



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Instituto
Ingeniería
Energética



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE MÁSTER
TECNOLOGÍA ENERGÉTICA PARA DESARROLLO SOSTENIBLE

**Modelado y diseño de estrategias de
control del laboratorio docente solar
del IUIIE**

AUTOR: SOSA AGUILERA, JOSÉ ALEJANDRO

TUTOR: PAYÁ HERRERO, JORGE

Curso Académico: 2019-2020

Enero 2020

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar la ocasión para agradecer a nivel personal a mis padres ya que gracias a su ayuda y apoyo he logrado poder llegar a esta etapa en mi vida, de igual forma quiero agradecer a toda mi familia que siempre han estado ahí para darme ánimo.

A mis amigos y amigas, los que se encuentran cerca como los que se encuentran lejos que siempre han estado ahí y me han ayudado en lo que han podido. Gracias por escucharme y aconsejarme durante este proceso. También a la persona especial que me ha ayudado viendo cosas que yo no he visto.

A nivel profesional, agradecer en primer lugar a Jorge Payá Herrero, mi tutor del TFM, por guiarme durante la realización de este trabajo, por tener la paciencia de resolver cualquier tipo de duda que tuve también por guiarme en momentos difíciles. A Alejandro con el cual colaboré en el laboratorio por sus palabras de enseñanza y de aliento.

También a todas las personas que conforman el Instituto Ingeniería Energética con las cuales creé una gran amistad y que siempre tienen algún consejo para dar.

RESUMEN

En la actualidad existen una gran variedad de captadores solares para la producción de agua caliente sanitaria y también cada día es más común que las normativas no solo de España sino de la unión europea contemplen y regulen su integración en edificios.

Dentro de este trabajo se simula el laboratorio docente solar del Instituto de Investigación en Ingeniería Energética (IUIIE). Dicho laboratorio consta de dos captadores solares que funcionan en paralelo. El primero es un captador plano y el segundo es un captador de tubos al vacío, junto con los componentes que integran la instalación se simulan mediante el software de TRNSYS. Se ha desarrollado un modelo térmico de este para poder analizar y proponer estrategias de control para el uso de la instalación en prácticas docentes.

Con el propósito de verificar que los captadores solares térmicos simulados en TRNSYS reproduzcan la realidad, se han contrastado los resultados con CHEQ4. En la comparación se puede apreciar que los resultados y las tendencias son similares, por lo que se consideró que el sistema es correcto.

La práctica que se ha simulado, y para la cual se han analizado las estrategias de control, consiste en medir el rendimiento de los captadores solares a tres temperaturas distintas de impulsión 90-60-30 °C. Dichas temperaturas se han seleccionado dados los errores e incertidumbres que tienen los equipos de medida. Se analizaron varias estrategias de control utilizando el modelo de TRNSYS. Dichas estrategias consisten básicamente en usar dos componentes de la instalación como son un intercambiador de placas y una resistencia eléctrica. La estrategia con mejores resultados consiste en utilizar dos PID en la instalación e ir de la temperatura máxima a la mínima requerida, con esto se asegura que se pueden tomar las medidas en un tiempo menor a 2 horas y en casi cualquier día del año.

Palabras Clave: TRNSYS, CHEQ4, Modelado dinámico, Estrategias de Control, Captador solar térmico, Practica, Errores e Incertidumbres, Instalación solar térmica.

ABSTRACT

At present, there is a great variety of solar collectors for the production of sanitary hot water and also every day it is more common that the regulations not only of Spain but of the European Union contemplate and regulate their integration into buildings.

Within this work, the solar teaching laboratory of the Energy Engineering Research Institute (IUIIE) is simulated. This laboratory consists of two solar collectors that work in parallel. The first is a flat panel collector and the second is a vacuum tube collector, together with the components that make up the installation, are simulated using TRNSYS software. A thermal model of this has been developed to analyze and propose control strategies for the use of the installation in teaching practices.

In order to verify that the solar thermal collectors simulated in TRNSYS reproduce reality, the results have been contrasted with CHEQ4. In the comparison it can be seen that the results and trends are similar, so the system was considered correct.

The simulated practice for which control strategies have been analyzed consists in measuring the performance of solar collectors at three different discharge temperatures of 90-60-30 ° C. These temperatures have been selected given the errors and uncertainties of measuring equipment. Several control strategies were analyzed using the TRNSYS model. These strategies consist of using two components of the installation such as a plate exchanger and an electrical resistor. The strategy with the best results is to use two PIDs in the installation and go from the maximum temperature to the minimum required, this ensures that the measurements can be taken in less than 2 hours and on almost any day of the year.

Keywords: TRNSYS, CHEQ4, Dynamic modeling, Control Strategies, Solar thermal collector, Practice, Errors and Uncertainties, Solar thermal installation.

RESUM

En l'actualitat existeixen una gran varietat de captadors solars per a la producció d'aigua calenta sanitària i també cada dia és més comú que les normatives no sols d'Espanya sinó de la unió europea contemplin i regulen la seua integració en edificis.

Dins d'aquest treball se simula el laboratori docent solar de l'Institut d'Investigació en Enginyeria Energètica IUIIE. Aquest laboratori consta de dos captadors solars que funcionen en paral·lel. El primer és un captador pla i el segon és un captador de tubs al buit, juntament amb els components que integren la instal·lació se simulen mitjançant el programari de *TRNSYS. S'ha desenvolupat un model tèrmic d'aquest per a poder analitzar i proposar estratègies de control per a l'ús de la instal·lació en pràctiques docents.

Amb el propòsit de verificar que els captadors solars tèrmics simulats en TRNSYS reproduïsquen la realitat, s'han contrastat els resultats amb CHEQ4. En la comparació es pot apreciar que els resultats i les tendències són similars, per la qual cosa es va considerar que el sistema és correcte.

La pràctica que s'ha simulat, i per a la qual s'han analitzat les estratègies de control, consisteix a mesurar el rendiment dels captadors solars a tres temperatures diferents d'impulsió 90-60-30 °C. Aquestes temperatures s'han seleccionat donats els errors i incerteses que tenen els equips de mesura. Es van analitzar diverses estratègies de control utilitzant el model de TRNSYS. Aquestes estratègies consisteixen bàsicament a usar dos components de la instal·lació com són un bescanviador de plaques i una resistència elèctrica. L'estratègia amb millors resultats consisteix a utilitzar dos PID en la instal·lació i anar de la temperatura màxima a la mínima requerida, amb això s'assegura que es poden prendre les mesures en un temps menor a 2 hores i en quasi qualsevol dia de l'any.

Paraules clau: TRNSYS, CHEQ4, Modelatge dinàmic, Estratègies de Control, Captador solar tèrmic, Practica, Errors i Incerteses, Instal·lació solar tèrmica.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	CONTEXTO TECNOLÓGICO E INDUSTRIAL	1
1.2	CONTEXTO ACADÉMICO	6
1.3	NORMATIVAS.....	7
2	OBJETIVOS.....	11
3	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	12
3.1	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS.....	12
3.2	FUNCIONAMIENTO	13
3.3	ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN	13
3.4	MONTAJE CON RESPECTO A LA NORMATIVA	15
3.4.1	Ángulo del colector	15
3.4.2	Reflexión difusa e irradiación solar reflejada.....	15
3.4.3	Instrumentación	15
3.5	FLUIDO CALOPORTADOR.....	17
3.6	CAPTADORES SOLARES	17
3.6.1	Captador plano Avant Solar AS-20VC.....	17
3.6.2	Captador Ecosol Sunmax 6 58/1800	18
3.7	INTERCAMBIADOR DE PLACAS	20
3.8	CAUDAL.....	20
3.9	VASO DE EXPANSIÓN.....	21
3.10	BOMBA HIDRÁULICA	21
3.11	DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN (INERCIA).....	23
3.12	RESISTENCIA	24
3.13	SISTEMA DE CONVECCIÓN NATURAL/FORZADA.....	24
3.14	INSTRUMENTACIÓN	26
3.14.1	Sensores de Temperatura	26
3.14.2	Sensores de Caudal	26
3.14.3	Sensores de Presión	27
3.15	PIRANÓMETRO.....	27
3.15.1	Ubicación de los Sensores	28

3.16	ERRORES E INCERTIDUMBRES	29
3.16.1	Incertidumbre de los Equipos	29
3.16.2	Error en los Captadores.....	30
4	MODELADO DINÁMICO EN TRNSYS	38
4.1	MEZCLADOR.....	39
4.2	INTERCAMBIADOR.....	40
4.3	TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	43
4.4	RESISTENCIA	44
4.5	CAPTADORES	46
4.6	TUBERÍAS	47
4.7	CONTROLADOR PROPORCIONAL, INTEGRAL Y DERIVATIVO PID	49
4.8	TEMPERATURAS DE REFERENCIA	50
4.9	PARÁMETROS	51
4.10	CÁLCULOS	52
4.11	CÁLCULO DE POTENCIAS	53
4.12	GRAFICA DE PARÁMETROS EN LA SIMULACIÓN	54
4.13	ADQUISICIÓN DE DATOS EN LA SIMULACIÓN	58
5	VALIDACIÓN DE LOS MODELOS	60
5.1	DATOS METEOROLÓGICOS EMPLEADOS PARA LA VALIDACIÓN.....	61
5.2	MODELADO DE SISTEMA ACS CHEQ4 EN TRNSYS	63
5.3	RESULTADOS DE SIMULACIONES CHEQ4 Y TRNSYS	64
6	ESTRATEGIAS DE CONTROL.....	67
7	CONCLUSIONES.....	73
8	BIBLIOGRAFÍA.....	74
9	ANEXOS	78

Índice de Figuras

Figura 1 Capacidad global en operación y tasas de crecimiento del mercado entre 2010 -2018 [2]]	2
Figura 2 Países con mayor crecimiento de energía solar térmica [2]	2
Figura 3 Demanda anual de aplicaciones a media y baja temperatura [5]	3
Figura 4 Crecimiento de la potencia instalada para producción de ACS con energías renovables en España IDAE [6].....	3
Figura 5 Crecimiento de la potencia instalada por cada 1000 personas en Europa [5] ...	4
Figura 6 Viviendas finalizadas. Octubre 2018 España Informe Coyuntura CEPCO, enero 2019, Datos Ministerio Fomento [7]	4
Figura 7 Comparación de cambios en CTE HE 4	5
Figura 8 Esquema de instalación	12
Figura 9 Montaje de los captadores.....	14
Figura 10 Esquema del armario	14
Figura 11 Porcentaje de propilenglicol en la mezcla.....	17
Figura 12 Rendimiento térmico. Datos rectificador por la Secretaría General de Energía https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-17733	18
Figura 13 Potencia del captador. Datos rectificador por la Secretaría General de Energía https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-17733	18
Figura 14 Heat pipe	19
Figura 15 Datos del BOE-A-2010-10487 [9]	19
Figura 16 Datos de potencia BOE-A-2010-10487 [9]	19
Figura 17 Curva de WILO–Star ST 20/6	23
Figura 18 Tanque de almacenamiento - acumulador – acero Inox .316 - 30L - 8 Bar – aislado - horizontal	24
Figura 19 Sistema de conexión forzada	25
Figura 20 Sistema de conexión forzada en funcionamiento.....	25
Figura 21 Piranómetro	27
Figura 22 Diagrama lateral de la instalación	28
Figura 23 Diagrama de instalación solar	28
Figura 24 Captador plano: rotámetro, temperaturas con incertidumbre, 50l/hm ²	31
Figura 25 Captador plano: rotámetro temperaturas con incertidumbre, 80l/hm ²	32
Figura 26 Captador plano: coriolis temperaturas con incertidumbre, 50l/hm ²	33
Figura 27 Captador plano: coriolis temperaturas con incertidumbre, 80l/hm ²	33
Figura 28 Captador de tubos: rotámetro, temperaturas con incertidumbre, 50l/hm ²	34
Figura 29 Captador de tubos: rotámetro, temperaturas con incertidumbre, 91,5l/hm ²	35
Figura 30 Captador de tubos: caudalímetro, temperaturas con incertidumbre, 50l/hm ²	36
Figura 31 Captador de tubos: caudalímetro, temperaturas con incertidumbre, 91,5l/hm ²	36
Figura 32 Modelado de la instalación	38

