos de TRNSYS y SAM.	28
Tabla 2.2. Ventajas y desventajas del programa computacional AcSol 2.5.1.	33
Tabla 3.1. Demanda de ACS, Norma Ecuatoriana de la Construcción.	37
Tabla 3.2. Perfil de consumo horario de ACS del edificio Kitzia.	38
Tabla 3.3. Perfiles horarios de ACS del F-chart y Edificio Kitzia.	40
Tabla 3.4. Datos del colector solar plano TERMICOL TM20S.	43
Tabla 3.5. Caída de presión en los colectores.	43
Tabla 3.6. Valores referenciales del Índice de Langelier.	44
Tabla 3.7. Datos de entrada para el cálculo, mediante hoja de cálculo f-chart. ...	45
Tabla 3.8. Resultados obtenidos del pre-dimensionamiento con el método aproximado de curvas f.	46
Tabla 3.9. Datos de entrada para la simulación en SAM.	47
Tabla 3.10. Resultados arrojados por el software SAM.	47
Tabla 3.11. Datos de entrada de AcSol.	49
Tabla 3.12. Resultados arrojados por el software AcSol.	50
Tabla 3.13. Comparativa f-Chart, SAM y AcSol.	50
Tabla 3.14. Comparación de resultados de simulaciones para un año.	53
Tabla 3.15. Variables para parametrización.	53
Tabla 3.16. Resultados parametrización de azimut.	55
Tabla 3.17. Resultados parametrización número de colectores.	56
Tabla 3.18. Parametrización del ángulo de inclinación en SAM.	57
Tabla 3.19. Parametrización y selección de volumen de acumulación.	59
Tabla 3.20. Comparación de la disposición entre colectores.	60
Tabla 3.21. Comparación de la distancian entre filas de baterías de colectores. .	61
Tabla 3.22. Valores optimizados a ingresar en cada software de simulación.	62
Tabla 3.23. Parámetros de diseño de un intercambiador de calor entre un circuito primario y uno secundario.	64
Tabla 3.24. Datos técnicos del intercambiador de calor seleccionado.	65
Tabla 3.25. Dimensionamiento de la tubería del sistema primario.	66
Tabla 3.26. Dimensionamiento de accesorios de tubería para el sistema primario.	66
Tabla 3.27. Dimensionamiento de la tubería del sistema secundario.	67
Tabla 3.28. Pérdidas de presión en accesorios del circuito secundario.	67
Tabla 3.29. Pérdidas de altura en el sistema primario.	68
Tabla 3.30. Características de la bomba del circuito primario.	69
Tabla 3.31. Pérdidas en el intercambiador de calor.	69
Tabla 3.32. Características de la bomba del circuito secundario.	70
Tabla 3.33. Características del tanque de almacenamiento.	71

Tabla 3.34. Cálculo del volumen del sistema primario.	71
Tabla 3.35. Cálculo del volumen teórico del vaso de expansión del sistema secundario.....	72
Tabla 3.36. Tamaños de las válvulas de seguridad (diámetro de entrada) en función del área de captación.	73
Tabla 3.37. Válvulas de seguridad para el campo de captadores.....	74
Tabla 3.38. Válvulas de equilibrado para las baterías de colectores.....	75
Tabla 3.39. Datos de entrada para simulación final.	75
Tabla 3.40. Resultados de la simulación en AcSol sin aislamiento.....	76
Tabla 3.41. Resultados de la simulación en AcSol con aislamiento.....	77
Tabla 3.42. Elementos de inmersos en el control de la instalación.....	78
Tabla 3.43. Selección de elementos del sistema de control.....	82
Tabla 3.44. Costos de los elementos del circuito primario.	83
Tabla 3.45. Costos de los elementos del circuito secundario.....	83
Tabla 3.46. Costos de la estructura para el campo de captadores.	83
Tabla 3.47. Costo del sistema de control.	84
Tabla 3.48. Costo total de la instalación.....	84
Tabla 3.49. Valor del servicio de ACS mensual con subsidio.....	85
Tabla 3.50. Valor del servicio de ACS mensual sin subsidio.....	85
Tabla 3.51. Gasto anual de la instalación solar térmica.	86
Tabla 3.52. Flujo de caja de la instalación solar térmica.	87
Tabla 3.53. Valores del VAN, TIR y punto de equilibrio para el proyecto de la instalación solar térmica.....	87
Tabla 3.54. Valores esperados del VAN y TIR para diferentes porcentajes adicionales de la instalación.....	88

RESUMEN

El presente trabajo busca diseñar y analizar la viabilidad económica de un sistema solar térmico acoplado a un sistema centralizado de agua caliente sanitaria de GLP del edificio Kitzia ubicado en Quito. Los perfiles de consumo de agua caliente a nivel horario y diario se midieron durante un periodo de 1 mes. El espacio disponible se determinó durante la visita de la terraza del edificio Kitzia y los datos técnico-económicos de diversos catálogos y proveedores de los componentes de sistemas solares térmicos. Para el diseño del sistema solar térmico se han empleado 3 herramientas complementarias: f-Chart, System Advisor Model (SAM) y AcSol. Con ayuda de la hoja de cálculo del método f-Chart se realiza un pre-dimensionamiento, obteniendo el área de captadores, volumen del acumulador y fracción solar. Seguidamente con estos datos se procede a realizar simulaciones con las herramientas de software SAM y AcSol. Con SAM se realizó el análisis paramétrico para determinar los valores óptimos del área de captación, volumen de acumulación, ángulo de azimut del campo de captadores y ángulo de inclinación del mismo. Finalmente, con el software AcSol, basado en TRNSYS, se realizaron las simulaciones finales ya que este software permite diversas opciones para la conexión hidráulica de los captadores, estima las pérdidas térmicas de los circuitos hidráulicos y permite analizar el efecto de las sombras de edificios cercanos. La simulación final da como resultado un área de captadores de 83 [m²] y un volumen de acumulación de 3000 [lt]. En el software AcSol se realiza la simulación optimizada de la instalación completa, es decir circuito primario, secundario y terciario. La demanda energética para ACS del edificio es de 62113 [kWh], la fracción solar obtenida es del 81 %.

Como parte de este proyecto se realiza el diseño del sistema de control de la instalación. El mismo está integrado por termocuplas, controles de temperatura y un PLC. El PLC se programa y simula para permitir el ahorro energético de la instalación. Finalmente se realiza un estudio económico, determinando la viabilidad del proyecto, por medio del análisis de los parámetros TIR (10 %) y un VAN positivo, resultando un proyecto viable.

Palabras clave: Sistema solar térmico, fracción solar, perfiles de consumo, sistema de control.

ABSTRACT

The present work aims to design and analyze the economic viability of a solar thermal system coupled to a centralized system of LPG hot sanitary water for the Kitzia building located in Quito. The profiles of hot water consumption for hourly and daily levels were measured during a period of 1 month. The available space was determined during a visit to the Kitzia's building rooftop and the technical-economic data was obtained from different catalogs and suppliers of solar thermal system components. For the design of the solar thermal system, 3 complementary tools have been used: f-Chart, System Advisor Model (SAM) and AcSol. With the help of the spreadsheet for the f-Chart method, a pre-dimensioning is carried out, obtaining the area of the collectors, the volume of the accumulator and the solar fraction. Following this data, we proceed to carry out simulations with the tools of SAM and AcSol software. With SAM, parametric analyzes were carried out to determine the optimal values of the catchment area, accumulation volume, azimuth angle of the collector field and its inclination angle. Finally with the software AcSol, based on TRNSYS, the final simulations were carried out due to the software's capability to allow several options for the hydraulic connection of the collectors, moreover it estimates the thermal losses of the hydraulic circuits and it allows to analyze the effect of the shadows of nearby buildings. The final simulation results dictates an area for the collectors TERMICOL T20MS of 83 [m²] and an accumulation volume of 3000 [lt]. In the AcSol software, the optimized simulation of the complete installation is carried out, which includes primary, secondary and tertiary circuits. The building demand are 62113 [kWh], the solar fraction obtaining is 81%.

As part of this project the design of the installation control system is carried out. Which is basically composed of thermocouples, temperature controls and a PLC. The PLC is programmed and simulated in such a way that it allows for energy savings the installation. Finally, an economic study is carried out, determining the viability of the project, through the analysis of the TIR (10 %) and positive NPV , resulting in a viable proyect.

Keywords: Solar thermal system, solar fraction, profiles of consumption, control system.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO FORZADO, ACOPLADO A UN SISTEMA CENTRALIZADO DE AGUA CALIENTE SANITARIA DE GLP EN LA CIUDAD DE QUITO

INTRODUCCIÓN

Según José Santamarta, las energías renovables se presentan actualmente como una de las mejores soluciones sostenibles para la demanda energética mundial, dejando de lado, incluso, a la energía nuclear que a la larga conlleva a un camino sin salida, en cuanto a residuos radioactivos (Santamarta, 2004). Dentro de las energías renovables se encuentran: la energía solar, eólica, geotérmica y bioenergía.

El nivel de irradiación solar fuera de la atmósfera se encuentra alrededor de $1360 \text{ [W/m}^2\text{]}$. Esta irradiancia solar al atravesar la atmósfera disminuye hasta unos $1000 \text{ [W/m}^2\text{]}$, y se la puede aprovechar mediante la tecnología solar. Según Peuser, la energía solar incidente sobre la corteza terrestre tiene un gran potencial para ser aprovechado, pues podría suplir diez mil veces la demanda energética mundial de un año. (Peuser, Remmers, & Schnauss, 2002)

Según Miguel Castro (Castro, 2011), en el Ecuador existiría un potencial adecuado en energía solar. Si bien, es cierto que no se encuentra entre los más altos en el mundo, Miguel Castro considera que puede llegar a ser un aporte importante en la matriz energética del país. Además, cuenta con una ventaja significativa, y es que la intensidad de radiación solar es aproximadamente constante a lo largo del año, lo cual permite desarrollar sistemas solares de gran confiabilidad. De hecho, gran parte del Ecuador presenta un potencial de 4.4 a $4.7 \text{ [kW/m}^2\text{/día]}$ en promedio anual en irradiación solar global. Encontrándose Quito entre los lugares con mayor irradiación solar en el país con $5.1 \text{ [kW/m}^2\text{/día]}$.

El Balance Energético Nacional 2010 indica que en el Ecuador la principal fuente de cobertura energética, son los productos petroleros con el 81 % de participación. Según el INER, el consumo energético residencial es equivalente al 19 % del total del país. El MICSE estima que el 60 % del consumo energético en el sector residencial se destina a calentamiento de agua, cocción de alimentos y refrigeración. Para la cocción de alimentos

y la preparación de ACS (agua caliente sanitaria) se utiliza, gas licuado de petróleo (GLP), con un 52,7 % de participación, energía eléctrica con el 29.6 % y leña. Para el GLP del total de la oferta nacional, el 87.4 %, son importaciones. El sector residencial, industrial y de servicios presenta un consumo ilegal de GLP subsidiado, exclusivo para su uso en cocción doméstica. (Evans & Schiller, 2013; Granda, 2017; MICSE, 2016)

Para el calentamiento de ACS, existen diversas tecnologías, entre las cuales se encuentra la tecnología solar térmica. Los sistemas solares térmicos son utilizados principalmente en el calentamiento de agua sanitaria. Estos sistemas logran valores de eficiencia energética promedio que oscilan entre el 35-50 %. Lo que depende de factores meteorológicos, de un buen diseño del sistema y el tipo de tecnología. Además, presentan beneficios hacia el medio ambiente, disminuyendo en gran medida los impactos de explotación que producen los hidrocarburos y otras energías no renovables. (Mejía & Yépez, 2011; Peñaherrera & Sarzosa, 2012)

Objetivo general

Diseñar y simular un sistema solar térmico forzado, acoplado a un sistema centralizado de agua caliente sanitaria de GLP en la ciudad Quito y analizar su viabilidad técnico-económica.

Objetivos específicos

- Estimar los perfiles de consumo de agua caliente sanitaria a nivel horario, diario y mensual, y determinar el recurso solar disponible en la zona en estudio a esos mismos niveles.
- Analizar mediante simulación las prestaciones energéticas del sistema solar térmico.
- Determinar la orientación e inclinación óptima de los captadores solares térmicos y la distancia entre estos.
- Realizar estudio de factibilidad económica.
- Dimensionar el sistema solar térmico: área de captación, volumen de acumulación, selección de materiales, diámetro de tuberías y configuración de la red de tubería para elaborar planos de la red en la instalación solar térmica.

Alcance

Con el presente proyecto se busca realizar el diseño, dimensionamiento y simulación de un sistema solar térmico acoplado a un sistema centralizado de GLP, que cuente con una justificación de acuerdo con parámetros internacionales para sentar un precedente en el desarrollo de este tipo de tecnologías en el país.

Se pretende aplicar en futuras instalaciones solares térmicas, al contar con lineamientos que aseguren el funcionamiento y la calidad de la instalación, a la vez que pueda validarse por medio de programas computacionales como son Systema Advisor Model (SAM), AcSol, y el método f-Chart. Para ello, es necesario determinar el perfil horario y diario de consumo de ACS mediante mediciones en el edificio Kitzia ubicado en las calles José Caamaño y presidente Wilson. Las mediciones se tomaron durante dos meses diariamente, y durante 5 días cada hora de 06h00 a 19h00, para obtener una muestra confiable de consumo de ACS.

Posteriormente, se realizó un estudio de sombras tanto de los alrededores, como del horizonte, y se estimaron los parámetros aproximados para bomba, aislamiento, tubería entre otros; con estos datos se realizó un dimensionamiento preliminar en los softwares mencionados a condiciones semejantes. Se obtuvo la fracción solar como principal indicador de la eficiencia en cada uno de los softwares. Después, se realizó la comparativa de los resultados arrojados por cada software. SAM y AcSol brindan diferentes características, siendo de gran utilidad para un análisis detallado en cuanto a la sustentabilidad de un proyecto de estas condiciones.

Con los resultados que se obtienen, se realizó el diseño definitivo de la instalación solar térmica, generando los planos de la instalación. Y diseñando el sistema de control ligado al funcionamiento del sistema solar y auxiliar. Con el fin de que en el futuro esa tecnología se aplique de manera correcta en el país por medio de proyectos sostenibles.

Al culminar el diseño del sistema solar térmico se desarrolla un estudio económico, obteniendo indicadores de rentabilidad del proyecto. Con esto, se logra sentar una referencia sólida para profesionales dedicados a la implementación de sistemas de energía renovable en edificaciones en el Ecuador.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Recurso solar

1.1.1. Conceptos

Para el estudio de un sistema solar térmico es importante abordar conceptos esenciales en relación con la energía solar.

Radiación solar: Conjunto de ondas electromagnéticas emitidas por el Sol hacia la Tierra.

Radiación solar directa: Radiación solar que fluye hacia la tierra sin haber sufrido refracción.

Radiación solar difusa: Radiación solar que fluye hacia la tierra después de cambiar de dirección por los diferentes fenómenos atmosféricos: que son absorción, reflexión y refracción.

Radiación solar total: El sumatorio de la radiación solar directa y difusa que inciden sobre una superficie. Las medidas más comunes de radiación se dan en superficies horizontales y se denominan de esta manera o sobre una superficie de incidencia.

Irradiancia solar [W/m^2]: Potencia radiante del sol sobre una superficie.

Irradiación solar [Wh/m^2]: Se refiere al valor de la irradiancia integrado en un intervalo de tiempo determinado, se puede expresar en unidades de energía con periodos a nivel horario, diario, mensual o anual.

El recurso solar se puede aprovechar de forma directa e indirecta, tal como se muestra en la figura 1.1.

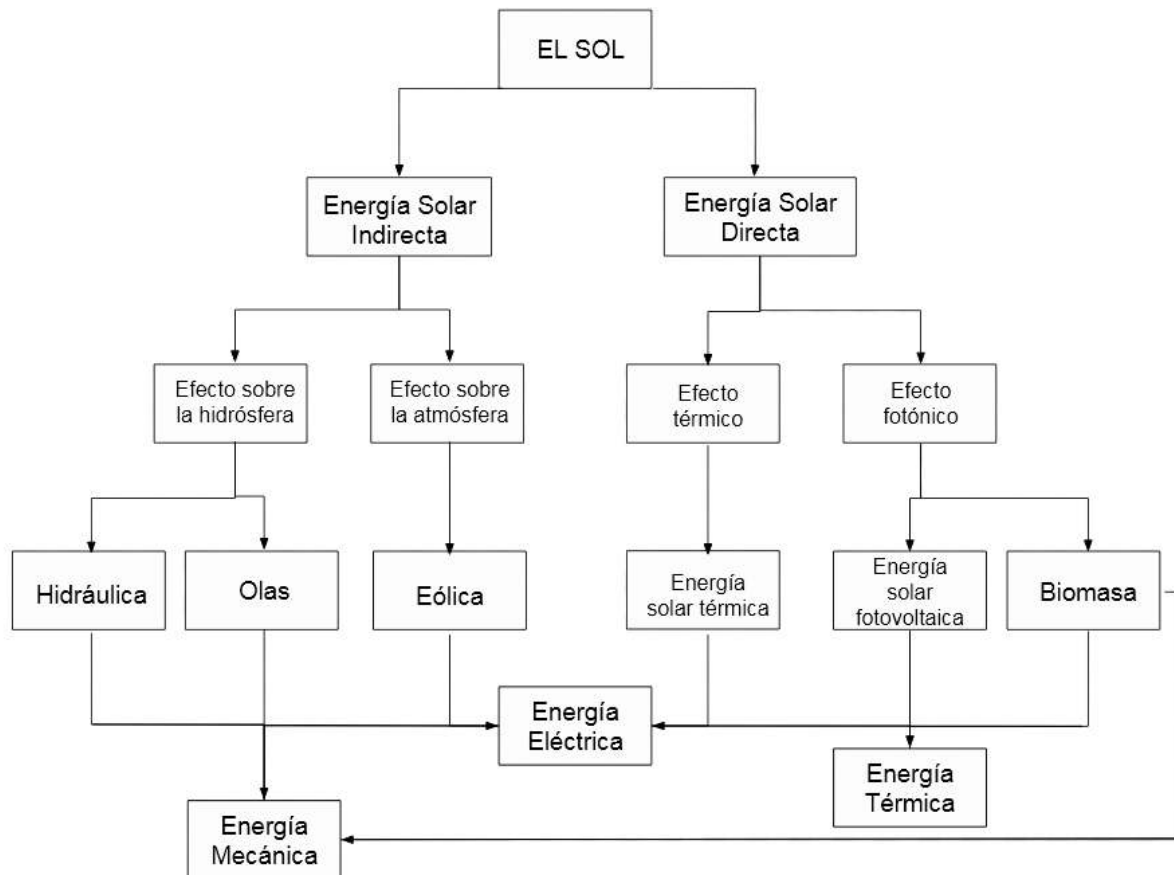


Figura 1.1. Formas de aprovechamiento de la energía solar.
(Fuente: Constante & Palacios, 2014)

En el caso del aprovechamiento directo, la radiación solar puede transformarse a energía térmica, eléctrica o en forma de biomasa. Para la obtención de energía térmica se utilizan captadores solares térmicos que transfieren la energía a un fluido, por lo general agua o aire. En el caso de la energía eléctrica directa, parte de la energía de la radiación solar que incide en los captadores fotovoltaicos se transforma en energía eléctrica, al igual que puede producirse energía eléctrica parcialmente por medio de centrales termo-solares. Por último, el almacenamiento de la energía solar en forma de biomasa lo realizan las plantas y algas mediante el proceso de la fotosíntesis.

Se conocen varios tipos de energía que son consideradas alternativas, las cuales utilizan como fuente de energía el sol, ya sea de forma directa o indirecta. También, se puede considerar las fuerzas gravitacionales las que ocasionan las mareas y el calor del núcleo de la tierra, conocida como energía geotérmica. Las energías renovables tienen un gran potencial, pero la mayoría de ellas son intermitentes y con una variabilidad dependiendo de dónde se encuentren. Los investigadores, hoy en día, buscan tecnologías energéticas de bajo impacto ambiental, seguras, renovables y, esencialmente, de bajo costo. (Schlager & Weisblatt, 2006)

1.1.2. Irradiación solar en Ecuador

Como se puede apreciar en las figuras 1.2 y 1.3, en el Ecuador, la región Sierra e Insular presentan la mejor incidencia de radiación solar con valores entre 1500 y 2150 [kWh/m²/año]. La Región Costa y Amazónica son menos privilegiadas, con valores entre 1000 y 1800 [kWh/m²/año] de irradiación solar.

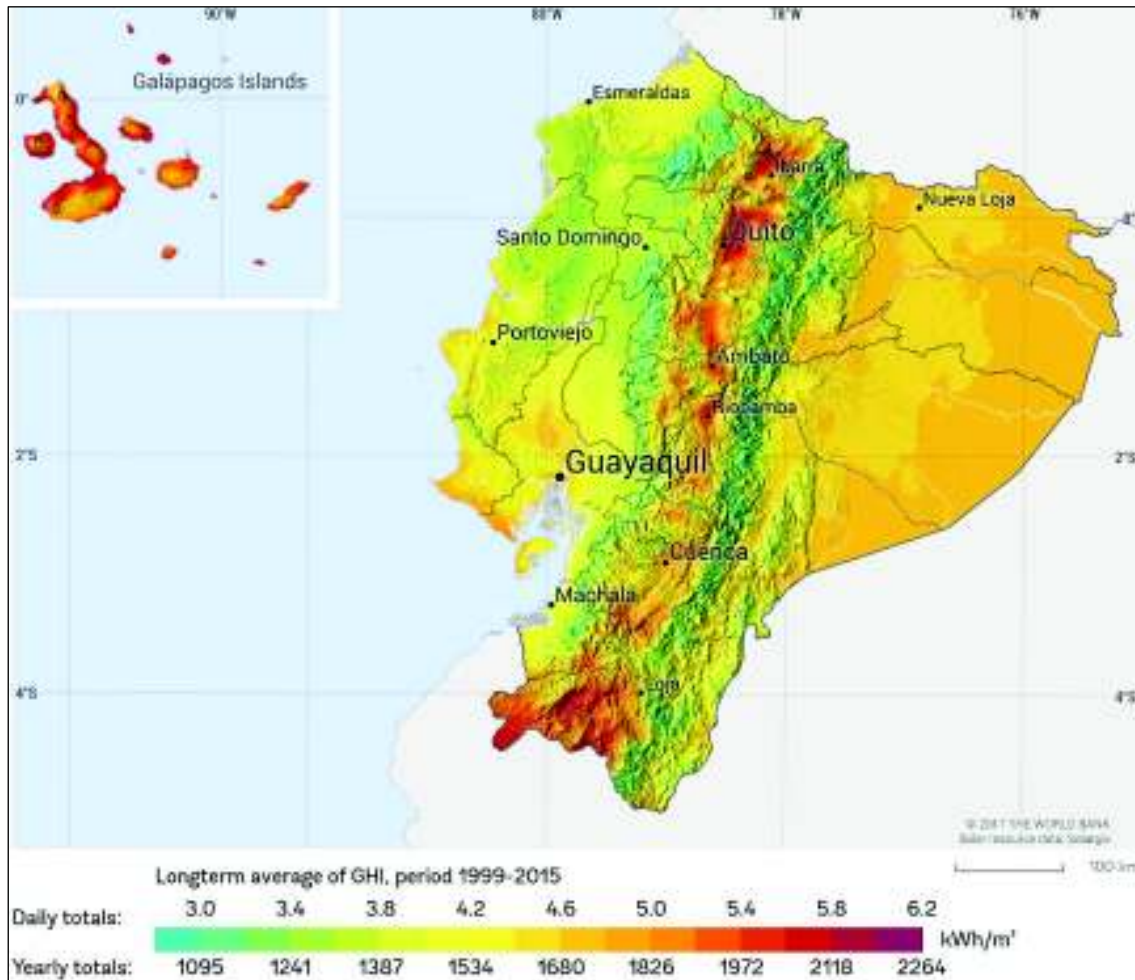


Figura 1.2. Mapa de irradiación solar anual en el Ecuador.
(Fuente: Solargis, 2017)

La ciudad de Quito se encuentra en la provincia de Pichincha, la cual cuenta con uno de los mayores índices de radiación solar en el Ecuador. Como se puede observar en la figura 1.2 principalmente en la zona centro norte de la ciudad de Quito existe gran irradiación solar. Alcanzando 5.8 [kWh/m²/d] de irradiación global, recurso que puede ser aprovechado. Ya que el clima de Quito a lo largo del año es relativamente constante, lo que le ha ganado el nombre de la ciudad de la eterna primavera. (Solargis, 2017)



Figura 1.3. Mapa solar de la provincia de Pichincha.
(Fuente: Global Solar Atlas, 2018)

Estos datos de incidencia de radiación solar fueron registrados por Solargis en contrato con el World Bank Group. La precisión de los modelos meteorológicos utilizados se estima mediante la comparación de datos de mediciones meteorológicas de gran calidad y gestión. La correspondencia entre los datos estadísticos modelados y medidos se cuantifica, mediante medias estadísticas que caracterizan la desviación sistemática y aleatoria, de igual manera la representatividad de la distribución de los valores horarios. Para el cálculo de GHI (Global Horizontal Irradiation), GTI (Global Total Irradiation) y DNI (Direct Normal Irradiation) se utiliza el modelo meteorológico Perez, considerando un albedo de 0.12. Actualmente, el modelo de Solargis ha sido validado utilizando datos de medición solar de más de 200 sitios en todo el mundo. Aunque el número de estaciones de referencia aumenta con el tiempo, la disponibilidad de mediciones de alta calidad para comparar es muy limitada en muchas regiones, debido a la distancia existente a las estaciones de medición solar a las que tiene acceso Solargis, como se muestra en la figura 1.4.

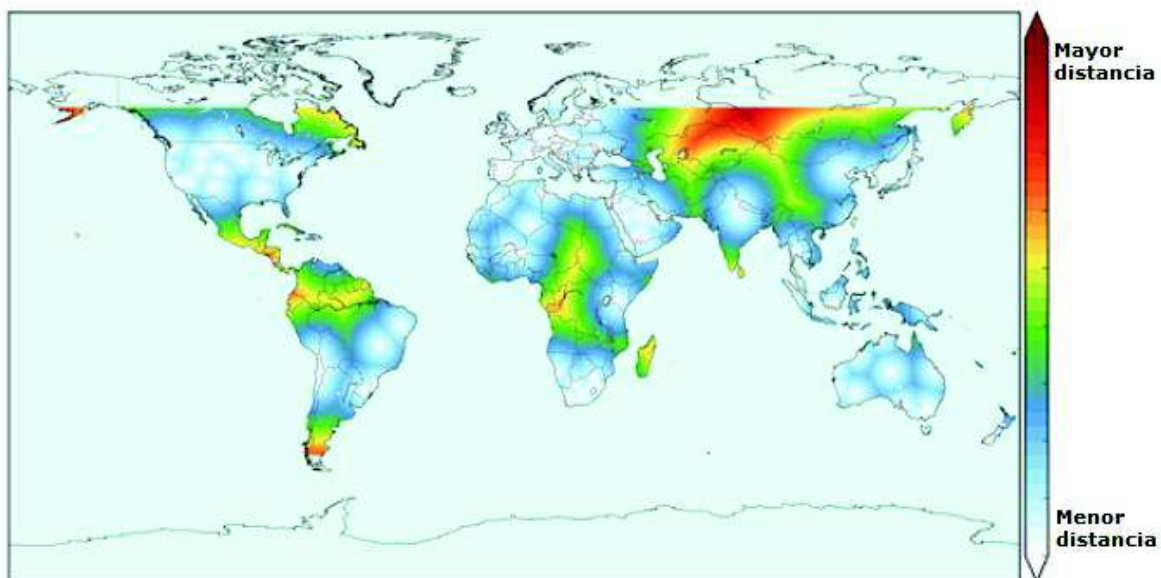


Figura 1.4. Distancia a la que se encuentran las estaciones de medición solar.
(Fuente: Solargis, 2017)

Mediante el análisis de la distribución del modelo Solargis de las desviaciones sistemáticas en diferentes geografías y situaciones se concluyó que: en la mayoría de los casos, la desviación esperada de los valores anuales se encuentra dentro del rango de $\pm 4\%$ a $\pm 8\%$ para GHI, y en el rango de $\pm 8\%$ a $\pm 15\%$ para DNI. Se espera una desviación más alta en condiciones geográficamente complejas y en regiones que no están suficientemente cubiertas por mediciones meteorológicas de alta calidad.

1.1.3. Temperatura ambiente en el Ecuador

La temperatura en el país se mantiene relativamente constante, por lo que la energía solar es una excelente opción, debido a la también constante incidencia de radiación.

En la tabla 1.1 se muestran las temperaturas promedio, máxima registrada y mínima registrada en el año 2016 para la ciudad de Quito.

Tabla 1.1. Datos climáticos en Quito en el año 2016.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima registrada [°C]	30	28	31	41	27	27	28	27	27	30	27	28	41
Temperatura máxima promedio [°C]	19	18	18	18	18	19	19	19	20	19	19	24	18
Temperatura mínima promedio [°C]	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	10	10
Temperatura mínima registrada [°C]	-	-	1	-	3	-	1	2	3	5	2	2	-

(Fuente: Weatherbase, 2018)

1.2. Tecnología solar térmica

1.2.1. Introducción

Los colectores solares térmicos son dispositivos que transforman la radiación solar en energía térmica, la cual se transfiere a un fluido de trabajo elevando su temperatura. Es el elemento más representativo en una instalación solar térmica por lo cual su diseño debe ser robusto para resistir la intemperie, expuesto a la lluvia, granizo, radiación solar, polvo, etc. A pesar de no tener un tamaño estándar, el área aproximada de un colector solar este alrededor de los 2 [m²] y su peso aproximado varía entre 15 y 25 [kg/m²]. (Martínez, 2010)

1.2.2. Conceptos

Energía solar térmica: Energía térmica aprovechada de la radiación del sol con el fin de transferirla a un fluido, se lo logra mediante colectores solares. (Peñaherrera & Sarzosa, 2012)

Fracción solar: Es la relación que se da entre la energía térmica suministrada por parte del sistema solar térmico y la demanda energía térmica total de la instalación. Se obtiene a partir de la energía térmica del sistema solar destinada al consumo. (Peuser et al., 2002)

Áreas del captador solar: Existen diferentes áreas referentes a la exposición al sol del captador, en general de acuerdo con la norma EN 12975-2 el área dada es la referida a la apertura.

- **Área total:** Área entre los extremos del captador, el captador en toda su extensión.
- **Área de apertura:** Es toda la superficie abierta del captador, normalmente es el área de la cubierta transparente. Para los captadores de tubos de vacío, resulta del producto del diámetro interno del tubo, la longitud cilíndrica sin sombrear y el número de tubos (véase figura 1.5 y figura 1.6).

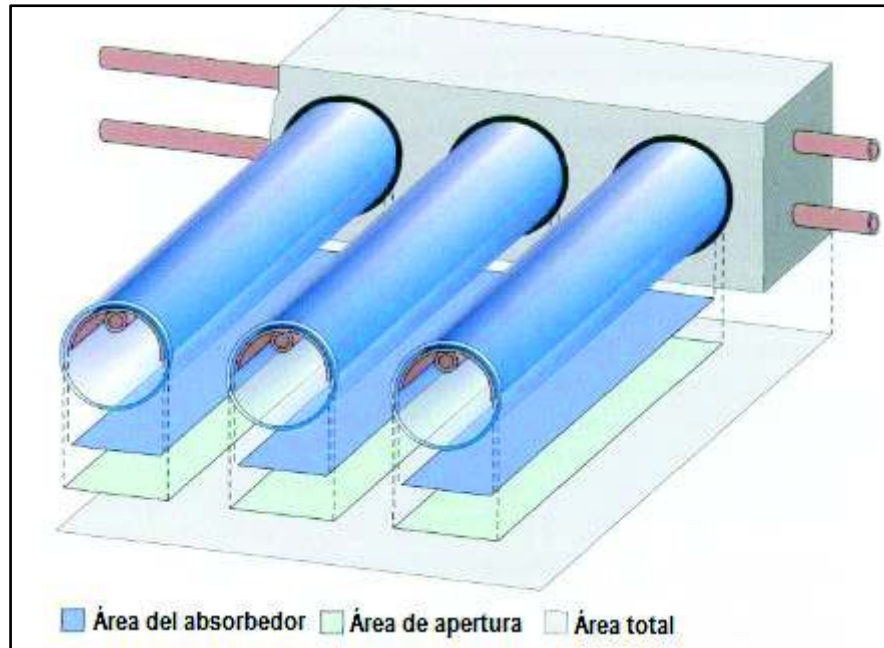


Figura 1.5. Áreas en un colector de tubos de vacío.
 (Fuente: Peuser et al., 2002)

El colector solar térmico de placa plana cuenta de manera general con:

- Una superficie de gran absorción de radiación solar, en general oscura y con buena conductividad térmica.
- Serpentin, que permita el paso del fluido de trabajo, y el intercambio de energía.
- Cobertura transparente.
- Fluido de trabajo, puede ser agua, aire, glicol, entre otros.
- Aislamiento térmico.
- Estructura de soporte del colector.
- Estructura externa del colector.

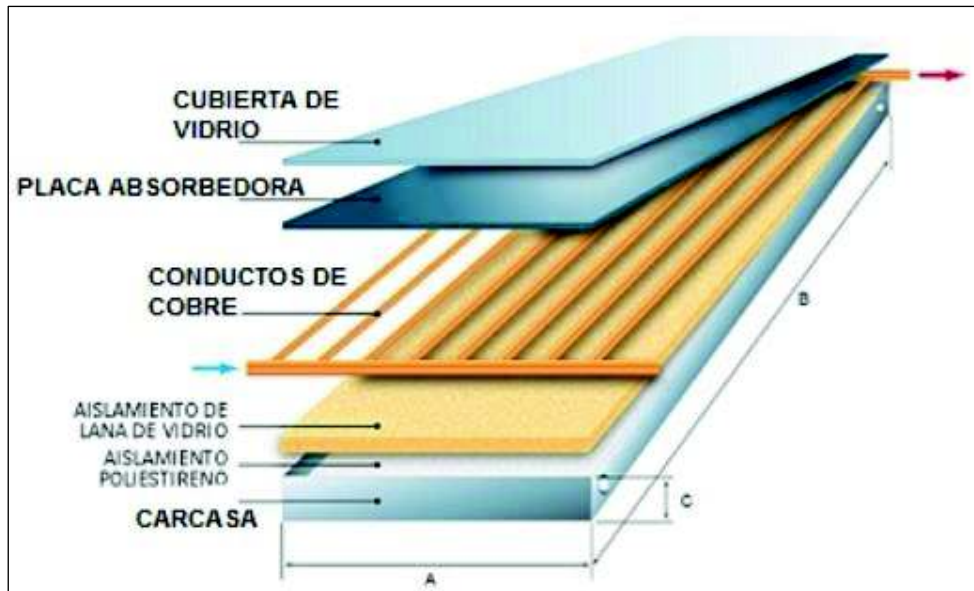


Figura 1.6. Partes del colector solar plano.
(Fuente: Sopelia, 2017)

1.2.3. Clasificación de los captadores solares térmicos

Los colectores solares térmicos se clasifican por su tipo de construcción, de la siguiente forma:

- Captador plano.
- Captador de tubos de vacío.
- Captadores de concentración solar.

También se los clasifica por su temperatura de uso (figura 1.7), lo que los divide en tres grupos:

- Colectores de baja temperatura (llegan a 100 [°C]).
- Colectores de media temperatura (150 – 200 [°C]).
- Colectores de alta temperatura (a partir de 250 [°C], llegando incluso hasta 1000 [°C] en el caso de sistemas de torre).