Figura 33 Mezclador Type11d	39
Figura 34 Intercambiador Type5b	40
Figura 35 Conexión intercambiador y tanque de almacenamiento	42
Figura 36 Conexión PID e intercambiador	42
Figura 37 Tanque de almacenamiento.....	43
Figura 38 Conexión del tanque con la calculadora (Resistencia).....	44
Figura 39 Resistencia eléctrica	45
Figura 40 Conexión entre resistencia eléctrica y los paneles solares	46
Figura 41 Datos meteorológicos	47
Figura 42 Tubería del sistema con perdidas	48
Figura 43 PID Intercambiador	49
Figura 44 PID resistencia	50
Figura 45 Practicas horario.....	51
Figura 46 Plot de potencias.....	55
Figura 47 Grafica de potencias.....	55
Figura 48 Diagrama de valores para graficar	56
Figura 49 Grafica de señales en TRNSYS	56
Figura 50 Diagrama de valores para graficar	57
Figura 51 Grafica de temperaturas	58
Figura 52 Impresión de resultados en Excel	58
Figura 53 Instalación con interacumulador	60
Figura 54 Temperaturas en día promedio Valencia.....	62
Figura 55 Circuito primario	63
Figura 56 Circuito secundario.....	64
Figura 57 Grafica de comparación captador de tubos, TRNSYS y CHEQ4.....	65
Figura 58 Grafica de comparación captador plano, TRNSYS y CHEQ4.....	66
Figura 59 Gráfica de temperaturas enfriando únicamente PID resistencia, con flujo en el intercambiador constante 30kg/h, tiempo de estabilización 2:13:48 h, 1 de abril.....	67
Figura 60 Gráfica de temperaturas enfriando únicamente PID resistencia, con flujo en el intercambiador constante 50kg/h, tiempo de estabilización 1:16:48 h, 1 de abril.....	68
Figura 61 Gráfica de temperaturas enfriando doble PID intercambiador, resistencia 5400 W para alcanzar 30 a 90 °C, tiempo de estabilización 1:21:00, 1 de abril	68
Figura 62 Gráfica de temperaturas enfriando doble PID intercambiador, resistencia 5400 W para alcanzar 30 a 90 °C y 2700 W en el escalón de 60 °C, tiempo de estabilización 1:24:00, 1 de abril.....	69
Figura 63 Gráfica de temperaturas enfriando doble PID, 1 de abril.....	69
Figura 64 Gráfica de temperaturas calentando únicamente PID resistencia, intercambiador flujo constante de 25 kg/h, 1 de abril	70
Figura 65 Gráfica de temperaturas calentando doble PID, 1 de abril.....	71
Figura 66 PID doble tiempo de espera en el intervalo de 60 °C DE 15 minutos, 1 de abril.....	72

Índice de Tablas

Tabla 1 Contribución solar mínima anual para ACS EN % [8]	7
Tabla 2 Contribución solar mínima en %. Caso climatización piscinas cubiertas [6].....	8
Tabla 3 Perdidas límite [6].....	8
Tabla 4 Perdidas intercambiador	20
Tabla 5 Datos de prueba para de los equipos.....	20
Tabla 6 Metros columna de agua circuito captador plano	22
Tabla 7 Metros columna de agua circuito captador de tubos	22
Tabla 8 Resistencia	24
Tabla 9 Sensores ubicación y unidades.....	26
Tabla 10 Caudalímetro unidades	27
Tabla 11 Caudalímetro variables.....	27
Tabla 12 Sensor de bombeo.....	27
Tabla 13 Incertidumbre rotámetro	29
Tabla 14 Incertidumbre coriolis	29
Tabla 15 Incertidumbre densidad y Cp	29
Tabla 16 Incertidumbre temperaturas.....	29
Tabla 17 Incertidumbre piranómetro	29
Tabla 18 Valores para el cálculo de la ecuación.....	30
Tabla 19 Errores captador plano rotámetro	31
Tabla 20 Errores captador plano coriolis	32
Tabla 21 Errores captador tubos rotámetro	34
Tabla 22 Errores captador de tubos coriolis	35
Tabla 23 Valores de caracterización captadores solares en la simulación	46
Tabla 24 Captadores y parámetros en la simulación	48
Tabla 25 Temperaturas de intercambiador y tanque	51
Tabla 26 Variables del sistema.....	52
Tabla 27 Calor específico del agua	53
Tabla 28 Variables de potencia	54
Tabla 29 Resultados de la impresora	59
Tabla 30 CHEQ4 correspondientes a Valencia	61
Tabla 31 Temperatura ambiente promedio.....	62
Tabla 32 Valores de los elementos para la simulación	63
Tabla 33 Totales de comparación CHEQ4 y TRNSYS	65
Tabla 34 Comparación de resultados.....	66
Tabla 35 Tiempos de estabilización calentando, PID resistencia.....	70
Tabla 36 Tiempo de duración en el escalón de los 60 °C	71

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 Energía procedente de fuentes renovables [7, p. 31]	9
Ecuación 2 Tolerancia de temperatura mínima	17
Ecuación 3 Pérdidas de carga localizadas	21
Ecuación 4 Eficiencia sin dependencia a las temperaturas.....	30
Ecuación 5 Rendimiento.....	30
Ecuación 6 Temperatura de salida	30
<i>Ecuación 7 Temperatura de salida mezclador</i>	<i>39</i>
<i>Ecuación 8 Caudal másico de salida mezclador</i>	<i>39</i>
<i>Ecuación 9 Temperatura de salida del lado caliente.....</i>	<i>41</i>
<i>Ecuación 10 Eficiencia intercambiador de calor.....</i>	<i>41</i>
<i>Ecuación 11 Capacidad de fluido del lado frío</i>	<i>41</i>
<i>Ecuación 12 Capacidad de fluido del lado caliente</i>	<i>41</i>
<i>Ecuación 13 Tasa de capacidad máxima.....</i>	<i>41</i>
<i>Ecuación 14 Tasa de capacidad mínima</i>	<i>41</i>
<i>Ecuación 15 Calculo de resistencia.....</i>	<i>45</i>
Ecuación 16 Caudal másico en colector plano	52
Ecuación 17 Caudal másico en colector tubular	52
Ecuación 18 Capacitancia en colector tubulares	53
Ecuación 19 Capacitancia en colector plano.....	53
Ecuación 20 Radiación horizontal	53
Ecuación 21 Radiación en inclinación	53
Ecuación 22 Captador plano potencia útil	53
Ecuación 23 Captador de tubos potencia útil	53
Ecuación 24 Rendimiento captador plano	54
Ecuación 25 Rendimiento útil captador de tubos.....	54
Ecuación 26 Energía disipada por el intercambiador.....	54
Ecuación 27 Fracción solar	64

1 INTRODUCCIÓN

1.1 CONTEXTO TECNOLÓGICO E INDUSTRIAL

Las energías renovables permiten satisfacer la demanda de energía sin generar gases efecto invernadero, los cuales contribuyen al calentamiento global. Por lo cual en el mundo casi la mitad de la nueva capacidad instalada para generación son energías renovables. Cabe mencionar que éstas solo son superadas por el carbón, de acuerdo con Agencia Internacional de la Energía (AIE) esto no se debe únicamente a la reducción de costos para las energías renovables sino también a un esfuerzo en conjunto de los gobiernos para reducir las emisiones de CO₂, un ejemplo de esto es el acuerdo de París. En Europa también existe la Directiva 2009/28/CE que fija el objetivo de reducir el uso de carburantes y disminuir las emisiones de CO₂. Esto a lo largo del tiempo se va integrando en las normativas nacionales para obligar su implementación, Por ejemplo, en España con el Documento Básico HE el cual tiene regulaciones para la autogeneración eléctrica, térmica y así elevar la eficiencia energética de los edificios.

La Industria de energía solar térmica a bajas temperaturas se encuentra con una tecnología madura en el mercado si se toma en cuenta que los primeros equipos comenzaron a comercializarse a de forma activa en los años 1970, esto a causa de la primera crisis petrolera mundial. “Actualmente la distribución por tipo de tecnología se encuentra con 71% paneles de tubos al vacío los cuales son principalmente usados en China, 22,6% captadores planos los cuales son los más populares en Europa seguidos por colectores planos sin vidrio 6,1%.” [2, p. 6]

Desde el año 2000 - 2017 el mercado global ha crecido un 7,6%, pero el crecimiento de 2016 al 2017 disminuyó a un 4% [3], la disminución se da porque dos de los mercados más importantes para la industria China con un 71% de la potencia instalada y Europa con el 11% han tenido un estancamiento en la instalación debido a varios factores ya sea por desaceleración económica, cambios en las legislaturas o por la introducción de otras tecnologías que se han vuelto cada vez más atractivas como las bombas de calor y sistemas fotovoltaicos. Esto en el uso doméstico que es donde se da el mayor consumo de estos equipos con un 90% a nivel mundial, se puede ver en la Figura 1, la cual muestra una tendencia de crecimiento positivo a lo largo del tiempo y se espera que continúe con esta tendencia de bajo crecimiento pero constante.

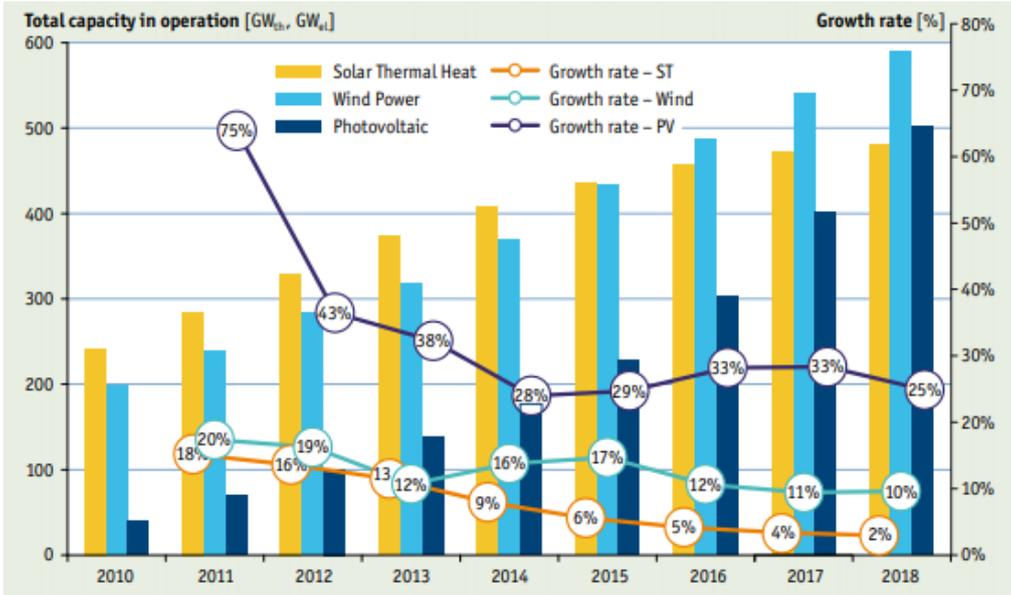


Figura 1 Capacidad global en operación y tasas de crecimiento del mercado entre 2010 -2018 [2]

Es importante mencionar que, aunque en las regiones con mayor potencia instalada no se ha visto un crecimiento, otros mercados se han mantenido e incluso han mostrado un desarrollo positivo sobre todo en países donde el mercado aún no se encuentra sobresaturado o la adopción apenas se encuentra en sus inicios. Los mercados con mayor crecimiento en el año 2018 fueron: Polonia, Dinamarca y India como se puede observar en la Figura 2.