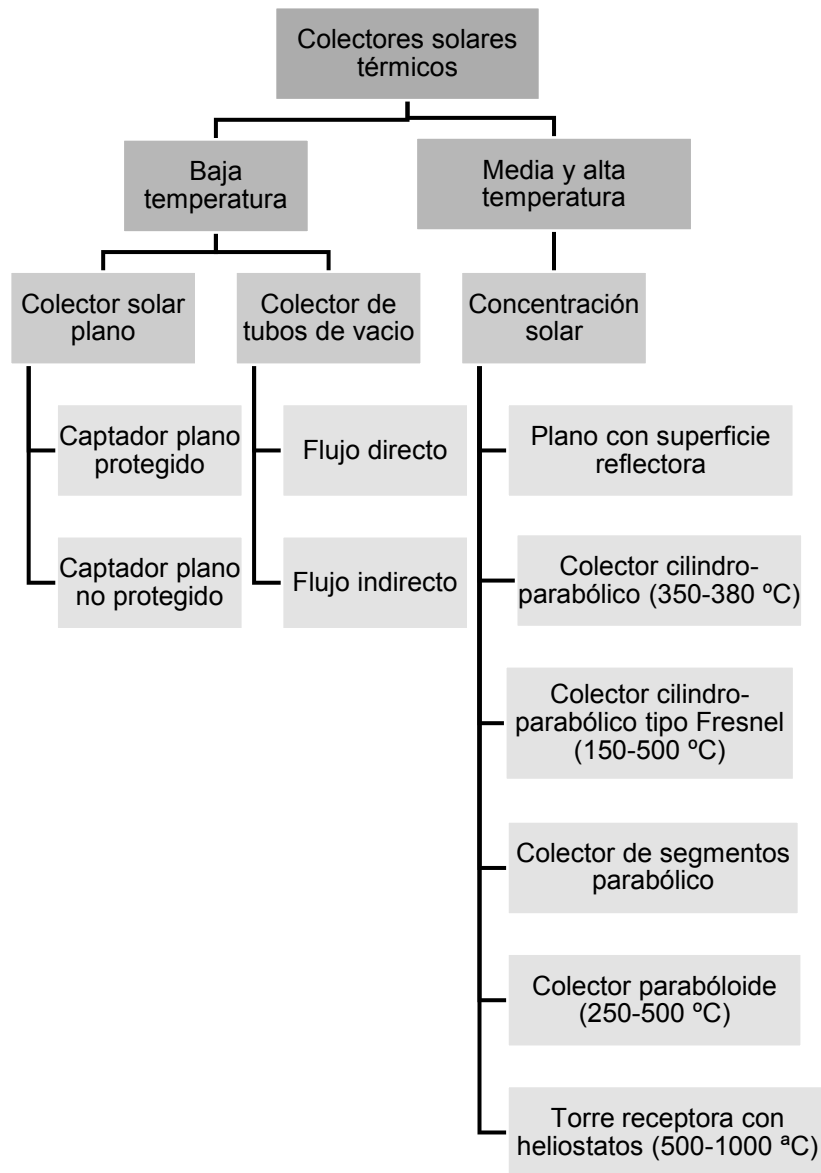


Figura 1.7. Clasificación de colectores solares térmicos.
(Mejía & Yépez, 2011)

1.2.4. Colectores de baja temperatura

Colector plano: Este tipo de colectores, alcanzan en el mercado alemán de ACS, entre un 85 – 90 % de participación, mientras que en España sobrepasan el 95 %. Son relativamente de bajo costo y de alta durabilidad. Absorben radiación solar directa y radiación solar difusa, por lo que pueden generar energía térmica en condiciones meteorológicas de nubosidad. Los colectores solares de placa plana basan su funcionamiento en el efecto invernadero. Pueden utilizar como fluido de trabajo al agua, aceite, aire, etc. Las partes del colector solar plano se las observa en la figura 1.8. (Mejía & Yépez, 2011)(Peuser et al., 2002). Posee varios elementos básicos como la cubierta de vidrio y el absorbedor, el cual es una placa

plana, usualmente metálica que aumenta su temperatura al recibir la radiación solar que atraviesa la cubierta. El aislamiento térmico es el encargado de impedir las pérdidas térmicas por debajo y en los laterales del colector. (Martinez, 2010)

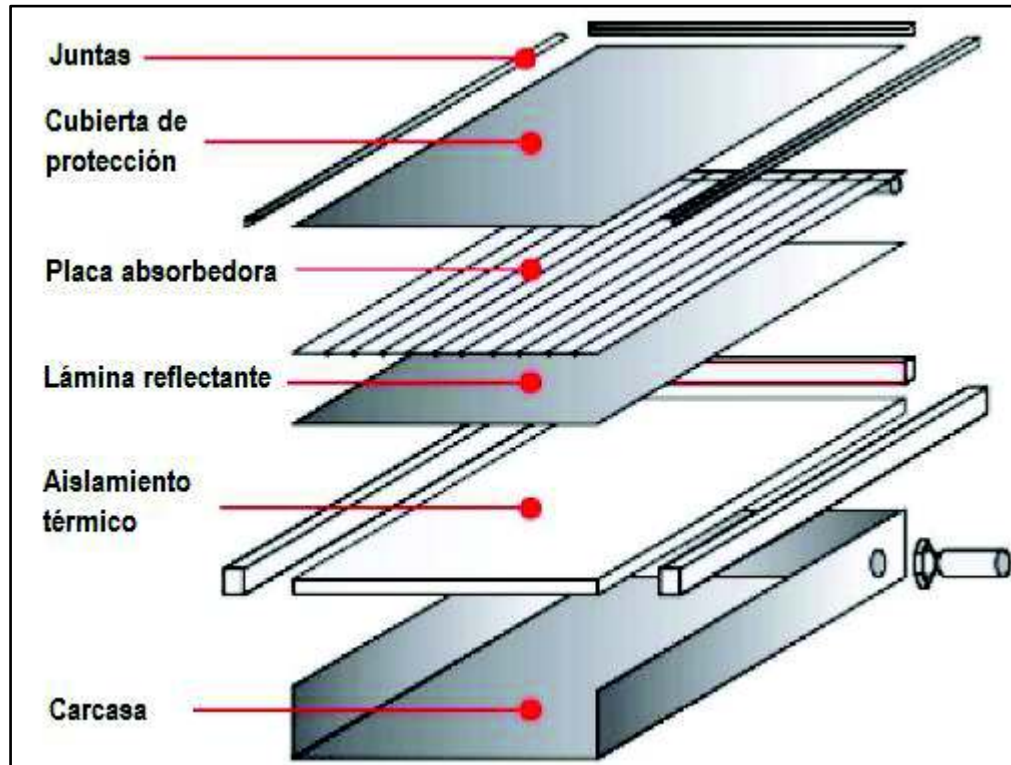


Figura 1.8. Elementos de un colector solar plano.
(Fuente: IDAE, 2006)

Colector de tubos de vacío: Su principal característica es que constan de varios tubos concéntricos (figura 1.9), donde el cilindro exterior es de vidrio. El espacio entre los cilindros se evacua buscando aumentar el grado de vacío, lo que reduce pérdidas térmicas por conducción o convección. Debido a esto, los colectores solares de tubos de vacío pueden trabajar a mayores temperaturas que los colectores solares planos. Sin embargo, a temperaturas de trabajo muy altas, las pérdidas del captador aumentan. (Peuser et al., 2002)

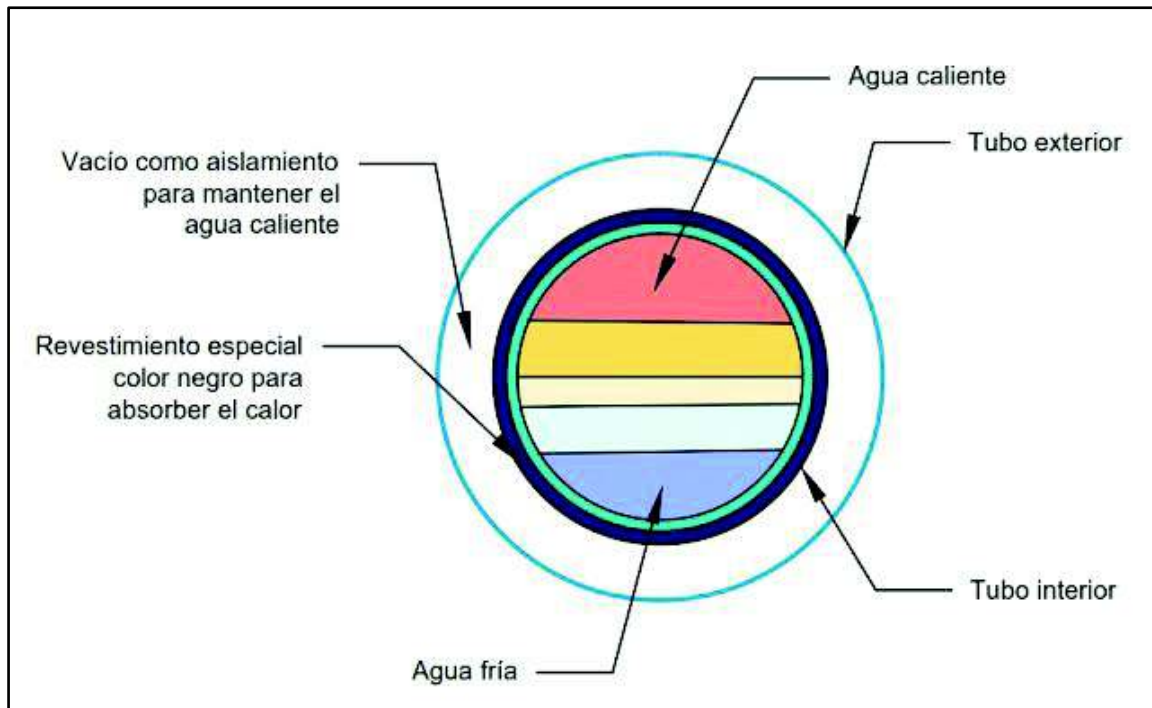


Figura 1.9. Representación de un colector de tubos de vacío.
(Fuente: Molina, 2016)

1.2.5. Colectores de media y alta temperatura

Para lograr temperaturas medias o altas es necesario reducir la superficie en dónde se da la mayor transferencia de calor. Es por eso, que los colectores de concentración utilizan lentes o reflectores con el fin de focalizar la radiación solar desde una gran área hacia una pequeña. En este apartado se describen:

Colector cilindro – parabólico (PTC): Los colectores PTC (Parabolic trough collector), se componen de un área semicilíndrica especular, cuya sección recta es una parábola (figura 1.10). Se utilizan con seguimiento solar en un solo eje. Cuentan con un área reflectora que concentran la radiación solar en el absorbedor lineal. El fluido de trabajo suele ser aceite o agua, al utilizarse aceite las temperaturas que se alcanzan están entre 350 a 380 [°C]. Cuando se utiliza agua como fluido de trabajo, se obtiene vapor de agua directamente. Su aplicación principal se da en plantas de generación de electricidad. (Mejía & Yépez, 2011)

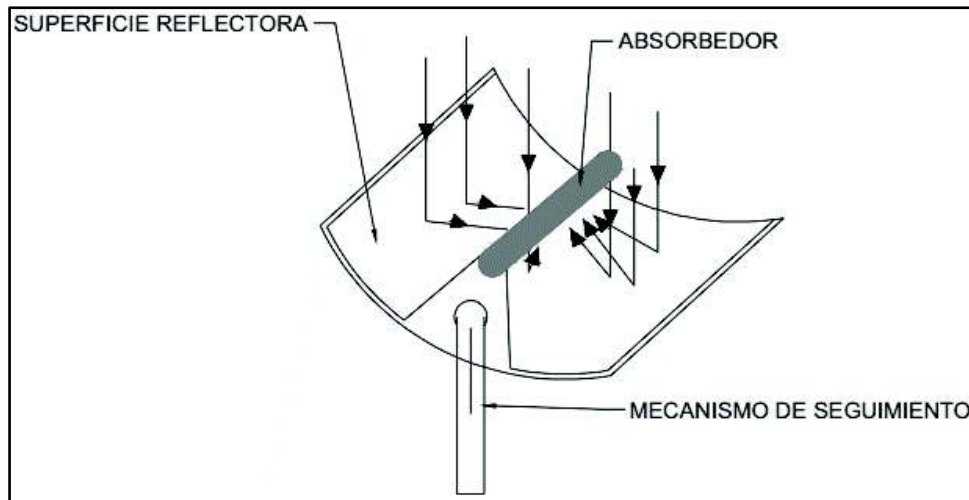


Figura 1.10. Colector cilindro – parabólico (PTC).
(Mejía & Yépez, 2011)

Colector lineal tipo Fresnel: Cuentan con varias franjas planas llamadas lentes de Fresnel, estas se ajustan a un ángulo dado. De esta manera todas las lentes reflejan como si se tratase de una sola lámina (figura 1.11). Este concentrador es de fácil montaje, ya que cuenta con menos elementos que el tradicional colector cilindro – parabólico. Sin embargo, para evitar interposiciones ópticas entre las lentes, todas deben contar con un seguimiento solar propio. Esto aumenta el precio total del colector, de su mantenimiento e instalación. (Mejía & Yépez, 2011)

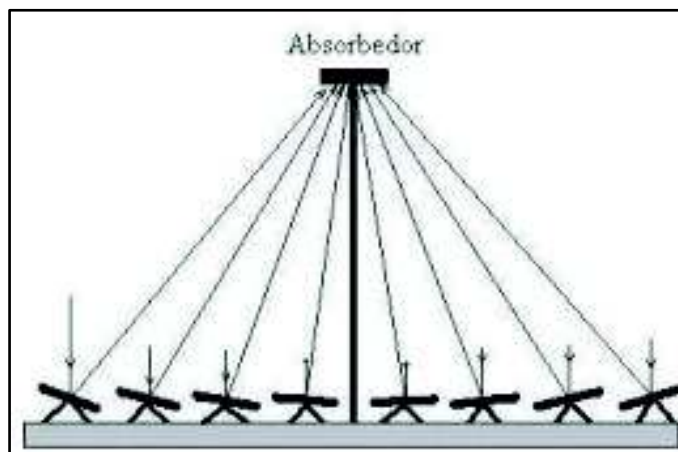


Figura 1.11. Colector lineal tipo Fresnel.
(Kalogirou, 2013)

Colector de concentración cilíndrico – parabólico compuesto (CPC): Este está formado por dos parábolas truncadas (figura 1.12) a la izquierda y a la derecha, que actúan como reflector. La radiación solar que incide sobre la abertura se concentrará en el absorbedor. Funcionan de manera correcta con radiación solar directa o difusa. Se aplican

como de baja concentración cuando trabajan en un amplio rango de ángulos, y de alta cuando este rango es mínimo. (Tapia & Del Rio, 2009)

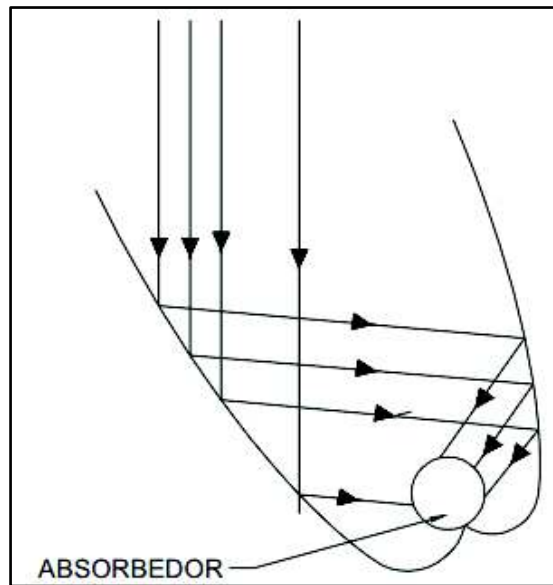


Figura 1.12. Colector de concentración cilíndrico – parabólico compuesto (CPC).
(Mejía & Yépez, 2011)

Colector paraboloide: Constan de un reflector paraboloide o esférico, y un concentrador ajustado al mismo (figura 1.13). Su aplicación está en el rango de 250 a 500 [°C]. Son necesarios dos ejes de seguimiento debido a las características que presentan. (Mejía, 2011)

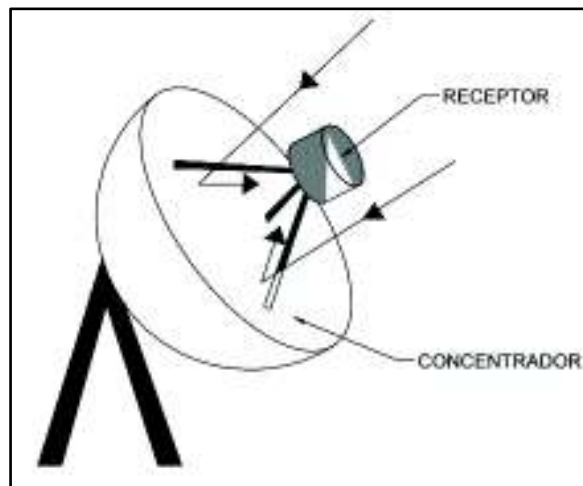


Figura 1.13. Colector paraboloide.
(Mejía & Yépez, 2011)

Receptor central: Opera en temperaturas de 500 a 1000 [°C], su principal aplicación son las plantas térmicas de generación de energía eléctrica. Consta de un campo reflector formado por espejos planos con sistema de seguimiento solar, conocidos como heliostatos. Concentra la radiación solar en un concentrador ubicado en lo más alto, en una torre central (figura 1.14). Los hornos solares se basan en esta forma de operación.

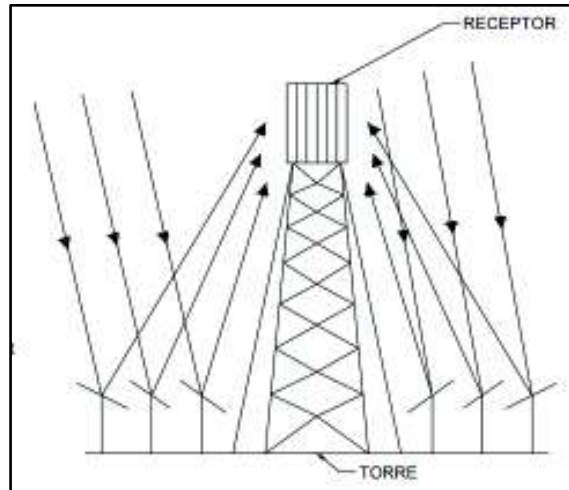


Figura 1.14. Receptor central.
(Mejía & Yépez, 2011)

1.2.6. Captadores solares en el Ecuador.

En la tabla 1.2 se encuentran los resultados obtenidos por el INER en el 2013 describiendo el comportamiento de colectores solares en varias localidades del Ecuador. Las consideraciones son, familia de 4 personas y demanda de 40 [l/d] por persona de ACS, a una temperatura de 46 [°C]. Las características del colector analizado son, 3 [m²] con cubierta de vidrio simple y una superficie selectiva. El circuito analizado es abierto y sin intercambiador de calor, este tipo de instalaciones son de fácil montaje. El sistema auxiliar consta de una resistencia eléctrica en el acumulador de 160 litros, con aislamiento térmico. (Evans & Schiller, 2013)

Tabla 1.2. Comportamiento de colectores solares y ahorro energético en localidades del Ecuador.

Localidad	Altura sobre el nivel del mar [m]	Fracción solar [%]	Demanda Neta de Calor [kWh/año]	Demanda bruta [kWh/año]	Ahorro con solar [kWh/año]	Energía eléctrica [kWh/año]
Puerto Ayora	6	98	1146	1232	1202	30
Guayaquil	6	92	1128	1213	1121	92
Manta	13	97	1110	1194	1155	39
Caypas	55	93	1116	1200	1116	84
Rocafuerte	265	97	1151	1244	1198	46
Orellana	481	94	1198	1288	1212	76
Tena	665	81	1245	1338	1087	251
Puyo	960	81	1391	1495	1208	287
Loja	2065	71	1695	1822	1302	520
Cuenca	2530	70	1753	1885	1318	567
Riobamba	2740	68	1837	1973	1337	636
Quito	2787	74	1724	1854	1376	478

(Fuente: Evans & Schiller, 2013)

1.3. Realidad de la tecnología solar térmica en el Ecuador

1.3.1. Instaladores

Oscar Ampudia, gerente de AGP soluciones con ingeniería, siendo importador de colectores solares de origen griego, supo manifestar que en su opinión el nivel de competitividad que presenta el mercado ecuatoriano en general se basa en el factor económico antes que el de calidad. A tal punto que algunos colectores solares ofrecen una garantía de 20 años frente a colectores solares, que en promedio ofrecen menos de 6 años de garantía en el mercado ecuatoriano. Indicó que, es posible que una de las razones es el mínimo e incluso nulo control de las especificaciones técnicas del equipo por parte de las autoridades.

Además, comentó que el costo de importación de un colector solar incluye el precio del colector, transporte, aranceles y aduana, representando estos tres últimos el 30% de la inversión total. De tal forma que para los colectores solares que importa; con sistema de termosifón, capacidad de 180 [l], origen griego y sistema auxiliar de resistencia eléctrica; el costo de instalación (2,5 [m²]) era de 1680 (USD) en el año 2012. Debido a estos costos, la competitividad de este tipo de colectores solares se redujo drásticamente frente a colectores solares menos costosos, que en muchos casos no cumplen estándares internacionales. Sin embargo, estos pueden ser distribuidos y comercializados en el Ecuador sin mayores inconvenientes.

En la presidencia de Rafael Correa (2007-2017) se solicitó la realización de una normativa sobre colectores solares, esto, con el fin de reducir el impacto ambiental, y vislumbrar una meta del 40 % al 60 % en sistemas renovables para el cambio de fuentes energéticas en el país. Para el proyecto fueron llamados numerosos expertos, como Óscar Ampudia. Sin embargo, hasta el momento no se ha conocido sobre su inicio.

Para Óscar Ampudia, el negocio de comercializar colectores solares fue rentable hasta el primer trimestre del 2016, justamente, cuando se impusieron salvaguardias por parte del estado. Las salvaguardias no afectaban a equipos de energías renovables. Sin embargo, el colector solar requiere de un sistema completo, y a esos equipos sí les afectaban las salvaguardias, acrecentando el precio del sistema. Mientras que, en la actualidad, en Quito existen 20 distribuidores de sistemas solares aproximadamente. AGP cuenta con 167 proyectos en la provincia de Manabí, específicamente, en las ciudades de Manta y Portoviejo. Sin embargo, la empresa mantiene en stock 150 paneles solares, que no se han podido comercializar, principalmente, por el alto costo, que afecta su competitividad en el mercado local.

HIDROSEGEP es una empresa que se dedica al desarrollo de colectores solares planos y puesta en marcha de instalaciones, entre otras actividades. Un representante de la empresa manifestó que la tecnología solar térmica, en la ciudad de Quito, presenta elevados costos de adquisición, a tal punto que algunos edificios, con captadores solares para sistema de calentamiento de agua, habrían preferido importar directamente los colectores solares para disminuir en gran medida el costo de la instalación. Según el mismo, el costo de producción de un colector plano en el Ecuador afecta el precio de venta de este hasta en cuatro veces al de un colector común en el mercado internacional.

La arquitecta Diana Samaniego, quien ha desarrollado proyectos a lo largo del Ecuador, e incluso en Chile; ha aportado información relevante sobre el tema.

- Normas en el Ecuador: Manifestó que al aprobarse la norma transitoria de la construcción se sentó un precedente importante al incluir la energía solar térmica, su montaje por medio de la ingeniería mecánica, y el diseño por parte de profesionales calificados. Estas normas se basaron en las normas españolas de AENOR.
- Diseño de la instalación: Indicó que además de los parámetros técnicos hidráulicos, estructurales y mecánicos, es de gran importancia la comunicación con el diseñador

del espacio, y tener en cuenta el tipo de diseño en cuanto a la ubicación, el efecto de sombras, y la estética. Declaró que estos puntos deben constar en las futuras normas de construcción.

- Uso de agua: Expuso que en el Ecuador no existe una buena cultura para el uso del agua, siendo común el gasto innecesario. Según Diana Samaniego, este consumo supera fácilmente los 60 [l/d] por persona, y que, al valor obtenido sobre consumo de un edificio existente, ella recomienda un aumento del 5 al 10 %.
- Importaciones: Comentó que ella fue una de las primeras personas en importar colectores solares al Ecuador en el 2006, y que contaban en la importación en principio como equipos de lujo debido a la poca información en la Aduana del Ecuador, lo que disparaba los precios de las instalaciones, expuso que, esto se dio hasta el 2010.
- Administración: Manifestó que las administraciones de los lugares dónde se encuentran instalaciones solares después de un tiempo se desmontan o se dan de baja, debido a problemas administrativos. Mencionar que estos problemas se deben al desconocimiento del usuario frente a esta tecnología.
- Realidad de la energía solar térmica en el Ecuador: Indicó que, en ferias de la construcción, existía un desconocimiento sorprendente en cuanto a la tecnología solar. No así, en ferias agropecuarias, en las cuales la oferta y demanda sobre esta tecnología era alta, lo que se debe a la necesidad en sitios alejados de la ciudad. En las ciudades mencionó, que a la tecnología solar térmica incluso se la toma como moda.
- Garantía: Diana Samaniego indicó que para los colectores alemanes que ella distribuía, ofrecía un año de seguimiento y 50 años de garantía sobre los colectores, siempre que se den los mantenimientos recomendados, y los tanques solares de 5 a 10 años de garantía con un buen mantenimiento.

1.3.2. Instalaciones

Miguel Estrella, representante del edificio Estrella IX (figura 1.15), quien colaboró con información y acceso a la instalación solar de este edificio, supo contactar con un representante técnico de la empresa HIDROSEGEP. La empresa se dedica a la manufactura de colectores solares planos e instalación de sistemas ingenieriles. La información que se facilitó sobre el edificio estrella IX fue la siguiente:

- Tipos de colectores: Colectores de tubos al vacío.

- Origen de los colectores: República Popular de China.
- Número de colectores: 12
- Configuración de los colectores: Paralelo.
- Sistema auxiliar: Bomba de calor.
- El sistema es controlado por medios mecánicos.

En un principio la instalación fue montada bajo las instrucciones del manual propio de los colectores solares de tubos al vacío por lo cual presentaban un sobrecalentamiento en la temperatura de fluido de trabajo, lo que ocasionó daños en los colectores llegando incluso a cambiar el estado de líquido a gaseoso. Debido a esto, las presiones dentro del sistema excedieron el límite para las cuales estaba diseñado, lo que desembocó en la fractura del material de los tubos.



Figura 1.15. Instalación Edificio Estrella IX.
(Fuente: Propia)

Se adecuó un tanque de almacenamiento en el punto más alto de la terraza, donde se encuentran los colectores solares para compensar los valores de presiones en los colectores solares.

La instalación funciona de tal manera que deben cerrarse 6 de los 12 colectores y hacerlos rotar, debido a que la demanda actual es abastecida por la mitad de la instalación.

2. METODOLOGÍA

Siendo el dimensionamiento uno de los principales objetivos dentro del diseño y simulación de la instalación solar térmica de ACS con sistema auxiliar de GLP, es necesario tratar varios aspectos con el fin de optimizar los resultados. Para lo cual, se usa el diagrama de flujo de la figura 2.1, que permite entender de mejor manera la metodología a seguir, adicionalmente se tiene la información de la instalación actual en el anexo II y fotografías en el anexo X.

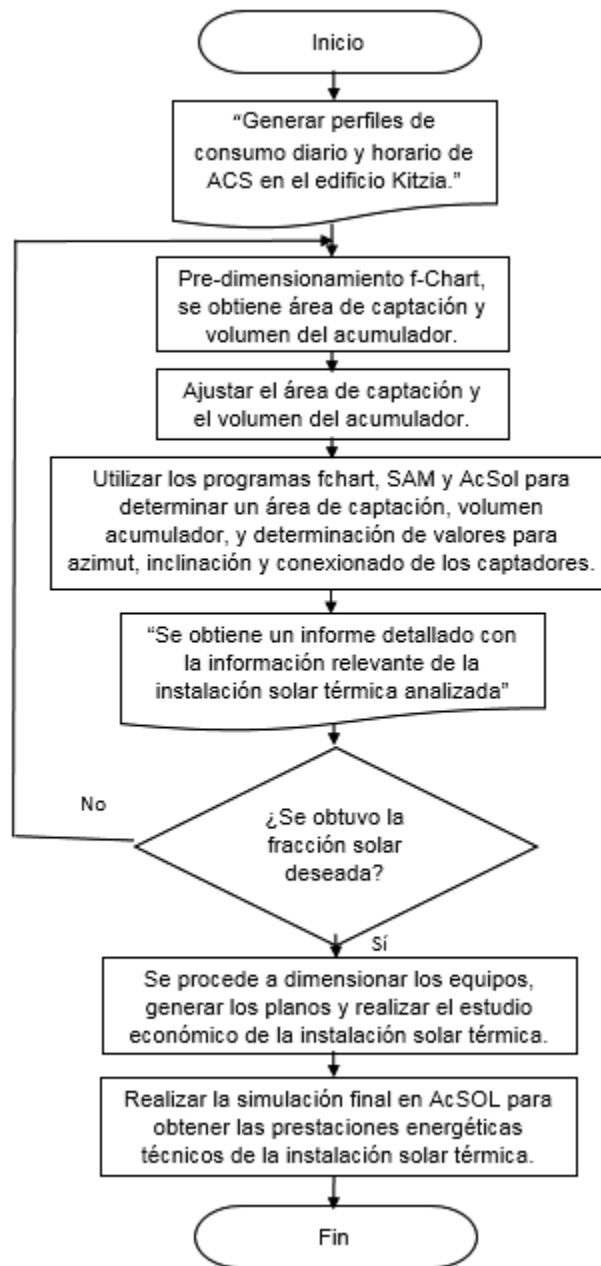


Figura 2.1. Diagrama de flujo del proyecto Kitzia.
(Fuente: Propia)

El primer aspecto que surge para el dimensionamiento de este tipo de instalaciones es el determinar el consumo de ACS. Sin embargo, datos de consumo de ACS en viviendas residenciales, son muy difíciles de encontrar o medir, debido a ordenanzas de la ciudad y una práctica desactualizada de instalación hidráulica en edificios. De tal manera, que por la inexistencia de un contador exclusivo de ACS, y que los contadores individuales se encontraban atrofiados como se puede ver en la figura 2.2. Se procedió a realizar la diferencia del contador general de agua del edificio y de los contadores de cada uno de los departamentos. Debido a la disposición hidráulica que se detalla en el plano 4.



Figura 2.2. Contador de ACS individual.
(Fuente: Edificio Kitzia)

Existen tablas referenciales, para proyectos nuevos, mas no para existentes. Por ello, se planteó crear estas tablas en base a la toma diaria de datos, así como la toma horaria del consumo del edificio Kitzia. Las mediciones se realizaron durante un mes, a las 14h00 todos los días, a partir del 24 de octubre hasta el 24 de noviembre. Por otra parte, se obtendrá un perfil de consumo horario que consta de tres días laborales y un fin de semana desde las 06h00, hasta las 21h00 con lecturas cada hora. Una vez tomados los datos suficientes, se procedió a determinar los perfiles de consumo horario y diario. Posteriormente, por medio de una ponderación se logró establecer un solo perfil de consumo diario. Adicionalmente, se tomaron datos de los contadores de GLP, con el fin de

obtener el consumo de ACS mediante la transformación de la energía suministrada a volumen de agua. Sin embargo, estos los datos obtenidos no se han utilizado, por varios factores que afectan estas lecturas, como pérdidas de energía, recirculación de ACS, entre otros.

Se continuó con un pre-dimensionamiento de la instalación de ACS por medio del método f-chart y los programas computacionales SAM y AcSol, para así determinar valores de área de captación, volumen de acumulación, azimuth, inclinación y conexionado de los captadores solares. En este punto son indispensables datos, como: número de habitantes por vivienda, número de viviendas, área disponible, radiación incidente en el lugar de la instalación, características básicas del colector, perfil de consumo, niveles de radiación solar. Así se obtiene una fracción solar aproximada, además, del historial de esta durante un año.

La simulación definitiva se la realiza mediante el software AcSol, ya que permite incluir diferentes tipos de conexionado de los captadores, además incluir circuito primario, secundario y terciario de la instalación y demás parámetros antes indicados.

Se realizó el estudio de sombras, con el fin de generar el perfil de sombras para la instalación, tomando en cuenta el perfil del horizonte de la ciudad de Quito respecto a la ubicación del proyecto, y de los alrededores de la misma. Los ángulos de obstáculos en los alrededores, como edificios, se toman en cada vértice de la instalación, procurando ser lo más exacto posible, para, posteriormente, realizar un promedio y tomar el dato resultante, obteniendo un esquema del perfil de sombras.

2.1. Método f-Chart

Este método también se lo conoce como método de curvas f, el cual es una herramienta para estimar el comportamiento en promedio de sistemas solares térmicos, durante 1 año. Los resultados son cercanos a valores reales, en la mayoría de las instalaciones.

Este método tiene una base diaria para el cálculo del rendimiento en sistemas térmicos o de calefacción solar, mediante valores promedios diarios en base mensual. Se basa en principios físicos, por medio de variables adimensionales obtenidas de la ecuación de energía solar captada en un colector solar.

El método f-Chart calcula las prestaciones energéticas de las instalaciones solares térmicas dependiendo de su ubicación y la demanda de energía térmica. La fracción solar

que arroja, lo hace en base a dos factores adimensionales (D_1 y D_2), estimados por las propiedades técnicas de elementos utilizados, de demanda energética, y tomando en cuenta condiciones meteorológicas y de operación. Su precisión se estudió en la Universidad de Colorado, donde se obtuvo un error del 5 %. (Bermúdez, 2017)

Para la aplicación del método F-chart se utilizará la hoja de cálculo desarrollada por el Centro Integrado de Energías Renovables del Departamento de Educación del Gobierno de Navarra, (véase anexo I).

Proceso del método f-chart: En el dimensionamiento de proyectos de energía solar térmica es recomendable el uso del método f-chart para un diseño preliminar, el cual permite obtener la cobertura de un sistema de estas características, principalmente la contribución a la aportación de energía necesaria en una instalación de ACS, y de su rendimiento medio en largos períodos.

La fórmula utilizada en este método es la siguiente:

$$f = 1.029D_1 - 0.065D_2 - 0.245D_1^2 + 0.0018D_2^2 + 0.0215D_1^3$$

Posteriormente, se toman los siguientes pasos como guía para el cálculo apropiado:

1. Estimación o medición de cargas térmicas necesarias para la preparación del ACS.
2. Estimación, medición o verificación de radiación solar incidente en la ubicación de la superficie de los colectores.
3. Cálculo del parámetro D_1 .
4. Cálculo del parámetro D_2 .
5. Obtención de la gráfica f .
6. Determinación de la fracción solar mensual.
7. Determinación de la fracción solar anual y cálculo de tablas.

Para el parámetro D_1 se utiliza la relación de energía que absorbe el captador, con la carga calorífica mensual.

$$D_1 = \frac{\text{Energía que absorbe el captador}}{\text{Carga calorífica mensual}}$$

La energía que el captador puede absorber está dada por la siguiente ecuación:

$$E_a = S_c F_r' (\tau\alpha) R_1 N$$

En donde:

S_c = Área del captador. (m^2)

R_1 = Radiación incidente diaria al mes sobre el captador. (kJ/m^2)

N = Cantidad de días del mes.

$F'_r(\tau\alpha)$ = Factor adimensional, que resulta de:

$$F'_r(\tau\alpha) = F_r(\tau\alpha)_n \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \left(\frac{F'_r}{F_r} \right)$$

En donde:

$F'_r(\tau\alpha)$ = Factor de eficiencia óptica del captador,

$\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}$ = Modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante: 0,96 (superficie transparente sencilla) o 0,94 (superficie transparente doble).

$\frac{F'_r}{F_r}$ = Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0,95.

Para el primer paso se utiliza la siguiente fórmula con el fin de determinar el calor necesario mensual para ACS.

$$Q_a = C_e C N (t_{ac} - t_r)$$

En donde:

Q_a = Cantidad de calor necesario para el calentamiento de ACS mensual. (J/mes)

C_e = Calor específico del fluido de trabajo. (J/kg °C)

C = Consumo diario de ACS. (L/día)

t_{ac} = Temperatura del agua caliente de suministro. (°C)

t_r = Temperatura de agua de red. (°C)

N = Cantidad de días del mes.

Para el parámetro D_2 que manifiesta la relación entre pérdidas de energía del captador, en ciertos rangos de temperatura, con la carga calorífica mensual.

$$D_2 = \frac{\text{Energía perdida del captador al mes}}{\text{Carga mensual calorífica}}$$

De lo cual, las pérdidas en el captador están regidas por:

$$E_p = S_c F'_r U_L (100 - t_a) \Delta t K_1 K_2$$

En donde:

S_c = Área de captadores. (m^2)

$F'_r U_L$ = $F_r U_L (F'_r / F_r)$; donde $F_r U_L$ es la pendiente en la curva característica del captador.

t_a = Temperatura media mensual.

Δt = Intervalo de tiempo. (s)

K_1 = Factor de corrección en el acumulador; resulta de:

$$K_1 = [kg \text{ que se acumulan}/(75S_c)]^{-0.25}$$

$$37.5 < (kg \text{ que se acumulan})/(m^2 \text{ del captador}) < 300$$

K_2 = Factor de corrección en el ACS, este relaciona temperatura de red del agua y la media ambiente del mes.

Lo define la siguiente expresión:

$$K_2 = 11.6 + 1.18t_{ac} + 3.86t_r - 2.32t_a/(100 - t_a)$$

En donde:

t_{ac} = Mínima temperatura para ACS

t_r = Temperatura de agua de red

t_a = Temperatura ambiente media del mes

Al obtener los parámetros D_1 y D_2 , es necesario aplicar la ecuación que permite calcular la fracción de carga del mes que el sistema solar aportará, con lo que la energía útil que produce el captador mensualmente, Q_u , se define por:

$$Q_u = fQ_a$$

En donde:

Q_a = Carga calorífica al mes de ACS.

Por último, mediante el mismo proceso, se calcularán datos del año; por lo que la cobertura anual del sistema es:

$$\text{Aporte solar al año} = \sum_{u=1}^{u=12} Q_u \text{ necesaria} / \sum_{a=1}^{a=12} Q_a \text{ necesaria}$$

2.2. System Advisor Model (SAM)

El software System Advisor Model (SAM) es un programa computacional que facilita, modela y optimiza los sistemas de energía renovable. Tanto desde el punto de vista energético como económico. Está guiado a:

1. Ingenieros encargados de proyectos
2. Análisis de políticas
3. Desarrolladores de tecnología
4. Investigadores

El software SAM (véase anexo I) realiza estimaciones de rendimiento y del costo de la energía, para proyectos de energía conectados a la red pública o privada, en función de

los costos que implica la instalación y la operación, tomando en cuenta los parámetros de diseño del sistema que se especifiquen como entradas para el modelamiento del sistema.

SAM cuenta con bases de datos y modelos que representan el costo y el rendimiento para proyectos que utilizan energía renovable como principal actor, los cuales utilizan modelos informáticos que han sido desarrollados por el National Renewable Energy Laboratory (NREL), la universidad de Wisconsin, Sandia National Laboratories entre otras organizaciones.

El software maneja una base de datos meteorológicos, los cuales son utilizados para describir el recurso de la energía renovable y las condiciones meteorológicas y climáticas del lugar del proyecto. Dependiendo el tipo de modelado que se realice, se puede elegir de una lista o descargar de internet los datos meteorológicos indicados. SAM contiene bases de datos en cuanto a rendimiento y a coeficientes que son capaces de describir varias características para componentes de un sistema seleccionado, en nuestro caso de estudio guiado a colectores solares térmicos.

2.2.1. Modelo de calentamiento solar de agua

Este modelo parte de SAM, representa a un sistema de un solo tanque de almacenamiento (figura 2.3) de agua o de glicol, con un sistema auxiliar eléctrico. Este modelo supone que el sistema de calentamiento de agua con energía solar reemplaza el consumo eléctrico del sistema auxiliar.

Este modelo tiene la opción de variar la localidad, los perfiles de consumo de agua caliente, perfiles de temperatura, y características del colector, intercambiador de calor y tanque solar. El modelo se desarrolló en NREL para SAM supone:

- Caudal constante en cada hora.
- Conexionado en paralelo de los colectores, con flujo uniforme en cada colector.
- Los colectores se caracterizan por la ecuación lineal de la eficiencia energética del colector y las ecuaciones de IAM (ángulo modificador de incidencia).
- Circuito cargado con agua $C_p=4.18$ [kJ/kg°C] o glicol con $C_p=3.4$ [kJ/kg°C].
- Los parámetros del colector se corrigen para el flujo másico, el intercambiador de calor y pérdidas en tuberías mediante las relaciones de Duffie y Beckman. (Duffie & Beckman, 2013)
- Intercambiador externo, sin pérdidas térmicas y efectividad constante ingresada por el usuario.

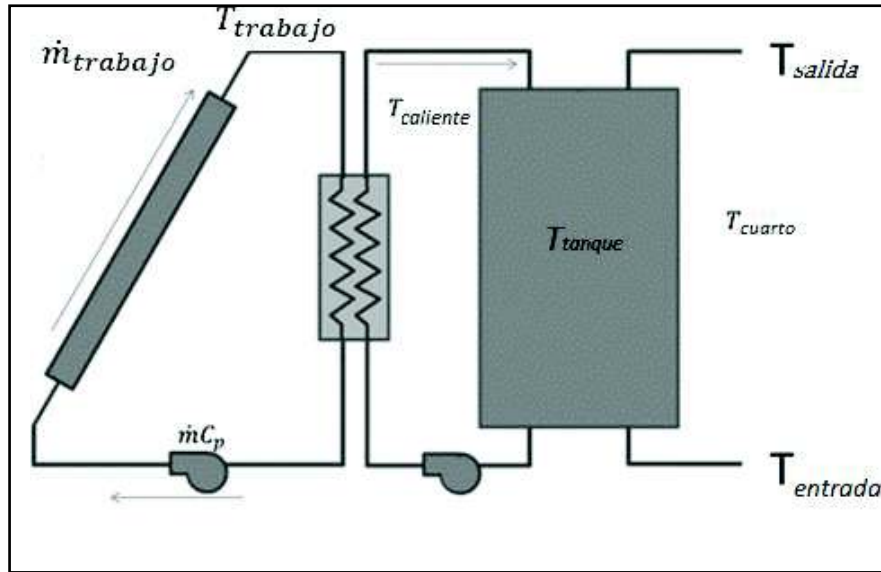


Figura 2.3. Modelo utilizado en calentamiento solar de agua de SAM.
(Fuente: DiOrío et al., 2014)

La energía útil que se suministra al acumulador resulta de la energía que recibe el colector menos las pérdidas del colector hacia los alrededores, la cual se expresa:

$$\dot{Q}_{\text{útil}} = \dot{m}C_p[T_{f,o} - T_{f,i}]$$

En donde:

$T_{f,o}$ Temperatura del fluido de salida.

$T_{f,i}$ Temperatura del fluido de entrada.

En cuanto a las pérdidas de calor del tanque hacia el exterior, se asume que el tanque se encuentra dentro de un cuarto. El cuarto no tiene la misma temperatura del tanque, y el tanque no cuenta con un aislamiento perfecto, así la transferencia de calor puede ocurrir. El tipo de transferencia de calor se asume como una combinación entre convección del agua dentro del tanque, de conducción a través de las paredes del tanque, radiación de las paredes del tanque al cuarto y de convección desde el cuarto al tanque. Entonces se utiliza un coeficiente global de pérdidas de calor U , por lo tanto este circuito térmico se puede representar con dos nodos y una resistencia, y el sistema compuesto de transferencia de calor con la siguiente expresión:

$$\dot{Q}_{\text{al cuarto}} = UA_t(\bar{T}_t - T_{\text{cuarto}})$$

En donde:

A_t Superficie del tanque.

\bar{T}_t Temperatura media del tanque.

El modelo de tanque estratificado se da en la descarga, cuando se asume en el acumulador dos nodos de volumen variable, uno de agua caliente, y otro de agua fría, como se observa en la figura 2.4.

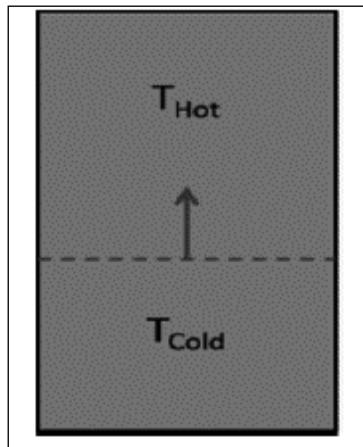


Figura 2.4. Modelo de tanque estratificado.

(Fuente: DiOrio et al., 2014)

Para este modelo se asume que no existe conducción entre el agua caliente y el agua fría en el tanque. Se asume también que, cuando el calor sale del sistema es negativo, cuando entra es positivo.

La fracción solar se puede aproximar a:

$$F = \frac{Q_{sumi}}{Q_{solo\ aux}}$$

En donde:

Q_{sumi} Energía suministrada solar.

$Q_{solo\ aux}$ Energía suministrada auxiliar.

Esta representación incluye el efecto de la potencia parásita a la bomba.

2.2.2. Validación

En el Technical Manual for the SAM Solar Water Heating Model se desarrolla un modelo detallado en TRNSYS para validar el modelo de SAM.

Tabla 2.1. Parámetros utilizados para la comparación de los modelos de TRNSYS y SAM.

Variable	Valor
Ubicación	Denver Int. Airport
Albedo	0.2
Modelo de Irradiación	Isotrópico
Entradas de Irradiación	Directa y difusa
Flujo másico del colector	0.06 [kg/s]
Área del colector	4 [m ²]
Inclinación del colector	30°
Ángulo de Azimut	Sur
$F_R(\tau\alpha)$	0.7
$F_R U_L$	3 [W/m ² C]
IAM	0.2
Eficiencia del intercambiador	0.75
Potencia de la bomba	30 [W]
Eficiencia de la bomba	1
Temperatura ambiente	20 °C
Temperatura de salida	55 °C
Volumen del acumulador	0.3 [m ³]
U	1 [W/m ² C]

(Fuente: DiOrio et al, 2014)

Para obtener las diferencias porcentuales en los parámetros de interés entre el modelo detallado TRNSYS y el modelo simple de SAM se utiliza la expresión:

$$p = \frac{TRNSYS - SAM}{TRNSYS} * 100$$

Las diferencias porcentuales al año que se obtienen son:

- Irradiación: 0.36 %
- Energía acumulada: -3.52 %
- Energía auxiliar suministrada: 8.15 %
- Energía solar suministrada: -3.29 %

En la figura 2.5 se observa que los valores comparados para energía solar suministrada están entre el 10 % de diferencia entre el modelo detallado TRNSYS y el modelo simple de SAM. Por lo que es evidente que el modelo simple de SAM estima valores razonables para el rendimiento anual.