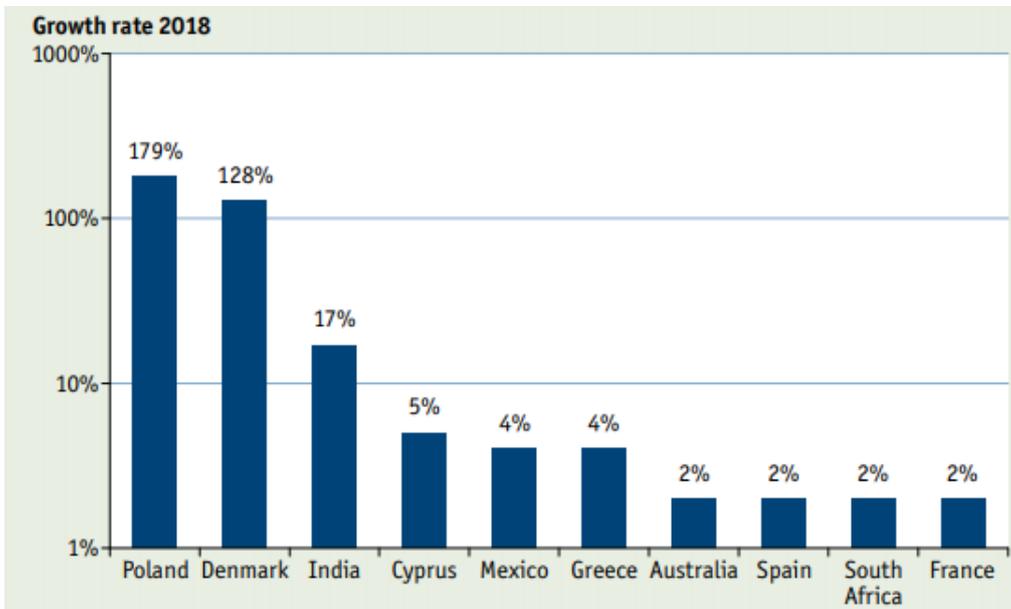


Figura 2 Países con mayor crecimiento de energía solar térmica [2]

Los usos industriales y municipales de agua sanitaria a nivel mundial solo equivalen al 3% del mercado global [3] y son por lo tanto un uso secundario frente al de ACS. En la actualidad existen algunos proyectos de demostración que no han tenido un impacto significativo al mercado, aunque algunos países tratan de impulsarlos, también se ha empezado a hacer uso en mayor medida de sistemas

municipales de agua sanitaria y calefacción. Dinamarca es el país pionero en este rubro mismo que en el 2017, ya que este contaba con más de 1.300.000 m² instalados lo cual equivale al 70% de este tipo de plantas a nivel mundial [4] Alemania, China, Austria, España, Suecia y Grecia cuentan con este sistema, pero en menor medida. Con un impulso adecuado se podría ingresar a un mayor mercado ya que existe una gran demanda de media y baja temperatura, Figura 3 que podrían ser complementados por los paneles solares.



Figura 3 Demanda anual de aplicaciones a media y baja temperatura [5]

En años recientes el mercado para calentadores solares de Agua Caliente Sanitaria ha crecido a un ritmo constante en Europa como se puede ver en la Figura 4.

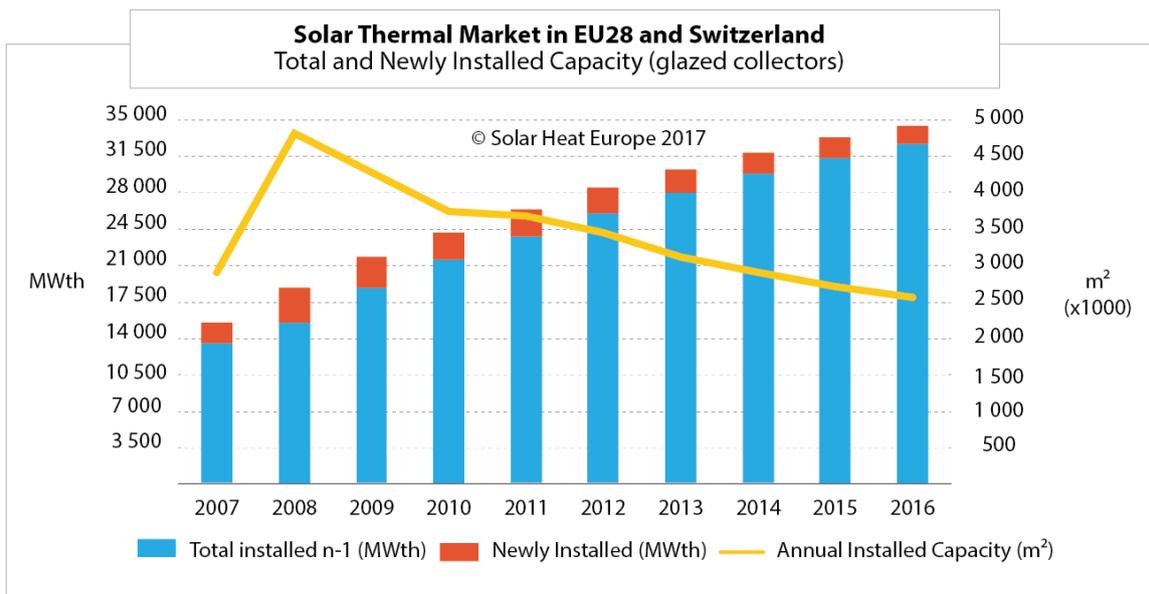


Figura 4 Crecimiento de la potencia instalada para producción de ACS con energías renovables en España IDAE [6]

Es bien sabido que España es uno de los países pioneros en lo que respecta al tema de energía solar térmica y cuenta con una localización geográfica privilegiada en Europa para su uso. Sin embargo, como se puede observar la Figura 5, España se encuentra por debajo de otros países europeos con respecto a la instalación de esta tecnología.

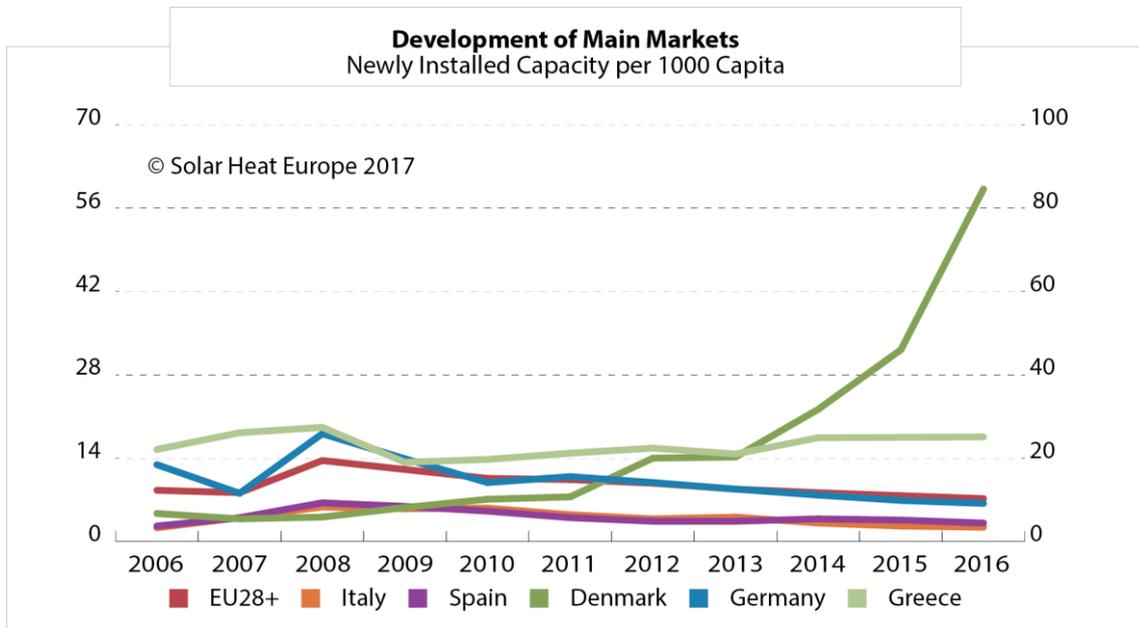


Figura 5 Crecimiento de la potencia instalada por cada 1000 personas en Europa [5]

Una de las principales razones por las cuales en España no se ha visto un crecimiento mayor en la adopción de ACS es debido a la disminución drástica en la construcción de nuevas viviendas desde la crisis económica del 2007, tal y como muestra la Figura 6. La normativa CTE-HE 4 obliga a incluir una instalación de energía solar térmica para ACS en edificios de nueva construcción, luego la crisis en dicho sector ha afectado también al crecimiento de la energía solar térmica en España.

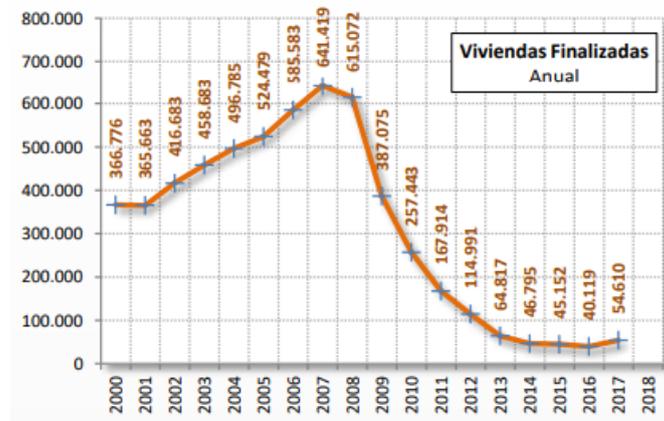


Figura 6 Viviendas finalizadas. Octubre 2018 España Informe Coyuntura CEPCO, enero 2019, Datos Ministerio Fomento [7]

Es importante mencionar que la legislación actual CTE-HE 4 que fue emitida en 2013 y ha sido actualizada varias veces, la última se dio en el 2017 sin embargo, grandes cambios se darán este 2019 con una nueva versión de la cual ya existe un borrador, si se publica como se plantea en el borrador existen cambios importantes que podrían afectar la adopción de sistemas solares a baja temperatura en sector inmobiliario que actualmente es el que tiene mayor porcentaje en el mercado. Los principales cambios se pueden ver en la siguiente Figura 7. Los cuales serían, ya no contar con distintas zonas climáticas y por ende todas las instalaciones tiene que entregar un aporte del 50%, de igual forma se elimina la aportación solar dependiendo del consumo.