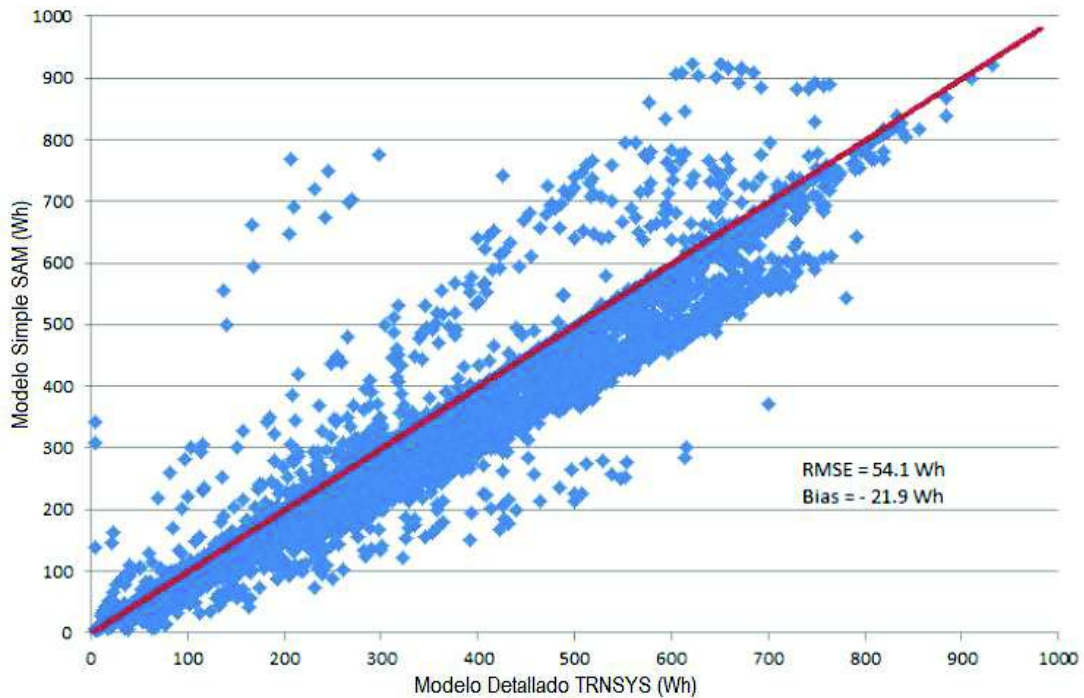


Figura 2.5. Dispersión de la energía solar suministrada en el año.
(Fuente: DiOrio et al., 2014)

2.3. AcSol 2.5.1

AcSol 2.5.1 es un software para simulación de sistemas solares térmicos de baja temperatura. Este software asiste para un diseño fiable de un sistema solar térmico. El software no sustituye en ningún caso al diseñador, ni al criterio que éste presente, para la interpretación de los resultados, siempre y cuando los datos ingresados en un inicio sean los correctos.

El programa AcSol 2.5.1 está basado en TRNSYS 16 y fue desarrollado por Fernando Domínguez Muñoz, José Manuel Cejudo López y Antonio Carrillo Andrés a través de la Agencia Andaluza de la energía en el año 2012.

Este software es una compilación de varios programas para calcular las prestaciones de sistemas solares térmicos de baja temperatura. Cuenta, además, con 5 esquemas principales para aplicaciones multifamiliares. Estos son: acumulación centralizada, todo centralizado, intercambiador individual con válvula, acumulación distribuida, acumulación mixta (véase anexo II).

Por estudios preliminares se conoce que las configuraciones todo centralizado y acumulación centralizada con apoyo individual, suelen tener mayor contribución energética para una misma área de captación solar.

Para las características de los captadores solares, se toma en cuenta la curva de rendimiento de un captador solar que puede escribirse en términos de la temperatura media y la temperatura ambiente como se muestra a continuación:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{T_m - T_a}{E_g} - a_2 \frac{(T_m - T_a)^2}{E_g}$$

- η Rendimiento del captador [%]
- η_0 Rendimiento óptico del captador $=\tau\alpha F'$ ($\theta = 0^\circ$) [%]
- a_1 Coeficiente lineal de pérdidas térmicas [W/(m²K)]
- a_2 Coeficiente cuadrático de pérdidas térmicas [W/(m²K²)]
- T_m Temperatura media del fluido de trabajo en el absorbedor [°C]
- T_a Temperatura ambiente [°C]
- E_g Irradiancia [W/m²]
- F' Factor de eficiencia del captador [%]
- τ Transmitancia de la cubierta [%]
- α Absortancia del absorbedor [%]

En el caso del acumulador solar es estratificado, este se divide verticalmente en tres zonas, cada una de las cuales comprende 1/3 del volumen total. Es la opción recomendada para acumuladores verticales.

El intercambiador de calor del primario es exterior al depósito. Para definir su comportamiento, se piden dos características, considerando datos típicos de catálogos para un intercambiador de calor a contracorriente.

1. Potencia nominal del intercambiador de calor por unidad de superficie de captación [W/m²] (El CTE prescribe al menos 500W/m² para este parámetro).
2. Diferencia de temperatura logarítmica media [°C], abreviada como DTLM.

Para el caso del dimensionamiento de la instalación en el edificio Kitzia se ha seleccionado el esquema que cuenta con acumulación y apoyo centralizado. Esta elección se debe a que, para edificios con un número reducido de viviendas, entre 2 a 8, se puede contemplar la idea de que todos sus elementos son individuales. Si el número de viviendas supera este rango, lo más económico, funcional y con una mayor contribución energética es que la instalación sea centralizada.

Para seleccionar el esquema funcional que arroje buenos resultados para el edificio Kitzia, se analizan los siguientes parámetros:

1. Espacio ocupado por la instalación
2. Costos de los elementos de la instalación
3. Complejidad del control
4. Puesta en funcionamiento

5. Distribución de costes de agua
6. Distribución de costes de combustibles del sistema auxiliar

Al estudiar sistemas multifamiliares se encuentran 3 inconvenientes, que deben definirse, adecuadamente, para obtener resultados válidos, para el dimensionamiento de la instalación:

1. Los usuarios tienen perfiles de consumo diferentes de ACS, ya sea en cantidad, así como también en la distribución temporal del consumo de ACS.
2. Puede existir un gran número de usuarios.
3. En un edificio se pueden encontrar viviendas con diferente número de dormitorios con lo cual el número de usuarios en una vivienda se esperaría sea diferente, así como su perfil de consumo y, en consecuencia, la cantidad de agua que se consume.

Debido a esto, el programa permite definir 4 tipos de viviendas representativas para todo el edificio, en caso de ser necesario, en donde, para cada tipo de vivienda se debe aportar datos representativos que se engloben en cada uno de los grupos que se indican (véase anexo I).

Con la abstracción que se tiene por medio de estos 4 tipos de viviendas, se logra representar un problema complejo pero real a uno mucho más simple, el cual no se aleja de la realidad, pero resulta más conveniente para simularlo y así evitar tener un alto gasto computacional. Además, se busca analizar que opción resulta la mejor en cuanto al tipo de conexionado de los colectores solares.

AcSol 2.5.1 permite realizar la simulación tomando en cuenta el estudio de sombras, en donde se tomarán en cuenta las sombras que se generan por el horizonte que rodea a la ciudad de Quito, además, edificaciones que producen sombra al área de captación.

El software AcSol 2.5.1 incluye un apartado para ingresar los obstáculos que causan sombra en el área de captación solar, el cual consiste en el ingreso de los ángulos de elevación de dichos obstáculos con respecto al nivel de la instalación y el azimut al que se encuentra. Para determinar estos ángulos de elevación correspondientes a los obstáculos en la simulación, así como su Azimut, se utilizarán los siguientes programas en línea que permiten determinar estos valores, siendo estos; Hey Whats That y Sun Calc con lo cual se podrá determinar y caracterizar a los obstáculos que afectarán por medio de sombras al área de captación.

Para hallar las pérdidas de energía en las tuberías, se procede a ingresar los valores de longitud, diámetro y aislamiento de las mismas, permitiendo así una simulación más cercana a la realidad. El enfoque de este estudio radica en que las pérdidas en tuberías dependiendo el diámetro deben ser tomadas en cuenta; sin embargo, al surgir un alto costo

computacional el software permite el ingreso de un diámetro promedio de tubería que, si bien es cierto, afecta en el dimensionamiento final, este efecto tiende a ser mínimo debido a las características de la instalación.

La figura 2.6 indica la suposición del software de que la temperatura de cada vivienda es igual a la del montante. Esta suposición se toma debido a que la diferencia de temperaturas entre el montante y las viviendas se puede despreciar. Así, no se genera un mayor gasto computacional en los cálculos que realiza el software.

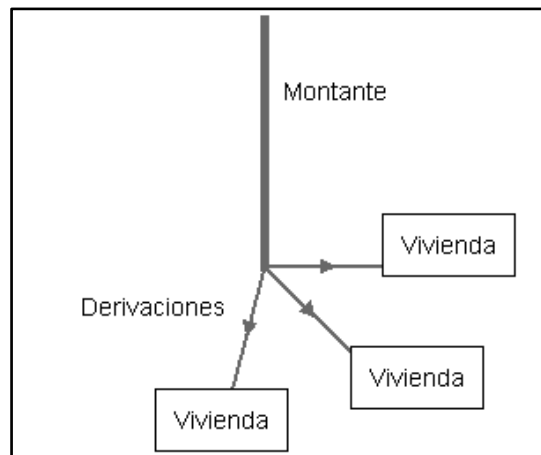


Figura 2.6. Distribución de agua caliente sanitaria.
(Fuente: AcSol 2.5.1, 2017)

Este programa computacional clasifica en tres ramas a la instalación solar térmica, permitiendo ingresar los datos de entrada con un orden establecido, estas son:

1. Primario: Es el estudio de los datos de los captadores solares, tubería de los captadores hasta el intercambiador de calor o los acumuladores.
2. Secundario: Es el estudio desde el intercambiador de calor o acumuladores hasta el sistema auxiliar.
3. Terciario: Es el estudio del sistema de distribución de ACS hacia el edificio y su recirculación.

Con la ayuda del software AcSol se espera determinar los siguientes parámetros de la instalación solar térmica:

- Fracción solar.
- Horas en sobrecalentamiento.
- Energía térmica generada por los captadores solares.
- Energía térmica generada por el sistema auxiliar.

Posteriormente se analizan estos parámetros y mediante simulaciones subsecuentes se determinan los mejores valores.

Un modelo TRNSYS fue desarrollado para estimar la circulación forzada de un sistema solar para calentamiento de agua con colectores de placa plana. El modelo fue validado

utilizando datos de prueba de campo para sistemas instalados en Dublín, Irlanda. Los resultados obtenidos mostraron que el modelo subestimó la temperatura del fluido de salida por 9.6 %. El calor recogido y entregado estuvo sobreestimado por 7.6 % y 6.9 % respectivamente. (Ayompe et al., 2011)

En la tabla 2.2 se indican las principales ventajas y desventajas que se tienen al usar este programa computacional.

Tabla 2.2. Ventajas y desventajas del programa computacional AcSol 2.5.1.

Ventajas	Desventajas
Posee un modelo matemático para cada esquema.	La base de datos meteorológicos que posee es principalmente para el país de España.
Tiene una base de datos de condiciones meteorológicas, acumuladores, perfiles de consumo entre otros.	Se permite indicar solamente 4 tipos diferentes de viviendas para así evitar un alto coste computacional.
Posee una posición intermedia entre programas de simulación de este tipo, entre el cual podemos mencionar TRNSYS, el cual requiere de personal especializado para su uso, y los métodos simplificados como lo es el F-chart.	
Permite afinar diseños y comparar el efecto de los parámetros de diferentes configuraciones.	
Permite el ingreso de datos meteorológicos de otras ciudades que no sean de España.	
En caso de necesitarlo toma en cuenta las sombras producidas por los propios colectores solares.	
Permite ingresar perfiles de consumo de agua caliente sanitaria.	
Se obtiene un informe, en donde contiene la información necesaria para dimensionar una instalación solar térmica.	

(Fuente: Ayuda AcSol)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el dimensionamiento de una instalación solar térmica es preciso tomar en cuenta ciertos aspectos básicos, los cuales permitirán determinar de manera adecuada todos los elementos relacionados con la instalación y con su montaje.

Los factores que se precisan son los siguientes:

- Las condiciones climáticas locales (Irradiación solar y temperatura ambiente).
- La demanda energética.
- La fracción solar deseada.
- El rendimiento energético de la instalación.
- El área disponible.

3.1. Perfil de consumo diario de ACS en el edificio Kitzia

Para realizar el dimensionamiento de una instalación solar térmica en un edificio es imprescindible determinar el consumo de ACS, con el fin de obtener:

1. Un diseño robusto del sistema solar térmico.
2. Funcionamiento adecuado, evitando estancamientos.
3. Viabilidad económica del proyecto.

Es recomendable que la instalación solar no suministre más energía que la necesaria en periodos de bajo consumo, como lo es, en verano. En la ciudad de Quito la radiación solar incidente a lo largo del año se puede considerar aproximadamente constante.

Entonces, es necesario determinar el consumo de ACS en las épocas de menor demanda, para así evitar un sobredimensionamiento de la instalación solar, y en consecuencia un bajo rendimiento medio anual y deterioro del sistema. Pero al mismo tiempo debe mantenerse un equilibrio, con una fracción solar relativamente alta.

Al determinar el consumo de ACS se da el caso de que el edificio es un proyecto en el que se tiene un edificio ya construido en donde es posible tomar mediciones del consumo de agua caliente del edificio, siendo lo óptimo al momento de dimensionar la instalación. Por ello, cabe mencionar que dichas mediciones deberán ser realizadas en los periodos de bajo consumo, que se da en verano, en caso de no tener la oportunidad de hacerlo debido al tiempo, se podrán escalar los valores dependiendo del lugar en que se encuentre la instalación. Por ejemplo, en Europa se espera que el consumo de ACS en verano descienda de un 20 a 30 % con respecto al invierno, debido a la temperatura ambiente y la diferencia de temperatura de la red que presenta de 7 a 8 [K] de diferencia entre el verano y el invierno (14°C en verano y 6°C en invierno). (Solar praxis, 2002)

Los valores obtenidos de consumo de ACS se encuentran en el anexo II. Estos valores se describen en la figura 3.1.

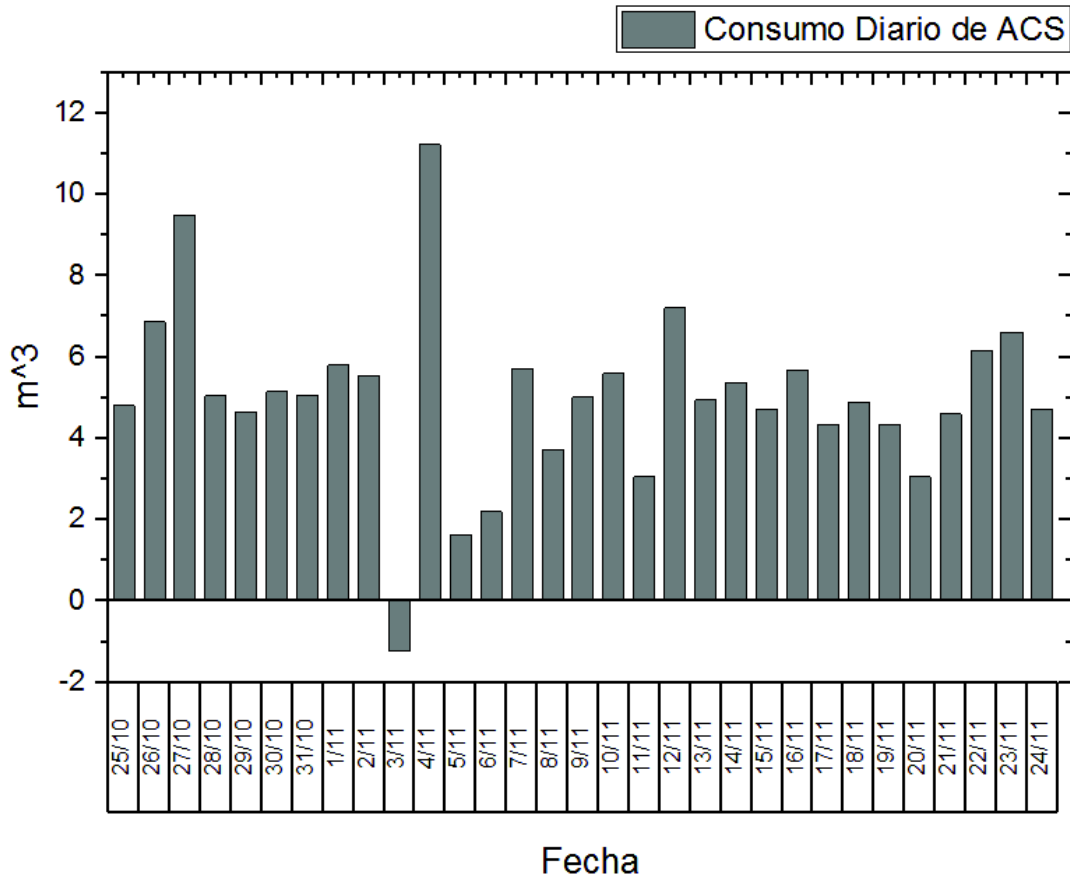


Figura 3.1. Comportamiento de consumo diario de ACS en un mes sin corrección.
(Fuente: Propia)

Como se puede observar, el día 4 de noviembre de 2017, se obtuvo una medición negativa. La cual se presenta por el corte de servicio de agua potable en el sector de la Mariscal, donde se encuentra la instalación, por mantenimiento de la tubería principal. El edificio Kitzia cuenta con cisterna, la cual en casos de corte cubre la demanda de agua, lo que explica el valor negativo suscitado ese día. Por ello, fue necesaria la corrección mediante un promedio entre el 4 y 5 de noviembre de 2017.

Así se obtiene, la tabla de consumo diario de ACS del anexo II, en la que se presenta dicha corrección. Así se obtiene la figura 3.2, en la cual se aprecia el consumo diario de ACS.

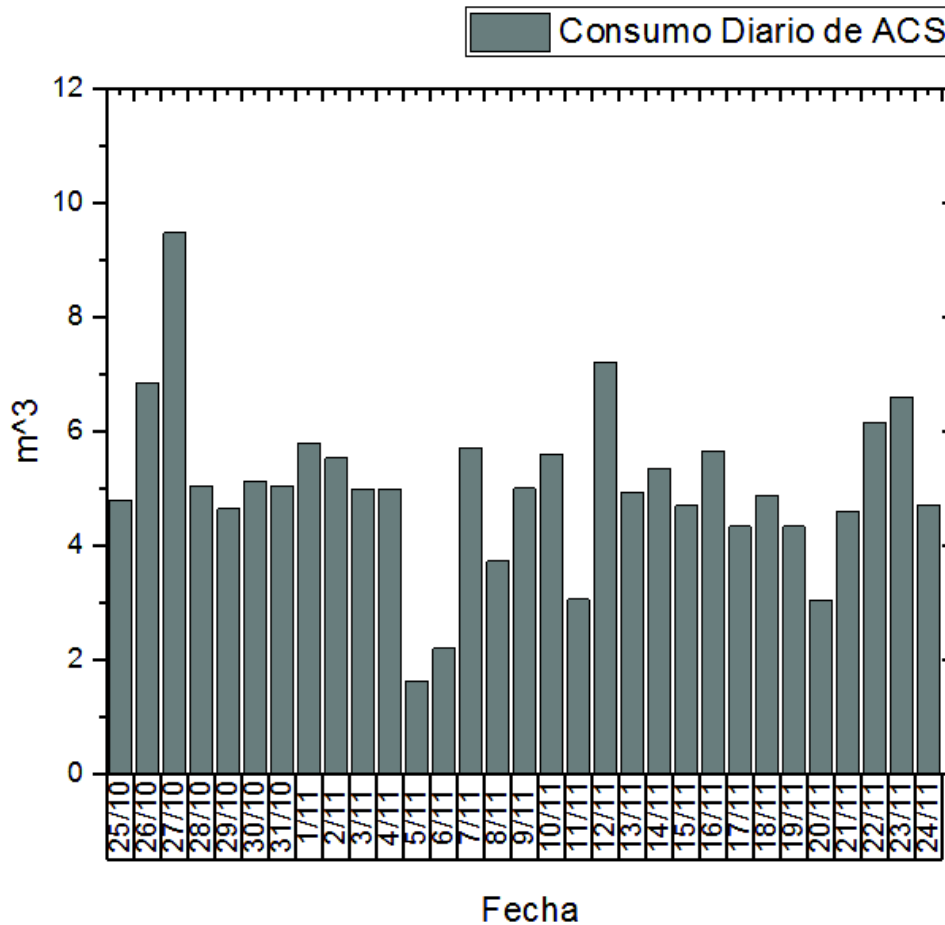


Figura 3.2. Comportamiento de consumo diario de ACS en un mes.
(Fuente: Propia)

Además, se realiza la comparación del promedio de consumo diario de ACS en el edificio Kitzia con el consumo promedio esperado en instalaciones genéricas provistos en la tabla de consumos del anexo II.

El promedio de consumo diario de ACS en el edificio Kitzia se obtiene a partir de los datos promedio de los valores de la tabla de consumo de ACS del anexo II, el cual arroja un resultado de 5.048 [m³]. Mientras que, al utilizar los valores de la tabla de valores máximos de consumo diario del IDEA (anexo II), se obtiene un promedio de 2.01 [m³], considerando un consumo de 30 [lt/día] por persona. Además, se conoce que en el edificio Kitzia, la ocupación a lo largo del año es de 67 personas. Con estos valores es posible hallar una diferencia porcentual cuando se utiliza la tabla del IDEA para el dimensionamiento de instalaciones en la ciudad de Quito, en edificios de similares características al edificio Kitzia.

$$\% \text{ de Diferencia} = \frac{5.048 - 2.01}{5.048} * 100$$

$$\% \text{ de Diferencia} = 60.18 \%$$

La tabla 3.1 muestra una comparativa entre el consumo de agua sanitaria a una temperatura de 55 [°C] en el Ecuador y el consumo de agua sanitaria a una temperatura de 60 [°C] en España. De estos datos resalta que, a una temperatura similar, el consumo en el Ecuador es mucho mayor, llegando en casos comunes al doble de España.

Tabla 3.1. Demanda de ACS, Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Criterio de consumo	Fuente: Centro de investigaciones y desarrollo tecnológico TIMEESCI-Ecuador, 2009		Fuente: Código técnico de la edificación. Ministerio de fomento, España, 2005
Criterio de consumo	l/día (55°C)		l/día (60°C)
Viviendas unifamiliares	80	por persona	30
Viviendas multifamiliares	55	por persona	22
Hospitales y clínicas	100	por cama	55
Hoteles****	100	por cama	70
Hoteles***	80	por cama	55
Hoteles/hostales**	60	por cama	40
Residencias (ancianos, estudiantes, etc.)	70	por cama	55
Vestuarios/Duchas colectivas	25	por servicio	15
Escuelas	5	por alumno	3
Cuarteles	25	por persona	20
Fábricas y talleres	20	por persona	15
Oficinas	2	por persona	3
Gimnasios	15	por usuarios	20 a 5
Lavanderías	5	por kilo de ropa	3 a 5
Restaurantes	5	por comida	5 a 10
Cafeterías	1	por almuerzo	1

(Fuente: NEC, 2010)

3.2. Perfil horario de consumo de ACS en el edificio Kitzia

Para obtener el perfil horario de ACS en el edificio Kitzia se realizaron las siguientes mediciones, como se detalló en la metodología, obteniéndose los datos de la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Perfil de consumo horario de ACS del edificio Kitzia.

Hora	Perfil de consumo horario de ACS	Litros	%
0:00:00	0.59	124.7	2.47
1:00:00	0.59	124.7	2.47
2:00:00	0.59	124.7	2.47
3:00:00	0.59	124.7	2.47
4:00:00	0.59	124.7	2.47
5:00:00	0.59	124.7	2.47
6:00:00	0.59	124.7	2.47
7:00:00	0.83	174.6	3.46
8:00:00	2.05	433.0	8.57
9:00:00	1.13	238.3	4.72
10:00:00	2.60	547.3	10.84
11:00:00	1.85	389.5	7.71
12:00:00	2.24	471.2	9.33
13:00:00	0.76	160.2	3.17
14:00:00	0.90	189.6	3.75
15:00:00	0.69	145.5	2.88
16:00:00	0.51	107.6	2.13
17:00:00	0.69	145.1	2.87
18:00:00	0.67	141.6	2.80
19:00:00	1.47	310.9	6.16
20:00:00	1.64	345.7	6.84
21:00:00	0.59	124.7	2.47
22:00:00	0.59	124.7	2.47
23:00:00	0.59	124.7	2.47
Total	24	5048.28	100

(Fuente: Propia)

En la figura 3.3 se puede apreciar de mejor manera cual es el comportamiento real de consumo de ACS en el edificio Kitzia, a lo largo de un día. Se observa que los picos se dan por la mañana a las 10h00 y por la noche a las 20h00. Presentándose, el horario con menor demanda entre las 13h00 y las 18h00, y el de mayor demanda entre 07h00 y 12h00. En el horario de 21h00 a 6h00 se ha promediado la lectura tomada en todo este lapso, y se ha dispuesto este valor para cada una de las horas en este periodo.

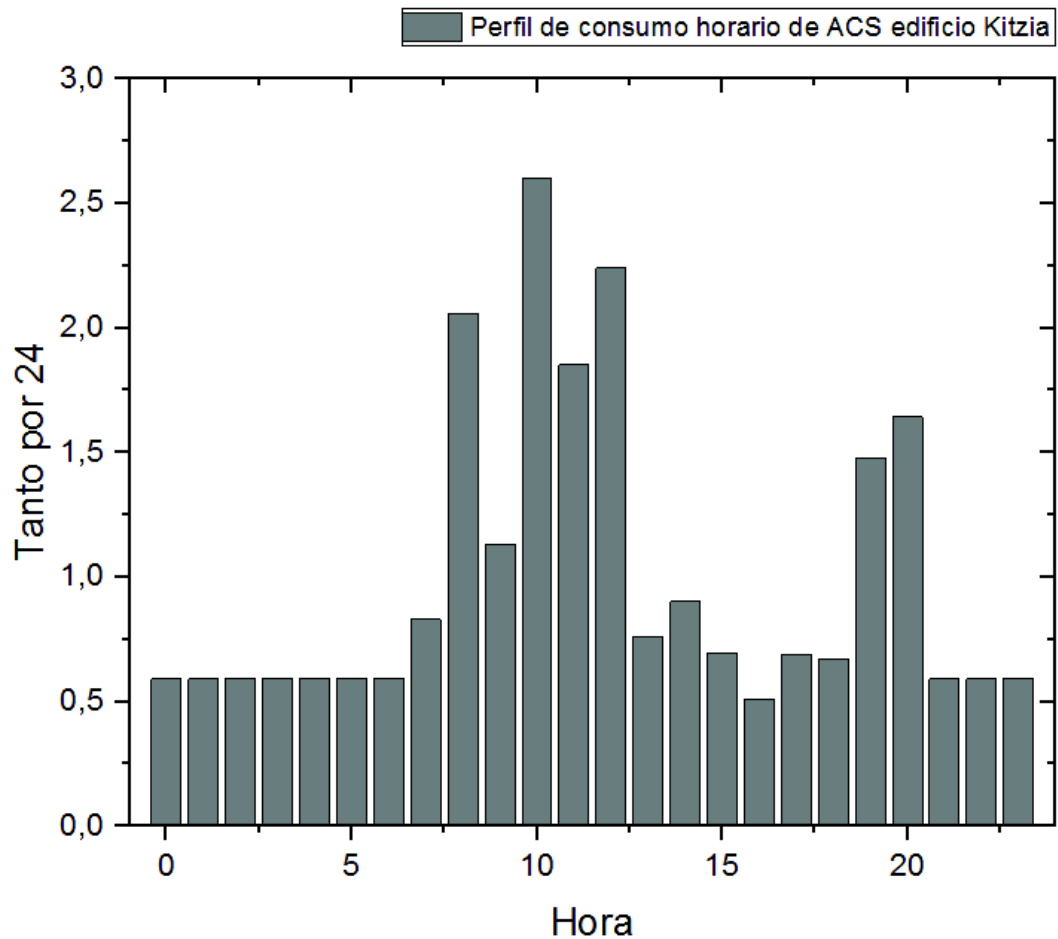


Figura 3.3. Consumo de ACS horario del Edificio Kitzia.
(Fuente: Propia)

Una vez obtenido el perfil de consumo de ACS del edificio Kitzia se lo puede comparar con el perfil de consumo horario del f-Chart, el cual es utilizado en caso de no poseer un perfil de consumo horario real. Para comparar de mejor manera ambos perfiles, se los ha graficado en una escala adecuada basada en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Perfiles horarios de ACS del F-chart y Edificio Kitzia.

Hora	Perfil de consumo horario de ACS edificio Kitzia	Perfil de consumo horario F-chart de ACS
0	0.593	0.528
1	0.593	0
2	0.593	0
3	0.593	0
4	0.593	0
5	0.593	0
6	0.593	0.528
7	0.830	1.056
8	2.059	1.584
9	1.133	2.112
10	2.602	1.584
11	1.852	1.056
12	2.240	0.936
13	0.762	1.248
14	0.902	0.648
15	0.692	0.624
16	0.512	0.528
17	0.690	1.056
18	0.673	1.584
19	1.478	2.64
20	1.644	2.304
21	0.593	1.584
22	0.593	1.32
23	0.593	1.08

(Fuente: Propia)

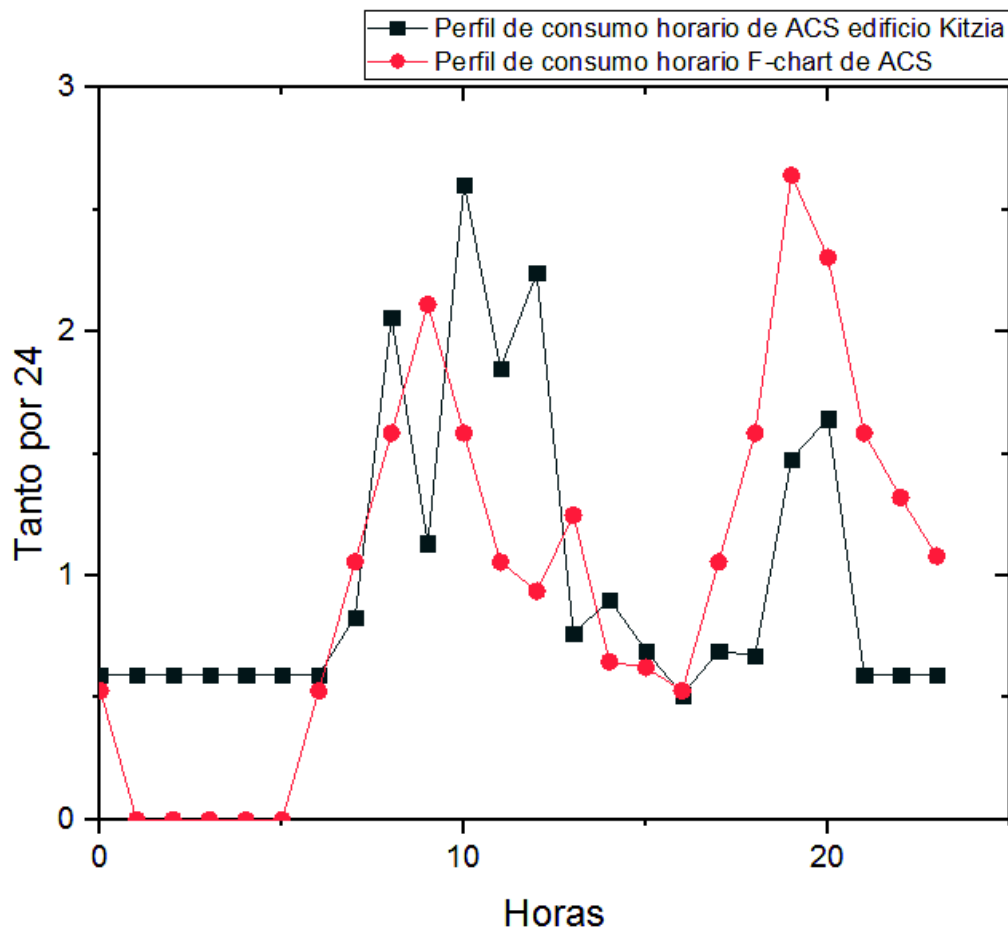


Figura 3.4. Consumo de ACS horario del Edificio Kitzia y F-chart.
(Fuente: Propia)

Como se puede observar en la figura 3.4, se tiene un patrón parecido de consumo entre el perfil horario de f-chart y el perfil medido del edificio Kitzia, diferenciándose principalmente de 07h00 a 12h00 en donde el consumo de ACS del edificio Kitzia es mayor; y de 19h00 a 20h00, donde el consumo del edificio Kitzia es menor que el perfil de consumo del f-Chart. El perfil de consumo de f-Chart supone una demanda nula de ACS en el lapso de 01h00 a 05h00, mientras que el perfil medido en el edificio Kitzia contempla valores promedio en el intervalo de 21h00 a 06h00. A las 12h00 la demanda en el perfil f-Chart disminuye, mientras que en el perfil medido en el edificio Kitzia aumenta. En el perfil f-Chart presenta un salto en la demanda de ACS a partir de las 18h00 se da un salto, el salto en el perfil medido se da a partir de las 16h00.

3.3. Diseño preliminar

El diseño preliminar permite determinar valores aproximados de área de captación, volumen de acumulación, ángulo de azimut (orientación de los captadores), ángulo de inclinación de los captadores solares y conexión hidráulica de los captadores. Con este fin, se utiliza el método aproximado de curvas f-Chart, para su posterior análisis con programas computacionales más precisos, tales como System Advisor Model (SAM) del National Renewable Energy Laboratory (NREL) y AcSol 2.5.1 basado en TRNSYS 16 financiado por la Agencia Andaluza de Energía.

3.3.1. Selección del colector solar

Para el diseño preliminar se ha seleccionado un colector solar plano. Por las siguientes razones:

- Estructura robusta y sencilla
- Relación favorable entre el precio y rendimiento
- Atractivo desde un punto de vista estético, debido a las superficies planas

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, se ha elegido el colector solar plano, del fabricante Termicol, modelo T20MS (véase figura 3.5, tabla 3.4 y 3.5). El cual cuenta con su respectiva ficha técnica (véase anexo IV), certificado por Solar Keymark.

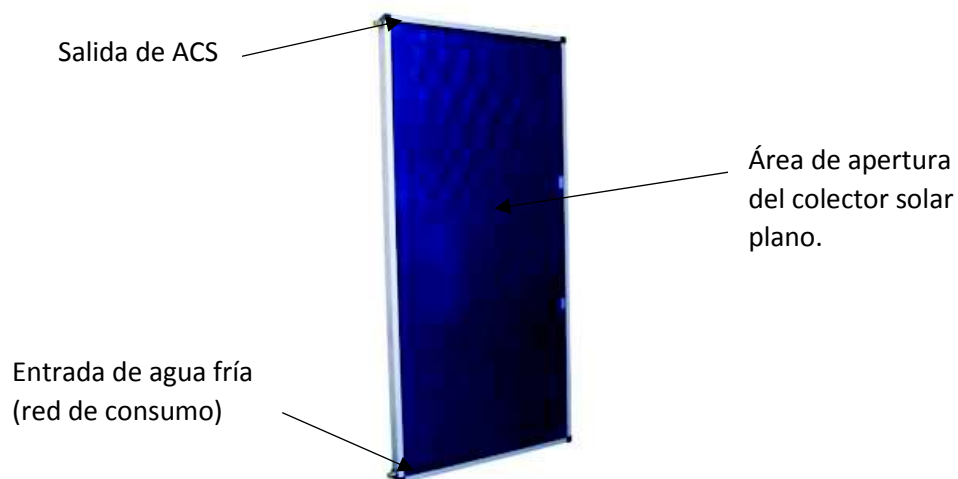


Figura 3.5. Colector solar de placa plana Termicol T20MS.
(Fuente: Catalogo Termicol, 2017)

Tabla 3.4. Datos del colector solar plano TERMICOL TM20S.

Características del colector referida al área de apertura y Tm	
Factor óptico	0.812
Factor lineal pérdidas (a1) W/m ² K	3.812
Factor cuadrático pérdidas (a2) W/m ² K ²	0.021
Modificador del ángulo de incidencia de primer orden (b0)	0.234

(Fuente: Ficha técnica TM20S)

Tabla 3.5. Caída de presión en los colectores.

Caída de presión (mm.c.a) vs. Caudal (l/min)	
Termino lineal	50.796
Termino cuadrático	71.123
Caudal Óptimo	40 [l/hm ²]

(Fuente: Ficha técnica TM20S)

Se utiliza la ecuación del IAM (Modificador del ángulo de Incidencia) donde realiza el siguiente cálculo, para obtener el factor b_0 (constante del ángulo incidente modificado).

$$K(\theta) = 1 - b_0 \left(\frac{1}{\cos \theta} - 1 \right)$$

$$b_0 = \frac{1 - K(\theta)}{\left(\frac{1}{\cos \theta} - 1 \right)}$$

$$b_0 = \frac{1 - 0.87}{\left(\frac{1}{\cos 50^\circ} - 1 \right)}$$

$$b_0 = 0.234$$

3.3.2. Análisis de la calidad del agua de red en el edificio Kitzia

El edificio Kitzia es abastecido por la planta de tratamiento de agua potable El Placer. El agua potable puede ser corrosiva e incrustativa (véase tabla 3.7), lo cual afecta la integridad de la instalación dependiendo de la temperatura de trabajo. Para conocer si esta agua es incrustante o corrosiva se ha realizado un análisis de agua potable. En este análisis se obtiene el índice de Langelier, este índice dependiendo del rango en el que se encuentre indica si el agua es incrustante o corrosiva.

Este estudio se llevó a cabo en el CICAM (Centro de Investigación y Control Ambiental) y se obtuvo un valor del índice de Langelier de -1.9. En base a la tabla 3.6, se determina que el agua de red que abastece el edificio Kitzia, es corrosiva. Para poder visualizar los resultados completos referirse al anexo VIII.

Tabla 3.6. Valores referenciales del Índice de Langelier.

Índice de Langelier	Características
0	El agua está perfectamente equilibrada.
<0	Indica que el agua es corrosiva
>0	Indica que el agua es incrustante

(Fuente: Real Decreto 140, 2003)

Al conocer que el agua es corrosiva, se procede a utilizar el aditivo anticorrosivo VpCI-649 (véase anexo IV), para circuitos cerrados de agua. En su aplicación, es necesaria una concentración del 0.1 % en peso. Se recomienda aplicar el anticorrosivo cada 2 años.

3.3.3. Pre-dimensionamiento en f-Chart

El pre-dimensionamiento es realizado con el fin de obtener el área de captación y volumen de acumulación como datos de partida para el dimensionamiento final de la instalación. También es utilizado para obtener un costo aproximado del proyecto, y además permite estimar la fracción solar de referencia.

Los datos de entrada para este pre-dimensionamiento son los siguientes:

- Consumo de ACS.
- Área disponible.
- Fracción solar deseada.
- Características de los captadores solares.
- Periodo de ocupación.
- Datos de radiación solar incidente en la ubicación del proyecto.
- Latitud.
- Ángulo de azimut del campo de captadores.
- Ángulo de inclinación del campo de captadores.

En este caso para la aplicación del f-Chart se hará uso de la hoja de cálculo desarrollada por el Departamento de Educación del Gobierno de Navarra de España (véase anexo I). Los parámetros de, radiación solar directa, radiación solar difusa, temperatura media, etc., son tomados de la base de datos de NREL (Laboratorio Nacional de Energías Renovables) para la ubicación del edificio Kitzia. Los datos necesarios para el pre-dimensionamiento se ingresan en la hoja de cálculo, BD Clima (véase anexo I), la cual contiene datos para ciudades de España. Es necesario incluir los datos de la ubicación exacta del edificio Kitzia.

La hoja de cálculo consta de campos que deben completarse, tales como la latitud, inclinación de los captadores, la orientación de los mismos, y el albedo que representa el factor de reflectancia de los alrededores, se toma como 0.2 para ciudades.

Por último, para el caso de estudio, se ingresan los datos de la instalación (véase tabla 3.7). Al tratarse de un edificio residencial, la ocupación de ACS y de la instalación es constante a lo largo del año. Además, el consumo que arrojaron las mediciones es, en promedio de, 5048 [l/día]. De igual manera, el sistema actual centralizado de GLP aporta una temperatura de 41 a 45 [°C]. Sin embargo, la norma AENOR recomienda trabajar a 60 [°C] para prevenir la aparición de legionella, debido al tipo de instalación que se maneja.

Tabla 3.7. Datos de entrada para el cálculo, mediante hoja de cálculo f-chart.

Datos de entrada f-chart	
Numero de captadores	40
Azimut	-90 (este)
Latitud	-0.2
Angulo de elevación	10
Albedo	0.2
Radiación incidente	Datos NREL
Consumo diario	5048 [l/día]
Perfil de ocupación	Constante
Captador solar	Termicol T20MS

(Fuente: Propia)

Utilizando el captador solar fabricado por Termicol, modelo T20MS, se ingresan los datos del captador, en la hoja BD colector de la hoja de cálculo, y se lo selecciona en la hoja principal, obteniendo así una fracción solar de 93.3 %.