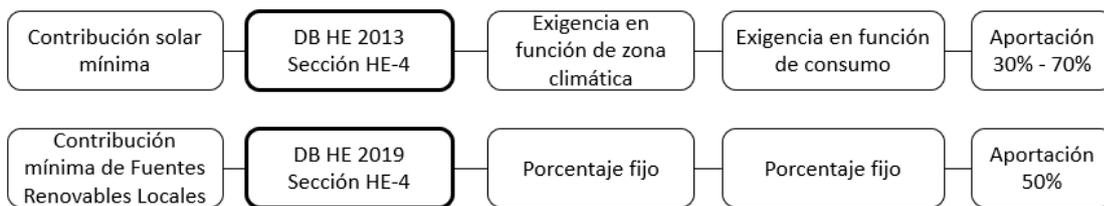


Figura 7 Comparación de cambios en CTE HE 4

La nueva legislación se encuentra un cambio radical en la que destaca la posibilidad de usar cualquier energía renovable para el ACS siempre y cuando el 50%, sea cubierto por energías renovables locales, esto abre la posibilidad de utilizar otros sistemas, por ejemplo: una bomba de calor, la cual no solo podría ser usada para el ACS sino también para calentar una vivienda, es importante mencionar que no toda la energía que genera la bomba de calor genera se considera renovable ya que solo una parte lo es como lo indica la Directiva de Energías Renovables (2009/28/CE). Sin embargo, lo que se espera es que estos sistemas complementen a los calentadores solares.

España cuenta con una potencia instalada de 2,874MWth de energía solar térmica para ACS esto se traduce a 993,256 [tCO₂e /a] [2, p. 54] que no se liberaron a la atmósfera. Las expectativas de la industria es que el mercado seguirá expandiéndose con la nueva legislación ya que estos sistemas cuentan con una tecnología conocida, fiable, madura y que ya una buena parte de la población la ha implementado. Acompañado del crecimiento en la construcción ya que para el 2019 se prevé que supere las 68.000 viviendas en el 2019.

Hoy en día los avances se están enfocando en las investigaciones que permitan mejorar futuros procedimientos en los sistemas de almacenamiento y gestión de energía, esto con la finalidad de dejar de depender en ciertas regiones de equipos de apoyo o para poder almacenar la energía un mayor tiempo, incluso se plantea la posibilidad de almacenar calor en verano e invierno.

1.2 CONTEXTO ACADÉMICO

El Máster Universitario en Tecnología Energética para el Desarrollo Sostenible ofrecido por la Universitat Politècnica de València, imparte una serie de asignaturas con las cuales se fomenta la formación en los campos de la investigación, ética profesional, habilidades técnicas y competencias transversales. Todo esto es fomentado para poder desarrollar este Trabajo de Fin de Master (TFM) y en tener profesionales con las habilidades necesarias en sus respectivos campos. Las habilidades son adquiridas de forma directa o indirecta ya sea con asignaturas específicas en un concepto, trabajos de investigación o realizando actividades en equipos con las cuales desarrollas habilidades suaves.

El Máster organizado por parte de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, con apoyo de los departamentos de Ingeniería Eléctrica, Termodinámica Aplicada e Ingeniería Química Nuclear en el Instituto de Ingeniería Energética. El personal docente de estos departamentos son los encargados de impartir las asignaturas.

Este se encuentra dividido en tres módulos (cuatrimestres), dos de los módulos son dedicados a las asignaturas mientras el tercero es para la realización del Trabajo de fin de Máster. El primer módulo consiste en asignaturas obligatorias para todos los alumnos y el segundo módulo son asignaturas optativas las cuales los alumnos pueden elegir 6, dependiendo de los temas en los que les gustaría especializarse.

Dentro del primer módulo la asignatura que más se enfoca en el tema de investigación es Iniciación a la Investigación en el Campo de la Energía. En éste se desarrollan estrategias para poder realizar documentación, investigación y experimentación de una forma más efectiva y acertada. Realizando proyectos y ensayos que se enfocan en desarrollar las habilidades analíticas y de recopilación de información.

Otra de las asignaturas en el primer módulo es Instrumentación y Monitorización de Instalaciones Energéticas. Esta materia se enfoca en analizar la forma correcta de realizar una recopilación de datos en el proceso de investigación o experimentación. En varias sesiones de esta asignatura se imparte el tema de errores absolutos y relativos los cuales se tiene que tomar en cuenta al momento de seleccionar el equipo de medición, esto se tomó en cuenta dentro del TFM y se calcularon para la instalación del laboratorio solar térmico.

En la asignatura de Evaluación Técnico-Económica en esta se dio una introducción a TRNSYS. Con este se pueden simular una gran variedad de sistemas térmicos, gracias a la facilidad en el uso de este y su interfaz gráfica, es relativamente sencillo desarrollar proyectos por medio de esta plataforma y seguir su funcionamiento paso a paso, otra de las ventajas es que de una manera relativamente sencilla se pueden introducir bases de datos externas al programa.

De la misma forma la asignatura Tecnologías Avanzadas de Energía Solar Térmica, que se imparte en el segundo módulo tiene una relación directa con este trabajo ya que en esta se dieron a conocer las bases para el entendimiento y estudio de los principios que permiten el funcionamiento de la instalación de investigación. Dentro del temario, se efectuó un repaso de los conceptos básicos de la radiación solar, iniciando por saber qué medidas llegan a la tierra hasta como afecta la posición de la

tierra con su potencia. De igual forma se vieron las distintas tecnologías de reflectores solares que existen como los Fresnel, Heliostatos, Cilindros Parabólicos, los planos y de tubos al vacío. Posteriormente se realizaron prácticas de absorbedores de medición solar, el diseño de una planta solar y un ejercicio que estimuló el trabajo en equipo y la integración de la clase, mismo que consistía en diseñar y elaborar una cocina solar. Esta asignatura inspiró el Trabajo de fin de Master, cuyo objetivo es el de diseñar una práctica donde los alumnos podrán observar y analizar una instalación solar a baja temperatura.

1.3 NORMATIVAS

En España existen regulaciones para el uso de energías renovables las cuales tanto fabricantes, instaladores y propietarios tiene que cumplir con lo que respecta al agua caliente sanitaria, existe una regulación que se encuentra escrita en el documento básico HE [6] la cual es utilizada para el uso de cualquier edificación tecnológica de la cual ya se habló un poco en el CONTEXTO TECNOLÓGICO , también existen normas para la certificación de los equipos que se pueden usar en las instalaciones la UNE-EN-12975-2.

El DB HE cuenta con varias secciones, la cuarta es la que hace referencia al uso ACS en donde se describe en que edificaciones es aplicable, con que volumen y que porcentaje es imputable dependiendo de la ubicación geográfica (Valencia IV).

En la legislatura actual especifica que las nuevas edificaciones, renovaciones integras del edificio, renovación de la instalación térmica, cambio de uso dependiendo en que categoría de la zona climática que se encuentra, es necesario que un porcentaje de la energía sea generada con energía solar térmica, esto se pueden ver en la Tabla 1. Estas delimitaciones también afectan a las piscinas cubiertas y renovaciones como se puede apreciar en la Tabla 2.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

Tabla 1 Contribución solar mínima anual para ACS EN % [8]

	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
<i>Piscinas cubiertas</i>	30	30	50	60	70

Tabla 2 Contribución solar mínima en %. Caso climatización piscinas cubiertas [6]

En la normativa también se establece que la energía producida no podrá superar el 110% en un mes o en 3 meses el 100% de la energía consumida. También indica varias medidas que se pueden tomar para que esto no suceda como desconectar parte de los absorbedores, cubrirlos o un sistema en el cual pueda disipar el calor excedente. Otro aspecto que tomar en cuenta sería las pérdidas por orientación y las pérdidas por sombra cuyos límites se pueden observar en la Tabla 3.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
<i>Superposición de captadores</i>	20 %	15 %	30 %
<i>Integración arquitectónica de captadores</i>	40 %	20 %	50 %

Tabla 3 Pérdidas límite [6]

Para las pérdidas por inclinación se indica que los paneles solares deben de estar orientados al sur y tener una de las siguientes inclinaciones, las cuales se puede elegir una o variar a lo largo del año [6]:

- a) Demanda constante anual: latitud geográfica
- b) Demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°
- c) Demanda preferente en verano: la latitud geográfica - 10°

De igual manera el sistema de acumulación solar que se instale tiene que contar con una capacidad de aportar energía a lo largo del día y que no está basada en la potencia actual del generador, en otras palabras, se debe tener una acumulación con respecto a la demanda y no a la generación. Existen otras características que tiene que cumplir el sistema para esto se puede consultar Documento Básico HE.

Sin embargo, es importante aclarar que éste va a contar con una actualización en el 2019, la cual a la fecha del 29 julio del 2019 no se encuentra publicado en la página del código técnico. El Documento Básico HE cuyo borrador [7] ya se encuentra disponible éste tiene cambios muy importantes con lo que respecta:

1. El principal cambio es que la contribución mínima tiene que venir de energía renovable, cogeneración, energía residual que se adquiera por recuperadores de un sistema térmico que no sea el mismo del edificio, ya no especifica que únicamente tiene que venir de energía solar

térmica por lo que el abanico de opciones se amplía pudiendo instalar una bomba de calor siempre y cuando el consumo de ésta venga de energía renovable.

2. Otro de los cambios es que en lugar de que el consumo mínimo de 50 l/d para tener que usar energía renovable aumenta a 100 l/d como mínimo.
3. Una de las modificaciones es que se eliminan las zonas climáticas, rangos de consumo y se fija un porcentaje para todas las instalaciones del 50% sin importar cuanta radiación solar promedio tenga una región en España.
4. Se abre la posibilidad de poder instalar una bomba de calor sin embargo es importante mencionar que no toda la energía generada por ésta se considera renovable como lo indica la Directiva de Energías Renovables (2009/28/CE) la cual cuanta con la Ecuación 1 para para calcular el porcentaje de fuentes renovables (ERES) la cual es la siguiente:

$$E_{RES} = Q_{USABLE} * (1 - 1/SPF)$$

Ecuación 1 Energía procedente de fuentes renovables [7, p. 31]

Usable Calor útil total estimado proporcionado por la bomba de calor

5. Para poder tener un registro de cuanta energía se produce para ACS será necesario contar con un contador para poder observar el correcto funcionamiento de la instalación y auditar el consumo energético.

Estos serían los principales cambios que se esperan que entren en vigor este año si es que no sufren alguna modificación.

Cómo se mencionó en párrafos anteriores, la norma UNE-EN-12975-2 que es la que se utiliza en España para certificación de los captadores solares se tomará como referencia para el montaje de los captadores y los sensores con el objetivo de obtener datos confiables en las mediciones y que los resultados se puedan replicar de ser necesario.

Existen dos metodologías para para determinar la eficiencia de los captadores el Steady State Method (SS) y Quasi Dynamic Method (QDT)

El Steady State Method se basa en mantener las mismas condiciones a lo largo de las pruebas y tener la menor cantidad de cambios abruptos. Para poder alcanzar estas condiciones se puede usar un simulador de irradiación solar dentro de un laboratorio con una fuente de luz que emita una potencia mínima de 700Wm². Otra de las opciones es contar con una instalación al aire libre donde la fuente de irradiación sea el sol, uno de los puntos negativos de esta instalación es que se debe de contar con un ángulo de incidencia que no supere el 2% por lo que se cuenta con una ventana muy pequeña para poder realizar la prueba si el captador se encuentra fijo, para poder ampliar esta ventana se debe de integrar un sistema de seguimiento solar que de igual forma no varié más del 2% Esto es necesario ya que en la fórmula de SS no se diferencia entre radiación directa y radiación difusa. Existen otros factores que se deben de tomar en cuenta al momento de las pruebas como contar con un cielo despejado y que al momento de las pruebas la velocidad del viento sea baja, en la norma ISO9806-1 se recomienda que la velocidad se mantenga en el rango de 2 - 4 m/s para pruebas de eficiencia térmica.

Quasi Dynamic Method es un método que se utiliza en un tercio de los centros de investigación a lo largo de Europa ya que permite realizar pruebas con diferentes condiciones meteorológicas. Este se podría llamar la evolución del SS ya que es la fórmula del SS modificada para incluir otras variables como la capacitancia térmica pero la modificación más importante es que usa una distinción entre la radiación directa y difusa al momento de realizar mediciones con esto se permite tener un mayor espectro de pruebas con ángulos distintos de radiación directa y difusa. Una de las principales ventajas es que se pueden realizar pruebas con un ambiente dinámica. Pero este método cuenta con desventajas como que es necesario un umbral mayor para empezar la evaluación, su aplicabilidad en locaciones con pequeñas variaciones meteorológicas es limitado y la dificultad de medición en 2 ejes del AIM son las principales desventajas.

Dado que no se cuenta en la actualidad con un segundo equipo para medir la radiación difusa y tomando en cuenta que el clima en valencia se caracteriza por ser constantes se recomienda seguir el método Steady State Method en medida de lo posible para realizar la instrumentación en la instalación de la UPV, el SS es bien conocido ya que se ha utilizado durante bastante tiempo por centros de investigación y por los fabricantes además que es un método fácil de aplicar en climas cálidos.

2 OBJETIVOS

La tesis de este Master consiste en realizar un modelo de la estación solar térmica del IUIIE, validarlo y utilizarlo para diseñar las mejores estrategias de control para su uso en una práctica docente. En concreto, el TFM incluye los siguientes puntos:

- Análisis de errores en las medidas de la instalación solar térmica y su propagación respecto a variables como el rendimiento de los captadores solares.
- Realizar una simulación en TRNSYS de la instalación solar térmica basándose en los componentes.
- Validar el modelo
- Realizar una estrategia de control de la instalación para su uso d en prácticas universitarias.

3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS.

La instalación consiste en 2 captadores de diferentes tecnologías, el primero es un absorbedor tipo plano y el segundo es un captador de tubos al vacío conectados en paralelo, los cuales cuentan con válvulas que pueden ser configuradas para trabajar en paralelo en serie o independientemente uno de otro. También se cuenta un tanque de almacenamiento hecho a medida (310mm diámetro y 450mm longitud).

Para poder simular una carga en el sistema se integra un intercambiador en el ciclo de circulación para poder disminuir la temperatura del fluido como si fuera el consumo.

El sistema también cuenta con una bomba de circulación para poder regular el caudal másico del líquido en el sistema. Adicionalmente se cuenta con 2 vasos de expansión uno para cada absorbedor y permitir que funcionen de forma independiente.

Otros elementos que se encuentran en el sistema son válvulas de corte, válvulas antirretorno, válvulas de alivio, manómetros, rotámetros y sondas de temperatura.

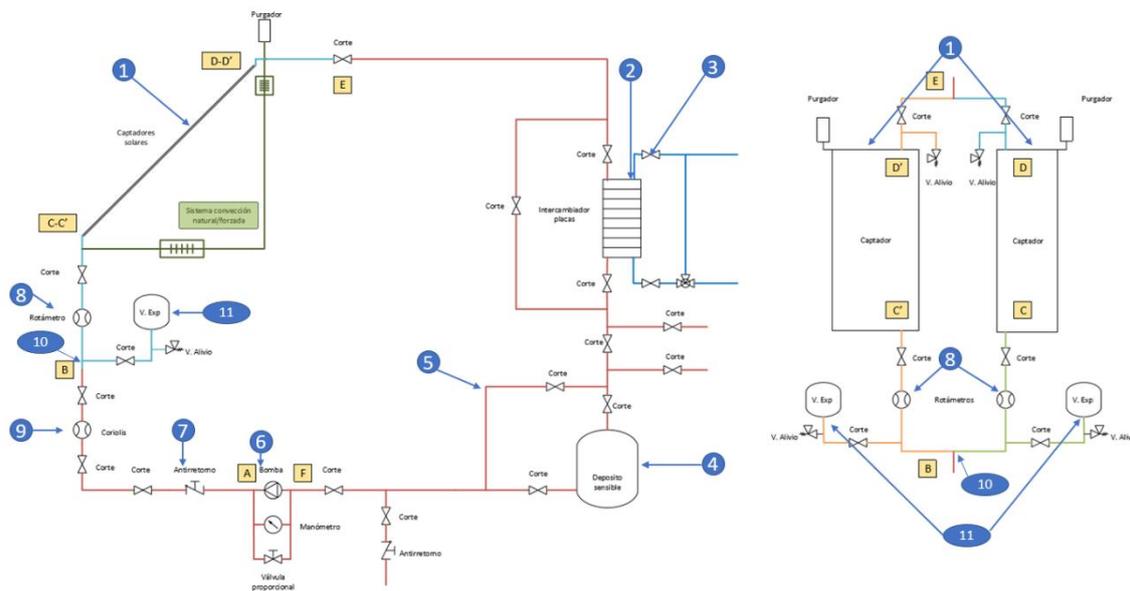


Figura 8 Esquema de instalación

3.2 FUNCIONAMIENTO

Los captadores solares (1) reciben la radiación solar (energía térmica), absorben la radiación y calientan el fluido caloportador que circula a través de estos.

Posteriormente, el fluido caloportador va al intercambiador de placas (2) tiene como misión el disparar el calor absorbido en los captadores. El intercambiador dispone de una válvula reguladora (3) para poder regular el caudal másico del fluido enfriador, para esto se usa un PID. Regulando el caudal másico del líquido enfriador es posible obtener la temperatura adecuada en la entrada de los captadores.

La siguiente etapa es el almacenamiento, se utilizará un depósito sensible (4) que consiste en el calentamiento o enfriamiento de un material líquido o sólido sin cambio de fase. El depósito sensible contiene el fluido caloportador, que es una mezcla de agua con anticongelante. La principal ventaja de este tipo de acumulación es su sencillez y bajo costo a pesar de que requiere un mayor volumen de material y un aumento elevado de la temperatura para acumular grandes cantidades de energía o como un búfer y tener una temperatura constante sin cambios repentinos.

De ser necesario se ha puesto un sistema de válvulas (5) para poder hacer un bypass al sistema de almacenamiento si se desea en la instalación.

Después se dispone la bomba de circulación (6). Es la encargada de vencer todas las pérdidas hidráulicas para garantizar que el fluido circule con el caudal deseado. Después de la bomba se colocó una válvula antirretorno (7) para evitar el que el flujo vuelva hacia la bomba.

Posteriormente se instala un rotámetro (8) y un medidor tipo Coriolis (9) que permiten medir el caudal másico de fluido. El rotámetro se utilizará para poder ver en la instalación, el caudal másico y el Coriolis se utilizarán para calibrar los rotámetros de la instalación. A continuación, el sistema usa una válvula T (10) para dividir el caudal másico del sistema para cada uno de los captadores, pero antes se instaló un rotámetro y una válvula de regulación para poder controlar y conocer el caudal másico que entra a cada uno de los captadores solares.

Los captadores solares son de la marca “Ecosol Sunmax” y “AvantSolar,” los cuales pueden funcionar independientemente uno de otro, en paralelo o en serie dependiendo de la configuración que sea necesaria.

Por último, se han dispuesto dos vasos de expansión (11) ya que con uno se puede dar el caso que este quede aislado durante el funcionamiento, estos se instalaron en el punto bajo de la instalación. Estos se encargan de absorber las dilataciones y contracciones que experimenta el fluido en el circuito, con las variaciones de temperatura de este.

3.3 ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN

La instalación se ha pensado con un diseño en el que los paneles solares se encuentran elevados a una cierta altura respecto al suelo, de forma que se eviten posibles sombras producidas por el entorno. Además, están situados en una estructura metálica colocada a modo de soporte para tener la inclinación deseada. Por último, en la parte trasera hay un armario que recoge todos los equipos de la

instalación, protegiéndolos así del desgaste producido por las condiciones exteriores. La representación de la instalación es la siguiente:

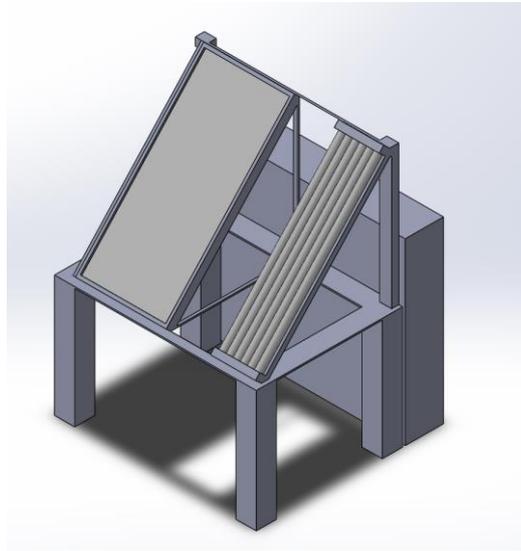


Figura 9 Montaje de los captadores

Por otro lado, tener todos los elementos recogidos en un mismo armario ayudará a que el alumno entienda con mayor facilidad el circuito hidráulico y a que este se manipule de forma sencilla durante las prácticas.