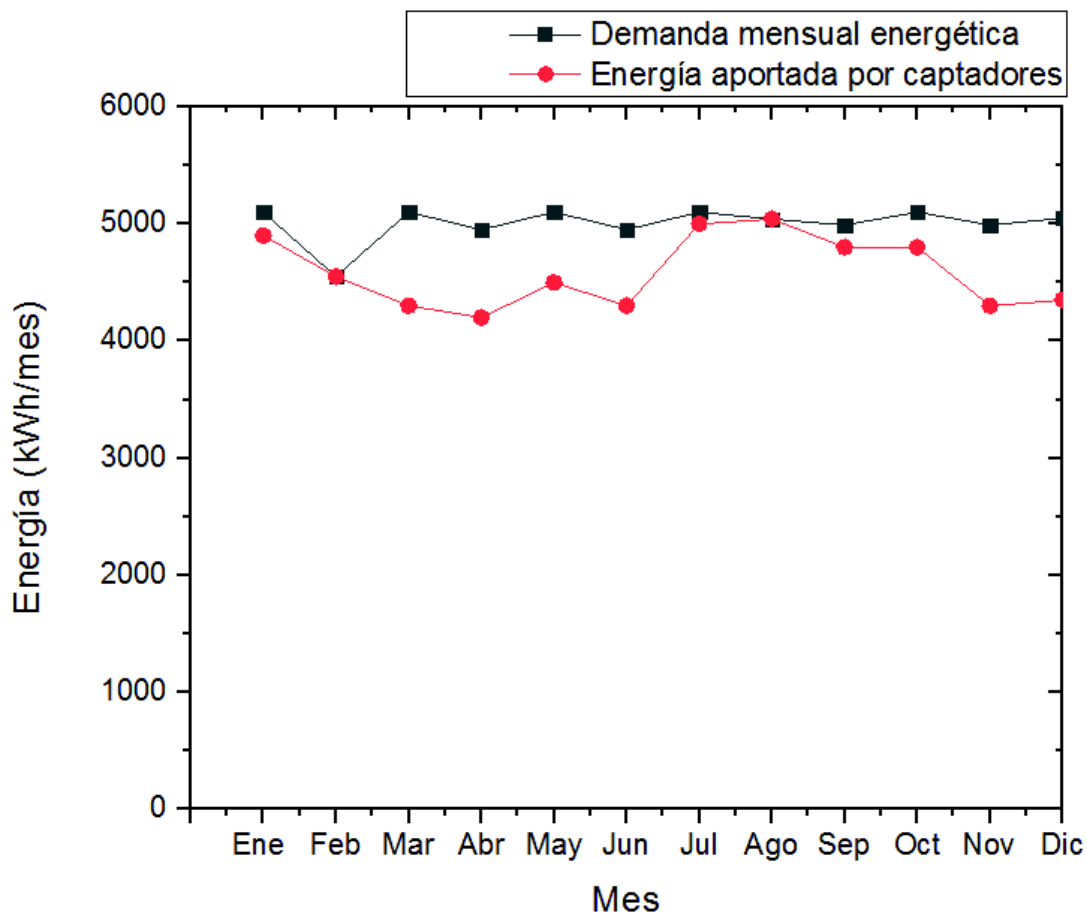


Figura 3.6. Gráficas obtenidas en f-Chart.
(Fuente: Resultados f-Chart)

La mayor fracción solar se presenta en el mes de febrero con una cobertura del 100 %, y la menor en el mes de marzo cubriendo el 87.1 % como se muestra en la figura 3.6. El pre-dimensionamiento arroja los resultados de la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Resultados obtenidos del pre-dimensionamiento con el método aproximado de curvas f.

Resultados f-Chart	
Área de captadores	74.8 [m ²]
Número de captadores	40
Volumen de acumulación	2992 [litros]
Fracción solar	0.933
Conexión hidráulica	Paralelo
Energía suministrada del campo solar [kWh]	56014
Energía auxiliar [kWh]	3994
Demanda ACS [kWh]	60020

(Fuente: propia)

3.3.4. Simulación preliminar en el programa computacional SAM

3.3.4.1. Datos de Entrada

Tabla 3.9. Datos de entrada para la simulación en SAM.

Datos de entrada para el apartado Solar Water Heating	
Perfil horario	Mediciones en el edificio Kitzia
Inclinación	10°
Azimut	144.368°
Flujo másico total	0.83111 [kg/s]
Fluido de trabajo	Agua
Número de colectores	40
Modelación de irradiación solar difusa	Pérez
Entrada de irradiación	Total, y directa
Albedo	0.2
Sombras	Medición de obstáculos*
Captador solar	Termicol T20MS
Volumen de acumulación	3 [m ³]
Relación altura/diámetro	0.8
Coefficientes de pérdidas del tanque	0.325 [W/m ² °C]
Temperatura máxima de acumulación	80 [°C]
Eficiencia del intercambiador de calor	0.85
Temperatura de salida	45 [°C]
Temperatura ambiente	20 [°C]
Largo total de tubería	64 [m]
Diámetro de tubería	0.025 [m]
Conductividad del aislamiento de la tubería	0.03 [W/m°C]
Espesor del aislamiento de la tubería	0.006 [m]
Potencia de la bomba	150 [W]
Eficiencia de la bomba	0.55

(Fuente: Propia)

3.3.4.2. Resultados SAM

Tabla 3.10. Resultados arrojados por el software SAM.

Resultados del diseño preliminar en SAM	
Demanda ACS [kWh]	57210 [kWh]
Fracción solar	0.88
Energía suministrada por el acumulador solar [kWh]	50060 [kWh]
Energía sistema auxiliar	6944 [kWh]

(Fuente: Propia)

Al ingresar los datos de la tabla 3.9 en software SAM, se obtienen los valores de la tabla 3.10. La fracción solar que se obtiene es de 87.5 % la cual se considera muy aceptable, ya que, permite suministrar al sistema 50060 [kWh].

3.3.5. Simulación preliminar en el programa computacional AcSol

3.3.5.1. Datos de Entrada

Los datos de entrada para AcSol en algunos casos, como ángulo de azimut son distintos, debido a la referencia que toma el software. Sin embargo, sus equivalencias se tratan de manera oportuna. En la figura 3.7 se encuentra la referencia del ángulo de azimut para el software AcSol.

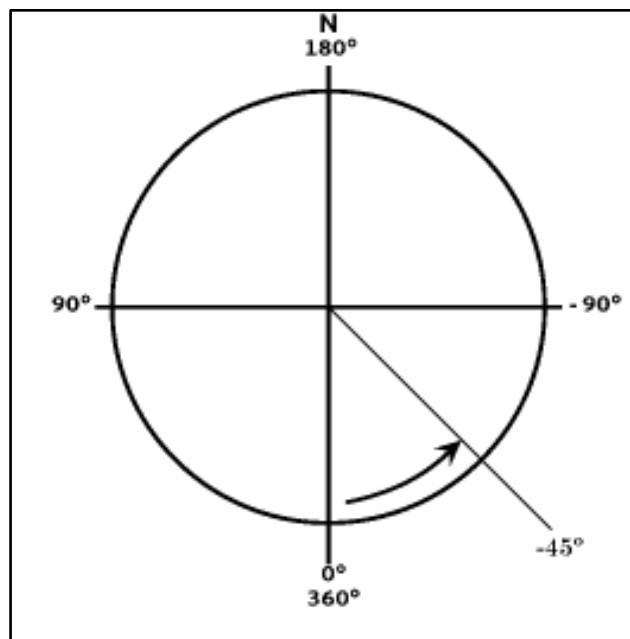


Figura 3.7. Referencia de azimut para AcSol 2.5.1.
(Fuente: Ayuda AcSol)

AcSol requiere que el perfil horario este ponderado sobre 24, como se mencionó en la metodología.

Tabla 3.11. Datos de entrada de AcSol.

Datos de entrada para el programa computacional AcSol	
Perfil horario	Mediciones en el edificio Kitzia
Inclinación	10°
Azimut	-35.362°
Fluido de trabajo	Agua
Área de apertura	74.8 [m ²]
Potencia del campo de captación	52.4 [kW]
Conexionado de los colectores	Paralelo
Captador solar	Termicol T20MS
Caudal de operación de un captador solar	40 [l/hm ²]
Caudal total de la instalación	1694 [l/h]
Albedo	0.2
Sombras	Medición de obstáculos*
Separación entre filas	0.4 [m]
Potencia del intercambiador de calor por metro cuadrado	500 [W/m ²]
Tubería del circuito primario	35 [m]
Conductividad del aislamiento	0.03 [W/mK]
Espesor del aislamiento (tubería del circuito primario)	6 [mm]
Volumen de acumulación	3000 [l]
Relación volumen de acumulación/Área de acumulación	40.1 [l/m ²]
Altura equivalente	1.7 [m]
Conductividad del aislamiento de acumulación	0.03 [W/m°C]
Espesor de aislamiento de tanque de Almacenamiento	80 [mm]
Temperatura de consumo de ACS	45 [°C]
Demanda diaria de ACS	5048 [l/día]
Temperatura máxima en el acumulador	80 [°C]
Tipo de sistema auxiliar	Calentador al paso de GLP

(Fuente: Propia)

Para la potencia del campo de captación, se asume un valor de 0.7 [kW/m²].

3.3.5.2. Resultados de AcSol

Tabla 3.12. Resultados arrojados por el software AcSol.

Resultados del diseño preliminar en AcSol	
Demanda de ACS	62072
Fracción solar	0.85
Energía solar generada	56252 [kWh]
Energía sistema auxiliar	9288 [kWh]

(Fuente: Propia)

La fracción solar resulta de 85 % (tabla 3.12) la cual es aceptada, ya que suministra 56186.34 [kWh] de energía al edificio. Permite un ahorro sustancial en consumo de GLP y su subsecuente precio.

3.3.6. Análisis comparativo del diseño preliminar.

3.3.6.1. Comparativa de programas computacionales f-Chart, SAM y AcSol.

La hoja de cálculo por el método f-chart, hace uso del método del mismo nombre para pre dimensionar una instalación solar térmica, por ello, esta comparativa no es sujeta de análisis.

En el caso de f-Chart, SAM y AcSol es importante identificar las diferencias existentes entre los parámetros que deben ingresarse, para el diseño preliminar del sistema solar térmico, las cuales se precisan en la tabla 3.13

Tabla 3.13. Comparativa f-Chart, SAM y AcSol.

Parámetro/Software	f-Chart	SAM	AcSol
Perfil horario	Propio del f-chart	El perfil se lo ingresa directamente en el software, en unidades [kg/h] y con datos para un año mínimo cada hora.	Se lo ingresa en un directorio dentro de la carpeta DATA del esquema correspondiente (Esquema 2) y de los perfiles necesarios. Sus unidades son un ponderado sobre 24. La muestra es una media de datos anuales.
Inclinación	10°	10°	10°
Azimut	-90 (este)	Según referencia figura 3.9.	Según referencia figura 3.8.

Parámetro/Software	f-Chart	SAM	AcSol
Flujo másico total	N/A	Se obtiene a partir del caudal de la instalación.	Se ingresa caudal del colector seleccionado.
Fluido de trabajo	Depende de las condiciones con las que trabaje el sistema solar.	Depende de las condiciones con las que trabaje el sistema solar. El fluido de trabajo es agua que de acuerdo a los resultados del apartado 3.3.2., la cual debe contener aditivos anticorrosivos.	Depende de las condiciones con las que trabaje el sistema solar.
Número de colectores	40	40	40
Albedo	0.2	0.2	0.2
Sombras	N/A	Se ingresan obstáculos en la calculadora de sombras que está integrada al software.	Se ingresan datos de posición y elevación del obstáculo.
Captador solar	Los datos necesarios son de acuerdo a la Norma de ensayos EN-12975	Los datos necesarios son de acuerdo al sistema americano.	Los datos necesarios son de acuerdo a la Norma de ensayos EN-12975
Área de captación	Es referida al área de apertura	Es referida al área bruta	Es referida al área de apertura
Conexionado de captadores	Paralelo por defecto	Paralelo por defecto	Es posible seleccionar el conexionado. Para el diseño preliminar se utiliza el conexionado en paralelo por congruencia con SAM.
Volumen de acumulación	N/A	3 [m3]	3 [m3]
Relación altura/diámetro	N/A	0.8	0.8

Parámetro/Software	f-Chart	SAM	AcSol
Pérdidas del tanque	N/A	Lo calcula de acuerdo al coeficiente global de pérdidas	Lo calcula de acuerdo a la conductividad del aislamiento y el espesor del mismo.
Temperatura máxima de acumulación	N/A	80 [°C]	80 [°C]
Intercambiador de calor	N/A	Solamente utiliza la eficiencia del intercambiador de calor.	Utiliza potencia nominal, del área y la diferencia de temperatura logarítmica media en el intercambiador de calor.
Temperatura de salida	45 [°C]	45 [°C]	45 [°C]
Temperatura ambiente	20 [°C]	20 [°C]	20 [°C]
Largo total de tubería	N/A	64 [m]	64 [m]
Diámetro de tubería	N/A	0.025 [m]	0.025 [m]
Conductividad del aislamiento de la tubería	N/A	0.03 [W/mK]	0.03 [W/mK]
Espesor del aislamiento de la tubería	N/A	0.06 [m]	0.06 [m]
Potencia de la bomba del circuito primario	N/A	150 [W]	150 [W]
Potencia de la bomba del circuito secundario	N/A	N/A	100 [W]
Tipo de sistema auxiliar	N/A	No lo incluye en la simulación	Calentador de paso de GLP

(Fuente: Propia)

3.3.6.2. Comparación de resultados de software.

En la tabla 3.14 se indican los valores resultantes de la simulación con parámetros optimizados en SAM y AcSol. Con el fin de validar estos programas computacionales, se realizan las simulaciones con las mismas condiciones. Se simula solamente el circuito primario con una conexión de baterías de captadores en paralelo. Debido a que, SAM solo cuenta con esta disposición. En la simulación final se evaluará qué tipo de conexión es la mejor. Tomando en cuenta la energía suministrada para cubrir la demanda energética del edificio Kitzia.

Tabla 3.14. Comparación de resultados de simulaciones para un año.

Parámetro/Software	f-Chart	SAM	AcSol
Fracción solar	0.92	0.88	0.85
Demanda ACS [kWh]	60020	57210	62072
Perdidas del acumulador [kWh]	-	-	1085
Perdidas de la tubería [kWh]	-	-	2416
Demanda total [kWh]	-	68119	65573
Energía suministrada campo solar [kWh]	56014	-	56252
Energía suministrada por el acumulador solar [kWh]	-	50186	-
Energía auxiliar para ACS [kWh]	3994	6802	-
Energía auxiliar total [kWh]	-	-	9288

(Fuente: Resultados SAM, AcSol 2.5.1 y f-Chart)

3.3.7. Parametrización utilizando SAM

El software SAM permite realizar parametrizaciones, de tal manera que es posible optimizar hasta cierto punto los parámetros de gran relevancia (tabla 3.15), en cuanto a la eficiencia del sistema solar térmico y a los costos implicados. Este estudio paramétrico tiene como fin optimizar la eficiencia de la instalación. Mientras que, el programa computacional AcSol permite determinar el mejor conexionado entre colectores, así como también la distancia existente entre filas de captadores.

Tabla 3.15. Variables para parametrización.

Variables sujetas a parametrización
Azimut
Área de captación
Inclinación
Volumen
Espaciamiento entre filas de colectores

(Fuente: Propia)

3.3.7.1. Azimut

En primera instancia se ha parametrizado el ángulo de azimut, debido a que, está ligado directamente con el cálculo de sombras integrado en SAM. Por tal razón, es necesario realizar simulaciones independientes. Cada una de las simulaciones, debe coincidir tanto en el esquema de la calculadora de sombras cuanto en los datos ingresados en el apartado Solar Water Heating. Ejemplificando, si en los datos ingresados se encuentra 45° para el ángulo de azimut, de igual manera debe constar en el esquema 3D que el captador presenta esa dirección. Cabe destacar que la referencia para el ángulo de azimut en el software SAM sigue el patrón de la figura 3.8.

La fachada del edificio Kitzia se encuentra en dirección $S54.368^\circ O$. Por lo que la geometría del área disponible restringe el ángulo de azimut para los captadores a cuatro direcciones posibles:

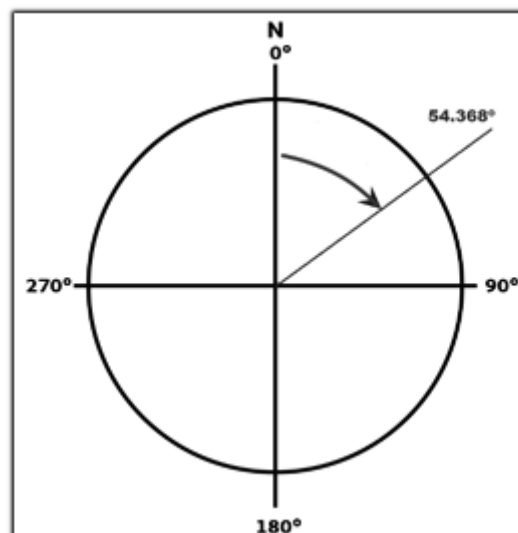


Figura 3.8. Referencia azimut para SAM.

(Fuente: Propia)

- $N54.368^\circ E$
- $S35.632^\circ E$
- $S54.368^\circ O$
- $N32.6632^\circ O$

Para el diseño preliminar, se tomó la dirección de $S35.632^\circ E$ equivalente a 144.368° para el software.

En la tabla 3.16 se encuentran los resultados de fracción solar y energía aportada por el sistema solar térmico, para las direcciones posibles. La parametrización se ha realizado con datos más desarrollados.

Tabla 3.16. Resultados parametrización de azimut

Azimut	Fracción Solar	Energía Suministrada (kWh)	Dirección
54.368	0.8775	50203	N54.368°E
144.368	0.875	50060	S35.632°E
234.368	0.8529	48796	S54.368°O
324.368	0.8516	48721	N35.632°O

(Fuente: Propia)

En la tabla 3.16 se aprecia que la dirección de N54.368°E es la que mayor fracción solar, y energía suministrada presenta. Por ende, se la selecciona para continuar con la simulación y parametrización.

3.3.7.2. Área de captación

El análisis del área de captación es de gran importancia, ya que la misma restringe el número de captadores y con esto el área de captación.

En el caso de proyectos nuevos el área de captación puede planificarse dentro de los planos arquitectónicos del proyecto. Sin embargo, en proyectos existentes es necesario adaptarse a las características ya definidas. Lo que precisamente sucede en el edificio Kitzia, de tal forma que, el número de captadores Termicol T20MS máximo es de 40. Debido a la geometría de estos y al área disponible, como se puede observar en el plano 1.

El área de captación afecta directamente al parámetro de flujo másico total del sistema. Siendo esta un variable dependiente del área de captación. Se calcula el flujo másico para cada parametrización. Los resultados se notan en la tabla 3.17.

Tabla 3.17. Resultados parametrización número de colectores.

Nº de colectores	Flujo másico total (kg/s)	Fracción solar	Energía suministrada (kWh)
30	0.6233	0.8272	47325
40	0.8311	0.8775	50202
50	1.038	0.9058	51822
60	1.246	0.9250	52922
70	1.454	0.9379	53661
80	1.622	0.9474	54201
90	1.87	0.9533	54542
100	2.077	0.9574	54777

(Fuente: Propia)

Cálculo de área bruta de captación óptima:

$$A = N^{\circ} \text{ captadores} * \text{Área de captadores}$$

$$A = 40 * 2.07$$

$$A = 82.8 [m^2]$$

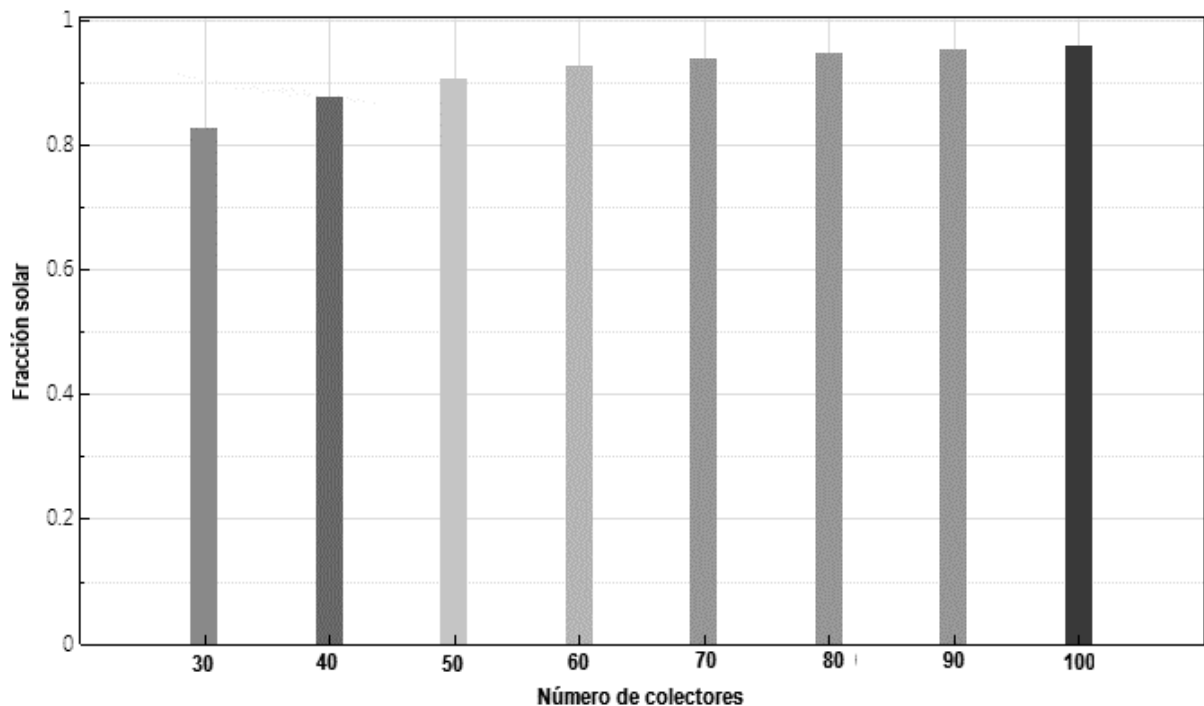


Figura 3.9. Número de colectores óptimo.

(Fuente: Resultados SAM)

Como se puede apreciar en la figura 3.9, si el área disponible fuera mayor, se puede optar por maximizar la fracción solar. Llegando a 60 captadores solares que pueden cubrir hasta un 92.5 % de la demanda energética en el edificio.

Sin embargo, 40 colectores cubren el 87.75 % de la demanda, es decir aumentado el 50 % de colectores y costo en este rubro, sólo aumentaría 4.75 % de cobertura. Esto no se

justifica económica, ni técnicamente, debido a la disminución que existirá en la eficiencia de la instalación si se sube el número de colectores.

Por lo tanto, se seleccionan 40 colectores, debido al área disponible, la cobertura energética, y el costo que implican.

3.3.7.3. Ángulo de inclinación

El ángulo de inclinación de los captadores depende de varios factores. El de mayor importancia es la incidencia de radiación sobre estos a lo largo del día y la facilidad de mantenimiento del campo de captadores. El software SAM, mediante su calculadora de sombras integrada, realiza un análisis de este factor, a fin de encontrar el mejor ángulo de inclinación dependiendo de la ubicación y direccionamiento de los captadores solares como se muestra en el anexo I.

En el anexo I se observa la diferencia que existe por pérdidas por sombras con ángulos de 13° y 10° de inclinación. Por lo que, la afectación que produce es apreciable. De esta manera, se procede a la parametrización de este factor con el fin de optimizar la cobertura de demanda energética del edificio Kitzia.

Tabla 3.18. Parametrización del ángulo de inclinación en SAM.

Ángulo de inclinación	Fracción solar	Energía suministrada (kWh)
0	0.865739	49529
5	0.874275	50017
10	0.877513	50202
15	0.875232	50195
20	0.874512	50155
25	0.874021	50124
30	0.873654	50103
35	0.869537	49746
40	0.861357	49278
45	0.850649	48665

(Fuente: Resultados SAM)

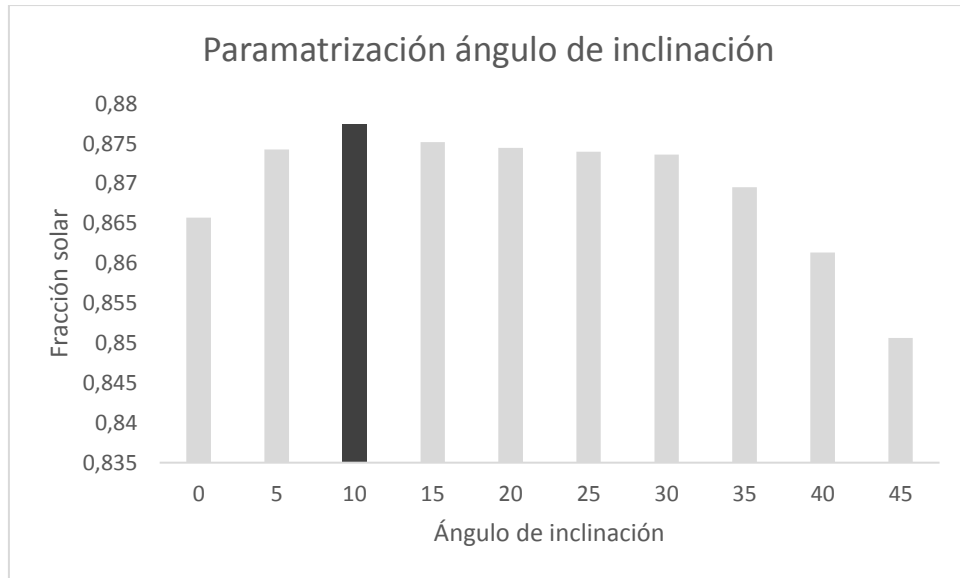


Figura 3.10. Fracción solar resultante a partir de diferentes ángulos de inclinación.
(Fuente: Resultados SAM)

El valor más alto resulta a 10° de inclinación como se indica en la figura 3.10 y tabla 3.18. Se puede observar una tendencia clara antes y después de este valor. Con lo que se selecciona 10° de ángulo de inclinación para la simulación final.

3.3.7.4. Volumen de acumulación

El volumen de acumulación es un parámetro de gran importancia, debido a que, cumple con la tarea de almacenamiento de energía y además debe conservarla durante el mayor tiempo posible. Por ello, a mayor volumen de acumulación, la cobertura de demanda energética será mayor. Es así como la selección del volumen de acumulación dependerá de la conveniencia tanto económica, cuanto energética.

Tabla 3.19. Parametrización y selección de volumen de acumulación.

Volumen de acumulación (m ³)	Fracción solar	Energía suministrada (kWh)
1	0.616058	35244
1.5	0.70354	40249
2	0.774499	4430
2.5	0.848128	48521
3	0.877513	50202
3.5	0.886258	50702
4	0.893925	51141
4.5	0.899435	51456
5	0.904377	51739
5.5	0.907363	51910
6	0.910927	52114
6.5	0.913176	52242
7	0.915234	52360
7.5	0.917649	52498
8	0.920216	52645
8.5	0.921461	52716
9	0.922555	52779

(Fuente: Resultados SAM)

En la tabla 3.19 y figura 3.11 se observa que se sigue la tendencia antes mencionada. Sin embargo, se selecciona 3 [m³] como volumen de acumulación óptimo. Se selecciona este valor debido a que el aumento de la fracción solar no es significativo para volúmenes de acumulación más elevados.

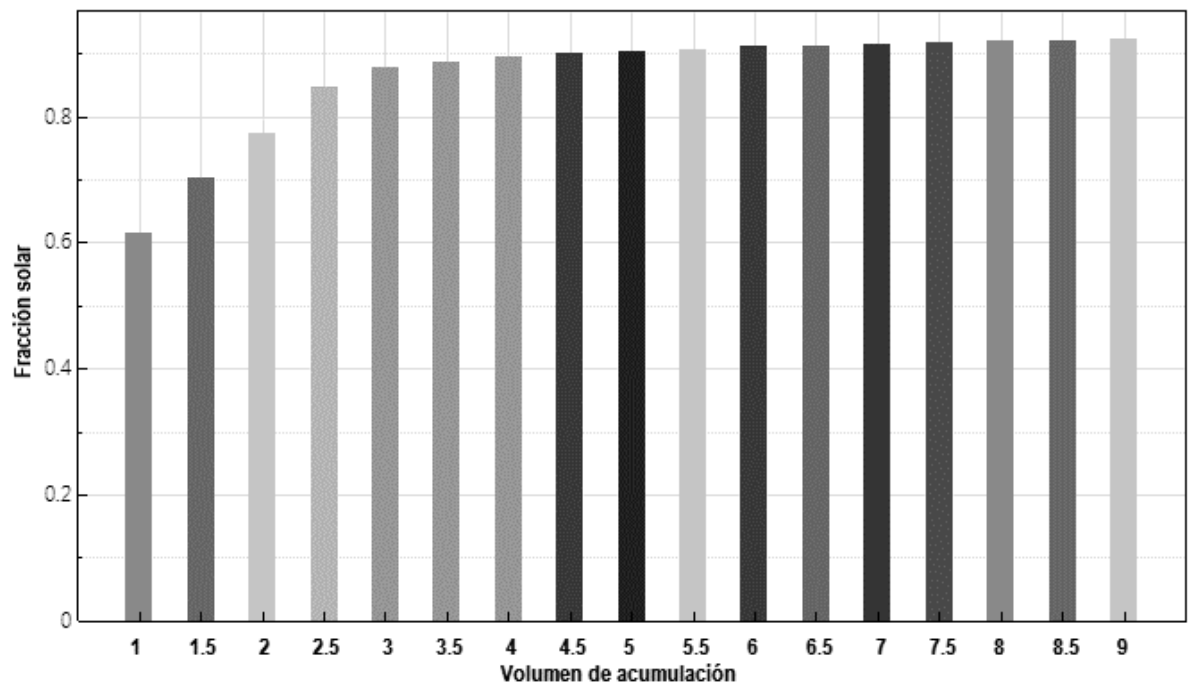


Figura 3.11. Selección volumen de acumulación.
(Fuente: Resultados SAM)

3.3.8. Parametrización AcSol

3.3.8.1. Conexión de colectores

Para el dimensionamiento de la bomba del circuito primario, se determina el caudal que es necesario, el cual viene dado por el número de colectores solares y las pérdidas de presión en las tuberías y la conexión hidráulica. Existen varias configuraciones de conexión hidráulica de los captadores, como tener un conexionado en serie, el cual permite disminuir el caudal que debe circular por el circuito primario. Dado que, el programa computacional AcSol, permite estudiar 4 configuraciones de este tipo, se ha procedido a realizar varias simulaciones con cada una de ellas. Así se determina la mejor configuración para la instalación solar térmica.

Tabla 3.20. Comparación de la disposición entre colectores.

Disposición de colectores	Fracción solar
Paralelo	85.14
Dos en serie	85.41
Tres en serie	85.03
Cuatro en serie	84.31

(Fuente: Resultados AcSol 2.5.1)

Como se puede ver en la tabla 3.20, la mejor fracción solar se tiene con la conexión de 2 baterías de colectores solares en serie. Además, permite que el caudal a circular por el campo de captadores sea la mitad del caudal que debería circular, con un conexionado de colectores en paralelo y obteniéndose una mejor estratificación de temperaturas en el tanque de acumulación como se puede ver en la figura 3.12.

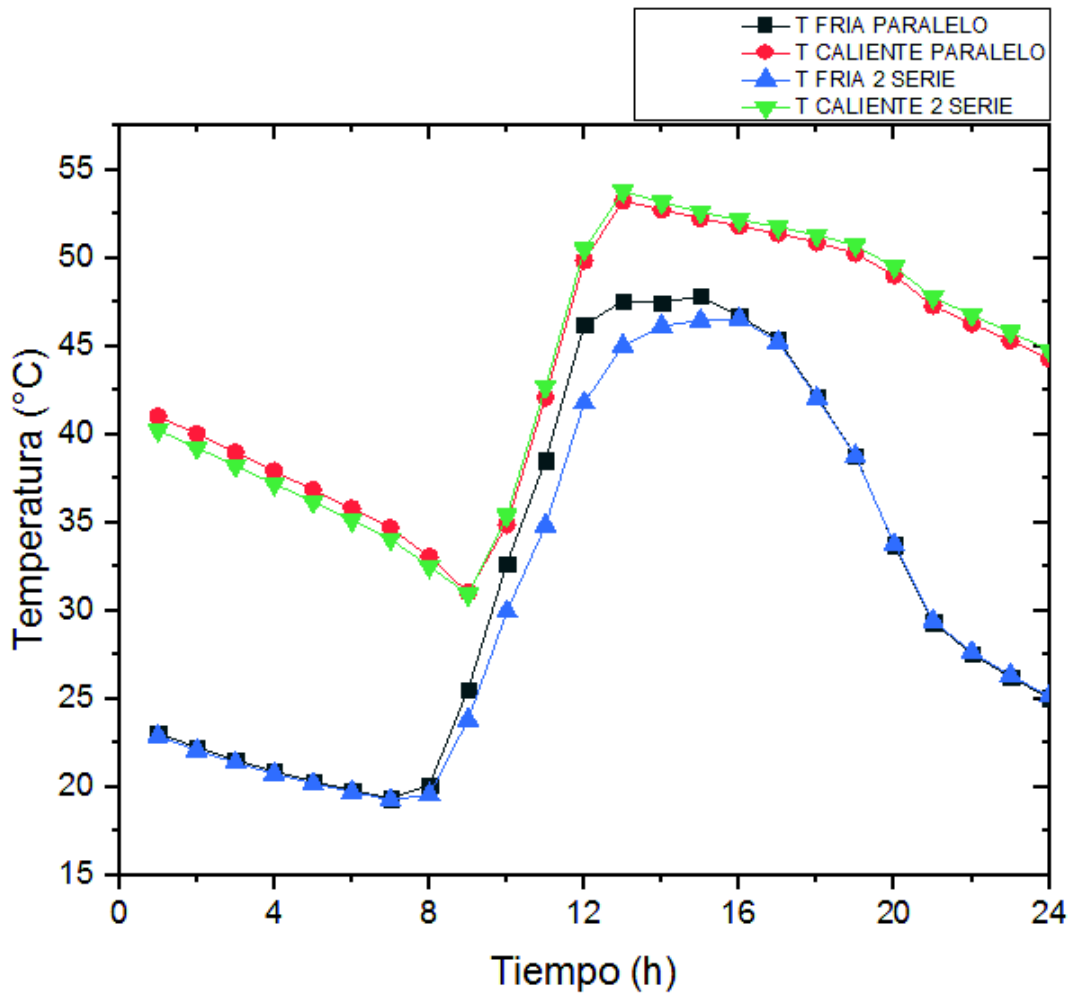


Figura 3.12. Temperaturas en el acumulador estratificado.
(Fuente: AcSOL)

3.3.8.2. Distanciamiento entre filas

Los colectores solares al precisar de un ángulo de inclinación que depende de su ubicación geográfica. Los cuales generan sombras entre sí. Es por esto, que se ha procedido a realizar varias simulaciones con diferentes distancias entre filas de captadores, y así determinar el mejor de estos valores.

Tabla 3.21. Comparación de la distancian entre filas de baterías de colectores.

Distancia entre filas de baterías de captadores [m]	Fracción solar
0.3	84.31
0.4	85.14
0.5	85.89
0.6	86.04
0.7	86.09

(Fuente: Resultados AcSol 2.5.1)

Como se puede ver en la tabla 3.21, se tiene la mejor fracción solar cuando las filas de colectores están a una distancia de 0.7 [m], pero dada la restricción de área en el edificio Kitzia y debido a que la diferencia de la fracción solar con el espaciamiento de 0.6 [m] es de 0.05. Se ha seleccionado el espaciamiento de 0.6 [m], como la distancia entre las filas de captadores.

3.3.9. Resumen de datos optimizados para la instalación en cada software de simulación

En la tabla 3.22 se presentan los valores óptimos para la simulación. Estos valores son equivalentes entre los softwares debido a que SAM fue desarrollado en Estados Unidos de América y AcSol fue desarrollado en España. Las referencias de cada software difieren. Sin embargo, se ha realizado la conversión pertinente.

De tal forma que, para el ángulo de azimut se toman las referencias de las figuras 3.7 y 3.8. Para el área de captación se toma el área bruta en el caso de SAM y el área de apertura en el caso de AcSol.

Tabla 3.22. Valores optimizados a ingresar en cada software de simulación.

Valores optimizados para simulación		
Parámetro	SAM	AcSol
Azimut	54.638°	-125.632°
Ángulo de inclinación	10°	10°
Volumen de captación	3 [m ³]	3 [m ³]
Área bruta	82.8 [m ²]	
Área de apertura		74.8 [m ²]
Disposición de colectores	-	Dos en serie
Espaciamiento entre filas	-	0.6 [m]

(Fuente: Resultados SAM y AcSol 2.5.1)

3.4. Dimensionamiento de la instalación

El dimensionamiento de una instalación solar térmica se lo realiza utilizando los valores obtenidos en el diseño preliminar de la instalación, en donde ya se ha definido lo siguiente:

1. Numero de captadores.
2. Volumen de acumulación.
3. Caudal de la instalación.

Con estos datos de la instalación se procede a determinar lo siguiente:

1. Intercambiador de calor.
2. Tubería en el sistema primario.
3. Tubería del sistema secundario.
4. Bomba del primario
5. Bomba del secundario (carcaza de bronce).
6. Tanque de almacenamiento.
7. Vaso de expansión.
8. Válvula de seguridad.
9. Válvula de equilibrado.
10. Control de la instalación.

3.4.1. Dimensionamiento del intercambiador de calor

Para el dimensionamiento del intercambiador de calor se requiere conocer los saltos de temperatura, que se espera tener tanto en el sistema primario, como en el sistema secundario. También, debe considerarse que la instalación tiene una conexión mixta entre los colectores, por lo cual se tiene un bajo flujo.

Para seleccionar el intercambiador de calor se toma como referencia la tabla 3.23 del libro, *Sistemas Solares Térmicos* (Peuser et al., 2002), en donde se indican los saltos de temperatura que se debe tener en cuenta al momento de dimensionar una instalación de este tipo.

Tabla 3.23. Parámetros de diseño de un intercambiador de calor entre un circuito primario y uno secundario.

	Bajo flujo		Flujo estándar	
	Lado primario	Lado secundario	Lado primario	Lado secundario
Caudal.	12 [l/m ² h] o 15 [l/m ² h] Glicol: 40 % Agua: 60 %	12 [l/m ² h] o 15 [l/m ² h] Agua	35 [l/m ² h] o 45 [l/m ² h] Glicol: 40 % Agua: 60 %	35 [l/m ² h] o 45 [l/m ² h] Agua
Potencia específica del campo de colectores.	Aprox. 500 [W/m ²]			
Diferencia de temperaturas logarítmica media.	ΔT aprox. 5 [K]			
Potencia específica media del intercambiador.	Aprox. 100 [W/K/m ² c]			
	(C=superficie de captación)			
Temperatura de entrada.	75 [°C] o 67 [°C]	Objetivo: 30 [°C]	58 [°C] o 56 [°C]	Objetivo: 40 [°C]
Temperatura de salida.	33 [°C]	68 [°C] o 60 [°C]	44 [°C]	52 [°C] o 50 [°C]
Pérdida de carga.	Max. 10 kPa [100 mbar]			

(Fuente: Peuser et al., 2002).

Teniendo en cuenta, lo mencionado anteriormente, se procede a buscar un intercambiador de calor entre los fabricantes.

Para esto, se ha elegido al fabricante Alfa Laval, debido a sus altos estándares de calidad y por contar con un representante en Ecuador.

Con estas consideraciones se ha decidido tomar el intercambiador de calor de la figura 3.13 y tabla 3.24.



Figura 3.13. Intercambiador de calor AN52-60H
(Fuente: Ficha técnica del intercambiador de calor AN52-60H)

Tabla 3.24. Datos técnicos del intercambiador de calor seleccionado.

Datos técnicos del intercambiador de calor	
Marca	Alfa Laval
Modelo	AN52-60H
Fuente de calor	Energía solar
Potencia	68 [kW]
Temperatura lado primario	70 a 30 [°C]
Temperatura lado secundario	10 a 60 [°C]
Máxima pérdida de carga	20 [kPa]
Caudal lado primario	1465 [kg/h]
Caudal lado secundario	1171 [kg/h]

(Fuente: Ficha técnica del intercambiador de calor AN52-60H)

3.4.2. Circuito hidráulico del sistema primario

La tubería del circuito primario es de cobre, debido a su resistencia a altas temperaturas, su disponibilidad en el mercado y costo conveniente en comparación con otras opciones. La tubería se encuentra entre el campo de colectores y el intercambiador de calor, se encarga de direccionar el fluido de trabajo. Se divide en varios tramos (ver plano 1) en los que el caudal cambia. El caudal depende de las derivaciones existentes para el campo de captadores, por lo tanto, es necesario el dimensionamiento de los tramos que comprende el circuito primario. Para lo cual se ha seleccionado sus diámetros a partir de los diagramas presentados en el plano 3. Además, las longitudes y accesorios son dependientes la geometría de la instalación, como se puede observar en el plano 1.

El cálculo de pérdidas de presión en tuberías se lo realiza de acuerdo con el proceso descrito en el anexo V.

Tabla 3.25. Dimensionamiento de la tubería del sistema primario.