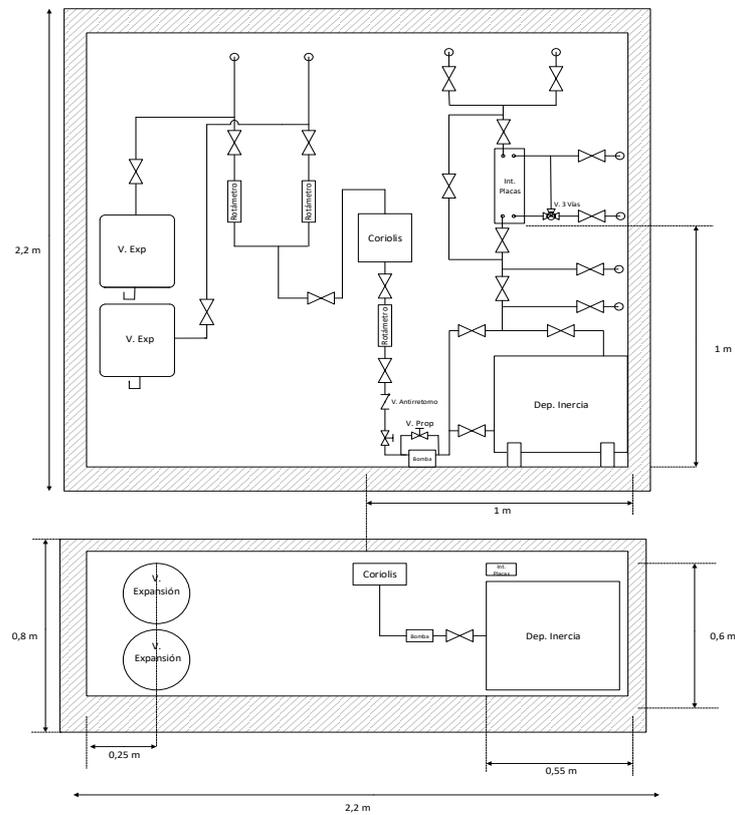


Figura 10 Esquema del armario

3.4 MONTAJE CON RESPECTO A LA NORMATIVA

Para el montaje de los elementos y los sensores se verificará que cuente con los parámetros más cercanos y recomendaciones a los que indica QAIST A guide to the standard EN 12975 [8]. Esto con el fin de observar que elementos cumplen con la normativa y que mejoras se podrían realizar en un futuro a la instalación para contar con resultados fiables.

3.4.1 Ángulo del colector

La instalación de pruebas cuenta con un marco en un ángulo fijo a 45° el cual es cercano al óptimo anual para la ubicación de Valencia cuyas coordenadas son Latitud 39.4561165 y Longitud -0.354566.

Dentro de la normativa, se indica que los ángulos de los colectores no pueden permanecer estáticos ya que el IAM no debería de superar el 2% de diferencia si se está determinando la eficiencia del colector. Pero ya que el objetivo principal de la instalación en este momento no es certificar la eficiencia del colector y no se cuentan con los recursos para implementar un sistema ajuste automático para los ángulos no se tomará esta medida. Se implementará una estrategia de pruebas en las cuales se realizarán las pruebas cuando el Angulo IAM sea menor al 2% para poder seguir las indicaciones de la normativa lo más cercano posible.

No se recomienda instalar los colectores de tubos de vacío en un ángulo menor a 30° por la dependencia de la inclinación con respecto a la eficiencia.

3.4.2 Reflexión difusa e irradiación solar reflejada

De acuerdo con la guía la mayoría de las superficies como gravilla, hormigón y follaje cuentan con una reflexión muy baja por lo que no afectan al banco de pruebas en manera significativa. Pero si se cuenta con algún material reflejante éste no tiene que ser mayor al 5% con respecto al campo de visión, éste tiene que contar con una apertura mínima 15° sin ninguna obstrucción.

Los colectores solares están dispuestos hacia el sur y sin riesgo de sombras por edificios, ya que el lado sur de la instalación no tiene ningún edificio a su alrededor.

3.4.3 Instrumentación

3.4.3.1 Termopares

Para comprobar que los sensores de temperatura funcionan correctamente en los captadores se debe cortocircuitar el fluido y colocarlos en sentido de contraflujo para realizar una medición y comprobar

que $T_{in} - T_e$ no supere los $0,05^{\circ}\text{C}$ y la incertidumbre se calcula de manera independiente para cada sensor. Los sensores de temperatura se deben de montar a no más de 200 mm de la salida del colector.

Para registrar la temperatura ambiental el sensor se tiene que montar una caja la cual proteja el sensor de la radiación directa, se recomienda que esta tenga una placa reflejante en la parte superior por ejemplo de aluminio y con buena ventilación para poder registrar la temperatura.

3.4.3.2 Piranómetro

El sensor se montará de forma que este reciba la radiación global sobre la superficie inclinada de los captadores. Este se montará en una posición paralela a los captadores, donde no se cuente con sombras en ningún momento de día y que concuerde con el ángulo de los colectores.

3.4.3.3 Caudalímetro

Los medidores de Coriolis del sistema no cuentan con la precisión que se indica en el estándar EN 1275, ya que estos son utilizados con fines didácticos. Sin embargo, para tener una lectura precisa del caudal másico en el sistema se cuenta con un caudalímetro de tipo Coriolis, el cual cuenta con una incertidumbre de estándar $0,03\%$.

El estándar indica que el caudalímetro no se necesita recalibrar para el abanico de temperaturas con el cual se está operando si la carga térmica es menor a la mitad de la incertidumbre estándar del caudal másico que se está midiendo.

3.4.3.4 Instrumentación en los registros de datos

En la guía de QAIST [8], se hace referencia que la señal del equipo de adquisición de datos no necesita proporcionar las señales analógicas que tengan una escala entre 50 y 100% en escala, ya que este convierte las señales en analógico para poder manejarlas.

3.4.3.5 Precalentamiento del colector

Antes de realizar las pruebas el QAIST [8] propone realizar un precalentamiento de fluido caloportador para eliminar la presencia de aire diluido en el fluido. Esto se realiza elevando la temperatura del fluido a 80°C y por algunos minutos esto, esto es necesario en los ensayos para certificación de captadores.

3.5 FLUIDO CALOPORTADOR

El fluido que circula en el sistema hidráulico se encuentra expuesto a lo largo del año, a los cambios de temperatura en Valencia, por esto es necesario que este pueda soportar temperaturas inferiores a los 0°C. Para esto el fluido caloportador no puede consistir únicamente de agua, se tiene que mezclar con otro líquido que ayude a que descienda la temperatura de congelación en el agua, en nuestro caso se seleccionó propilenglicol. Para establecer la proporción de cada uno de ellos se debe obtener la temperatura histórica mínima de la ciudad, en nuestro caso para Valencia son -7,2°C. A partir de este dato se le resta una tolerancia como se puede observar en la Ecuación 2, con el dato que nos da se consultan las tablas de mezcla para obtener la cantidad mínima de anticongelante que es necesaria en la mezcla.

$$T_{\text{congelación}} \leq T_{\text{mínima,hist}} - 5 = 7,2 - 5 \approx -12,5^{\circ}\text{C}$$

Ecuación 2 Tolerancia de temperatura mínima

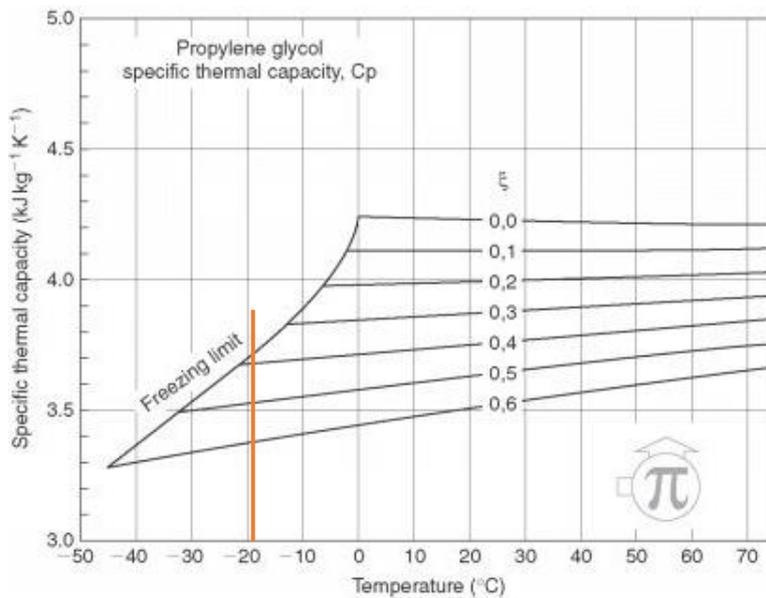


Figura 11 Porcentaje de propilenglicol en la mezcla

Observando la Figura 11 y partiendo de la temperatura de -12,5°C, obtenemos que el fluido debe contar con una concentración del 30% de propilenglicol.

3.6 CAPTADORES SOLARES

3.6.1 Captador plano Avant Solar AS-20VC

El captador solar es de tipo plano la tecnología más común que existe en el mercado. Su funcionamiento consiste en alimentar el captador por la parte inferior, el fluido circula en un

emparrillado de cobre que consiste en 8 tubos verticales y 2 horizontales los cuales aportan calor al fluido antes de que este salga por la parte superior.

3.6.1.1 Datos técnicos:

- Dimensiones: Longitud: 2070 mm. Área de apertura: 2,00 m².
- Ancho: 1055 mm. Área de absorbedor: 2,01 m².
- Altura: 90 mm. Área total: 2,18 m².

Rendimiento térmico:

η_o	0,786	
a_1	3,811	W/m ² K
a_2	0,019	W/m ² K ²
Nota: Referente al área de apertura		

Figura 12 Rendimiento térmico. Datos rectificadoss por la Secretaría General de Energía
https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-17733

Potencia extraída por unidad de captador (W):

$T_m - T_a$ en K	400 W/m ²	700 W/m ²	1.000 W/m ²
10	549	1021	1.492
30	367	838	1.310
50	154	626	1.098

Figura 13 Potencia deL captador. Datos rectificadoss por la Secretaría General de Energía
https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-17733

3.6.2 Captador Ecosol Sunmax 6 58/1800

Este captador solar es de tipo Heat pipe. Lo que quiere decir que tiene un funcionamiento diferente a todos los captadores, en lugar de calentar directamente el agua del sistema pasando por los tubos al vacío lo que se hace es tener otro líquido con propiedades específicas que al calentarse se evapora y absorbe el calor (calor latente) como gas este asciende por el tubo a la parte superior donde se encuentra el foco frío el agua del sistema (Líquido que nos interesa calentar). En ese punto el vapor se condensa y cede su calor para repetir el ciclo como se puede observar en Figura 14.

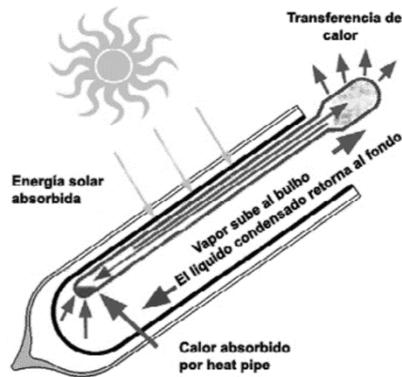


Figura 14 Heat pipe

Una de las principales ventajas de esta tecnología es que estos tienen muy pocas pérdidas ya que el proceso de transferencia de calor no es reversible. Las temperaturas que se pueden alcanzar con esta tecnología rondan entre los 40 °C y los 130 °C.