Dimensionamiento de la tubería del sistema primario						
Tramo	Caudal [l/h]	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Factor [mm/m]	Perdidas de altura [mm]	Volumen [l]
A-B	1520	31.267	25	32	1000.544	15.348
B-C / H-I	1216	4.8	25	21	100.8	2.356
C-D / G-H	912	4.8	25	14	67.2	2.356
D-E / F - G	608	4.8	20	17.5	84	1.508
E -F / X	304	18.09	20	5.5	99.495	5.683
Total		63.76	115		1352.04	27.25

(Fuente: Propia)

Para el dimensionamiento de la bomba del circuito primario es necesario obtener las pérdidas de altura, las cuales se calculan a partir de los diagramas del anexo V, y se presentan en la tabla 3.25 y tabla 3.26.

Tabla 3.26. Dimensionamiento de accesorios de tubería para el sistema primario.

Dimensionamiento de accesorios de tubería para el sistema				
Cantidad	Accesorios	Factor de accesorios	Pérdida de carga sin factor [mm]	Pérdidas de presión [mm]
14	Codo de 25 [mm]	0,3	32	134,4
4	Derivación (flujo divergente)	1,5	32	192
3	Paso directo (c/flujo convergente)	0,5	32	48
1	Derivación (flujo convergente)	1	32	32
	Total			406,4

(Fuente: Propia)

Una vez determinada la longitud de la tubería en el circuito primario, se conoce que se necesitará 64 [m] de aislante térmico, el cual será espuma elastómera flexible IT-FLEXC1-C1R, ya que tiene una conductividad térmica promedio de 0.04 [W/m°C]. Basado en la norma española de la construcción se tendrá un espesor de 30 [mm] para tubería dentro del edificio y de 35 [mm] para la tubería que se ubica en el exterior.

3.4.3. Tubería del sistema secundario

Tabla 3.27. Dimensionamiento de la tubería del sistema secundario.

Tramo	Caudal [l/h]	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Factor [mm/m]	Pérdidas de presión [mm]	Volumen [l]
Intercambiador de calor a tanque de almacenamiento	1,17	8,19	25	18	147,42	4,02
Tanque de almacenamiento a intercambiador de calor	1,17	6,47	25	18	116,46	3,18
Total		14,66	50	36	263,88	7,20

(Fuente: Propia)

Tabla 3.28. Pérdidas de presión en accesorios del circuito secundario.

Cantidad	Accesorios	Factor de accesorios	Pérdidas de carga sin factor [mm]	Pérdidas de presión [mm]
7	Codos 25 [mm]	0.3	18	37.8
Total				37.8

(Fuente: Propia)

Una vez determinada la longitud de la tubería en el circuito secundario (tabla 3.27), se conoce que es necesario 15 [m] de aislante térmico. Para este caso se selecciona poliuretano expandido, ya que tiene una conductividad térmica promedio de 0.02 [W/m°C]. También se obtiene la pérdida de presión en accesorios del circuito secundario, que se muestra en la tabla 3.28.

3.4.4. Dimensionamiento de la bomba del sistema primario

Para el dimensionamiento de la bomba del sistema primario se requiere conocer el caudal que circulará por el sistema primario. Para calcular el caudal que pasara por la instalación se procede a determinar el caudal del sistema primario, el cual corresponde a un valor de cuando la disposición de los colectores es en paralelo.

$$Q = 40 \frac{l}{hm^2} * 74.8 [m^2]$$

$$Q = 3388 \left[\frac{l}{h}\right]$$

Debido a que, hoy en día, la calidad de los colectores solares es mayor que en el pasado, es posible realizar una instalación con baterías de colectores conectadas en serie. En caso de tener una disposición de colectores dos en serie el caudal por el sistema primario sería de:

$$Q = (40 \frac{l}{hm^2} * 84.7)/2$$

$$Q = 1694 [\frac{l}{h}]$$

También, se requiere conocer las pérdidas de carga, debido a los componentes del campo de captadores, para el correcto dimensionamiento de la instalación, para lo cual se puede referir a la tabla 3.29 para conocer el valor de estas pérdidas.

Tabla 3.29. Pérdidas de altura en el sistema primario.

Cantidad	Componentes	Pérdidas unitarias [mm]	Pérdidas totales [mm]
2	Colectores	1940.00	3880.00
1	Intercambiador de calor	2039.00	2039.00
-	Tuberías	-	1352.04
-	Accesorios	-	406.04
	Pérdidas totales		7677.08

(Fuente: Propia)

Como se muestra en las curvas de eficiencia de la bomba UPS 26-99-FC, esta bomba cumple con los requerimientos de la instalación solar térmica (véase anexo IV). Con lo cual, se selecciona esta bomba para el sistema primario tomando en cuenta el caudal requerido por el intercambiador de calor en el circuito primario (véase tabla 3.30).



Figura 3.14. Bomba UPS 26-99-FC.

(Fuente: Ficha técnica de la bomba UPS 26-99-FC)

Tabla 3.30. Características de la bomba del circuito primario.

Datos técnicos de la bomba del sistema primario	
Modelo	UPS 26-99 FC
Potencia de entrada en velocidad 3	197 [W]
Caudal real	1.49 [m ³ /h]
Altura	7.7 [m]
Cuerpo hidráulico	Hierro fundido
Temperatura ambiente máxima	40 [°C]
Presión de trabajo máxima	10 [bar]
Rango de temperaturas	2 a 110 [°C]
Temperatura de operación	60 [°C]

(Fuente: Ficha técnica de la bomba UPS 26-99-FC)

3.4.5. Dimensionamiento de la bomba del sistema secundario

La bomba del secundario se ha seleccionado en función del caudal, dado por el intercambiador de calor en el lado del circuito secundario, el cual es de 1.2 [m³/h].

Los valores de pérdidas menores en el sistema secundario y las pérdidas en el intercambiador de calor se detallan en la tabla 3.31.

Tabla 3.31. Pérdidas en el intercambiador de calor.

Cantidad	Componentes	Pérdidas unitarias [mm]	Pérdidas totales [mm]
1	Intercambiador de calor	2039.00	2039.00
-	Tuberías	-	263.88
-	Accesorios	-	37.80
	Pérdidas totales		2340.68

(Fuente: Propia)

Como se muestra en las curvas de eficiencia de esta bomba (véase anexo IV). Se observa que cumple con los requerimientos de la instalación solar térmica. Con lo cual, se selecciona la bomba del sistema secundario (figura 3.15), tomando en cuenta que esta, debe contar con carcasa de bronce. Ya que, estará expuesta a un fluido corrosivo. Sus características se muestran en la tabla 3.32.



Figura 3.15. Bomba UPS 15-42 BUC5.
(Fuente: Ficha técnica de la bomba 20-620 N 150)

Tabla 3.32. Características de la bomba del circuito secundario.

Datos técnicos de la bomba del sistema primario	
Modelo	UP 15-42 BUC5
Potencia de entrada en velocidad 3	85 [W]
Caudal real	1.2 [m ³ /h]
Altura	2.79 [m]
Cuerpo hidráulico	Bronce
Temperatura ambiente máxima	40 [°C]
Presión de trabajo máxima	10 [bar]
Rango de temperaturas	2 a 110 [°C]
Temperatura de operación	60 [°C]

(Fuente: Ficha técnica de la bomba 15-42 BUC5)

3.4.6. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento solar

El edificio Kitzia tiene un consumo de 5048 litros, donde el volumen de acumulación suele ser cercano al volumen de consumo. Sin embargo, en el pre-dimensionamiento con f-Chart da como resultado un volumen de aproximadamente 3 [m³], valor que se ha validado por la parametrización realizada en el programa computacional SAM.

Se ha seleccionado el tanque de almacenamiento de ACS del anexo IV (figura 3.16), para la instalación solar en el edificio Kitzia, en donde, las características del tanque se presentan en la tabla 3.33.



Figura 3.16. Tanque de almacenamiento MXV3000RB.
(Fuente: Ficha técnica del tanque de almacenamiento MXV3000RB)

Tabla 3.33. Características del tanque de almacenamiento.

Datos técnicos del tanque de almacenamiento	
Marca	Lapesa
Modelo	MXV3000RB
Capacidad	3000 [l]
Temperatura máxima de almacenamiento	90 [°C]
Presión máxima del depósito	8 [bar]
Peso en vacío	485 [Kg]

(Fuente: Ficha técnica Lapesa. tanque de almacenamiento MXV3000RB)

3.4.7. Dimensionamiento del vaso de expansión para el sistema primario y secundario

Dentro del circuito, debido a los aumentos de presión que pueden darse por el aumento de temperatura, es necesario dimensionar un vaso de expansión, para proteger los elementos del circuito hidráulico. El dimensionamiento del vaso de expansión depende del volumen del circuito primario (véase tabla 3.34), y de las presiones que se presentan en el mismo.

Tabla 3.34. Cálculo del volumen del sistema primario.

Cantidad	Equipo	Volumen [l]
40	Colectores solares	50
-	Volumen de tubería del sistema primario	27.25
	Total	77.25

(Fuente: Propia)

Una vez obtenido el volumen del campo de captación. Se procede realizar los cálculos necesarios para conocer el volumen teórico del vaso de expansión en base a cálculos obtenidos (véase anexo II).



Figura 3.17. Vaso de expansión de 100 litros.
(Fuente: Manual Termicol 2017)

La capacidad del vaso de expansión para el circuito primario en la instalación del edificio Kitzia resulta de 89.744 [l]. Sin embargo, se selecciona un volumen de 100 [l] que se encuentra estandarizado para el mercado (figura 3.17).

Para determinar el volumen del vaso de expansión del circuito secundario se necesita determinar el volumen de dilatación, en base al volumen total, como se muestra en la tabla 3.35.

Tabla 3.35. Cálculo del volumen teórico del vaso de expansión del sistema secundario.

Equipo	Volumen [l]
Volumen de tubería del sistema secundario	7.2
Volumen del tanque de almacenamiento	3000
Total	3007.2

(Fuente: Propia)

Una vez obtenido el volumen total, se procede a calcular el volumen de dilatación tomando en cuenta el coeficiente de dilatación lineal y la diferencia de temperatura entre la entrada (temperatura de agua de red a 16 [°C]) y la salida del campo de captadores (máx. 140 [°C]). Teniendo una diferencia de 124 [°C], con lo cual se procede a determinar el volumen de dilatación.

$$n = n_{lin.agua} * \Delta T$$

$$n = 0.00018 * 124 [^{\circ}C]$$

$$n = 0.02232$$

$$Vd = n * Vt$$

$$\therefore Vd = 0.02232 * 3007.2$$

$$Vd = 67.12 [l]$$

Dónde:

n : Coeficiente de dilatación del agua

Vt : Volumen total del circuito secundario

Vd : Volumen de dilatación

El vaso de expansión en el secundario deberá tener un valor de 80 litros. Debido a que, no se cuenta en el mercado un vaso de expansión de 67.17 litros.

3.4.8. Dimensionamiento de la válvula de seguridad

Las válvulas de seguridad en una instalación solar térmica permiten la prevención de daños en la instalación. Estas válvulas se colocan en cada batería de captadores, y adicional una válvula de seguridad para el campo de captadores, que debe actuar antes que las válvulas de seguridad de cada batería de captadores.

En la instalación solar en el edificio Kitzia se colocarán 6 válvulas de seguridad, 5 para las baterías de captadores y 1 para el campo de captadores. Estas válvulas de seguridad serán dimensionadas con la ayuda de la tabla 3.36.

Tabla 3.36. Tamaños de las válvulas de seguridad (diámetro de entrada) en función del área de captación.

Tamaño de la válvula (diámetro de entrada)	Área de captación [m ²]
15 [mm]	50
20 [mm]	100
25 [mm]	200
32 [mm]	350
40 [mm]	600

(Fuente: Peuser et al., 2002)

Debido a que, la instalación solar térmica en el edificio Kitzia es de 74.8 [m²] se selecciona una válvula de seguridad de 20 [mm] de entrada (figura 3.18 y tabla 3.37). Ya que, es un diámetro comercial para un área de captación de hasta 100 [m²] (véase anexo IV).



Figura 3.18. Válvula de seguridad para Energía Solar 3178.
(Fuente: Ficha técnica de la válvula de seguridad 3178)

Tabla 3.37. Válvulas de seguridad para el campo de captadores.

Datos técnicos de la válvula de seguridad	
Marca	Genebre
Modelo	Válvula de seguridad para energía solar 3178
Presión de tarado	6 [bar]
Temperatura de trabajo	-30 [°C] a 160 [°C]
Cuerpo	Latón (CW617N)

(Fuente: Ficha técnica de la válvula de seguridad 3178)

3.4.9. Dimensionamiento de válvula de equilibrado

En una instalación solar térmica se requiere tener un equilibrio hidráulico en el campo de captadores. Por lo que es necesario un caudal definido en cada una de las baterías de colectores. Para este fin, se puede disponer de la tubería en el campo de captadores, de tal manera que se obtenga un equilibrio hidráulico (retorno invertido); sin embargo, esto representa un mayor rubro en tubería y no hay garantías de que se consiga un buen equilibrado hidráulico. Por esta razón, en el edificio Kitzia se seleccionan válvulas de equilibrado, las cuales permiten controlar el caudal de manera sencilla, mediante su calibración.

La selección de las válvulas de equilibrado (figura 3.19 y tabla 3.38) se realiza en función del diámetro de la tubería, previamente, seleccionada con un orificio variable (véase anexo IV).



Figura 3.19. Válvula de equilibrado 3073.
(Fuente: Ficha técnica de la válvula de equilibrado 3073)

Tabla 3.38. Válvulas de equilibrado para las baterías de colectores.

Cantidad	Descripción	Diámetro	Marca	Observación
3	Válvula de equilibrado estático 3073 06	25 [mm]	Genebre	Orificio Variable
2	Válvula de equilibrado estático 3076 05	20 [mm]	Genebre	Orificio Variable

(Fuente: Ficha técnica de la válvula de equilibrado 3073).

3.5. Simulación definitiva del sistema solar térmico en AcSol

3.5.1. Datos definitivos

La tabla 3.39 muestra los datos seleccionados para la instalación, los que han sido previamente optimizados. Con estos se realiza la simulación final de la instalación solar térmica de ACS y su sistema auxiliar.

Tabla 3.39. Datos de entrada para simulación final.

Datos de entrada para el programa computacional AcSOL	
Perfil horario	Mediciones en el edificio Kitzia
Inclinación	10°
Azimut	-125.63°
Fluido de trabajo	Agua
Área de apertura (Área de captación)	74.8 [m ²]
Conexionado de los colectores	Dos en serie
Captador solar	Termicol T20MS
Caudal de operación de un captador solar	40 [l/hm ²]
Albedo	0.2
Sombras	Medición de obstáculos*
Potencia del intercambiador de calor por metro cuadrado	909,1 [W/m ²]
Volumen de acumulación	3000 [l]
Relación volumen de acumulación/Área de acumulación	40.1 [l/m ²]
Altura equivalente tanque de acumulación	1.7 [m]
Conductividad del aislamiento de acumulación	0.03 [W/m°C]
Espesor de aislamiento de tanque de Almacenamiento	80
Temperatura de consumo de ACS	45 [°C]
Demanda diaria de ACS	126.2 [l/día]
Temperatura máxima en el acumulador	80 [°C]
Tubería del circuito primario	35 [m]
Conductividad del aislamiento del circuito primario	0.04 [W/mK]
Espesor de aislamiento del circuito primario	35 [mm]
Diámetro de la tubería del circuito primario	25[mm]

Tubería del circuito secundario	20 [m]
Conductividad del aislamiento del circuito secundario	0.04 [W/mK]
Espesor de aislamiento del circuito secundario	35 [mm]
Diámetro de la tubería del circuito secundario	25 [mm]
Tubería del circuito terciario	70 [m]
Conductividad del aislamiento del circuito secundario	0.04 [W/mK]
Espesor de aislamiento del circuito secundario	35 [mm]
Diámetro de la tubería del circuito secundario	50.8 [mm]
Tubería (usuarios)	2 [m]
Conductividad del aislamiento (usuarios)	0.04 [W/mK]
Espesor de aislamiento (usuario)	30 [mm]
Diámetro de la tubería (usuario)	13.4 [mm]
Número de filas de captadores	5
Separación entre filas	0,6 [m]
Longitud de una fila	7.76
Altura del captador	0.36
Potencia de la bomba del circuito primario	179 [W]
Potencia de la bomba del circuito secundario	85 [W]
Potencia de la bomba de recirculación	179 [W]
Tipo de sistema auxiliar	Calentador al paso de GLP

(Fuente: Propia).

3.5.2. Resultados Definitivos

Los resultados que se obtienen, se analizan en dos casos, según su aislamiento:

1. Tubería interior y exterior con aislamiento de 1 [mm]. (tabla 3.40)
2. Tubería interior con aislamiento de 30 [mm] y exterior de 35 [mm]. (tabla 3.41)

Tabla 3.40. Resultados de la simulación en AcSol sin aislamiento.

Resultados de la simulación final en AcSol	
Demanda de ACS [kWh]	62113
Pérdidas en la tubería del campo solar [kWh]	413
Pérdidas en las tuberías del secundario [kWh]	500
Pérdidas del acumulador solar [kWh]	594
Pérdidas en la distribución [kWh]	68566
Pérdidas en la recirculación [kWh]	22067
Demanda total [kWh]	154252
Fracción solar	0.4487
Energía cedida por los captadores [kWh]	68818
Energía cedida sistema auxiliar [kWh]	84230
Rendimiento del circuito primario	0.5076
Horas en sobrecalentamiento anual (Tcol.>110 [°C])	1
Emisiones de CO₂ evitadas [Toneladas]	27.28

(Fuente: Propia).

El segundo caso son los resultados definitivos del proyecto, por lo que se estima que la instalación solar térmica cubra el 81 % de la demanda energética del edificio Kitzia, como se muestra en la tabla 3.41.

Tabla 3.41. Resultados de la simulación en AcSol con aislamiento.

Resultados de la simulación final en AcSol	
Demanda de ACS [kWh]	62113
Pérdidas en la tubería del campo solar [kWh]	514
Pérdidas en las tuberías del secundario [kWh]	617
Pérdidas del acumulador solar [kWh]	1234
Pérdidas en la distribución [kWh]	6205
Pérdidas en la recirculación [kWh]	2487
Demanda total [kWh]	73170
Fracción solar	0.8125
Energía cedida por los captadores [kWh]	59314
Energía cedida sistema auxiliar [kWh]	13305
Rendimiento del circuito primario	0.436
Horas en sobrecalentamiento anual (Tcol.>110 [°C])	16
Emisiones de CO₂ evitadas [Toneladas]	22.85

(Fuente: Propia).

En la tabla 3.40 que muestra los resultados sin aislamiento de tubería, se observa que la demanda energética total es de 154252 [kWh]. Mientras que, en la tabla 3.42 que muestra los resultados con el aislamiento seleccionado a partir de la norma CTE, la demanda energética total es de 73170 [kWh]. Con lo que, se corrobora la gran importancia del aislamiento térmico de una instalación de este tipo. Ya que las pérdidas energéticas que son muy apreciables, a tal punto que representan aproximadamente la mitad de la demanda energética de esta instalación, cuando no se la aísla adecuadamente.

3.6. Control de la instalación

El sistema de control se encarga del encendido y apagado de las bombas en el sistema primario y secundario. Además del control de paso del fluido en ambos circuitos. Se encarga, también, de encender y apagar el sistema de control ya existente en la instalación. Logrando manejar el circuito terciario, según se presente la demanda de ACS.

Tabla 3.42. Elementos de inmersos en el control de la instalación

Elementos de control
Termocupla tipo J
Control de temperatura
Control de temperatura diferencial
PLC

(Fuente: Propia).

Los elementos necesarios para el sistema de control de la instalación solar térmica constan de los indicados en la tabla 3.42. Estos elementos garantizan el correcto funcionamiento del sistema solar térmico a la vez que permiten realizar los mantenimientos necesarios sin la necesidad de cortar el suministro de ACS a los departamentos. En la figura 3.20 se aprecia el sistema de control en el sistema de ACS solar (véase plano 2). Incluyendo el actual sistema de control para la instalación auxiliar centralizada de GLP, que debe ser controlada por el nuevo sistema de control mediante el PLC.

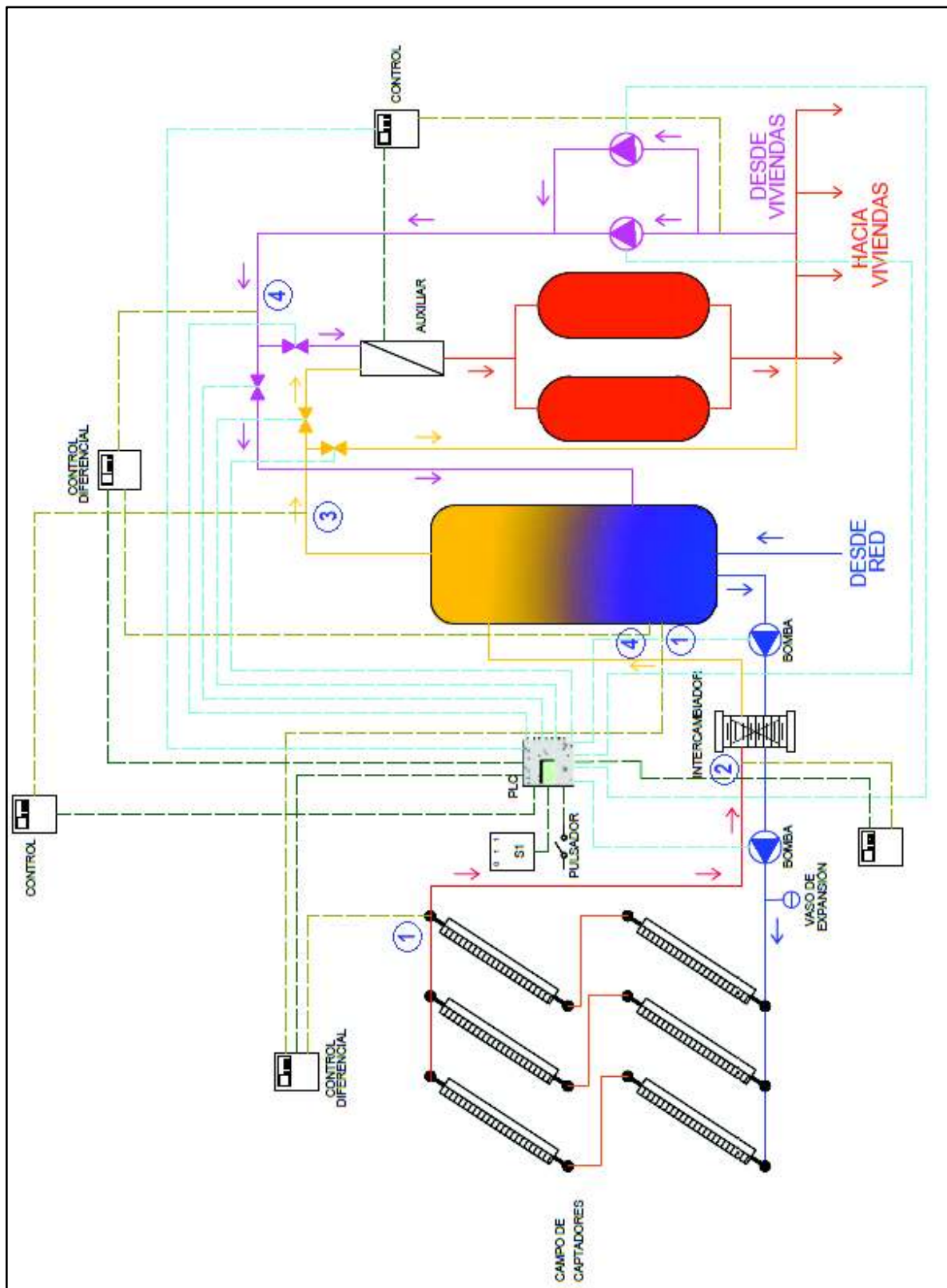


Figura 3.20. Esquema instalación solar y control.
(Fuente: Propia)

3.6.1. Funcionamiento del sistema de control

El diagrama de flujo del PLC se encuentra en el anexo VI. Este diagrama muestra el funcionamiento del control de la instalación solar térmica. Cuenta con tres retardos, uno de 5 [s] para el encendido del control auxiliar, otro de 10 [s] para la apertura de la electroválvula del sistema auxiliar y un último de 10 [s] para la bomba del circuito primario. Estos retardos sirven para evitar señales falsas, como puede ser una mala lectura que se autocorrije al pasar unos segundos. Cuenta con un control horario que enciende a las 04h00 y apaga a las 01h00 el sistema solar térmico por recomendación de la empresa que cotizo el sistema de control ya que se estima que no se presente demanda de ACS en este intervalo de tiempo. El sistema de control cuenta además con un selector de tres opciones:

- Automático (OFF): permite el funcionamiento simultáneo del sistema auxiliar y solar dependiendo de las condiciones de consumo y meteorológicas.
- Solar (ON 1): permite el funcionamiento solamente del sistema solar térmico, es decir cierra el circuito al sistema auxiliar.
- Auxiliar (ON 2): permite el funcionamiento solamente del sistema auxiliar, es decir cierra el circuito al sistema solar térmico.

El selector permite realizar los mantenimientos pertinentes, manteniendo siempre el suministro de ACS al edificio.

Además, cuenta con un pulsador, que permite la selección de la bomba que se requiere que trabaje en la recirculación, que es controlada por el control auxiliar ya existente en la instalación.

El paso de agua está controlado por 4 electroválvulas, dos en el retorno para desviar el paso hacia el acumulador solar o hacia el sistema auxiliar. Si el agua de retorno es de mayor temperatura que la del acumulador solar, las electroválvulas permiten el paso hacia el sistema auxiliar. Este, a su vez permite el paso directo debido a la alta temperatura del agua. Si el agua de retorno tiene menor temperatura que el acumulador solar, se permite el paso hacia el acumulador para aumentar su temperatura.

Dos electroválvulas más se utilizan para el bypass solar, que permite que el sistema solar térmico supla la demanda de ACS del edificio en su totalidad. Esto sucede cuando la temperatura en la salida del sistema solar térmico alcanza la temperatura necesaria para el abastecimiento al edificio. Además, se las utiliza también con el selector para cerrar el circuito.

Las diferencias de temperatura para el control de las electroválvulas, se obtienen en las pruebas subsecuentes a la instalación del sistema de control en el proyecto,

3.6.1.1. Sensor de temperatura

Para las mediciones de temperatura se utilizan termocuplas. Debido al rango de temperaturas en los que trabaja el fluido, existen varios tipos de termocuplas. Para su selección se toman en cuenta, el costo, la disponibilidad y que cumpla con los parámetros técnicos necesarios.

Son necesarias seis termocuplas, para los diferentes puntos de control (véase figura 3.20).

1. La termocupla debe medir temperaturas en el acumulador solar y en el campo de captadores solares. esto con el fin de que la diferencia de temperaturas entres estos sea la mínima. de tal forma que se aproveche la energía captada. Además, una termocupla en la entrada del intercambiador en el circuito primario. esto con el fin de precalentar el circuito antes de que comience el proceso de intercambio de energía por medio del intercambiador de calor. Este control es necesario para que el sistema aporte energía desde el circuito primario hacia el secundario y no viceversa.
2. De igual manera, la bomba debe contar con un encendido y apagado, dependiente de la temperatura de la distribución a la entrada del intercambiador en la parte del circuito primario, De tal forma que se debe medir en ese punto la temperatura.
3. Es necesaria una termocupla para el control de las electroválvulas en el bypass solar.
4. Son necesarias dos termocuplas. Una para el acumulador solar y otra para censar la temperatura de retorno del anillo. Para el control de las electroválvulas de paso al sistema auxiliar o al sistema solar.

3.6.1.2. Control de temperatura diferencial

Este se encarga de recibir las señales que provienen desde los captadores y el acumulador solar y transformarla en una señal de salida de relé. El control de temperatura diferencial permite establecer una diferencia de temperaturas mínima en la que envía la señal de salida hacia el PLC. De igual manera, es necesario un control de temperatura para el diferencial entre la temperatura, en el acumulador y en la tubería de retorno del anillo para el control de las electroválvulas de paso hacia el sistema solar o auxiliar mediante el PLC.

3.6.1.3. Control de temperatura

A diferencia del control de temperatura diferencial, este utiliza solamente una señal de entrada que permite el control de apagado o encendido directamente. A pesar de que

cuenta con salidas de amperaje y relé, se utiliza únicamente la de pulso para por medio del PLC controlar la bomba del primario y las electroválvulas del bypass solar.

3.6.2. Selección de elementos del sistema de control.

La selección de los elementos del sistema de control se realiza de acuerdo a la tabla 3.43. Donde los criterios más importantes son: costo, calidad, disponibilidad y características.

Tabla 3.43. Selección de elementos del sistema de control.

Selección de elementos del sistema de control		
Elemento	Marca/Modelo	Razón de selección
Termocupla	Tipo J	Debido a su conveniente costo y temperatura adecuada de trabajo
Control de temperatura diferencial	TR0201	Se selecciona por recomendación de la empresa que cotiza el sistema de control. Debido a que está diseñado para trabajar en sistemas solares y por su señal de salida necesaria para el control.
Control de temperatura	L480D-RPR	Debido a su costo conveniente. y disponibilidad en el mercado
PLC	Siemens LOGO!230RCE	Se selecciona por su voltaje, calidad, disponibilidad, facilidad de programación y diseño (véase anexo IV).
Selector	Siemens 3LD2264OTB53	Disponibilidad en el mercado
Pulsador	Común	Disponibilidad en el mercado

(Fuente: Propia)

3.7. Estudio financiero

A continuación, se indicará un estudio de los costos que llegaría a tener la implementación de una instalación solar térmica en el edificio Kitzia, así como también su viabilidad y la tasa interna de retorno de la inversión.

Este estudio se lo realiza una vez que se ha obtenido la fracción solar deseada, tomando en cuenta 4 módulos de la instalación solar térmica los cuales se describen a continuación en las tablas 3.44 hasta la tabla 3.48 con sus respectivos valores, obtenidos de diversas fuentes (véase anexo VII). (Manual Termicol, 2017)

Tabla 3.44. Costos de los elementos del circuito primario.

Elemento	Especificación	Cantidad	Precio unitario	Total
Colectores solares planos.	T20MS	40	\$ 832.08	\$ 33,283.20
Intercambiador de calor.	AN52-60H	1	\$ 422.16	\$ 422.16
Bomba del sistema primario.	UPS 26 99 FC	1	\$ 905.50	\$ 905.50
Vaso de expansión	Termicol 100 litros	1	\$ 1,021.74	\$ 1,021.74
Tubería del sistema primario.	Diámetro de 20 (mm)	41	\$ 5.00	\$ 205.00
	Diámetro de 25 (mm)	23	\$ 6.00	\$ 138.00
Válvula de seguridad.	Válvula de seguridad para Energía Solar 3178	5	\$ 50.00	\$ 250.00
Válvulas de equilibrado.	Válvula de equilibrado estático 3076	5	\$ 80.00	\$ 400.00
Aditivo anticorrosivo.	VpCI 649 [Gls.USA]	2	\$ 50.00	\$ 100.00
Aislante térmico	Espuma elastomerica IT-FLEX C1-C1R [m]	64	\$ 3.50	\$ 224.00
Total				\$ 36,848.10

(Fuente: Propia)

Tabla 3.45. Costos de los elementos del circuito secundario.

Elemento	Especificación	Cantidad	Precio unitario	Total
Tanques de acumulación.	MXV3000RB	1	\$ 5,474.00	\$ 5,474.00
Bomba del secundario.	UP 15 42 BUC5	1	\$ 905.50	\$ 905.50
Vaso de expansión	Termicol 80 [litros]	1	\$ 375.00	\$ 375.00
Tubería del secundario.	Diámetro de 25 (mm)	15	\$ 6.00	\$ 120.00
Aislante térmico	Espuma elastomerica IT-FLEX C1-C1R [m]	15	\$ 3.00	\$ 45.00
Total				\$ 6,944.50

(Fuente: Propia)

Tabla 3.46. Costos de la estructura para el campo de captadores.

Elemento	Especificación	Cantidad	Precio unitario	Total
Columnas metálicas.	Acero A36	4	\$ 80.00	\$ 320.00
Vigas metálicas.	Acero A36	10	\$ 60.00	\$ 600.00
Pasantes metálicos.	Acero A36	4	\$ 60.00	\$ 240.00
Mano de obra.	Especializada	-	-	\$ 1,100.00
Total				\$ 2260.00

(Fuente: Propia)

Tabla 3.47. Costo del sistema de control.

Elemento	Especificación	Cantidad	Precio unitario	Total
Termocuplas	Tipo J	6	\$ 37.33	\$ 224.00
Controlador diferencial de temperatura TR0201	TR0201	2	\$ 190.40	\$ 380.80
PLC Siemens Logo	Siemens Logo	1	\$ 201.60	\$ 201.60
Selector Siemens	Siemens			
3LD2264OTB53	3LD2264OTB53	1	\$ 16.80	\$ 16.80
Pulsador		1	\$ 2.24	\$ 2.24
Control de temperatura L480D-RPR	L480D-RPR	1	\$ 134.40	\$ 134.40
Electroválvulas		4	\$ 25.00	\$ 100.00
Caja gabinete de control		1	\$ 280.00	\$ 280.00
Herraje de instalación		1	\$ 268.80	\$ 268.80
Pruebas de funcionamiento		1	\$ 452.59	\$ 452.59
Montaje		1	\$ 503.46	\$ 503.46
Diseño		1	\$ 512.93	\$ 512.93
Total				\$ 3,077.62

(Fuente: Propia).

Tabla 3.48. Costo total de la instalación.

Costo total de la instalación	
Módulo del sistema primario	\$ 36,848.10
Módulo del sistema secundario	\$ 6,944.50
Módulo de anclaje	\$ 2,260.00
Módulo de control	\$ 3,077.62
Subtotal	\$ 49,130.22
Costo montaje (15%)	\$ 7,369.53
Costo diseño (15%)	\$ 7,369.53
Utilidad (15%)	\$ 7,369.53
Total	\$ 71,238.82

(Fuente: Propia)

Para determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto se analizan los indicadores VAN, TIR y punto de equilibrio. Además, se obtiene el costo de la instalación por metro cuadrado, el cual da una referencia de la viabilidad de un proyecto.

$$Relación = \frac{\text{costo de la instalación}}{\text{Área de captación}}$$

$$Relación = \frac{71303.34[\$]}{74.8 [m^2]} = 953.25$$

La comunidad de propietarios canceló \$ 250.17 entra las fechas del 24 de diciembre de 2017 al 24 de enero de 2018, tomando en cuenta que el costo del kg de GLP subsidiado

se encuentra a \$ 0.10, se ha determinado que la empresa comercializadora cobra \$ 0.15 por cada kg como se indica en la tabla 3.49, obteniéndose el valor \$ 250.17 mencionado.

Tabla 3.49. Valor del servicio de ACS mensual con subsidio.

GLP (Kg)	Costo del GLP con subsidio	Costos de comercialización (Kg)	Total
1000.67	\$ 0.1	\$ 0.15	\$ 250.17

(Fuente: Propia)

Para este estudio económico se tomará en cuenta el precio del GLP sin subsidio, el cual es de \$ 0.80 (EP PETROECUADOR, 2018), con lo cual se tendría que cancelar aproximadamente \$ 950.72 como se indica en la tabla 3.50 (refiérase al anexo IX).

Tabla 3.50. Valor del servicio de ACS mensual sin subsidio.

GLP (Kg)	Costo del GLP sin subsidio	Costos de comercialización (Kg)	Total
1000.76	\$ 0.80	\$ 0.15	\$ 950.72

(Fuente: Propia)

La instalación solar térmica tendrá una fracción solar térmica de 88 % lo que quiere decir que el edificio tendrá una dependencia del sistema auxiliar del 12 %. Con estos datos se procede a calcular el valor que la instalación solar térmica tendrá como ahorro cada mes por los siguientes 20 años, el cual es el periodo de tiempo que se recomienda hacer el estudio económico para una instalación solar térmica. Sin embargo, la fracción solar que suministrara a lo largo de estos 20 años se espera que disminuya. Con la ayuda del programa computacional SAM se ha obtenido los valores de suministro de energía solar a lo largo de 20 años.

Aunque la energía solar no tiene ningún costo, se debe tener en cuenta los gastos de mantenimiento de la instalación el cual se espera que sea de \$ 100 anuales, el consumo de energía eléctrica de las bombas de la instalación solar térmica como se detalla en la tabla 3.51.

Tabla 3.51. Gasto anual de la instalación solar térmica.

Descripción	kW-h	Costo del [kW-h]	Total
Consumo de la bomba del circuito primario	506	\$ 0.09	\$ 45.54
Consumo de la bomba del circuito secundario	240	\$ 0.09	\$ 21.60
Consumo de la bomba de recirculación	1438	\$ 0.09	\$ 129.42
Mantenimiento de la instalación anualmente	-	-	\$ 100.00
Total	746		\$ 296.56

(Fuente: Propia)

Una vez realizadas estas consideraciones se procede a determinar el flujo de caja que tendrá la instalación solar térmica en el edificio Kitzia, a lo largo de 20 años como se muestra en la tabla 3.52. Debido a que el software SAM permite obtener la degradación de una instalación solar térmica a través del tiempo, se procedió a ingresar la fracción solar definitiva de 81 %, con el objetivo de obtener una degradación de dicho valor en los próximos 20 años.

Tabla 3.52. Flujo de caja de la instalación solar térmica.

Años	Demanda de ACS en SAM [kW-h]	Energía solar SAM [kW-h]	Fracción solar	Valor total a pagar mensual de GLP	Flujo de ingresos anual	Flujo de egresos anual	Flujo de caja anual
1	57210.1	46488.5	0.813	\$ 950.72	\$ 9,270.58	\$ 296.56	\$ 8,974.02
2	57210.1	46023.6	0.804	\$ 950.72	\$ 9,177.87	\$ 296.56	\$ 8,881.31
3	57210.1	45563.4	0.796	\$ 950.72	\$ 9,086.10	\$ 296.56	\$ 8,789.54
4	57210.1	45107.8	0.788	\$ 950.72	\$ 8,995.24	\$ 296.56	\$ 8,698.68
5	57210.1	44656.7	0.781	\$ 950.72	\$ 8,905.28	\$ 296.56	\$ 8,608.72
6	57210.1	44210.1	0.773	\$ 950.72	\$ 8,816.23	\$ 296.56	\$ 8,519.67
7	57210.1	43768.0	0.765	\$ 950.72	\$ 8,728.06	\$ 296.56	\$ 8,431.50
8	57210.1	43330.3	0.757	\$ 950.72	\$ 8,640.78	\$ 296.56	\$ 8,344.22
9	57210.1	42897.0	0.750	\$ 950.72	\$ 8,554.37	\$ 296.56	\$ 8,257.81
10	57210.1	42468.1	0.742	\$ 950.72	\$ 8,468.84	\$ 296.56	\$ 8,172.28
11	57210.1	42043.4	0.735	\$ 950.72	\$ 8,384.15	\$ 296.56	\$ 8,087.59
12	57210.1	41622.9	0.728	\$ 950.72	\$ 8,300.29	\$ 296.56	\$ 8,003.73
13	57210.1	41206.7	0.720	\$ 950.72	\$ 8,217.30	\$ 296.56	\$ 7,920.74
14	57210.1	40794.7	0.713	\$ 950.72	\$ 8,135.14	\$ 296.56	\$ 7,838.58
15	57210.1	40386.7	0.706	\$ 950.72	\$ 8,053.78	\$ 296.56	\$ 7,757.22
16	57210.1	39982.8	0.699	\$ 950.72	\$ 7,973.23	\$ 296.56	\$ 7,676.67
17	57210.1	39583.0	0.692	\$ 950.72	\$ 7,893.50	\$ 296.56	\$ 7,596.94
18	57210.1	39187.2	0.685	\$ 950.72	\$ 7,814.58	\$ 296.56	\$ 7,518.02
19	57210.1	38795.3	0.678	\$ 950.72	\$ 7,736.42	\$ 296.56	\$ 7,439.86
20	57210.1	38407.4	0.671	\$ 950.72	\$ 7,659.07	\$ 296.56	\$ 7,362.51
Total	1144202	846523.6	-	\$ 19,014.40	\$ 168,810.80	\$ 5,931.20	\$ 162,879.60

(Fuente: Propia)

Una vez obtenido el flujo de caja anual por los siguientes 20 años y tomando en cuenta la inversión para la instalación solar térmica que es de \$ 71238.82, se procede a determinar el VAN, TIR y el punto de equilibrio de la instalación, considerando una inflación promedio de los años 2015,2016 y 2017 de 2%. (Banco Central del Ecuador, 2017)

Tabla 3.53. Valores del VAN, TIR y punto de equilibrio para el proyecto de la instalación solar térmica.

Evaluación del proyecto	
VAN	62,838.44
TIR	10%
Punto de equilibrio	9 años y 1 mes

(Fuente: Propia)

Dado que se obtiene un valor positivo del VAN, y se tiene un TIR del 10% como se detalla en la tabla 3.53, se concluye que el proyecto es económicamente viable.

Sin embargo, los valores anteriores son referenciales, por lo que, se ha realizado una estimación de la variación de estos. Como se puede apreciar en la tabla 3.54, se ha tomado una variación de 10, 20, 30, y 40 %. En todos los valores porcentuales extras mencionados, el proyecto es viable pero con un TIR cada vez menor.

Tabla 3.54. Valores esperados del VAN y TIR para diferentes porcentajes adicionales de la instalación.

% Adicional	Valor total	VAN	TIR	Punto de equilibrio
0	71238.82	\$ 62,838.44	10%	9 años y 1 mes
10	78369.15	\$ 55,708.11	9%	10 años y 2 meses
20	85499.49	\$ 48,577.77	7%	11 años y 4 meses
30	92629.82	\$ 41,447.44	6%	12 años y 5 meses
40	99760.16	\$ 34,317.10	5%	13 años y 7 meses

(Fuente: Propia)

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

En base a los estudios técnicos y económicos, para acoplar un sistema solar térmico al sistema convencional de obtención de ACS realizados en el edificio Kitzia se concluye que, es sostenible acoplar dicho sistema cubriendo una fracción solar de 81 % y una tasa de retorno de la inversión (TIR) del 10%.

Se ha determinado un perfil de consumo horario y diario de ACS en el edificio Kitzia por medio de mediciones, el cual permite realizar un dimensionamiento de la instalación solar térmica basado en la demanda real y así cumplir de mejor manera con los requerimientos de ACS para el edificio, contribuyendo así también con estos perfiles de consumo para estudios futuros.

Dichos perfiles de consumo locales indican una diferencia positiva del 60.2 % respecto a perfiles estandarizados para Europa, lo que implica que el diseño realizado en este documento debe adecuarse a condiciones locales tanto en consumo cuanto en costos, ya que ambos parámetros presentan grandes diferencias respecto a estudios ya realizados para Europa.

El presente estudio que ha sido realizado por medio de una simulación concluyente en el programa computacional AcSol, se determinó que la energía solar generada es de 59314 [kWh], dejando así un requerimiento de energía de 13305 [kWh] para el sistema auxiliar.

Por medio de la parametrización en el programa computacional SAM se determinó una dirección de N54.37°E para el ángulo de azimut y una inclinación de 10° para los colectores solares en el edificio Kitzia, mientras que con el programa computacional AcSol se determinó que el mejor conexionado de colectores es dos baterías de colectores en serie y un espaciamiento de 0.6 [m] entre filas de captadores.

El edificio Kitzia cuenta con un área aproximada de 136 [m²] disponibles, y un área de captación de 74.8 [m²] referente a la apertura del colector solar, que cubre una fracción solar del 81 %, sin afectar las áreas comunales del edificio. Sin embargo, un área captación representativa en aumento de fracción solar sería de 112.2 [m²] que la mejoraría en un poco más de 9 %, con un aumento aproximado del costo de la instalación del 40 %.

En base al estudio realizado y con la ayuda de las simulaciones obtenidas se han seleccionado los elementos, y se han generado planos de la instalación solar térmica acoplada al sistema convencional de producción de ACS, lo cual servirá como una guía para profesionales dedicados a proyectos que incluyan energía solar térmica para edificios existentes y nuevas instalaciones.

4.2. Trabajos futuros

Se recomienda realizar un análisis del ahorro que representa en el Ecuador la energía solar, para sistemas de ACS frente a sistemas convencionales de resistencias eléctricas, como duchas eléctricas domésticas.

Es aconsejable realizar un estudio similar, con el uso de colectores solares de tubos de vacío. Para comparar los resultados tanto técnicos, cuanto económicos en la realidad tecnológica del Ecuador.

Se recomienda desarrollar softwares de simulación guiado a las condiciones meteorológicas de Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayompe, L., Duffy, A., McCormack, S., & Conlon, M. (2011). Validated TRNSYS model for forced circulation solar water heating systems with flat plate and heat pipe evacuated tube collectors, 1536-1542.
- Banco Central del Ecuador. (2017). Ecuador: Reporte Mensual de inflación. Recuperado de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Notas/Inflacion/inf201712.pdf>
- Castro, M. (2011). Hacia una matriz energética diversificada en Ecuador. Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental.
- Constante, J., & Palacios, C. (2014). El recurso solar para generación de energía. Abya-Yala.
- DiOrio, N., Christensen, C., Burch, J., & Dobos, A. (2014). Technical Manual for the SAM Solar Water Heating Model.
- Duffie, J., & Beckman, W. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes* (Cuarta). Estados Unidos, New Jersey: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- EP PETROECUADOR. (2018). Precios de venta a nivel de terminal para las comercializadoras calificadas y autorizadas a nivel nacional. Recuperado de <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/ESTRUCTURA-DE-PRECIOS-MAYO-2018-MENSUAL-SNI-31-MAYO-AL-06-JUNIO-2018.pdf>
- Evans, J., & Schiller, S. (2013). Promoción de Eficiencia Energética y Uso de Energía Solar en Vivienda del Ecuador. INER.
- Global Solar Atlas. (2018). Solar Measurement Sites. Recuperado de <http://globalsolaratlas.info/>

- Granda, S. (2017). Subsidios a los hidrocarburos en Ecuador. Universidad Central del Ecuador.
- IDAE. (2006). Manual de Energía Renovable, Energía Solar Térmica.
- Kalogirou, S. (2013). *Solar Energy Engineering Processes and Systems* (2.ª ed.). Academic Press.
- Martínez, J. (2010). Sistemas solares térmicos II: Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria. Maval Ltda. Recuperado de <http://www.programasolar.cl/images/pdfs/MANUAL/gua%20de%20diseo%20y%20montaje%20de%20sst%20para%20acs.pdf>
- Mejía, O., & Yépez, V. (2011). Diseño de una planta de producción de sistemas solares térmicos para la empresa ENYATEC CIA. LTDA. Escuela Politécnica Nacional.
- MICSE. (2016). Balance Energético Nacional.
- Molina, J. (2016). Calentador solar de agua de tubos al vacío. Recuperado de <http://alternativarenovable.blogspot.com/2016/12/calentador-solar-de-agua-de-tubos-al.html>
- NEC. (2010). Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- Peñaherrera, F., & Sarzosa, H. (2012). Instalación de colectores solares planos para calentamiento de agua en la facultad de ingeniería mecánica y levantamiento del potencial energético para la instalación a gran escala. Escuela Politécnica Nacional.
- Peuser, F., Remmers, K.-H., & Schnauss, M. (2002). *Sistemas Solares Térmicos* (Primera). Berlin, Alemania: Solarpraxis.
- Santamarta, J. (2004). Las energías renovables son el futuro. Recuperado de <https://www.nodo50.org/worldwatch/ww/pdf/Renovables.pdf>
- Schlager, N., & Weisblatt, J. (Eds.). (2006). *Alternative Energy*. Farmington Hills: Thomson Gale.
- Sopelia. (2017). Colector solar plano. Recuperado de <http://www.energiasolar.lat/colector-solar-plano/>


Tapia, S., & Del Rio, J. (2009). Concentrador parabólico compuesto: un descripción opto-geométrica. Universidad Nacional Autónoma de México.

Weatherbase. (2018). Monthly Weather Averages Summary. Recuperado de <http://www.weatherbase.com/weather/weather.php3?s=17048&cityname=Quito-Ecuador>

ANEXOS


Anexo I. Figuras

Método f-Chart.

Centro Integrado de FP Superior de Energías Renovables © Miguel Ángel Hernández Cruz 2004		Cálculo de instalaciones solares térmicas en edificios Método F-Chart		 Gobierno de Navarra Departamento de Educación
Localización: <input type="text" value="GUITO"/> Latitud (°): <input type="text" value="-6.78"/>				
Datos de la superficie captadora:				
Orientación: <input type="text" value="90"/>		Inclinación: <input type="text" value="10"/>		albedo: <input type="text" value="0.2"/>
(0=sur, 90=este, -90=este)		(0=horizontal, 90=vertical)		(0,1=mar, 0,2=terreno normal, 0,4=pradera, 0,9=nieve)

(en color azul figuran los datos que se pueden modificar)

SAM pestaña de resultados y gráficas (NREL, 2018)



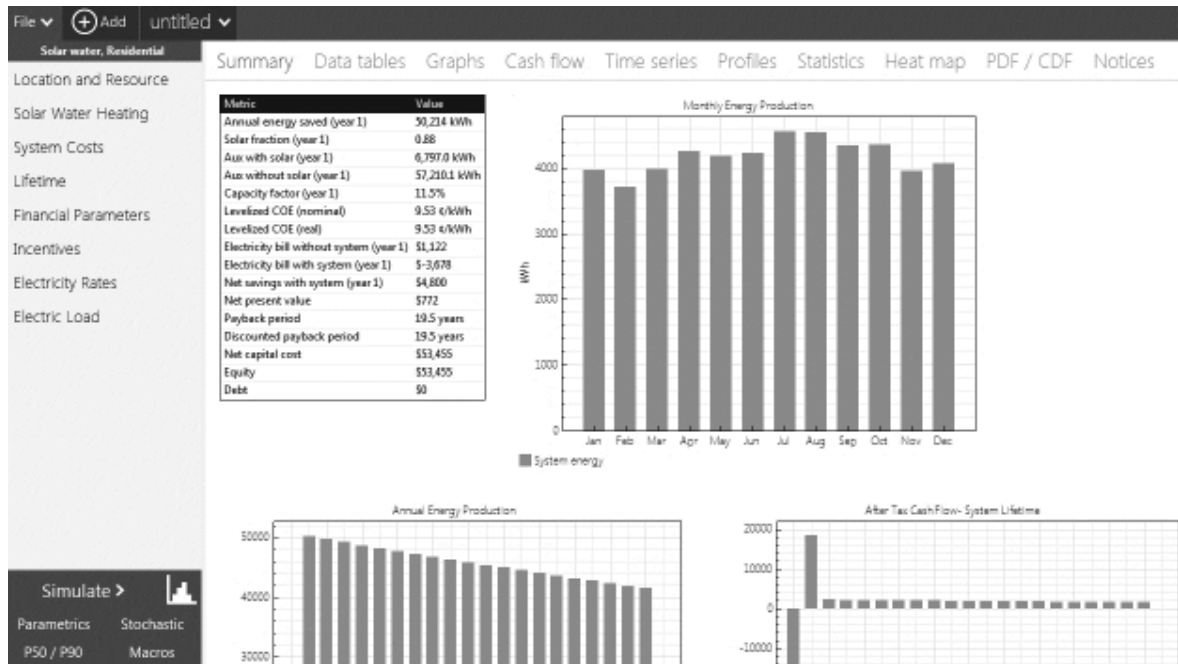
The screenshot shows the SAM software interface with the following sections:

- Download a weather file from the NREL NSRDB:** Includes a "Download..." button and instructions to click "Download" and type a street address or latitude and longitude.
- Choose a weather file from the solar resource library:** Includes a search box and a table of weather files.
- Table of weather files:**

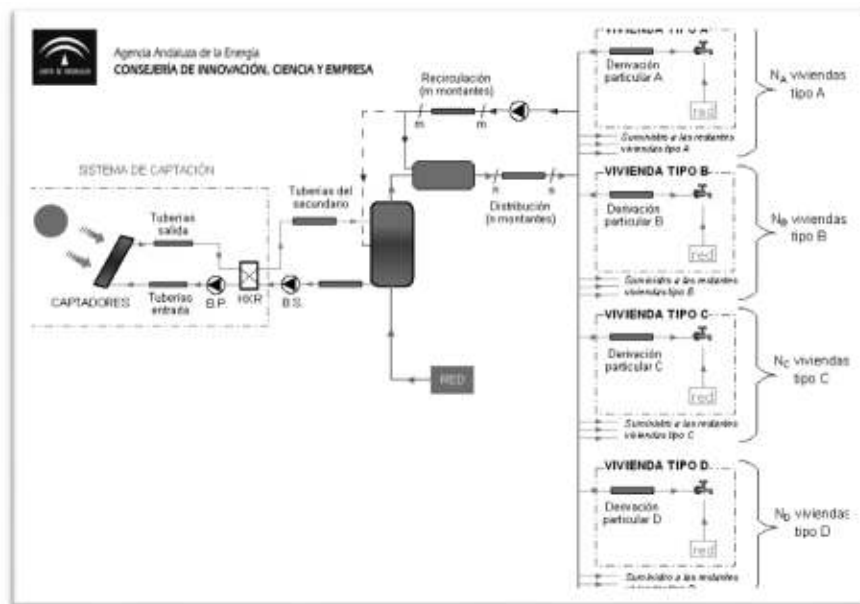
Name	Station ID	Latitude	Longitude	Time zone	Elevation
Uzbekistan UZB Tashkent (INTL)	384570	41.27	69.27	5	438
Zimbabwe ZWE Harare (INTL)	677750	-17.92	31.13	2	1503
lat-0.200647_jon-78.50000_2014	1087438	-0.19	-78.5	-5	2810
lat-0.20000_jon-78.50000_2014	1087438	-0.19	-78.5	-5	2810
lat-0.20647_jon-78.48896_2014	1087438	-0.19	-78.5	-5	2810
- City/State/Country fields:** City: [], State: [], Country: [].
- Time zone/Elevation/Station ID fields:** Time zone: GMT -5, Elevation: 2810 m, Station ID: 1087438.
- Data file path:** C:\Users\DELL\SAM Downloaded Weather Files\lat-0.20647_jon-78.48896_2014.csv
- Annual Weather Data Summary:**

Global horizontal	5.26 kWh/m ² /day	Average temperature	14.9 °C
Direct normal (beam)	4.56 kWh/m ² /day	Average wind speed	2.0 m/s
Diffuse horizontal	2.22 kWh/m ² /day		
- Tools:** View data..., Refresh library, Folder settings..., Open library folder...

SAM pestaña de gráficas. (NREL, 2018)



Esquema de los 4 tipos de viviendas en una instalación todo centralizado. (Manual AcSol 2.5.1, 2017)



Hoja de cálculo del método f-chart.

<p>Centro Integrado de FP Superior de Energías Renovables</p> <p>© Miguel Ángel Hernández Cruz 2004</p>		<p>Cálculo de instalaciones solares térmicas en edificios</p> <p>Método F-Chart</p>		<p>Gobierno de Navarra Departamento de Educación</p>																																																																																												
Localización	Orlito		Latitud (°)	0.76																																																																																												
<p>Datos de la superficie captadora</p> <p>Orientación= -90 (0=sur, 90=norte, -90=este)</p> <p>Inclinación= 10 (0=horizontal, 90=vertical)</p> <p>albedo= 0.2 (0,1=mar, 0,2=terreno normal, 0,4=pradera, 0,9=nieve)</p>																																																																																																
<p>Datos clima</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>enero</th> <th>febrero</th> <th>marzo</th> <th>abril</th> <th>mayo</th> <th>juno</th> <th>julio</th> <th>agosto</th> <th>sept</th> <th>oct</th> <th>nov</th> <th>dic</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rad G-Hor (Wh/m².dia)</td> <td>5380</td> <td>5621</td> <td>4746</td> <td>4824</td> <td>4999</td> <td>5060</td> <td>5563</td> <td>5769</td> <td>5596</td> <td>5394</td> <td>5019</td> <td>4816</td> </tr> <tr> <td>T^o ambiente (°C)</td> <td>16.3</td> <td>16.3</td> <td>16.2</td> <td>16.6</td> <td>16.5</td> <td>16.2</td> <td>15.4</td> <td>15.9</td> <td>16.1</td> <td>16.1</td> <td>16.3</td> <td>16.0</td> </tr> <tr> <td>T^o med máxima (°C)</td> <td>22.8</td> <td>22.8</td> <td>22.7</td> <td>23.1</td> <td>23.0</td> <td>22.7</td> <td>23.9</td> <td>22.4</td> <td>22.6</td> <td>22.6</td> <td>22.8</td> <td>22.5</td> </tr> <tr> <td>T^o med mínima (°C)</td> <td>9.8</td> <td>9.8</td> <td>9.7</td> <td>10.1</td> <td>10.0</td> <td>9.7</td> <td>8.9</td> <td>9.4</td> <td>9.6</td> <td>9.6</td> <td>9.6</td> <td>9.5</td> </tr> <tr> <td>T^o ambiente máxima horas de sol (°C)</td> <td>18.9</td> <td>19.9</td> <td>19.8</td> <td>20.2</td> <td>20.1</td> <td>19.8</td> <td>19.0</td> <td>19.5</td> <td>19.7</td> <td>19.7</td> <td>19.9</td> <td>19.6</td> </tr> <tr> <td>H^o horas sol (h)</td> <td>17</td> <td>17</td> <td>17</td> <td>17</td> <td>17</td> <td>17</td> <td>17</td> <td>17</td> <td>17</td> <td>17</td> <td>17</td> <td>17</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>(en color azul figuran los datos que se pueden modificar)</i></p>							enero	febrero	marzo	abril	mayo	juno	julio	agosto	sept	oct	nov	dic	Rad G-Hor (Wh/m ² .dia)	5380	5621	4746	4824	4999	5060	5563	5769	5596	5394	5019	4816	T ^o ambiente (°C)	16.3	16.3	16.2	16.6	16.5	16.2	15.4	15.9	16.1	16.1	16.3	16.0	T ^o med máxima (°C)	22.8	22.8	22.7	23.1	23.0	22.7	23.9	22.4	22.6	22.6	22.8	22.5	T ^o med mínima (°C)	9.8	9.8	9.7	10.1	10.0	9.7	8.9	9.4	9.6	9.6	9.6	9.5	T ^o ambiente máxima horas de sol (°C)	18.9	19.9	19.8	20.2	20.1	19.8	19.0	19.5	19.7	19.7	19.9	19.6	H ^o horas sol (h)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	juno	julio	agosto	sept	oct	nov	dic																																																																																				
Rad G-Hor (Wh/m ² .dia)	5380	5621	4746	4824	4999	5060	5563	5769	5596	5394	5019	4816																																																																																				
T ^o ambiente (°C)	16.3	16.3	16.2	16.6	16.5	16.2	15.4	15.9	16.1	16.1	16.3	16.0																																																																																				
T ^o med máxima (°C)	22.8	22.8	22.7	23.1	23.0	22.7	23.9	22.4	22.6	22.6	22.8	22.5																																																																																				
T ^o med mínima (°C)	9.8	9.8	9.7	10.1	10.0	9.7	8.9	9.4	9.6	9.6	9.6	9.5																																																																																				
T ^o ambiente máxima horas de sol (°C)	18.9	19.9	19.8	20.2	20.1	19.8	19.0	19.5	19.7	19.7	19.9	19.6																																																																																				
H ^o horas sol (h)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17																																																																																				

Datos meteorológicos de la ubicación de la instalación.

51	VALDEVA	2011.11	3444.44	4109.88	2507.78	4333.33	4075.55	3611.11	4790.40	4638.88	3200.50	2440.01	4031.53	8.88	4.68	11.56	15.16
52	VALLESOLO	1527.78	3444.44	3811.11	4777.78	4333.33	4075.55	4402.22	4340.40	3682.22	3111.11	1695.01	1988.87	5.88	4.68	8.88	16.16
53	VALLEVA	1988.88	4033.33	3688.88	3527.78	4388.88	4638.88	4402.22	4361.11	3838.88	2580.50	1688.01	4277.78	8.88	7.88	8.88	11.16
54	VALLEVA	1988.88	4033.33	3688.88	4388.88	4638.88	4402.22	4361.11	4277.78	3680.50	1688.01	4277.78	8.88	4.68	8.88	16.16	
55	VALLESOLO	2011.11	3444.44	4109.88	2507.78	4333.33	4075.55	3611.11	4790.40	4638.88	3200.50	2440.01	4031.53	8.88	4.68	11.56	15.16
56	VALLESOLO	2011.11	3444.44	4109.88	2507.78	4333.33	4075.55	3611.11	4790.40	4638.88	3200.50	2440.01	4031.53	8.88	4.68	11.56	15.16
57	SUM	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00

Fracción solar f-chart

RESUMEN RESULTADOS INSTALACIÓN DE CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS	
Energía anual cubierta por captadores (kWh/año)	65,310 (kWh/año)
Energía no cubierta por captadores (kWh/año)	18,311 (kWh/año)
Porcentaje cubierto por los captadores	78.1%
Rendimiento medio de los captadores	47%

Sombras producidas en dirección N54°E y ángulo de inclinación de 13°.
(Fuente: Resultados SAM)

Time series analysis Diffuse analysis Diffuse shading: Subarray 1, String 1: 1.38%

Shade Loss (%): 0=no shade, 100=fully shaded

2am	3am	4am	5am	6am	7am	8am	9am	10am	11am	12pm	1pm	2pm	3pm	4pm	5pm	6pm	7pm
100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.906234	100	100
100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0334289	4.52459	100	100
100	100	100	100	91.413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.41874	11.7345	100	100
100	100	100	100	65.1572	0	0	0	0	0	0	0	0	0.122477	3.24209	19.5302	100	100
100	100	100	100	95.378	0	0	0	0	0	0	0	0	0.190737	3.74471	20.2814	100	100
100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0645086	2.86947	16.2374	100	100
100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.70438	12.8926	100	100
100	100	100	100	0.369407	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.765199	100	100	100
100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0684114	100	100	100
100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100

Sombras producidas en dirección N54°E y ángulo de inclinación de 10°.
(Fuente: Resultados SAM)

Time series analysis Diffuse analysis

Shade Loss (%): 0=no shade, 100=fully shaded

2am	3am	4am	5am	6am	7am	8am	9am	10am	11am	12pm	1pm	2pm	3pm	4pm	5pm	6pm	7pm
100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.941565	100	100
100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.040898	4.58846	100	100
100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.76974	11.8023	100	100
100	100	100	100	77.7269	0	0	0	0	0	0	0	0	0.187496	4.05363	19.5411	100	100
100	100	100	100	97.4947	0	0	0	0	0	0	0	0	0.299256	4.69245	21.7471	100	100
100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0.117095	3.5991	17.8593	100	100
100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.13311	13.7349	100	100
100	100	100	100	0.436741	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.943576	7.44041	100	100
100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0808412	100	100	100
100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100

Anexo II. Tablas

Los datos del edificio Kitzia son los siguientes.

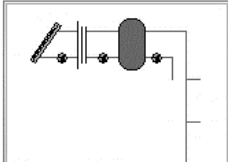
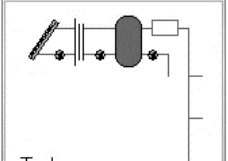
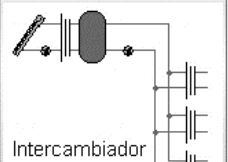
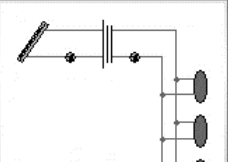
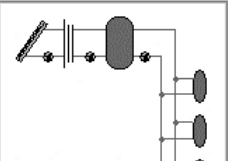
Descripción de la instalación	Características
Número de departamentos	40
Habitantes en el edificio	62
Acumulación de ACS	2 tanques de almacenamiento de 120 galones (USA)
Sistema de GLP	2 tanques para GLP de 0.946 [m ³] cada uno
Calefones	5 calefones de 23 [kw]
Bombas de recirculación	2 bombas de recirculación UPS 26-99 FC
Demanda energética	153102.48 [kWh]
Consumo mensual aproximado de GLP en [Kg]	1000.67

(Fuente: Propia)

Valores máximos de consumo diario en litros/día (45°C) según el pliego de condiciones técnicas 2002 del IDAE /16/ (con los valores convertidos a 60°C para temperaturas del agua fría, T_{af} de 10°C y 20 °C respectivamente).

Criterio de consumo	I/día (45°C)		I/día (60°C) (TAF=10°C)	I/día (60°C) (TAF=10°C)
Viviendas unifamiliares	40	por persona	28	25
Viviendas multifamiliares	30	por persona	21	18.8
Hospitales y clínicas	80	por cama	56	50
Hoteles****	100	por cama	70	62.5
Hoteles***	80	por cama	56	50
Hoteles/hostales**	60	por cama	42	37.5
Camping	60	por emplazamiento	42	37.5
Hostales/pensiones*	50	por cama	35	31.3
Residencias (ancianos, estudiantes, etc)	80	por cama	56	50
Vestuarios/Duchas colectivas	20	por servicio	14	12.5
Escuelas	5	por alumno	3.5	3.1
Cuarteles	30	por persona	21	18.8
Fábricas y talleres	20	por persona	14	12.5
Oficinas	5	por persona	3.5	3.1
Gimnasios	30 a 40	por usuario	21 a 28	18.8 a 25
Lavanderías	5 a 7	por kilo de ropa	3.5 a 4.9	3.1-4.4
Restaurantes	8 a 15	por comida	5.6 a 10.5	5 a 9.4
Cafeterías	2	por almuerzo	1.4	1.3

(Fuente: Peuser et al., 2002).

Esquemas	Ilustración
1. Acumulación centralizada con apoyo distribuido.	 <p data-bbox="1011 577 1130 621">Acumulación centralizada</p>
2. Acumulación y apoyo centralizados (todo centralizado).	 <p data-bbox="1011 833 1130 877">Todo centralizado</p>
3. Acumulación centralizada con apoyo distribuido e intercambiador individual con regulación del caudal primario.	 <p data-bbox="1011 1079 1138 1123">Intercambiador individual con válvula</p>
4. Acumulación distribuida.	 <p data-bbox="1011 1325 1130 1369">Acumulación distribuida</p>
5. Acumulación mixta.	 <p data-bbox="1011 1570 1130 1614">Acumulación mixta</p>

Consumo diario de ACS del edificio Kitzia.

Fecha	Consumo Diario de ACS [m³]	día
25-oct	4.806	Miércoles
26-oct	6.861	Jueves
27-oct	9.486	Viernes
28-oct	5.051	Sábado
29-oct	4.649	Domingo
30-oct	5.143	Lunes
31-oct	5.056	Martes
01-nov	5.798	Miércoles
02-nov	5.539	Jueves
03-nov	-1.222	Viernes
04-nov	11.219	Sábado
05-nov	1.637	Domingo
06-nov	2.198	Lunes
07-nov	5.713	Martes
08-nov	3.734	Miércoles
09-nov	5.008	Jueves
10-nov	5.598	Viernes
11-nov	3.061	Sábado
12-nov	7.208	Domingo
13-nov	4.942	Lunes
14-nov	5.359	Martes
15-nov	4.707	Miércoles
16-nov	5.668	Jueves
17-nov	4.338	Viernes
18-nov	4.882	Sábado
19-nov	4.337	Domingo
20-nov	3.051	Lunes
21-nov	4.603	Martes
22-nov	6.167	Miércoles
23-nov	6.609	Jueves
24-nov	4.716	Viernes

Promedio de
consumo de
ACS por día.

5.029

(Fuente: Propia)

Consumo diario de ACS del edificio Kitzia corregido.

Consumo Diario de ACS		
Fecha	en [m³]	día
25-oct	4.806	Miércoles
26-oct	6.861	Jueves
27-oct	9.486	Viernes
28-oct	5.051	Sábado
29-oct	4.649	Domingo
30-oct	5.143	Lunes
31-oct	5.056	Martes
01-nov	5.798	miércoles
02-nov	5.539	jueves
03-nov	4.9985	viernes
04-nov	4.9985	sábado
05-nov	1.637	domingo
06-nov	2.198	lunes
07-nov	5.713	martes
08-nov	3.734	miércoles
09-nov	5.008	jueves
10-nov	5.598	viernes
11-nov	3.061	sábado
12-nov	7.208	Domingo
13-nov	4.942	Lunes
14-nov	5.359	Martes
15-nov	4.707	Miércoles
16-nov	5.668	Jueves
17-nov	4.338	Viernes
18-nov	4.882	Sábado
19-nov	4.337	Domingo
20-nov	3.051	Lunes
21-nov	4.603	Martes
22-nov	6.167	Miércoles
23-nov	6.609	Jueves
24-nov	4.716	Viernes
Promedio	5.0297	

(Fuente: Propia)

Cálculo del vaso de expansión del circuito primario.

Símbolo	Unidades	Nombre de variables	Fórmula	Valor
V_t	L	Volumen total del campo de captadores	<i>Tabla</i>	77.25
n	-	Coeficiente de dilatación térmica del agua	$n_{agua}=0.00018/k * \Delta T$	0.0221
V_d	L	Volumen dilatación	$V_d=V_t*n$	1.710
V_r	L	V reserva	$V_r=V_t*0.00018*\Delta T$ <i>contracción ó 3 [litros]</i>	3.000
V_{vap}	L	V vapor	<i>Volumen del campo de captadores =número de cap*V de un captador</i>	64.000
V_u	L	V útil vaso de expansión	$V_u=V_d+V_r+V_{vap}$	68.710
F_p	-	Factor de presión	$F_p=(P_{final}+1)/(P_{final}-P_{gas})$	1.306
P_{est}	Bar	Presión estática por dif cotas	<i>No aplica</i>	0.000
P_{mf}	Bar	Presión min en el punto superior de la instalación		0.500
P_{gas}	Bar	Presión inicial en el lado del gas del vaso de expansión	$P_{gas}=P_{mf}+P_{est}$	0.500
P_{vr}	Bar	Presión equivalente del volumen de reserva	$P_{vr}=(P_{final}-P_{gas})*(V_r/V_u)$	0.214
$P_{inicial}$	Bar	Presión inicial en el vaso de expansión	$P_{inicial}=P_{gas}-P_{vr}$	0.714
P_{final}	Bar	Presión final o presión máxima	$P_{final}=P_{vs}-\Delta P_m$	5.400
P_{vs}	Bar	Presión nominal de la válvula de seguridad Margen de presión entre la		6.000
ΔP_m	Bar	Presión Max. y la nominal de la válvula de seguridad	$\Delta P_m \geq 0.1 * P_{vs}$ $\Delta P_m \geq 0.5 \text{ bar}$	ó 0.600
V_n	L	V nominal del vaso de expansión	$V_n=F_p*V_u$	89.744

(Fuente: Propia)

Anexo III. Mediciones Consumo de ACS horario para el edificio Kitzia

Mediciones horarias del 15 de noviembre de 2017 de ACS en el Edificio Kitzia.

MEDIDOR	6AM	7AM	8AM	9AM	10AM	11AM	12AM	1PM	2PM
L 1	127.24	127.24	127.3	127.27	127.27	127.28	127.28	127.31	127.34
L 2	54.72	54.72	54.72	54.72	54.72	54.72	54.72	54.73	54.74
D101	425.48	425.49	425.6	425.61	425.63	425.71	425.72	425.72	425.78
D201	212.64	212.66	212.7	212.66	212.66	212.66	212.66	212.66	212.66
D202	236.01	236.01	236	236.02	236.03	236.04	236.06	236.06	236.06
D203	553.33	553.35	553.4	553.38	553.38	553.38	553.38	553.38	553.38
D204	222.35	222.36	222.4	222.36	222.36	222.36	222.36	222.36	222.37
D205	215.39	215.4	215.4	215.41	215.42	215.42	215.42	215.43	215.43
D206	177.84	177.84	177.8	177.84	177.84	177.86	177.86	177.86	177.89
D301	563.89	563.89	563.9	563.9	563.9	563.9	563.9	563.9	563.92
D302	305	305.01	305	305.04	305.07	305.13	305.13	305.13	305.14
D303	240.54	240.55	240.6	240.55	240.55	240.55	240.55	240.55	240.55
D304	327.12	327.12	327.1	327.12	327.12	327.12	327.12	327.12	327.13
D305	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4
D306	196.11	196.14	196.2	196.17	196.18	196.18	196.18	196.18	196.18
D401	604.87	604.87	604.9	604.91	604.92	604.93	604.94	604.96	604.97
D402	256.71	256.71	256.7	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71
D403	295.64	295.65	295.7	295.68	295.68	295.68	295.68	295.7	295.7
D404	220.72	220.72	220.8	220.76	220.76	220.76	220.76	220.76	220.76
D405	298.85	298.85	298.9	298.86	298.86	298.86	298.86	298.86	298.86
D406	177.99	177.99	178	177.99	177.99	177.99	177.99	177.99	178
D501	469.98	469.98	470	469.98	469.98	469.98	469.98	469.98	469.98
D502	291.44	291.45	291.5	291.49	291.65	291.72	291.72	291.84	291.9
D503	118.73	118.73	118.7	118.73	118.73	118.73	118.73	118.73	118.73
D504	161.59	161.59	161.6	161.61	161.61	161.61	161.61	161.61	161.61
D505	261.1	261.14	261.2	261.16	261.16	261.16	261.16	261.16	261.16
D506	91.93	91.93	91.93	91.95	91.95	91.95	91.96	91.96	91.97
D601	93.58	93.64	93.64	93.68	93.68	93.68	93.69	93.72	93.72
D602	138.093	138.29	138.3	138.37	138.41	138.41	138.42	138.47	138.54
D603	150.11	150.11	150.1	150.14	150.15	150.15	150.17	150.18	150.18
D604	651.32	651.33	651.3	651.34	651.34	651.35	651.37	651.37	651.39
D605	305.62	305.63	305.6	305.65	305.65	305.65	305.65	305.66	305.68
D701	224.98	224.98	225	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98
D702	226.02	226.05	226.1	226.14	226.18	226.28	226.31	226.31	226.33
D703	191.57	191.57	191.6	191.59	191.59	191.6	191.6	191.6	191.6
D704	190.73	190.73	190.7	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73
D705	110.19	110.19	110.2	110.23	110.23	110.23	110.23	110.23	110.23
D801	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1
D802	416.92	416.97	417	416.98	416.99	416.99	416.99	416.99	416.99
D803	162.23	162.23	162.2	162.24	162.24	162.26	162.27	162.28	162.28

D804	405.04	405.04	405.1	405.07	405.07	405.07	405.07	405.07	405.07
D805	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9
AGUA FRIA	1011.79	1011.84	1013	1013.9	1014.5	1015.6	1016.1	1016.9	1017

MEDIDOR	3PM	4PM	5PM	6PM	7PM	8PM	9PM
L1	127.350	127.35	127.35	127.35	127.38	127.38	127.38
L2	54.750	54.750	54.75	54.75	54.76	54.77	54.77
D101	425.780	425.780	425.78	425.78	425.82	425.9	425.91
D201	212.66	212.66	212.66	212.66	212.67	212.67	212.68
D202	236.06	236.07	236.07	236.07	236.08	236.08	236.09
D203	553.390	553.390	553.58	553.58	553.58	553.59	553.59
D204	222.390	222.390	222.39	222.39	222.39	222.42	222.42
D205	215.430	215.430	215.44	215.44	215.45	215.46	215.46
D206	177.920	177.920	177.92	177.92	177.92	177.93	177.95
D301	563.920	563.920	563.92	563.94	563.95	563.97	563.97
D302	305.140	305.140	305.14	305.14	305.14	305.14	305.15
D303	240.570	240.570	240.57	240.57	240.57	240.57	240.57
D304	327.130	327.130	327.12	327.13	327.13	327.13	327.13
D305	178.400	178.400	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4
D306	196.180	196.180	196.18	196.18	196.19	196.19	196.2
D401	605.020	605.030	605.03	605.05	605.07	605.1	605.11
D402	256.710	256.710	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71
D403	295.710	295.710	295.72	295.73	295.73	295.74	295.74
D404	220.760	220.760	220.76	220.76	220.76	220.76	220.77
D405	298.860	298.860	298.86	298.86	298.86	298.86	298.87
D406	178	178	178.00	178.00	178.00	178.00	178
D501	469.98	469.98	469.98	469.98	469.98	469.98	469.98
D502	291.92	291.96	291.96	291.97	292	292.03	292.03
D503	118.73	118.74	118.74	118.74	118.74	118.74	118.74
D504	161.61	161.61	161.61	161.61	161.61	161.61	161.65
D505	261.16	261.16	261.16	261.17	261.17	261.17	261.18
D506	91.97	91.97	91.97	91.97	91.97	91.98	91.98
D601	93.72	93.72	93.72	93.73	93.73	93.73	93.73
D602	138.571	138.571	138.57	138.571	138.571	138.571	138.57
D603	150.18	150.18	150.18	150.19	150.22	150.22	150.22
D604	651.39	651.42	651.47	651.49	651.51	651.51	651.53
D605	305.68	305.68	305.68	305.68	305.7	305.7	305.71
D701	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98
D702	226.33	226.33	226.33	226.33	226.33	226.34	226.34
D703	191.6	191.6	191.6	191.61	191.61	191.61	191.61
D704	190.730	190.730	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73
D705	110.230	110.230	110.23	110.23	110.23	110.23	110.24

D801	224.100	224.100	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1
D802	416.99	417.01	417.08	417.08	417.11	417.11	417.11
D803	162.28	162.28	162.28	162.28	162.28	162.28	162.28
D804	405.07	405.09	405.1	405.11	405.11	405.11	405.12
D805	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9
AGUA FRIA	1017.5	1017.8	1018.1	1018.5	1018.9	1019.910	1020.4

Mediciones horarias del 16 de noviembre de 2017 de ACS en el Edificio Kitzia.

MEDIDOR	6AM	7AM	8AM	9AM	10AM	11AM	12AM	1PM	2PM
LOCAL 1	127.38	127.38	127.38	127.39	127.42	127.43	127.44	127.44	127.45
LOCAL 2	54.77	54.77	54.77	54.77	54.77	54.77	54.77	54.77	54.78
D101	425.95	425.97	426.04	426.06	426.07	426.07	426.12	426.12	426.14
D201	212.7	212.74	212.74	212.74	212.74	212.74	212.74	212.74	212.74
D202	236.1	236.1	236.1	236.12	236.12	236.16	236.16	236.17	236.17
D203	553.61	553.63	553.73	553.73	553.73	553.74	553.74	553.74	553.74
D204	222.45	222.47	222.47	222.47	222.47	222.47	222.47	222.47	222.47
D205	215.47	215.47	215.48	215.48	215.48	215.49	215.49	215.49	215.5
D206	177.96	177.99	177.99	177.99	177.99	177.99	177.99	177.99	178
D301	564.01	564.04	564.04	564.05	564.05	564.07	564.07	564.07	564.08
D302	305.17	305.17	305.18	305.21	305.22	305.23	305.26	305.28	305.28
D303	240.57	240.57	240.57	240.57	240.57	240.57	240.57	240.57	240.57
D304	327.13	327.13	327.13	327.13	327.13	327.13	327.13	327.13	327.13
D305	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4
D306	196.21	196.23	196.27	196.27	196.27	196.27	196.27	196.27	196.27
D401	605.12	605.12	605.15	605.16	605.19	605.2	605.21	605.22	605.22
D402	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71
D403	295.75	295.75	295.77	295.79	295.79	295.79	295.79	295.79	295.79
D404	220.77	220.77	220.86	220.86	220.86	220.86	220.86	220.86	220.86
D405	298.87	298.87	298.89	298.89	298.89	298.89	298.89	298.89	298.89
D406	178.00	178	178	178	178	178	178	178	178
D501	469.98	469.98	469.98	469.98	469.98	469.98	469.98	469.98	469.98
D502	292.07	292.08	292.08	292.09	292.11	292.11	292.11	292.11	292.12
D503	118.75	118.76	118.76	118.76	118.76	118.76	118.76	118.76	118.76
D504	161.65	161.65	161.65	161.67	161.67	161.67	161.67	161.67	161.67
D505	261.25	261.25	261.25	261.25	261.25	261.25	261.25	261.25	261.25
D506	91.98	91.98	91.98	91.98	91.98	91.98	91.98	91.98	91.98
D601	93.75	93.83	93.85	93.82	93.88	93.88	93.88	93.90	93.91
D602	138.57	138.571	138.571	138.57	138.57	138.57	138.57	138.57	138.57
D603	150.26	150.26	150.27	150.28	150.28	150.28	150.28	150.28	150.28
D604	651.53	651.56	651.58	651.59	651.6	651.62	651.63	651.64	651.66
D605	305.72	305.75	305.76	305.76	305.76	305.76	305.76	305.76	305.76
D701	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98

D702	226.35	226.37	226.37	226.37	226.37	226.37	226.37	226.37	226.37
D703	191.63	191.64	191.66	191.67	191.68	191.68	191.69	191.69	191.69
D704	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73
D705	110.25	110.25	110.29	110.29	110.29	110.29	110.29	110.29	110.29
D801	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1
D802	417.12	417.14	417.14	417.14	417.14	417.14	417.14	417.14	417.14
D803	162.3	162.3	162.31	162.32	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37
D804	405.14	405.14	405.16	405.17	405.17	405.17	405.17	405.17	405.18
D805	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9
AGUA FRIA	1022.1	1022.26	1022.56	1023.7	1024.5	1025.2	1025.6	1026.2	1026.5

#	MEDIDOR	3PM	4PM	5PM	6PM	7PM	8PM	9PM- 6AM
1	LOCAL 1	127.46	127.47	127.49	127.49	127.51	127.51	127.51
2	LOCAL 2	54.78	54.78	54.78	54.78	54.8	54.8	54.8
3	D101	426.17	426.17	426.18	426.18	426.2	426.2	426.21
4	D201	212.74	212.74	212.74	212.74	212.74	212.74	212.74
5	D202	236.17	236.17	236.18	236.18	236.18	236.19	236.2
6	D203	553.74	553.75	553.75	553.75	553.83	553.89	553.89
7	D204	222.47	222.48	222.48	222.48	222.49	222.59	222.7
8	D205	215.5	215.51	215.51	215.51	215.54	215.54	215.54
9	D206	178.03	178.04	178.04	178.04	178.04	178.04	178.05
10	D301	564.08	564.09	564.09	564.1	564.1	564.12	564.17
11	D302	305.35	305.35	305.35	305.35	305.35	305.35	305.35
12	D303	240.57	240.57	240.57	240.57	240.57	240.57	240.57
13	D304	327.15	327.2	327.23	327.24	327.24	327.24	327.24
14	D305	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4
15	D306	196.27	196.27	196.27	196.28	196.28	196.29	196.29
16	D401	605.25	605.25	605.25	605.27	605.28	605.28	605.28
17	D402	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71
18	D403	295.79	295.79	295.79	295.79	295.79	295.8	295.8
19	D404	220.86	220.86	220.86	220.86	220.87	220.87	220.87
20	D405	298.89	298.89	298.89	298.89	298.9	298.9	298.91
21	D406	178	178	178	178	178	178	178
22	D501	469.98	469.98	469.98	469.98	469.98	469.98	469.98
23	D502	292.12	292.13	292.15	292.19	292.2	292.2	292.21
24	D503	118.76	118.77	118.77	118.77	118.77	118.77	118.77
25	D504	161.67	161.67	161.67	161.67	161.67	161.67	161.67
26	D505	261.25	261.25	261.25	261.25	261.25	261.25	261.25
27	D506	91.99	91.99	91.99	91.99	91.99	92	92
28	D601	93.91	93.91	93.92	93.93	93.93	93.93	93.93
29	D602	138.57	138.57	138.572	138.572	138.57	138.572	138.573
30	D603	150.29	150.29	150.29	150.31	150.32	150.32	150.32

31	D604	651.67	651.7	651.72	651.74	651.76	651.76	651.77
32	D605	305.77	305.77	305.77	305.77	305.77	305.77	305.78
33	D701	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98
34	D702	226.37	226.37	226.37	226.37	226.37	226.37	226.37
35	D703	191.69	191.69	191.7	191.7	191.7	191.7	191.7
36	D704	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73
37	D705	110.29	110.29	110.29	110.29	110.29	110.29	110.29
38	D801	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1
39	D802	417.14	417.14	417.14	417.14	417.15	417.15	417.15
40	D803	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37
41	D804	405.18	405.18	405.18	405.18	405.21	405.21	405.21
42	D805	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9
43	AGUA FRIA	1026.8	1027	1027.317	1027.61	1027.9	1028.38	1028.93

Mediciones horarias del 17 de noviembre de 2017 de ACS en el Edificio Kitzia.