3.6.2.1 Datos técnicos:

Modelo	SUNMAX 6/58	SUNMAX 15/58	SUNMAX 20/58	SUNMAX 24/58	SUNMAX 30/58
Material cabezal	Aluminio anodizado				
Material marco	Aluminio anodizado				
Material Heat Pipe	Cobre				
Núm. de tubos	6	15	20	24	30
Diámetro/longitud tubos	58/1800 mm				
Área apertura	0,57 m ²	1,42 m ²	1,89 m ²	2,27 m ²	2,48 m ²
Área total	1,033 m ²	2,4 m ²	3,16 m ²	3,77 m ²	4,07 m ²
Presión máx. operativa	6 bar				
Aislamiento	Lana roca				
Conexiones	22 mm				
Medidas en mm.	2030x509x105	2030x1100x105	2030x1600x105	2030x2000x105	2030x2500x105
Caudal test (área apertura)	91,5 Kg /h.m ²				
Pérdida de carga (área apertura)	< 13 Kpa	< 13 Kpa	< 14 Kpa	< 16 Kpa	< 20 Kpa
Peso	25 Kg	40 Kg	60 Kg	80 Kg	90 Kg
Ángulo trabajo	5-90 grados				
Máx. carga nieve	6 KN/m ²				
Máx. carga viento	300 Km/h				
Contraseña homolog.	GPS-8408				

Figura 15 Datos del BOE-A-2010-10487 [9]

SUNMAX	6	15
Eficiencia óptica η_0 (*)	0,7	0,7
a1 W/(m ² k)	1,45	1,45
a2 W/(m ² k)	0,029	0,029
Área absorción por colector (*)	0,45	1,11

(*) Basado en área de proyección

Figura 16 Datos de potencia BOE-A-2010-10487 [9]

3.7 INTERCAMBIADOR DE PLACAS

Para el correcto funcionamiento de la instalación se colocó un intercambiador de placas que sustituirá la demanda que se produciría en caso de que la instalación estuviera conectada a una vivienda, de este modo, este dispositivo permite disminuir la temperatura del fluido y volver a ser enviado a los captadores solares. La instalación no intenta reproducir una demanda de ACS real, sino que introduce en cierta manera la demanda necesaria para que la temperatura de impulsión a los colectores sea constante e igual a la deseada, pues se trata de medir el rendimiento en condiciones controladas.

El intercambiador instalado es de AlfaLaval y modelo CB26-16L.

- Alto x ancho x profundo: 310 x 112 x 47 mm
- 16 placas.
- Volumen: 0,35 litros.

En la *Tabla 4* se pueden observar los resultados de las pérdidas de carga para el intercambiador de placas con 3 distintos caudales, la temperatura en el lado caliente de entrada es de 90°C y de salida A 25°C, por el lado frío la temperatura de entrada del lado frío es de 20°C.

Caudal	100 l/h	200 l/h	300 l/h
$Q_{\text{agua fría}}$	141,6 l/h	368,9 l/h	766,1 l/h
$T_{\text{salida, frío}}$	63,92 °C	53,7 °C	44,36 °C
$\Delta P_{\text{caliente}}$	0,105 kPa	0,370 kPa	0,779 kPa
	0,0105 mca	0,0370 mca	0,0779 mca
$\Delta P_{\text{frío}}$	0,137 kPa	0,803 kPa	0,105 kPa
	0,0137 mca	0,0803 mca	0,0105 mca

Tabla 4 Perdidas intercambiador

3.8 CAUDAL

Para el cálculo inicial del circuito hidráulico de los captadores solares se han escogido los siguientes caudales basándonos en las hojas de datos de los equipos. La bomba de circulación proporciona dicho caudal.

Caudal	Dato	l/h
Captador de Tubos	91,5 kg/hm ²	52,16
Captador plano	70 L/hm ²	140
	161,5	192,16

Tabla 5 Datos de prueba para de los equipos

3.9 VASO DE EXPANSIÓN

Como se ha comentado con antelación se el sistema cuenta con 2 vasos de expansión uno por cada captador esto para que se puedan utilizar en paralelo o independientemente uno de otro. Esto significa que puede darse la situación de que uno de ellos quede aislado del circuito hidráulico y pueda calentarse en exceso, por lo que entre otros equipos de seguridad el calderín amortiguara estas variaciones del volumen del fluido.

- Volumen necesario vaso de expansión captador plano: 1,9 Litros
- Volumen necesario vaso de expansión captador de tubos: 1,98 Litros
- Pero la instalación cuenta con 2 vasos de expansión de 12 Litros

3.10 BOMBA HIDRÁULICA

La bomba instalada en el sistema es la WILO–Star ST 20/6 que es específica para instalaciones solares térmicas se tiene que corroborar que esta satisface las necesidades del sistema, para esto se realizó el cálculo de las pérdidas.

Las pérdidas del circuito hidráulico se calcularon con la Ecuación 3 la cual es adecuada para pérdidas de carga localizadas esto únicamente en el caso de los accesorios, con respecto a las tuberías, se utilizaron las tablas del fabricante y por último los captadores se usaron dos métodos distintos. El captador solar de tubos al vacío se usaron los datos del catálogo para poder calcular sus pérdidas a distintas caudales y por falta de datos el captador plano se tomó como referencia un trabajo anterior y se escaló a los caudales que utilizamos en los demás elementos comprobando una nota que existe en los manuales de distintos fabricantes en los cuales indica que las pérdidas son mínimas.

$$h_i = K_i \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 3 Pérdidas de carga localizadas

Los cálculos se realizaron de forma que cada captador cuenten con su circuito independiente y con 3 distintos caudales 100 l/h, 200l/h y 300l/h. Los resultados de las alturas hidráulicas del circuito del captador plano se observan el en la Tabla 6 y para el circuito de tubos al vacío en la Tabla 7, como se puede ver en los totales de las tablas el circuito más desfavorables es el del captador plano por lo que es el que tomaremos para realizar la comparación con las curvas de la bomba en el circuito

Captador plano	Opción 1	Opción 2	Opción 3
	0,1m³/h	0,2m³/h	0,3m³/h
	Hi (mca)	Hi (mca)	Hi (mca)
Codos Corto 90°	0,020	0,079	0,177
Válvulas de compuerta	0,089	0,357	0,804
Tee con flujo en línea recta	0,001	0,005	0,012
Caudalímetros	0,011	0,045	0,100
Captador Plano	0,011	0,022	0,033
Tubería	0,045	0,374	0,735
Coriolis	0,0105	0,037	0,0779
Total, Hi (mca)	0,188	0,918	1,939

Tabla 6 Metros columna de agua circuito captador plano

Captador de tubos	Opción 1	Opción 2	Opción 3
	0,1m³/h	0,2m³/h	0,3m³/h
	Hi (mca)	Hi (mca)	Hi (mca)
Codos Corto 90°	0,021	0,086	0,193
Válvulas de compuerta	0,089	0,357	0,804
Tee con flujo en línea recta	0,001	0,005	0,012
Caudalímetros	0,011	0,045	0,100
Captador Tubos	2,543	5,087	7,630
Tubería	0,045	0,374	0,735
Coriolis	0,0105	0,037	0,0779
Total, Hi (mca)	2,722	5,991	9,553

Tabla 7 Metros columna de agua circuito captador de tubos

En la Figura 17 se expone la curva característica de la bomba. Entrando con el caudal nominal de 0,1 m³/h necesitan vencer la pérdida de 2,722 mca, se escoge la curva de arriba min con una altura de 3,9 mca, suficiente para vencer las pérdidas de la instalación. De igual forma el caudal nominal de 0,2 m³/h necesita vencer 5,991 mca, se observa que toca con el límite de la curva max que en ese punto tiene una altura de 6 mca apenas lo suficiente para vencer las perdidas en la instalación. Por último, con el caudal nominal de 0,3 m³/h necesitan vencer la pérdida de 9,553 mca, esto no es posible ya que la mayor altura de una curva para ese caudal es de 5,8 mca la cual es muy pequeña para vencer la altura resistiva en el circuito hidráulico. Para las simulaciones se toma un caudal máximo de 0,2 m³/h.

Si observamos a la gráfica inferior se obtiene la potencia de la bomba en Watios (60 W) para el punto de 0,2 m³/h

Wilo-Star ST 20/6, ST 25/6

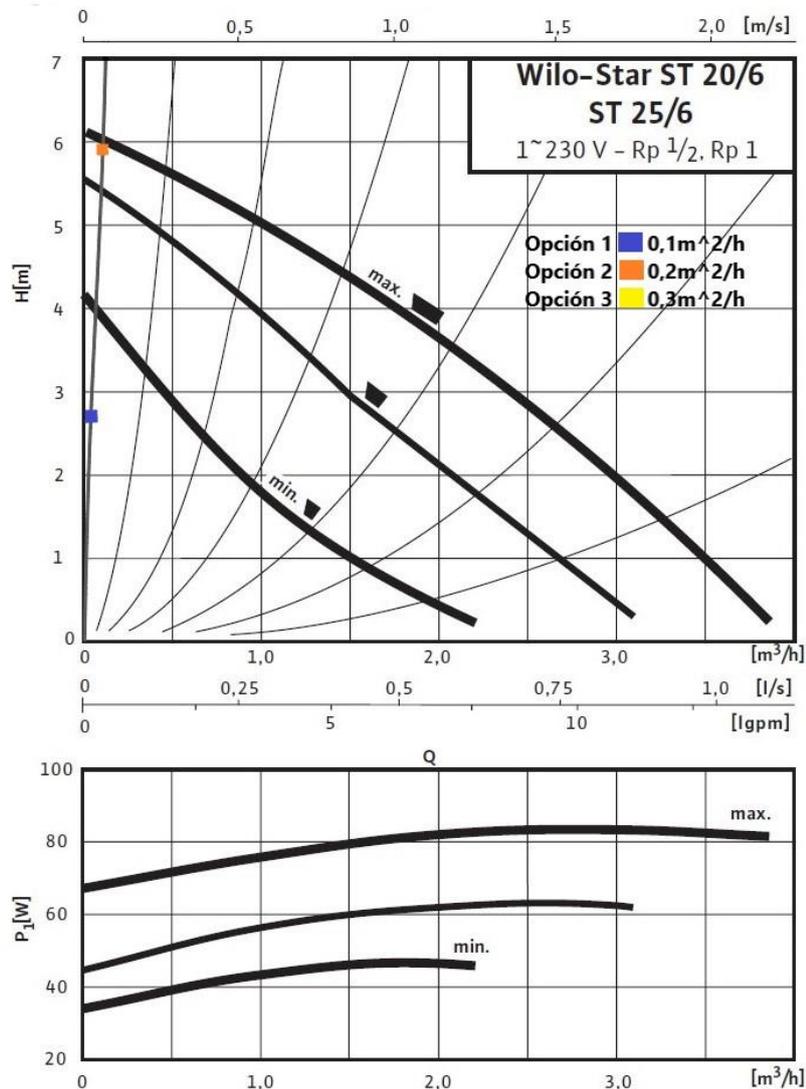


Figura 17 Curva de WILO-Star ST 20/6

3.11 DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN (INERCIA)

La instalación cuenta con un depósito hecho a medida que proporciona inercia al sistema, un espacio en el cual colocar resistencias y controlar mejor la temperatura de entrada a los captadores solares, es importante destacar el depósito ya se encuentra hecho a medida, de modo que cuenta con un espacio suficiente para alojar en su interior una resistencia de diámetro y longitud determinada. El depósito en cuestión tiene las siguientes medidas:

- Diámetro de 440mm y longitud de 440mm.
- Entradas/salidas que pueden servir para introducir sondas de temperatura, diferentes tuberías, resistencias, así como para purgadores y válvulas de vaciado.