#	MEDIDOR	6AM	7AM	8AM	9AM	10AM	11AM	12AM	1PM	2PM
1	L 1	127.5	127.5	127.5	127.5	127.53	127.55	127.57	127.57	127.6
2	L 2	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.83
3	D101	426.3	426.3	426.3	426.3	426.35	426.38	426.38	426.39	426.4
4	D201	212.8	212.8	212.8	212.8	212.78	212.78	212.78	212.78	212.8
5	D202	236.2	236.2	236.2	236.2	236.25	236.26	236.26	236.26	236.3
6	D203	554	554	554	554.1	554.05	554.05	554.05	554.05	554.1
7	D204	222.8	222.8	222.8	222.8	222.77	222.78	222.78	222.78	222.8
8	D205	215.6	215.6	215.6	215.6	215.58	215.58	215.58	215.58	215.6
9	D206	178.1	178.1	178.1	178.2	178.32	178.32	178.32	178.32	178.3
10	D301	564.3	564.3	564.3	564.4	564.36	564.36	564.36	564.37	564.4
11	D302	305.4	305.5	305.5	305.5	305.5	305.5	305.52	305.63	305.6
12	D303	240.6	240.6	240.6	240.6	240.61	240.63	240.63	240.64	240.7
13	D304	327.3	327.3	327.3	327.3	327.3	327.3	327.36	327.46	327.5
14	D305	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4
15	D306	196.3	196.3	196.3	196.4	196.35	196.35	196.35	196.35	196.4
16	D401	605.3	605.3	605.3	605.3	605.43	605.45	605.45	605.46	605.5
17	D402	256.7	256.7	256.7	256.7	256.71	256.71	256.71	256.71	256.7
18	D403	295.8	295.8	295.9	295.9	295.86	295.86	295.86	295.86	295.9
19	D404	220.9	221	221	221	221.02	221.02	221.02	221.02	221
20	D405	298.9	299	299	299	298.95	298.95	298.95	298.95	299
21	D406	178	178	178	178	178	178	178	178	178
22	D501	470	470	470	470	469.98	470.01	470.04	470.04	470
23	D502	292.2	292.2	292.3	292.3	292.3	292.3	292.3	292.3	292.3
24	D503	118.8	118.8	118.8	118.8	118.83	118.83	118.83	118.83	118.8
25	D504	161.7	161.7	161.7	161.7	161.7	161.7	161.7	161.7	161.7
26	D505	261.3	261.3	261.3	261.3	261.31	261.31	261.31	261.31	261.3

27	D506	92	92	92	92.01	92.02	92.02	92.03	92.03	92.04
28	D601	94.03	94.11	94.17	94.17	94.17	94.17	94.17	94.17	94.17
29	D602	138.6	138.6	138.6	138.6	138.57	138.57	138.57	138.573	138.6
30	D603	150.4	150.4	150.4	150.5	150.46	150.46	150.47	150.48	150.5
31	D604	651.8	651.8	651.8	651.8	651.85	651.86	651.87	651.88	651.9
32	D605	305.8	305.8	305.8	305.8	305.83	305.83	305.83	305.83	305.8
33	D701	225	225	225	225	224.98	224.98	224.98	224.98	225
34	D702	226.4	226.4	226.4	226.4	226.42	226.42	226.42	226.42	226.4
35	D703	191.7	191.7	191.7	191.7	191.72	191.72	191.72	191.72	191.7
36	D704	190.7	190.7	190.7	190.7	190.73	190.73	190.73	190.73	190.7
37	D705	110.3	110.3	110.3	110.3	110.33	110.33	110.33	110.33	110.3
38	D801	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1
39	D802	417.2	417.2	417.2	417.2	417.18	417.18	417.18	417.18	417.2
40	D803	162.4	162.4	162.4	162.4	162.37	162.37	162.37	162.37	162.4
41	D804	405.2	405.3	405.3	405.3	405.31	405.31	405.31	405.31	405.3
42	D805	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9
43	AGUA FRIA	1032	1032	1033	1033.4	1033.9	1034.6	1035.02	1035.38	1035.7

#	MEDIDOR	3PM	4PM	5PM	6PM	7PM	8PM	9PM
1	L 1	127.6	127.61	127.63	127.63	127.64	127.64	127.64
2	L 2	54.83	54.83	54.83	54.83	54.83	54.83	54.83
3	D101	426.45	426.45	426.46	426.47	426.47	426.47	426.48
4	D201	212.78	212.78	212.78	212.78	212.78	212.79	212.79
5	D202	236.26	236.27	236.27	236.27	236.27	236.27	236.27
6	D203	554.05	554.05	554.05	554.07	554.07	554.07	554.07
7	D204	222.78	222.78	222.79	222.79	222.79	222.8	222.81
8	D205	215.64	215.64	215.64	215.64	215.65	215.65	215.65
9	D206	178.35	178.35	178.35	178.38	178.38	178.38	178.39
10	D301	564.39	564.39	564.39	564.4	564.41	564.43	564.45
11	D302	305.63	305.64	305.64	305.65	305.65	305.65	305.68
12	D303	240.68	240.68	240.68	240.69	240.69	240.71	240.75
13	D304	327.47	327.47	327.47	327.48	327.48	327.49	327.5
14	D305	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4
15	D306	196.35	196.35	196.35	196.35	196.35	196.35	196.35
16	D401	605.48	605.48	605.48	605.51	605.51	605.53	605.55
17	D402	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71
18	D403	295.86	295.86	295.86	295.87	295.87	295.87	295.87
19	D404	221.02	221.02	221.02	221.02	221.02	221.04	221.05
20	D405	298.95	298.95	298.95	298.95	298.95	298.95	298.95
21	D406	178	178	178	178	178	178	178
22	D501	470.04	470.04	470.04	470.04	470.04	470.04	470.04
23	D502	292.3	292.31	292.31	292.31	292.31	292.36	292.4
24	D503	118.83	118.85	118.85	118.85	118.85	118.88	118.88

25	D504	161.7	161.7	161.7	161.7	161.7	161.7	161.71
26	D505	261.31	261.31	261.31	261.31	261.31	261.32	261.32
27	D506	92.04	92.04	92.04	92.04	92.04	92.05	92.05
28	D601	94.17	94.19	94.19	94.19	94.19	94.19	94.19
29	D602	138.573	138.573	138.573	138.573	138.573	138.573	138.573
30	D603	150.48	150.49	150.49	150.51	150.51	150.54	150.55
31	D604	651.91	651.91	651.97	651.98	651.98	652.01	652.01
32	D605	305.84	305.84	305.84	305.84	305.84	305.85	305.86
33	D701	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98
34	D702	226.42	226.43	226.43	226.43	226.43	226.43	226.43
35	D703	191.72	191.72	191.72	191.72	191.72	191.72	191.72
36	D704	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73
37	D705	110.33	110.33	110.33	110.33	110.33	110.33	110.33
38	D801	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1
39	D802	417.18	417.18	417.18	417.18	417.18	417.18	417.18
40	D803	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37
41	D804	405.31	405.31	405.31	405.31	405.31	405.31	405.33
42	D805	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9
43	AGUA FRIA	1036.331	1036.7	1036.89	1037.18	1037.416	1037.628	1038.366

Mediciones horarias del 18 de noviembre de 2017 de ACS en el Edificio Kitzia.

#	MEDIDOR	6AM	7AM	8AM	9AM	10AM	11AM	12AM	1PM	2PM
1	L 1	127.6	127.6	127.6	127.6	127.6	127.65	127.65	127.66	127.71
2	L 2	54.84	54.84	54.84	54.84	54.84	54.84	54.84	54.85	54.86
3	D101	426.5	426.5	426.5	426.5	426.6	426.59	426.64	426.66	426.68
4	D201	212.8	212.8	212.8	212.8	212.8	212.96	212.97	212.98	212.99
5	D202	236.3	236.3	236.3	236.3	236.3	236.33	236.33	236.33	236.34
6	D203	554.1	554.1	554.1	554.1	554.2	554.19	554.2	554.2	554.2
7	D204	222.8	222.8	222.9	222.9	222.9	222.89	222.89	222.89	222.9
8	D205	215.7	215.7	215.7	215.7	215.7	215.68	215.69	215.69	215.69
9	D206	178.4	178.4	178.4	178.4	178.5	178.58	178.66	178.68	178.69
10	D301	564.5	564.5	564.5	564.6	564.6	564.57	564.58	564.58	564.62
11	D302	305.7	305.8	305.8	305.8	305.8	305.81	305.81	305.81	305.82
12	D303	240.8	240.8	240.8	240.8	240.8	240.83	240.84	240.85	240.85
13	D304	327.5	327.5	327.6	327.6	327.6	327.56	327.56	327.56	327.26
14	D305	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4
15	D306	196.4	196.4	196.4	196.4	196.4	196.4	196.4	196.4	196.41
16	D401	605.6	605.6	605.6	605.6	605.6	605.63	605.64	605.64	605.68
17	D402	256.7	256.7	256.7	256.7	256.7	256.71	256.71	256.71	256.71
18	D403	295.9	295.9	295.9	295.9	295.9	295.89	295.89	295.89	295.92

19	D404	221.1	221.1	221.1	221.1	221.2	221.18	221.18	221.18	221.19
20	D405	299	299	299	299	299	299	299.01	299.01	299.02
21	D406	178	178	178	178	178	178	178	178	178
22	D501	470	470	470	470	470	470.04	470.04	470.04	470.04
23	D502	292.4	292.5	292.5	292.5	292.5	292.51	292.51	292.51	292.51
24	D503	118.9	118.9	118.9	118.9	118.9	118.91	118.91	118.91	118.92
25	D504	161.7	161.7	161.7	161.7	161.7	161.75	161.76	161.77	161.77
26	D505	261.3	261.3	261.4	261.4	261.4	261.4	261.45	261.45	261.45
27	D506	92.05	92.05	92.05	92.05	92.05	92.05	92.05	92.05	92.05
28	D601	94.23	94.23	94.23	94.25	94.29	94.37	94.41	94.41	94.41
29	D602	138.6	138.6	138.6	138.6	138.6	138.57	138.57	138.57	138.57
30	D603	150.6	150.6	150.6	150.6	150.6	150.62	150.62	150.62	150.63
31	D604	652	652	652.1	652.1	652.1	652.14	652.14	652.16	652.17
32	D605	305.9	305.9	305.9	305.9	306	305.95	305.95	305.95	305.95
33	D701	225	225	225	225	225	224.98	224.98	224.98	224.98
34	D702	226.4	226.5	226.5	226.5	226.5	226.52	226.52	226.52	226.52
35	D703	191.7	191.7	191.7	191.7	191.7	191.74	191.74	191.74	191.76
36	D704	190.7	190.7	190.7	190.7	190.7	190.73	190.73	190.73	190.73
37	D705	110.4	110.4	110.4	110.4	110.4	110.39	110.39	110.39	110.39
38	D801	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1
39	D802	417.2	417.2	417.2	417.2	417.2	417.18	417.18	417.18	417.18
40	D803	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.37	162.37	162.37	162.37
41	D804	405.3	405.4	405.4	405.4	405.4	405.39	405.39	405.39	405.39
42	D805	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9
43	AGUA FRIA	1040.2	1040	1040	1041	1042	1043.1	1044	1044.4	1044.6

#	MEDIDOR	3PM	4PM	5PM	6PM	7PM	8PM	9PM
1	LOCAL 1	127.71	127.72	127.73	127.74	127.74	127.74	127.74
2	LOCAL 2	54.86	54.86	54.86	54.87	54.87	54.87	54.87
3	D101	426.68	426.68	426.72	426.73	426.75	426.82	426.86
4	D201	212.99	212.99	213	213	213	213	213
5	D202	236.34	236.34	236.34	236.34	236.35	236.35	236.35
6	D203	554.2	554.2	554.2	554.2	554.2	554.2	554.2
7	D204	222.9	222.9	222.9	222.9	222.9	222.9	222.9
8	D205	215.69	215.69	215.69	215.69	215.69	215.7	215.71
9	D206	178.69	178.7	178.7	178.71	178.71	178.71	178.72
10	D301	564.62	564.62	564.62	564.63	564.63	564.63	564.63
11	D302	305.82	305.89	305.89	305.91	305.98	305.99	305.99
12	D303	240.85	240.85	240.85	240.86	240.87	240.88	240.89
13	D304	327.26	327.56	327.56	327.56	327.56	327.56	327.56
14	D305	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4

15	D306	196.41	196.43	196.43	196.43	196.43	196.43	196.45
16	D401	605.68	605.69	605.7	605.72	605.73	605.74	605.74
17	D402	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71
18	D403	295.92	295.92	295.92	295.92	295.92	295.92	295.93
19	D404	221.19	221.19	221.19	221.31	221.32	221.34	221.34
20	D405	299.02	299.02	299.03	299.04	299.05	299.06	299.06
21	D406	178	178	178	178	178	178	178
22	D501	470.04	470.04	470.04	470.04	470.04	470.04	470.04
23	D502	292.51	292.51	292.51	292.51	292.51	292.51	292.51
24	D503	118.92	118.92	118.92	118.92	118.92	118.92	118.92
25	D504	161.77	161.77	161.78	161.78	161.78	161.78	161.78
26	D505	261.45	261.45	261.45	261.46	261.46	261.46	261.46
27	D506	92.05	92.05	92.06	92.07	92.07	92.08	92.08
28	D601	94.41	94.41	94.41	94.41	94.41	94.41	94.41
29	D602	138.574	138.574	138.574	138.574	138.574	138.574	138.574
30	D603	150.63	150.63	150.630	150.630	150.630	150.640	150.640
31	D604	652.17	652.17	652.18	652.19	652.2	652.2	652.2
32	D605	305.95	305.95	305.95	305.95	305.95	305.95	305.95
33	D701	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98
34	D702	226.52	226.52	226.52	226.52	226.52	226.52	226.52
35	D703	191.76	191.76	191.77	191.77	191.77	191.77	191.77
36	D704	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73
37	D705	110.39	110.39	110.39	110.42	110.42	110.42	110.42
38	D801	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1
39	D802	417.18	417.18	417.18	417.18	417.18	417.18	417.18
40	D803	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37
41	D804	405.39	405.39	405.39	405.39	405.39	405.39	405.39
42	D805	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9
43	AGUA FRIA	1044.594	1045.28	1045.66	1046.00	1046.45	1047.10	1047.47

Mediciones horarias del 19 de noviembre de 2017 de ACS en el Edificio Kitzia.

#	MEDIDOR	6AM	7AM	8AM	9AM	10AM	11AM	12AM	1PM	2PM
1	L 1	127.74	127.74	127.74	127.74	127.74	127.74	127.74	127.74	127.74
2	L 2	54.87	54.87	54.87	54.87	54.87	54.87	54.87	54.87	54.87
3	D101	426.93	426.93	426.94	426.94	426.95	426.96	426.96	426.97	426.98
4	D201	213.02	213.02	213.02	213.02	213.02	213.04	213.04	213.05	213.06
5	D202	236.37	236.37	236.37	236.38	236.39	236.39	236.42	236.42	236.42
6	D203	554.2	554.2	554.2	554.2	554.2	554.2	554.2	554.2	554.2
7	D204	222.9	222.9	222.9	222.9	222.9	222.9	222.9	222.9	222.9
8	D205	215.71	215.71	215.72	215.72	215.72	215.72	215.76	215.77	215.77
9	D206	178.74	178.74	178.74	178.74	178.75	178.75	178.76	178.76	178.77
10	D301	564.67	564.67	564.67	564.67	564.73	564.87	565.04	565.18	565.18

11	D302	306	306	306	306	306.01	306.02	306.08	306.15	306.15
12	D303	240.91	240.91	240.91	240.91	240.91	240.93	240.93	240.98	240.98
13	D304	327.56	327.56	327.56	327.56	327.56	327.56	327.56	327.56	327.26
14	D305	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4	178.4
15	D306	196.47	196.47	196.47	196.47	196.51	196.59	196.72	196.72	196.76
16	D401	605.74	605.75	605.76	605.78	605.78	605.8	605.82	605.84	605.87
17	D402	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71
18	D403	295.94	295.94	295.94	295.94	295.95	295.96	296	296.01	296.01
19	D404	221.36	221.36	221.36	221.38	221.45	221.53	221.53	221.53	221.53
20	D405	299.07	299.08	299.08	299.08	299.08	299.08	299.08	299.08	299.08
21	D406	178	178	178	178	178	178	178	178	178
22	D501	470.04	470.04	470.04	470.04	470.04	470.04	470.04	470.04	470.04
23	D502	292.51	292.51	292.51	292.51	292.51	292.51	292.51	292.51	292.51
24	D503	118.97	118.98	119	119	119.04	119.04	119.04	119.04	119.04
25	D504	161.8	161.8	161.8	161.81	161.82	161.82	161.82	161.82	161.82
26	D505	261.51	261.53	261.54	261.54	261.54	261.54	261.54	261.54	261.54
27	D506	92.08	92.08	92.08	92.08	92.08	92.08	92.08	92.08	92.08
28	D601	94.41	94.41	94.41	94.41	94.41	94.41	94.41	94.41	94.41
29	D602	138.57	138.574	138.574	138.574	138.574	138.574	138.575	138.575	138.575
30	D603	150.69	150.690	150.700	150.700	150.710	150.720	150.750	150.840	150.94
31	D604	652.2	652.23	652.24	652.26	652.28	652.3	652.32	652.33	652.35
32	D605	305.96	305.97	305.98	305.98	305.99	306	306.01	306.02	306.02
33	D701	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98
34	D702	226.56	226.57	226.58	226.62	226.69	226.75	226.82	226.82	226.82
35	D703	191.79	191.8	191.8	191.8	191.81	191.82	191.83	191.84	191.85
36	D704	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73
37	D705	110.43	110.43	110.43	110.44	110.44	110.44	110.44	110.44	110.44
38	D801	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1
39	D802	417.18	417.18	417.18	417.18	417.18	417.18	417.18	417.18	417.18
40	D803	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37
41	D804	405.39	405.39	405.39	405.39	405.39	405.39	405.39	405.39	405.39
42	D805	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9
43	AGUA FRIA	1048.8	1048.77	1048.77	1048.77	1048.77	1049.34	1050.65	1052.08	1052.92

MEDIDOR	3PM	4PM	5PM	6PM	7PM	8PM	9PM	6AM
L 1	127.74	127.74	127.74	127.74	127.74	127.74	127.74	127.74
L 2	54.87	54.87	54.87	54.87	54.87	54.87	54.87	54.87
D101	426.98	426.98	427	427	427.05	427.08	427.08	427.08
D201	213.06	213.06	213.07	213.07	213.07	213.07	213.07	213.07
D202	236.42	236.43	236.43	236.44	236.44	236.44	236.44	236.44
D203	554.2	554.2	554.2	554.2	554.28	554.46	554.54	554.54
D204	222.9	222.9	222.9	222.93	223.02	223.02	223.02	223.02
D205	215.77	215.77	215.77	215.77	215.77	215.77	215.77	215.77

D206	178.77	178.78	178.78	178.78	178.78	178.79	178.79	178.79
D301	565.22	565.27	565.29	565.31	565.32	565.34	565.38	565.38
D302	306.15	306.15	306.18	306.18	306.18	306.18	306.19	306.19
D303	240.98	240.98	240.98	240.99	241	241	241	241
D304	327.56	327.56	327.56	327.56	327.56	327.56	327.56	327.56
D305	178.4	178.4	178.41	178.41	178.41	178.41	178.41	178.41
D306	196.77	196.77	196.77	196.77	196.78	196.78	196.78	196.78
D401	605.89	605.94	605.95	605.96	605.97	605.97	605.97	605.97
D402	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71	256.71
D403	296.02	296.02	296.02	296.02	296.02	296.02	296.02	296.02
D404	221.54	221.54	221.55	221.55	221.57	221.65	221.65	221.65
D405	299.08	299.08	299.08	299.08	299.08	299.08	299.08	299.08
D406	178	178	178	178	178	178	178	178
D501	470.04	470.04	470.04	470.04	470.04	470.06	470.07	470.07
D502	292.51	292.51	292.51	292.51	292.51	292.51	292.51	292.51
D503	119.06	119.08	119.11	119.11	119.11	119.12	119.12	119.12
D504	161.82	161.83	161.83	161.83	161.83	161.83	161.83	161.83
D505	261.54	261.54	261.55	261.56	261.56	261.61	261.62	261.62
D506	92.08	92.08	92.08	92.08	92.08	92.08	92.08	92.08
D601	94.41	94.41	94.41	94.41	94.41	94.41	94.41	94.41
D602	138.575	138.575	138.58	138.58	138.58	138.576	138.576	138.576
D603	150.96	150.96	150.96	150.96	150.98	151	151.02	151.02
D604	652.35	652.4	652.4	652.43	652.45	652.45	652.47	652.47
D605	306.03	306.03	306.04	306.05	306.05	306.05	306.05	306.05
D701	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98	224.98
D702	226.82	226.82	226.82	226.82	226.82	226.82	226.82	226.82
D703	191.86	191.87	191.87	191.87	191.87	191.89	191.89	191.89
D704	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73	190.73
D705	110.44	110.45	110.46	110.46	110.48	110.49	110.49	110.49
D801	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1
D802	417.18	417.18	417.2	417.24	417.24	417.24	417.24	417.24
D803	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37	162.37
D804	405.39	405.39	405.39	405.39	405.39	405.39	405.41	405.41
D805	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9	148.9
AGUA FRIA	1053.39	1053.62	1053.9	1054.1	1054.6	1055.19	1055.78	1055.78

Mediciones de GLP

FECHA	24/10/2017
HORA	2PM
LECTURA GLP [m3]	29,774.157

FECHA	24/11/2017
HORA	2PM
LECTURA GLP [m3]	30209.404

Anexo IV. Fichas técnicas

Ficha técnica del aditivo anticorrosivo para el agua del circuito primario VpCL-649.






VpCI™ ADDITIVES FOR FORMULATORS

VpCI®-649

VpCI®-649 OF



PRODUCT DESCRIPTION
VpCI-649 is a unique concentrated liquid formulation that protects ferrous and non-ferrous metals from corrosive solutions. In addition, this product is designed to provide long-term protection in fresh water and glycol closed loop systems.

VpCI-649 is effective as a replacement for nitrite, bromate, and/or chromate-based formulations.

VpCI-649 combines contact and volatile corrosion inhibitors along with anti-scalants in non-toxic formulation that does not contain nitrites, phosphates, chromates, or heavy metals. This product helps solve the problem of disposal, particularly for large quantities of water.

FEATURES

- Effective for a broad range of applications to stop aggressive corrosion in systems containing fresh water, glycol coolants, etc.
- Environmentally friendly and nitrite-free
- Low concentration effectiveness provides economical treatment
- Vapor phase action provides protection to areas that contact inhibitors cannot reach
- Contains an acrylic polymer to prevent scale formation
- Readily water-soluble liquid for easy application
- Multimetal protection
- Effective in low dosages
- Does not contain free amines

TYPICAL APPLICATIONS

- Inhibitor for closed loop cooling systems
- Fire extinguishing systems
- Inhibitor for hydrostatic testing of pipelines, casings, tanks, and valves
- Inhibitor for packer fluid applications
- Prevents water-bottom corrosion in oil storage tanks
- Alkanolamine sweeteners
- Pulp and paper process equipment
- Mines, mining, and earth moving equipment
- Inhibitor for lay-up application of cooling towers

DOSAGE

- Closed loop operational systems start at 2,500-3,000 ppm (0.25-0.3 wt.%)
- For seasonal wet lay-up application (up to 6 months) use VpCI-649 at a concentration of 0.5 wt.% of inhibitor by volume.
- For hydrotest and drain applications contact Cortec for dosage information.
- For systems already using Molybdate, please use VpCI-649 OF which does not contain tracer.

PACKAGING

VpCI-649 is available in 5 gallon (19 liter) pails, 55 gallon (208 liter) drums, liquid totes, and bulk. The product should be stored in tightly closed containers. Shelf life is 18 months.

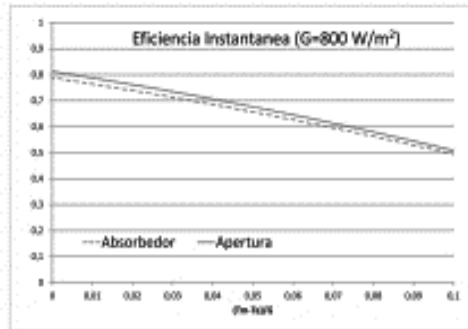
TYPICAL PROPERTIES

VpCI-649	
Appearance	Clear amber liquid
Density	9.5-9.7 lb/gal (1.14-1.16 kg/l)
Type	Water-based
Non-volatile Content	43-49%
pH	9.1-9.6 (Neat)
VpCI-649 OF	
Density	9.3-9.7 lb/gal (1.11-1.16 kg/l)
Non-volatile Content	44-48%
pH	8.8-9.4 (Neat)



Environmentally Safe VpCI™/MCP™ Technologies

Cap. Solar Plano Selectivo T20MS



Datos energéticos

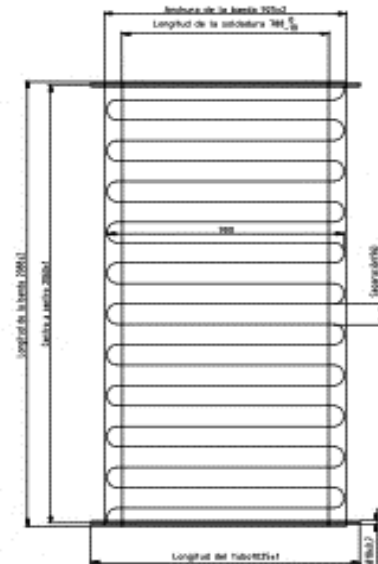
Norma de ensayo EN -12975

Referida al área de apertura y T _m	
Factor óptico (η ₀)	0,812
Factor lineal pérdidas (α ₀₁) W/m ² K	3,812
Factor cuadrático pérdidas (α ₀₂) W/m ² K ²	0,021
Referida al área del absorbedor y T _m	
Factor óptico (η ₀)	0,788
Factor lineal pérdidas (α ₀₁) W/m ² K	3,701
Factor cuadrático pérdidas (α ₀₂) W/m ² K ²	0,020

Dimensiones

Dimensiones externas	
Largo (mm)	2130
Ancho (mm)	970
Fondo (mm)	83
Área del bruta(m ²)	2,07
Área neta (m ²)	1,87
Dimensiones absorbedor	
Largo (mm)	2088
Ancho (mm)	925
Área del absorbedor (m ²)	1,93

Absorbedor	
Tipo	Monobanda
Material	Aluminio
Tipo de soldadura	Láser
Número de Pasos	21
Diámetros externos (mm)	
Tubos Colectores	18
Tubo Principal	8
Recubrimiento	
Tipo	Alto Selectivo
Material	CERMET
Aplicación	Sputtering
Absorptividad	95 %
Emitividad	5%



Aislamiento	
Tipo	Manta
Material	Lana de vidrio
Dimensiones (mm)	
Largo	2100
Ancho	900
Área	2,48
Espesor	40
Conductividad (W/m2 K)	0,034

Cofre de aluminio	
Tipo	Extrusionado y Anodizado
Material	AL-6063 T5
Dimensiones (mm)	
Largo	2130
Ancho	970
Alto	83

Presiones mecánicas máximas (Pa)	
Positiva	1008
Negativa	1012

Parámetros varios	
Peso en vacío (kg)	32
Volumen interior (litros)	1,29

Caída de presión	
Caída de presión (mm.c.a.) vs. caudal (l/min)	
Término lineal	50,796
Término cuadrático	71,423
Caudal Óptimo	40 l/h m ²

Parámetros de ensayo EN-12975	
Potencia Pico (W/m2)	1518
Capacidad térmica efectiva (J/K)	20200
Modificador del ángulo de incidencia	0,81
Constante de tiempo (s)	55
T° estancamiento exp. (°C)	135
T° estancamiento teórica. (°C)	165

Alfa Laval AlfaNova 52 / HP 52 / XP52

Intercambiador de calor de placas soldadas por fusión, 100% acero inoxidable

Los intercambiadores de calor de placas soldadas por fusión AlfaNova de Alfa Laval están fabricados 100% en acero inoxidable. Están indicadas para aplicaciones con requisitos específicos sobre limpieza, aplicaciones en las que se utilizan medios agresivos como el amoníaco o no se admita contaminación por cobre y níquel.

AlfaNova ofrece una transferencia de calor eficiente con una pequeña huella, cuenta con una resistencia a la fatiga por presiones extremas y soporta altas temperaturas de hasta 550°C/1022°F.

Aplicación

Adecuado para una amplia gama de aplicaciones, como:

- Refrigeración y calentamiento de HVAC
- Refrigeración
- Refrigeración de aceite
- Refrigeración y calentamiento industrial
- Refrigeración y calentamiento de procesos

Ventajas

- Compacto
- Fácil de instalar
- Autolimpieza
- No requiere demasiado mantenimiento
- Todas las unidades han sido sometidas a pruebas de presión y estanqueidad
- Sin juntas
- Sin cobre

Diseño

El material de soldadura AlfaFusion sella y mantiene las placas juntas en los puntos de contacto, garantizando con ello la eficacia de la transferencia de calor y la resistencia a la presión. Utilizando tecnologías de diseño avanzadas y una verificación exhaustiva se garantiza el máximo rendimiento y una mayor vida útil.

Bajo pedido, se pueden solicitar intercambiadores con diferentes presiones nominales.

El diseño XP está especialmente indicado para aplicaciones que trabajan con CO₂.

Basados en componentes estándar y un concepto modular, cada unidad está fabricada a medida para satisfacer los requisitos específicos de cada instalación.



Ejemplos de conexiones



Rosca externa



Rosca interna



Soldadura blanda



Soldadura

Datos técnicos

Materiales estándar

Placas de cubierta	Acero inoxidable
Conexiones	Acero inoxidable
Placas	Acero inoxidable
Relleno AlfaFusion	Acero inoxidable

Dimensiones y peso¹

Medida A (mm)	11 + (2.48 * n)
Medida A (pulgadas)	0.43 + (0.1 * n)
Peso (kg) ²	1.9 + (0.22 * n)
Peso (lb) ²	4.19 + (0.49 * n)

- n = número de placas
- Excluidas las conexiones

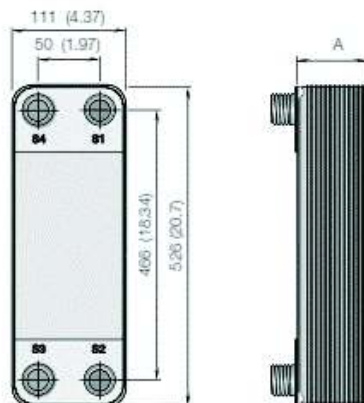
Datos estándar

Volumen por canal, litros (gal)	0.095 (0.025)
Tamaño máximo particular, mm (pulgadas)	1.2 (0.047)
Caudal máx. m ³ /h (gpm)	14 (62)
Direcciones del caudal	Paralelo
Número mín. de placas	6
Número máx. de placas	150

- Agua a 5 m/s (16,4 ft/s) (velocidad de conexión)

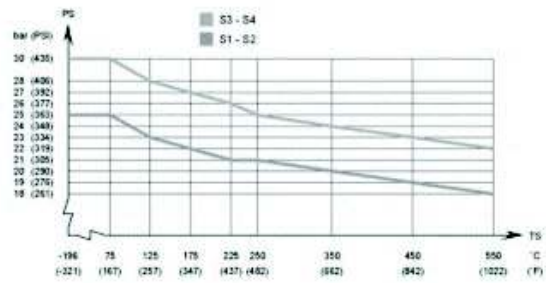
Plano de dimensiones

mm (pulgadas)

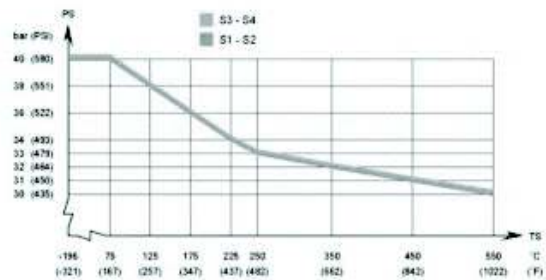


Presión y temperatura de funcionamiento

AlfaNova 52 - Gráfico de presión/temperatura con homologación PED

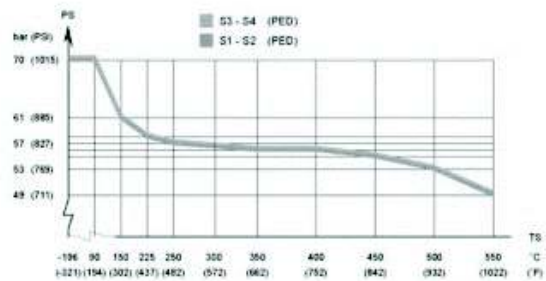


AlfaNova HP 52- Gráfico de presión/temperatura con homologación PED

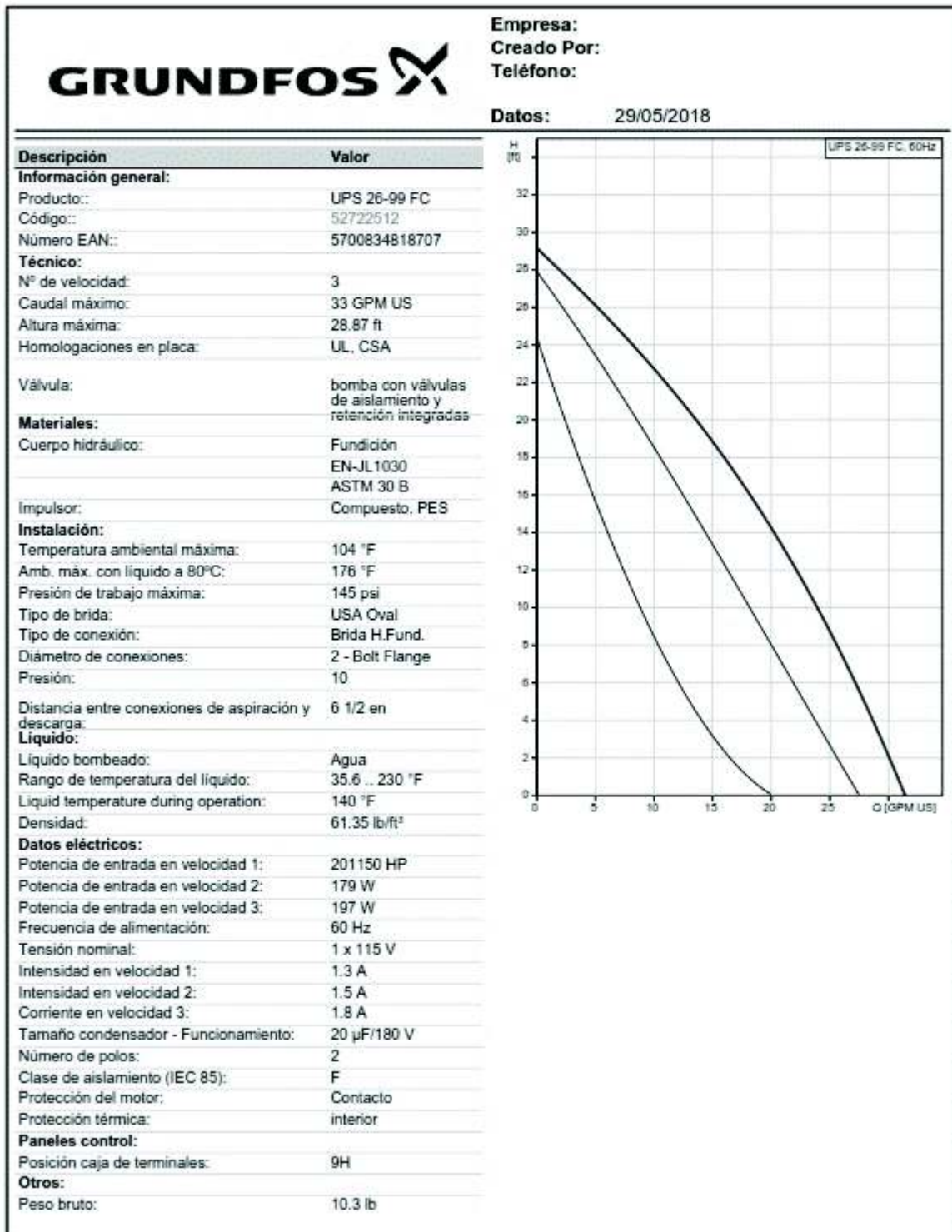


¹⁾ Temperatura mín. -10°C (14°F) con tubo de conexión de acero.


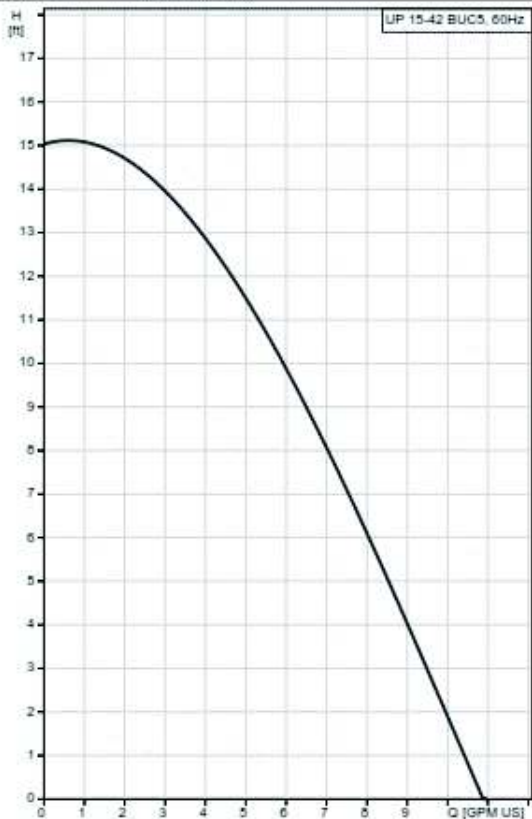
AlfaNova XP52 - Gráfico de presión/temperatura con homologación PED



Ficha técnica de la bomba del circuito primario UPS 26-99 FC.

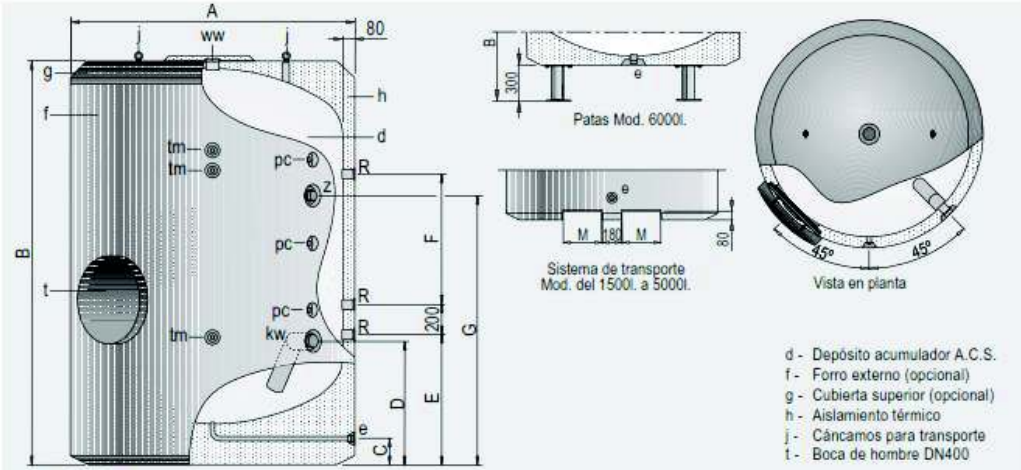


Ficha técnica de la bomba del circuito primario UP 15-42 BUC5.

		Empresa: Creado Por: Teléfono:																																																																																					
		Datos: 29/05/2018																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Información general:</td> </tr> <tr> <td>Producto::</td> <td>UP 15-42 BUC5</td> </tr> <tr> <td>Código::</td> <td>59896150</td> </tr> <tr> <td>Número EAN::</td> <td>5700391412660</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Técnico:</td> </tr> <tr> <td>Nº de velocidad:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Caudal máximo:</td> <td>17.2 GPM US</td> </tr> <tr> <td>Altura máxima:</td> <td>15.09 ft</td> </tr> <tr> <td>Homologaciones en placa:</td> <td>UL, CSA</td> </tr> <tr> <td>Válvula:</td> <td>bomba con válvulas de aislamiento y retención integradas</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Materiales:</td> </tr> <tr> <td>Cuerpo hidráulico:</td> <td>Bronce</td> </tr> <tr> <td></td> <td>DIN W.-Nr. 2.1176.01</td> </tr> <tr> <td>Impulsor:</td> <td>Compuesto, PES</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Instalación:</td> </tr> <tr> <td>Temperatura ambiental máxima:</td> <td>104 °F</td> </tr> <tr> <td>Amb. máx. con líquido a 80°C:</td> <td>176 °F</td> </tr> <tr> <td>Presión de trabajo máxima:</td> <td>145 psi</td> </tr> <tr> <td>Tipo de brida:</td> <td>USA Sweat</td> </tr> <tr> <td>Tipo de conexión:</td> <td>C/brida bronce</td> </tr> <tr> <td>Diámetro de conexiones:</td> <td>1/2" Sweat</td> </tr> <tr> <td>Presión:</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Distancia entre conexiones de aspiración y descarga:</td> <td>6 1/2 en</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Líquido:</td> </tr> <tr> <td>Líquido bombeado:</td> <td>Agua</td> </tr> <tr> <td>Rango de temperatura del líquido:</td> <td>35.6 .. 204.8 °F</td> </tr> <tr> <td>Liquid temperature during operation:</td> <td>140 °F</td> </tr> <tr> <td>Densidad:</td> <td>61.35 lb/ft³</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Datos eléctricos:</td> </tr> <tr> <td>Potencia de entrada en velocidad 3:</td> <td>85 W</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia de alimentación:</td> <td>60 Hz</td> </tr> <tr> <td>Tensión nominal:</td> <td>1 x 115 V</td> </tr> <tr> <td>Corriente en velocidad 3:</td> <td>0.74 A</td> </tr> <tr> <td>Tamaño condensador - Funcionamiento:</td> <td>10 µF/180 V</td> </tr> <tr> <td>Número de polos:</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Clase de aislamiento (IEC 85):</td> <td>F</td> </tr> <tr> <td>Protección del motor:</td> <td>Contacto</td> </tr> <tr> <td>Protección térmica:</td> <td>interior</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Paneles control:</td> </tr> <tr> <td>Posición caja de terminales:</td> <td>9H</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Otros:</td> </tr> <tr> <td>Peso bruto:</td> <td>6.5 lb</td> </tr> </tbody> </table>	Descripción	Valor	Información general:		Producto::	UP 15-42 BUC5	Código::	59896150	Número EAN::	5700391412660	Técnico:		Nº de velocidad:	1	Caudal máximo:	17.2 GPM US	Altura máxima:	15.09 ft	Homologaciones en placa:	UL, CSA	Válvula:	bomba con válvulas de aislamiento y retención integradas	Materiales:		Cuerpo hidráulico:	Bronce		DIN W.-Nr. 2.1176.01	Impulsor:	Compuesto, PES	Instalación:		Temperatura ambiental máxima:	104 °F	Amb. máx. con líquido a 80°C:	176 °F	Presión de trabajo máxima:	145 psi	Tipo de brida:	USA Sweat	Tipo de conexión:	C/brida bronce	Diámetro de conexiones:	1/2" Sweat	Presión:	10	Distancia entre conexiones de aspiración y descarga:	6 1/2 en	Líquido:		Líquido bombeado:	Agua	Rango de temperatura del líquido:	35.6 .. 204.8 °F	Liquid temperature during operation:	140 °F	Densidad:	61.35 lb/ft³	Datos eléctricos:		Potencia de entrada en velocidad 3:	85 W	Frecuencia de alimentación:	60 Hz	Tensión nominal:	1 x 115 V	Corriente en velocidad 3:	0.74 A	Tamaño condensador - Funcionamiento:	10 µF/180 V	Número de polos:	2	Clase de aislamiento (IEC 85):	F	Protección del motor:	Contacto	Protección térmica:	interior	Paneles control:		Posición caja de terminales:	9H	Otros:		Peso bruto:	6.5 lb	
Descripción	Valor																																																																																						
Información general:																																																																																							
Producto::	UP 15-42 BUC5																																																																																						
Código::	59896150																																																																																						
Número EAN::	5700391412660																																																																																						
Técnico:																																																																																							
Nº de velocidad:	1																																																																																						
Caudal máximo:	17.2 GPM US																																																																																						
Altura máxima:	15.09 ft																																																																																						
Homologaciones en placa:	UL, CSA																																																																																						
Válvula:	bomba con válvulas de aislamiento y retención integradas																																																																																						
Materiales:																																																																																							
Cuerpo hidráulico:	Bronce																																																																																						
	DIN W.-Nr. 2.1176.01																																																																																						
Impulsor:	Compuesto, PES																																																																																						
Instalación:																																																																																							
Temperatura ambiental máxima:	104 °F																																																																																						
Amb. máx. con líquido a 80°C:	176 °F																																																																																						
Presión de trabajo máxima:	145 psi																																																																																						
Tipo de brida:	USA Sweat																																																																																						
Tipo de conexión:	C/brida bronce																																																																																						
Diámetro de conexiones:	1/2" Sweat																																																																																						
Presión:	10																																																																																						
Distancia entre conexiones de aspiración y descarga:	6 1/2 en																																																																																						
Líquido:																																																																																							
Líquido bombeado:	Agua																																																																																						
Rango de temperatura del líquido:	35.6 .. 204.8 °F																																																																																						
Liquid temperature during operation:	140 °F																																																																																						
Densidad:	61.35 lb/ft³																																																																																						
Datos eléctricos:																																																																																							
Potencia de entrada en velocidad 3:	85 W																																																																																						
Frecuencia de alimentación:	60 Hz																																																																																						
Tensión nominal:	1 x 115 V																																																																																						
Corriente en velocidad 3:	0.74 A																																																																																						
Tamaño condensador - Funcionamiento:	10 µF/180 V																																																																																						
Número de polos:	2																																																																																						
Clase de aislamiento (IEC 85):	F																																																																																						
Protección del motor:	Contacto																																																																																						
Protección térmica:	interior																																																																																						
Paneles control:																																																																																							
Posición caja de terminales:	9H																																																																																						
Otros:																																																																																							
Peso bruto:	6.5 lb																																																																																						

Ficha técnica del acumulador solar MXV3000.

Depósitos de acero inoxidable, de 1500 a 6000 litros **lapesa**
Para acumulación



Descripción

Depósitos de gran capacidad para acumulación de agua caliente sanitaria. Fabricados en acero inoxidable, decapado químicamente y pasivado después de ensamblar, con capacidades de 1500 a 6000 litros.

Aislados térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectada en molde, libre de CFC.

Todos los modelos disponen de conexiones para la incorporación de resistencias eléctricas de calentamiento como sistema principal de producción de ACS, o como sistema de apoyo.

Como opción pueden incorporar equipo de protección catódica permanente específica para depósitos inoxidables "Lapesa Correx-up INOX", para casos de aguas especialmente agresivas o con contenidos en cloruros superiores a 150 mg/l (ver pag. 42).

Características técnicas /Conexiones /Dimensiones		MXV1500	MXV2000	MXV2500	MXV3000	MXV3500	MXV4000	MXV5000	MXV6000
		RB	RB	RB	RB	RB	RB	RB	RB
Capacidad de A.C.S.	l	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000
Temperatura máx. en continuo depósito de A.C.S.	°C	90	90	90	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S. (*)	bar	8	8	8	8	8	8	8	8
Peso en vacío aprox.	Kg	265	305	450	485	520	600	670	730
Cota A: diámetro exterior	mm	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910	1910
Cota B: longitud total	mm	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710	3210
Cota C:	mm	175	175	175	175	175	175	175	--
Cota D:	mm	670	670	800	800	800	865	865	946
Cota E:	mm	685	685	805	805	805	875	875	958
Cota F:	mm	330	780	300	590	875	465	870	1290
Cota G:	mm	1115	1560	1250	1530	1745	1450	1805	2194
Cota M:	mm	210	210	285	285	285	350	350	--
kw: entrada agua fría	*GAS/M	2	2	2	2	3	3	3	3
e: desagüe	*GAS/M	1	1	1	1	1	1	1	2
ww: salida agua caliente	*GAS/M	2	2	3	3	3	3	3	3
z: recirculación	*GAS/M	1-1/2	1-1/2	2	2	2	2	2	2
R: conexión resistencia	*GAS/H	2	2	2	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	*GAS/H	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
pc: conexión protección catódica	*GAS/H	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
nº de conexiones de protección catódica	und.	2	2	2	3	3	3	3	3

(*) Otras presiones, consultar.

ErP		MXV1500	MXV2000	MXV2500	MXV3000	MXV3500	MXV4000	MXV5000	MXV6000
		RB	RB	RB	RB	RB	RB	RB	RB
Pérdidas estáticas	W	154	174	194	215	232	245	266	280
Clase de eficiencia energética	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Volumen	l	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000

IT-FLEX C1- C1R - Coil

Ficha Características Técnicas

Rev. 01/15

TIPO DE MATERIAL	Espuma elastomérica flexible (FEF) de células cerradas
ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	Aislante térmico en elastómero extruido y expandido realizado de acuerdo a la norma EN 14304: 2009 (UNI EN 14304:2010)
GAMA DE PRODUCCIÓN	Tubos en barras adhesivos y no adhesivos en rollos continuo de 6 a 170 mm de diámetro y 6 a 60 mm de espesor. Planchas en hojas o rollos adhesivas y no adhesivas de 6 a 60 mm de espesor. Cintas de 3 mm de espesor.
USO DEL PRODUCTO	Aislamiento térmico de los componentes en las instalaciones de calefacción, climatización, refrigeración e industrial, incluso en ambientes exteriores (versión C1R)
PRINCIPALES PARTICULARIDADES	Expandido sin el uso de CFC - HCFC. No contiene polvos ni fibras

Datos técnicos	Datos de referencia	Norma de prueba
TEMPERATURA DE TRABAJO Temperatura máx. de los tubos instalados Temperatura máx. de las hojas instaladas	+110 °C en tubos y hojas enrolladas 40 °C *	UNI ISO 188 - EN 14706 - 14707
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ	A la temp. de 0°C $\leq 0,038 \text{ W / (m}\cdot\text{K)}$ A la temp. de 40°C $\leq 0,040 \text{ W / (m}\cdot\text{K)}$	EN ISO 8407 - EN 12667
FACTOR DE RESISTENCIA A LA DIFUSIÓN DEL VAPOR DE AGUA μ	≥ 7000	EN 15469 - DIN 52615
CLASIFICACIÓN DE REACCIÓN AL FUEGO	FURRO ASF { TUBOS B ₂ , s2, d0 PLANCHAS B ₂ , s2, d0 CINTAS B ₂ , s2, d0 M1 (F)	EN 13501 - 1: 2007 AFNOR NF P 92 501
CAPACIDAD DE PROPAGACIÓN DE LLAMA LIMITADA	CONFORME	Directiva 96/98/CE Módulo U - Anexo B
PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN DE LOS TUBOS	CONFORME	EN 12468:2001
RESISTENCIA AL OZONO	EXCELENTE	ISO 7325/91
RESISTENCIA A LOS RAYOS UV	BUENA	UNI ISO 4692 - 2/94
TOLERANCIAS DIMENSIONALES	Según tabla 1 - Norma EN 14304: 2009 (UNI EN 14304:2010)	

LAS CARACTERÍSTICAS DEL REVESTIMIENTO PROTECTOR EXTERNO (VERSIÓN IT-FLEX C1R) SON:

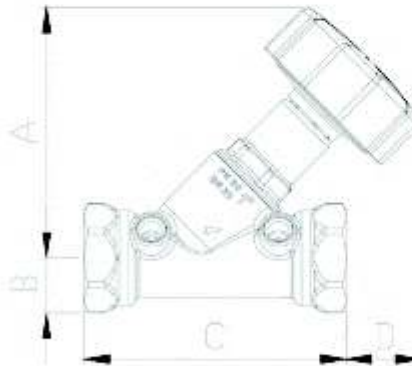
TIPO	FILM DE PE RESISTENTE A LOS RAYOS UVA/UVB/UV	
COLOR	BLANCO RAL 9010	
FACTOR DE RESISTENCIA A LA DIFUSIÓN DEL VAPOR DE AGUA μ	≥ 15.000	EN ISO 12086
RESISTENCIA AL OZONO	EXCELENTE	ISO 7325-91
RESISTENCIA A LOS RAYOS UV	EXCELENTE	UNI ISO 4692 - 2/94

* Nota: Para aplicaciones a temperaturas inferiores consultar con nuestro departamento técnico
Para obtener documentos y certificaciones es necesario inscribirse en nuestro sitio internet: www.evocell.it
Evocell s.p.a. se reserva la facultad de editar los datos contenidos en esta documentación sin aviso previo.

Art.: 3073

Válvula de Equilibrado / Balancing Valve

Características	Features
<ol style="list-style-type: none"> La válvula de equilibrado es un dispositivo con la función de ajuste y medida del fluido en tránsito, sea frío o caliente, para sistemas abiertos o cerrados con las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> Ajuste micrométrico del fluido en tránsito. Indicador de calibración mediante volante graduado. Posibilidad de verificar el caudal en tránsito del circuito mediante entradas piezométricas. Construcción en latón UNE-EN 12165. Juntas en Vitón. Extremos rosca gas (BSP) hembra según ISO 228/1. Tomas de presión roscadas G1/8" hembra. Presión máxima de trabajo (PN) 20 bar. Temperatura de trabajo de -30°C a 120°C. Aplicación con agua y agua + glicol (50%). 	<ol style="list-style-type: none"> The balancing valve is a single component device having adjustment functions and that measures cold and hot fluids transiting inside closed and open systems with following advantages: <ul style="list-style-type: none"> Micrometric adjusting of the transfer flow. Indicator of calibration reading of numerical value on the valve's hand wheel. Possibility of checking circuit via indirect measuring of flow rate using piezometric inlets on the valve's body. Brass construction UNE-EN 12165. Viton joints. Threaded ends gas (BSP) female according ISO 228/1. Pressure taps connection G1/8" female. Maximum working pressure (PN) 20 bar. Working temperature from -30°C to 120°C. Appliance with water & water + glycol (50%).



Ref.	DN	KV (m³/h)	Campo de lectura / Reading field Q (l/h)	Dimensiones / Dimensions (mm)				Peso / Weight (g)
				A	B	C	D	
3073 04	1/2"	3,35	335 ÷ 1675	84	15	96	22	500
3073 05	3/4"	4	400 ÷ 2000	85,6	17,8	97	21,5	500
3073 06	1"	11,2	1120 ÷ 5600	98	21,3	103,3	29,5	700
3073 07	1 1/2"	13,4	1340 ÷ 6700	101	28	111	29	1000
3073 08	1 1/2"	19	1900 ÷ 9500	107	31	120	27	1000
3073 09	2"	28,4	2840 ÷ 14200	115	37	132	21,7	1800



GENEBRE S.A. - Avda. Joan Carles I, 46-48 - EDIFICIO GENEBRE
 Tel. +34 93 298 80 00/01 - Fax +34 93 298 80 06
 08906 L'HOSPITALET DE LLOBREGAT Barcelona (Spain)
 e-mail: genebre@genebre.es
 internet: <http://www.genebre.es>

Art.: 3178
Válvula de Seguridad para Energía Solar
Safety Valve for Solar Energy

Extremos roscados	Hembra (ISO 228/1)	Ends to thread	Female (ISO 228/1)
Presión de tarado	6 bar	Calibrated pressure	6 bar
Conexión manómetro	Sin conexión	Gauge coupling	Without union
Temperatura trabajo	-30°C a +160°C	Working temperature	-30°C to +160°C
Sobre presión apertura	20%	Opening overpressure	20%

FUNCIONES

La válvula de seguridad se emplea en el control de presión sobre generadores de calor (calderas, paneles solares, acumuladores) y sobre acumuladores de agua caliente en las instalaciones de calefacción, hidrosanitarias y en las instalaciones hídricas.

Al alcanzar la presión de tarado la válvula se abre y mediante el escape impide que la presión de la instalación alcance límites peligrosos para el generador y el resto de componentes presentes en la instalación.

FUNCTIONS

Safety valves are used for controlling the pressure in heat generators (heaters, solar panels, boilers) in heating systems, plumbing systems and water systems.

When the set pressure is reached, the valve opens and vents, impeding the system from reaching dangerous limits for the generator and for the components in the system itself.



Ref.	Rosca / Thread	Dimensiones / Dimensions (mm)		Peso / Weight (g)
		H	L	
3178 04	1/2" x 3/4"	76	31	133

Denominación / Name	Material	Acabado Superficial / Surface Treatment
Cuerpo / Body	Latón / Brass (CW617N)	Granallado + Niquelado / Peened + Nickel plated
Eje / Stem	Latón / Brass (CW617N)	-
Anillo / Ring	Latón / Brass (CW617N)	-
Asiento / Seats	Latón / Brass (CW617N)	-
Muelle / Spring	Acero Inox. / S. Steel	-
Cilindro / Cylinder	EPDM Perox.	70 + 5 Sh
Junta / Joint	Fibra / Fibber	-
Volante / Handwheel	ABS	Pintado / Painted

INSTALACIÓN

Antes de la instalación de una válvula de seguridad es necesario que se efectúe un correcto dimensionado por parte de personal técnico especializado, según la normativa vigente para la específica aplicación.

Está prohibido hacer uso distinto al especificado en su destinación de uso.

La instalación de la válvula de seguridad debe ser efectuada por personal técnico cualificado según la normativa vigente.

La válvula de seguridad debe estar instalada respetando el sentido del flujo indicado por la flecha presente en el cuerpo de la válvula.

INSTALLATION

Before safety valves are installed, they must be correctly sized by a specialised technician, according to standards in force and for the specific applications.

They must not be used for purposes other than the one they are designed for.

Only qualified technical personnel may install safety valves according to the standards in force.

Safety valves must be installed respecting the flow direction indicated on the valve body.

Anexo V. Calculo de tuberías de cobre

INSTRUCCIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE LAS TABLAS Y LOS DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1

Permite determinar:

- La pérdida de carga **POR ROZAMIENTO** por metro lineal de tubo recto en servicio normal (es decir, después de un cierto tiempo de estar en uso, expresada en milímetros de columna de agua y referida a una temperatura media del agua de 45°;
- La velocidad del agua en los tubos, expresada en metros por segundo;
- La pérdida de carga **POR RESISTENCIAS LOCALIZADAS, H**, expresada en milímetros de columna de agua, y para un coeficiente de pérdidas localizadas $\zeta = 1$ (ver también el diagrama 2).

La tabla 5 indica las principales características de los tubos de cobre para los diámetros recogidos en la norma UNE-EN 1057.

DIAGRAMA 2

Indica los valores de H, también obtenibles —como se ha visto— del diagrama 1. Sin embargo, este diagrama permite una más fácil determinación del valor de H para todos los valores normales de la velocidad del agua en los tubos.

TABLA 3

Indica los factores (multiplicadores) de corrección para aplicar a las pérdidas de carga por rozamiento, obtenidas del diagrama 1, para temperaturas medias del agua diferentes de 45°C.

Adviértase que, en la práctica, la temperatura del agua no influye sobre los valores de las pérdidas de carga por resistencias localizadas.

TABLA 4

Indica los coeficientes de pérdida localizada ζ para curvas, uniones, válvulas, etc.

EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LOS DIAGRAMAS 1 Y 2 Y DE LAS TABLAS 3 Y 4

Datos:

Tramo de tubería de una instalación de calefacción (fig. 1) de diámetro interior 26 mm con dos uniones en T y una válvula de asiento inclinado. Caudal de agua: 1000 l/h. Temperatura media del agua: 80°C.

Determinar:

Pérdida de carga total en el tramo de tubería y velocidad del agua en el mismo.

Solución:

Pérdida de carga por rozamiento

En el diagrama 1 se localiza el caudal 1000 l/h (fig. 2) sobre el eje horizontal (o eje de abscisas); siguiendo la línea vertical desde ese punto, en la intersección con la recta inclinada correspondiente al diámetro de 26 mm, se determina el punto P. Trazado la horizontal por este punto hasta encontrar al eje vertical a la izquierda (o eje de ordenadas) se obtiene una pérdida de carga por rozamiento de 13 mm de columna de agua por metro lineal de tubo. La pérdida de carga por rozamiento a lo largo de los 5 metros del tramo será, por tanto, igual a: $13 \times 5 = 65$ mm col. agua.

Por otro lado, dado que la temperatura media del agua es de 80°C, es preciso multiplicar el valor encontrado por 0,92 (tabla 3).

El valor resultante de la pérdida de carga por rozamiento será pues: $65 \times 0,92 = 60$ mm col. agua.

Por lo que respecta a la velocidad del agua en la tubería se observa que el punto P (fig. 2) está entre las líneas correspondientes a las velocidades de 0,5 y 0,6 m/s. Por interpolación se obtiene una velocidad aproximada de $V=0,53$ m/s.

Pérdidas de carga localizadas

Tomando siempre como referencia el punto P, se puede leer, también por interpolación (fig. 2): $H = 14,3$ mm col. agua. De todos modos este valor se determina mucho más fácilmente recurriendo al diagrama 2.

De hecho basta señalar la velocidad de 0,53 m/s sobre el eje horizontal (de abscisas), trazar por ese punto la vertical hasta su intersección con la línea inclinada del diagrama y desde ese punto seguir la horizontal hasta su intersección con la línea inclinada del diagrama y desde ese punto seguir la horizontal hasta su intersección con el eje vertical (de ordenadas) donde se lee el valor correspondiente (14,3 mm col. agua).

Ahora se pueden obtener en la tabla 4 los siguientes valores de ζ para piezas especiales:

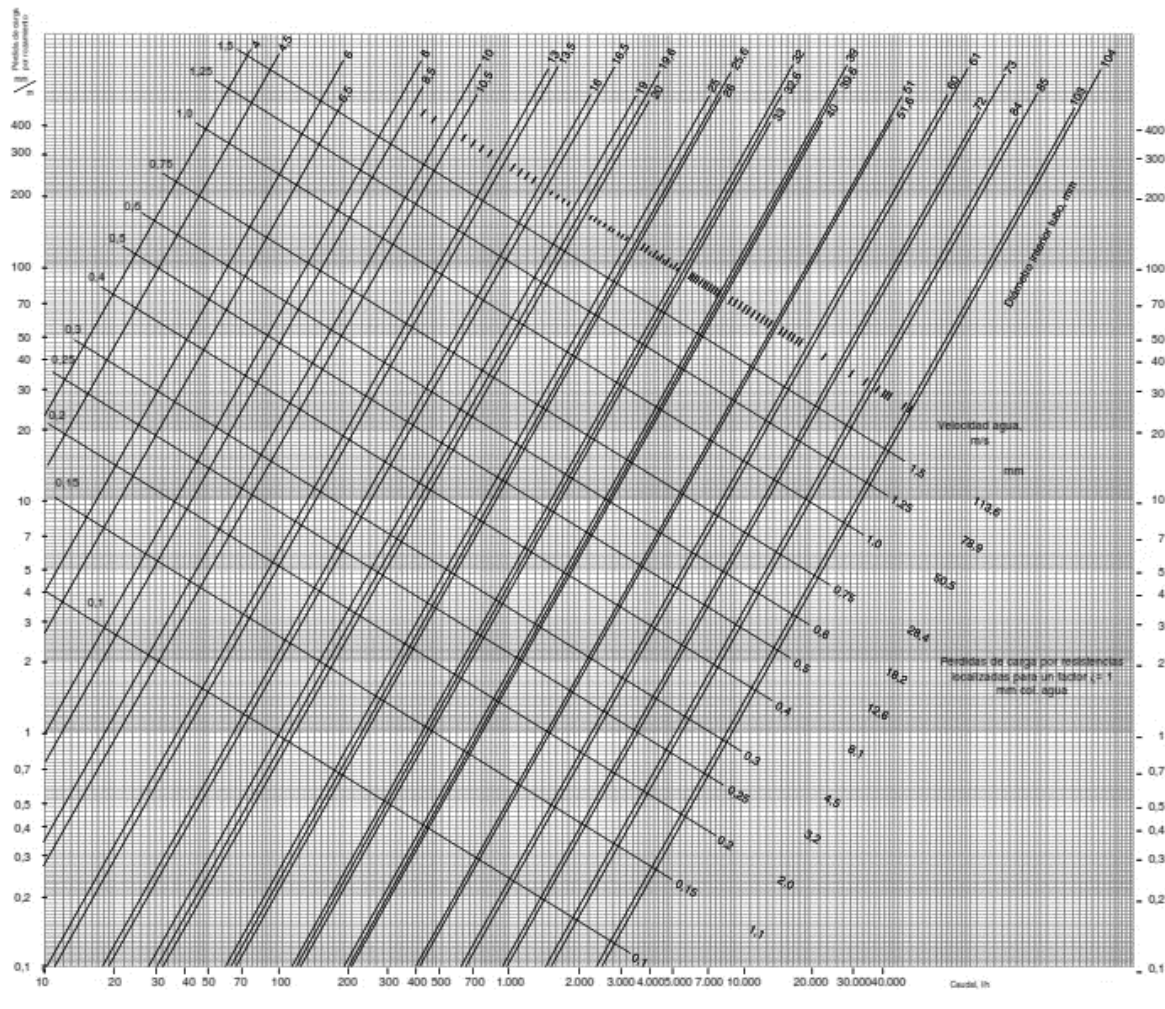
Unión en T de entrada – Paso directo (flujo convergente)	0,5
2 curvas a 90° (r/d = 2,5): 2 x 0,3	0,6
Una válvula de asiento inclinado	3,0
Unión en T de salida – Paso directo (flujo divergente)	0
	<hr/>
	Total ($\Sigma\zeta$) = 4,1

Las pérdidas de carga locales ascienden, por tanto, a: $\sum \zeta \times H = 4,1 \times 14,3 = 58,6 = 59 \text{ mm col. agua}$.
 La pérdida de carga total del tramo de tubería considerado es, entonces, igual a: $60 + 59 = 119 \text{ mm. col. agua}$.

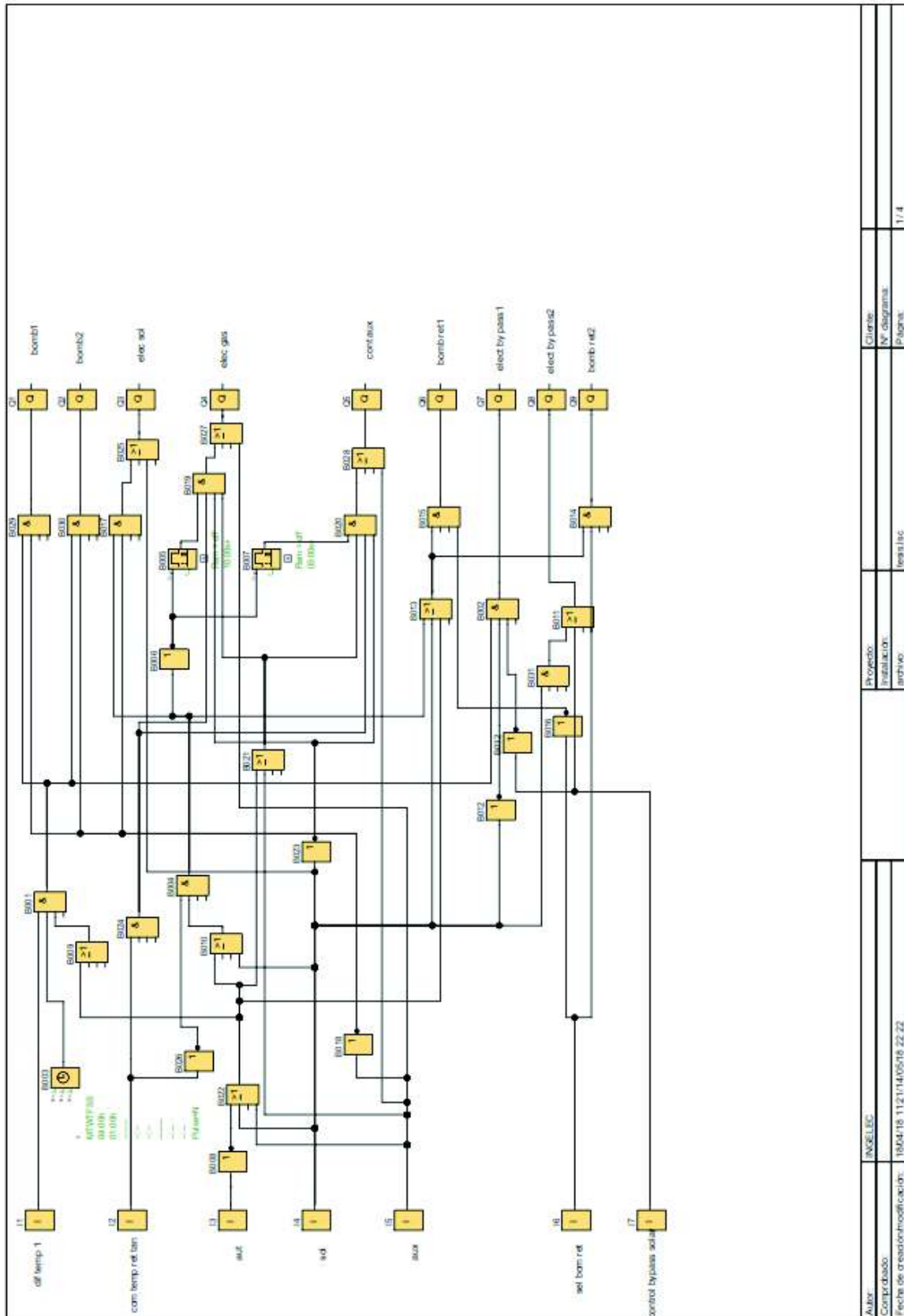
Nota: El DB HS 4 del CTE establece una velocidad de cálculo para tuberías metálicas entre 0,5 y 2,00 m/s. No obstante, razones prácticas –ruidos– desestiman su utilización por encima de 1,5 m/s.

El nuevo DB HR Protección contra el Ruido del CTE, RD 1371/2007 de 19 de Octubre y de aplicación obligatoria a partir del 23.10.2008, limita la velocidad de circulación a 1 m/s en las tuberías de calefacción y los radiadores de las viviendas.

La pérdida de carga está comprendida, por lo general, entre 10 y 30 mm col. agua por metro lineal de tubo.



Anexo VI. Diagrama de flujo PLC



Autor: Comprobado: Fecha de creación/modificación:	ANGE LEC 19/04/16 11:21:14:05/16 22:22	Proyecto: Instalación: Archivo:	lepa1.lsc	Circuito: Nº diagrama: Página:	1 / 4
--	---	---------------------------------------	-----------	--------------------------------------	-------

Anexo VII. Datos para el estudio económico

Cotización del sistema de control.



INGENIERÍA INTEGRAL:
ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, MECÁNICA, SISTEMAS Y CIVIL
 ► DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS. ► MANTENIMIENTO Y SOPORTE TÉCNICO.
 ► MAQUINARIA INDUSTRIAL. ► ASESORIA Y COMERCIALIZACION.

Dirección: Urb. San Andrés II N76C Lote 93
Servicio al Cliente: (593)2800-807 ó (593)2803-349
Web Site: www.ingelec-sh.es.tl

Móvil: 0998016694 / 0998373822 / 0999717385
Email: ingelec@netlife.ec

COTIZACIÓN

Quito, 10 de Mayo del 2018

INGELEC - 085 -2018

REF:

Cotización

Por medio del presente pongo a su consideración la proforma para EL SERVICIO DE DISEÑO Y MONTAJE DEL PROYECTO INSTALACIÓN SOLAR KITZIA.

ITEM	NOMBRE	CANT.	UNID.	P. UNIT.	DESC.	P. TOTAL
1	Termocuplas tipo J	8	-	25,00	0%	200,00
2	Controlador diferencial de temperatura TP0004	2	-	170,00	0%	340,00
3	PLC Siemens Logo	1	-	180,00	0%	180,00
4	Selector Siemens 3LD2264OTB53	1	-	15,00	0%	15,00
5	Pulsador	1	-	2,00	0%	2,00
6	Control de temperatura L480D-RPR	1	-	120,00	0%	120,00
7	Caja gabinete de control	1	-	250,00	0%	250,00
8	Herraje de instalacion	1	-	240,00	0%	240,00
9	Pruebas de funcionamiento	1	-	-	0%	404,10
10	Montaje	1	-	-	0%	538,80
Total \$						2.289,90

Son: Dos mil docientos ochenta y nueve con 90/100 dólares americanos.

NOTAS:

* Este precio no incluye IVA.

FORMA DE PAGO:

Crédito

VALIDEZ:

15 Días calendario

TIEMPO DE ENTREGA:

A convenir

Esperando su favorable atención.

Ing. Mauro Cardenas

Gerente General

INGELEC S.H.

Cotización de la tubería de cobre.

DISMACONCOBRE CIA LTDA		Teléfonos: 022228315 022235207
1792238447001		VISITA: www.dismaconcobre.com
Valladolid N24-611 y Av. La Coruna		
CLIENTE: IBERGAS S.A. CODIGO: 00878 1792012627001 DIRECCION: VICENTE DUQUE N75-57 Y JOSE ANDRADE TELEFONO: 022804356	PROFORMA N° 00028411 EMISION: 16/04/2018 VENCIMIENTO: 16/04/2018 VENDEDOR: VENDEDOR 1	

N°	CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNI	PRECIO UNITARIO	DESC.	TOTAL
1	20205	TUBO COBRE Gd COPPER M 1" x 6mts.	1.00	UND	33.6100	40.00	38.17
2	20204	TUBO COBRE Gd COPPER M 3/4" x 6mts.	1.00	UND	44.5000	40.00	26.96
3	20203	TUBO COBRE Gd COPPER M 1/2" x 6m	1.00	UND	27.8000	40.00	16.68
4	32105	CAJUELA REVES DE ALUM 1 x 0.91 mt.	1.00	UND	6.9500	20.00	5.56
5	32104	CAJUELA REVES DE ALUM 3/4 x 0.91 mt.	1.00	UND	6.6500	20.00	4.84
6	32103	CAJUELA REVES DE ALUM 1/2 x 0.91 mt.	1.00	UND	5.7000	20.00	4.58

		Observaciones:	SUBTOTAL:	96.79
			DESCUENTO	0.00 %
			TOTAL NETO:	96.79
			I.V.A.	12 %
			VALOR A PAGAR:	108.40

LA CANTIDAD DE:	_____ RECIBI CONFORME
-----------------	--------------------------

Anexo VIII. Análisis del agua



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 06 de abril de 2018

No. IRS18-290

DATOS DE CLIENTE

Ref. ST18-82

Solicitado por: JULIO PICO

Atención:

Teléfono: 2910183

Dirección: Av. Tte. Hugo Ortiz y Av. Solanda

Identificación de la muestra: ninguna

Origen/lugar de muestreo: cisterna

Fecha de recolección: 2018-03-28

Tipo de muestra: Agua potable

Responsable del muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: No

Se utilizó preservante: No

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: MS-18- 290

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2018-03-28

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Alcalinidad total (CaCO ₃)	mg/L	42,44	2018-04-04	PE-38; SM Ed.23; 2320 B; Volumetría
^(*) Dureza Cálctica	mg/L	29	2018-04-04	PE-16 (APHA 3500 - Ca B)
^(*) Calcio	mg/L	11	2018-04-04	PE-16 (APHA 3500 - Ca B, Titulación)
^(*) pH	NA	7,09	2018-04-04	PE-02 (APHA 4500 - H+ B Electrometric Method)
^(*) Conductividad	µS/cm	213	2018-04-04	PE-11 (APHA 2510 B)
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	276	2018-04-04	PE-35 (APHA 2540 C)
^(*) Temperatura	°C	16	2018-04-04	PE-26; SM Ed.23; 2550 B; Termometría
^(*) Índice de Saturación (Langelier)	NA	-1,9	2018-04-04	Procedimiento interno

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.


Revisado por: Quím. César Yambay
RESPONSABLE TÉCNICO




Aprobado por: Ing. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO

Anexo IX. Pago del consumo de ACS en el edificio Kitzia



INGESEV CIA. LTDA.

INFORME DE SISTEMA DE AGUA CALIENTE

Señores:
Administración Edificio KITZIA
FECHA DEL 24/12/2017 AL 24/01/2018

DPTO	NOMBRE USUARIO	Medidores de Agua Caliente		Consumo M3	valor 30%	Kilos de GLP	a pagar
LOCAL 1	GUADALUPE REINOSO VILLAFUERTE	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
LOCAL 2	CARLOS VELASQUEZ	13.00	13.00	0	0.00	0.00	0.00
D-101	CONSTRUCTORA	544	566	12	7.90	61.45	15.37
D-201	MARIA ESTHER SIERRA CUADROS	148	151	3	7.90	21.29	5.32
D-202	MARIA ORTIZ SALAZAR	38	39	1	7.90	12.35	3.09
D-203	SANDRA JAQUELINE BONILLA RIVERA	387	393	6	7.90	34.68	8.67
D-204	MARIA GABRIELA BURBANO DE LARA	128	129	1	7.90	12.36	3.09
D-205	IGINIO DEMONTI	212	217	5	7.90	30.22	7.55
D-206	IVAN PATRICIO ORTEGA GARRIDO	152	155	3	7.90	21.29	5.32
D-301	JUAN JOSE PICO MANTILLA	538	547	9	7.90	48.07	12.02
D-302	ANA DEBENITEZ GUERRA	359	369	10	7.90	52.54	13.13
D-303	OMAR ALEXANDER RUIZ VIVANCO	123	125	2	7.90	16.83	4.21
D-304	ENRIQUE PEREZ CARDENAS	303	306	3	7.90	21.29	5.32
D-305	MARIA DEL PILAR PALLARES ORAMAS	97	97	0	7.90	7.90	1.97
D-306	MARCIA MARIA VALLEJO CLAVIJO	201	210	9	7.90	48.07	12.02
D-401	LAURA LOAIZA SALANO	370	372	2	7.90	16.83	4.21
D-402	LIA MARGARITA SEMPETEGUI	73	73	0		0.00	0.00
D-403	YOLANDA JUDITH AVILA ZAPATA	214	218	4	7.90	25.75	6.44
D-404	JUAN CARLOS RAMIREZ ARMAS	242	248	6	7.90	34.68	8.67
D-405	CONSTRUCTORA	27	28	1	7.90	12.36	3.09
D-406	GLORIA CECILIA ARMAS TALVOT	106	109	3	7.90	21.29	5.32
D-501	RAUL NARVAEZ TAPIA	429	442	13	7.90	65.61	16.48
D-502	TERESA CONSUELO VALLEJOS	144	146	2	7.90	16.83	4.21
D-503	JAIME ANIBAL SOSA RUALES	104	106	2	7.90	16.83	4.21
D-504	GABRIELA ALEXANDRA FLORES	119	120	1	7.90	12.36	3.09
D-505	JAIME RODRIGO ARIAS MIÑO	143	146	3	7.90	21.29	5.32
D-506	HUGO ANIBAL CARRERA LLERENA	1	1	0	0.00	0.00	0.00
D-601	FAUSTO FABIAN FREIRE TAPIA	95	113	18	7.90	85.22	22.06
D-602	CARLOS RAUL TASIPANTA SUNTASIG	340	342	2	7.90	16.83	4.21
D-603	MONICA XIMENA JURADO CARRERA	164	171	7	7.90	39.11	9.79
D-604	OMAR QUISANGA	171	173	2	7.90	16.83	4.21
D-605	CONSTRUCTORA	99	102	3	7.90	21.29	5.32
D-701	VERONICA SOLEDAD TECA MOGNER	216	216	0	7.90	7.90	1.97
D-702	FERNANDO IVAN LEON ARAUJO	236	240	4	7.90	25.75	6.44
D-703	ANA NARCIZA LLERENA NARANJO	75	75	0	7.90	7.90	1.97
D-704	HECTOR MARCELO LOPEZ	140	140	0	7.90	7.90	1.97
D-705	ESTEBAN FAUSTO AYALA COSTALES	81	84	3	7.90	21.29	5.32
D-801	GIOVANI FERNANDO CADENA GUDIÑO	173	176	3	7.90	21.29	5.32
D-802	MARIA DEL PILAR GAVILAES	126.22	132.15	5.93	7.90	46.91	11.82
D-803	MICHELE URBANI	92	83	1	7.90	16.83	4.21
D-804	MARIA ANTONIA GAVILANES	190	193	3	7.90	21.29	5.32
D-805	CONSTRUCTORA	93	97	4	7.90	31.64	7.94
TOTALES				156.93	300.20	1000.67	250.17

Barón de Carondelet No.250 y Sánchez de Ávila, Edf. Torre Cristal P.B. Telf.: 269790 Telfax: 5119935
Cela. 093365381- 0933653851 Ingesev@claro.ec

Anexo X. Fotos del edificio Kitzia

Tanques de almacenamiento de GLP.



Tanques de almacenamiento de ACS.



Calefones para la preparación de ACS.



Bombas de recirculación



Tubería de distribución de ACS para las viviendas.



Aislamiento térmico de las tuberías de distribución de ACS.