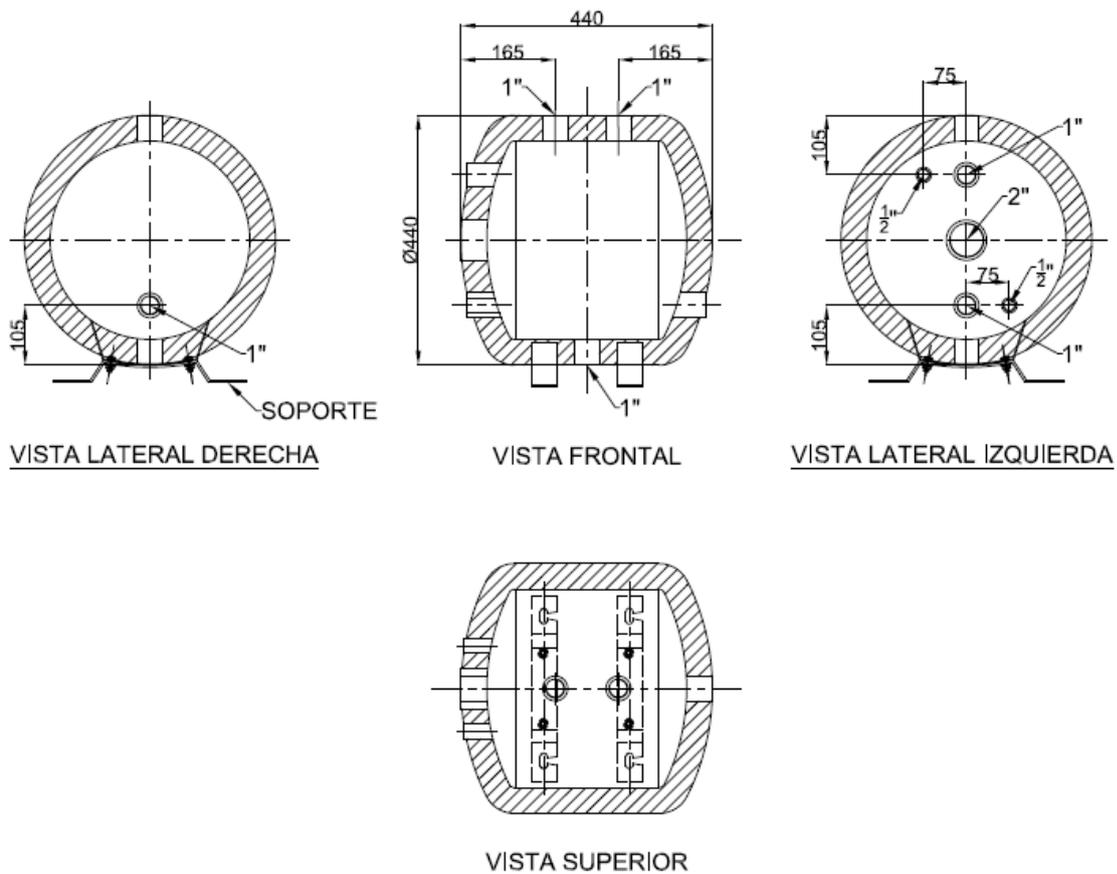


Figura 18 Tanque de almacenamiento - acumulador – acero Inox .316 - 30L - 8 Bar – aislado - horizontal

3.12 RESISTENCIA

La resistencia que se seleccionó para la instalación es el modelo RA 01 91 misma que está diseñada específicamente para ir dentro del tanque de acumulación. Ésta resistencia tiene una alimentación trifásica que es controlada por PID en la instalación y de este modo poder controlar que potencia nos entrega en momentos determinados las características principales de esta son las siguientes:

Potencia	5.400	W
Longitud	345	Mm
Material	Acero inoxidable	

Tabla 8 Resistencia

3.13 SISTEMA DE CONVECCIÓN NATURAL/FORZADA

El sistema de convección es un sistema sin componentes eléctricos que disipa el exceso de calor generado evitando que se sobrecaliente y disminuir posibles daños a la instalación.

En caso de una gran aportación solar y baja demanda, el fluido del circuito puede alcanzar valores que superen el máximo de 90°C, lo cual puede llegar a producir cavitación, corrosión y deterioro de la instalación, así como formación de vapor.

En condiciones normales de funcionamiento, el sistema de convección está desconectado del circuito mediante una válvula termostática y el fluido caloportador entra a los paneles aumentando su temperatura y posteriormente llega al intercambiador de calor cediendo parte de su energía.

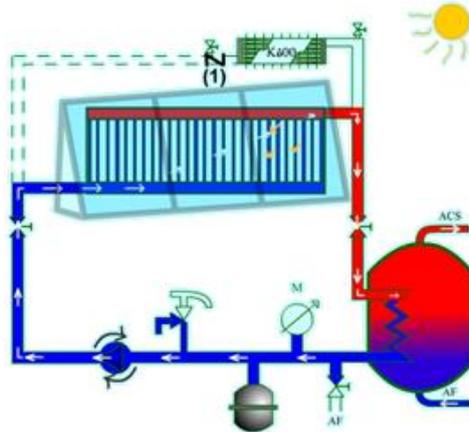


Figura 19 Sistema de conexión forzada

En caso de que la bomba del circuito primario no esté conectada y si hay gran aporte solar el fluido puede aumentar su temperatura rápidamente. Por tanto, el sistema de convección entrará en funcionamiento y el fluido que sale de los paneles a alta temperatura será desviado hacia este dispositivo donde cederá calor por convección con el entorno.

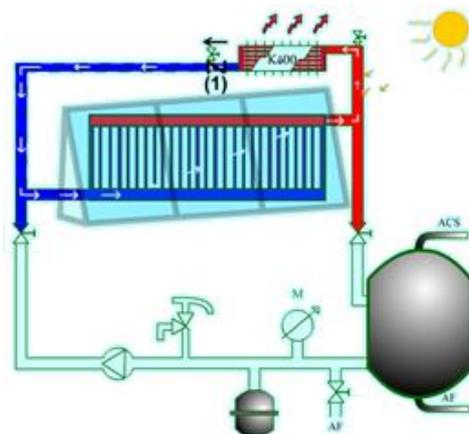


Figura 20 Sistema de conexión forzada en funcionamiento

Por tanto, teniendo en cuenta las características de la instalación se ha seleccionado el modelo DISIP 2-3 2 colectores 2000 de ESCOSOL para el sistema de convección natural.

3.14 INSTRUMENTACIÓN

3.14.1 Sensores de Temperatura

Para la correcta monitorización de la instalación se dispone de una serie de sensores que permiten obtener la lectura de temperatura en determinados puntos de modo que se podamos controlar y caracterizar su funcionamiento.

Los puntos son los siguientes (véase también la Tabla 9):

- Entrada y salida de cada captador.
- Entrada y salida de intercambiador de calor en ambos lados (frío/caliente).
- Temperatura en el depósito de inercia.
- Impulsión/retorno de la bomba de circulación.

Ubicación	Tipo	Uds
Captadores	PT-100	4
Interc. de calor	PT-100	4
Depósito de inercia	TC	1
Retorno/impulsión bomba	TC	2
Control T	TC	1
Control Válv. 3 vías	TC	1
Total	PT-100	8
	TC	5

Tabla 9 Sensores ubicación y unidades

3.14.2 Sensores de Caudal

Debido a los fines docentes de la instalación se instalaron caudalímetros, de modo que permita conocer el caudal másico que circula a través de varios puntos en la instalación.

Los primeros sensores de los que se dispone son tres rotámetros, dos de los cuales se colocarán en cada una de las entradas a los captadores solares y con unas válvulas de regulación para variar el caudal. El tercero irá en el tramo de impulsión a la salida de la bomba.

El problema de este tipo de sensores es que la escala es mucho más grande que el caudal másico que va a circular por la instalación, por lo que las medidas que proporcionan serán, en la mayoría de los casos, muy imprecisas para realizar cálculos.

Por tanto, se ha decidido instalar un Coriolis cuyo rango nos permita medir en todas las condiciones de funcionamiento (un único captador solar funcionando o ambos haciéndolo simultáneamente en paralelo). Este dispositivo irá en el tramo común de tubería.

Ubicación	Tipo	Uds
<i>Impulsión</i>	Rotámetro	2
<i>Impulsión</i>	Coriolis	1

Tabla 10 Caudalímetro unidades

Modelo del Caudalímetro	CMF 025M300NRAMSZZZ
<i>Rango de medida</i>	0-120 gr/s
<i>Temperatura servicio</i>	30-80°C
<i>Incertidumbre estándar</i>	± 0,030%

Tabla 11 Caudalímetro variables

3.14.3 Sensores de Presión

La instalación constará de un único sensor de presión y se colocará para que la bomba de circulación no trabaje en vacío este se integra con el cuadro eléctrico para que funcione de manera automática.

Ubicación	Tipo	Uds
Bomba	Diferencial	1

Tabla 12 Sensor de bombeo

3.15 PIRANÓMETRO.

Por último, para la realización de cálculos será necesario un piranómetro para medir la radiación solar con la que está funcionando en cada instante la instalación, de modo que se utilizará el dispositivo CMP3 de KippZonen y se situará en una superficie anexa a los captadores solares.



Figura 21 Piranómetro

3.15.1 Ubicación de los Sensores

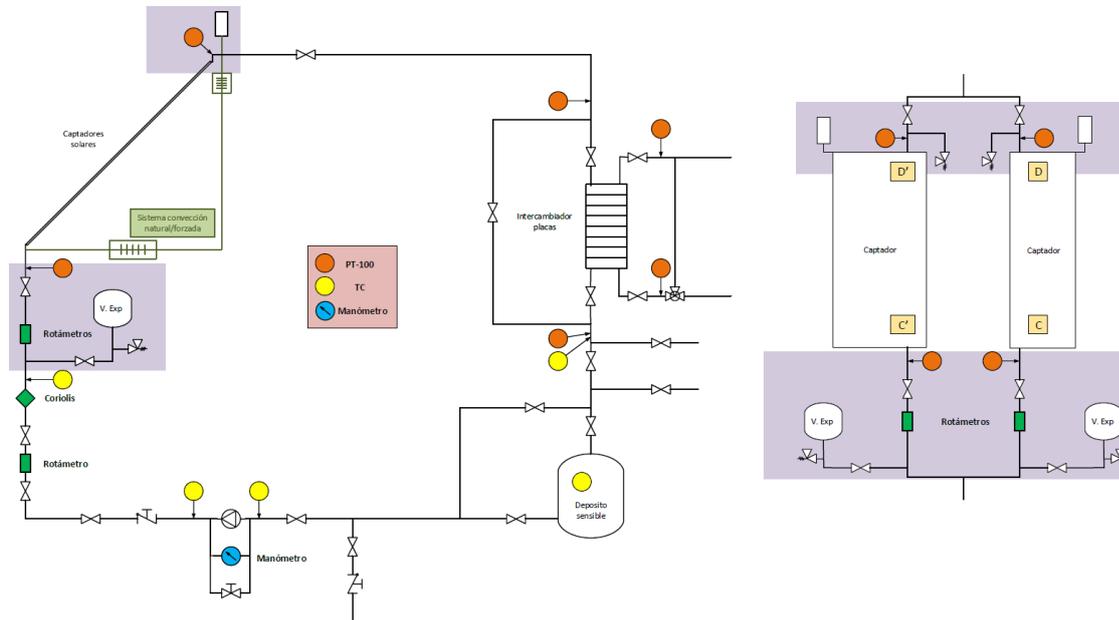


Figura 22 Diagrama lateral de la instalación

De igual modo, la disposición en el armario quedaría de la siguiente forma:

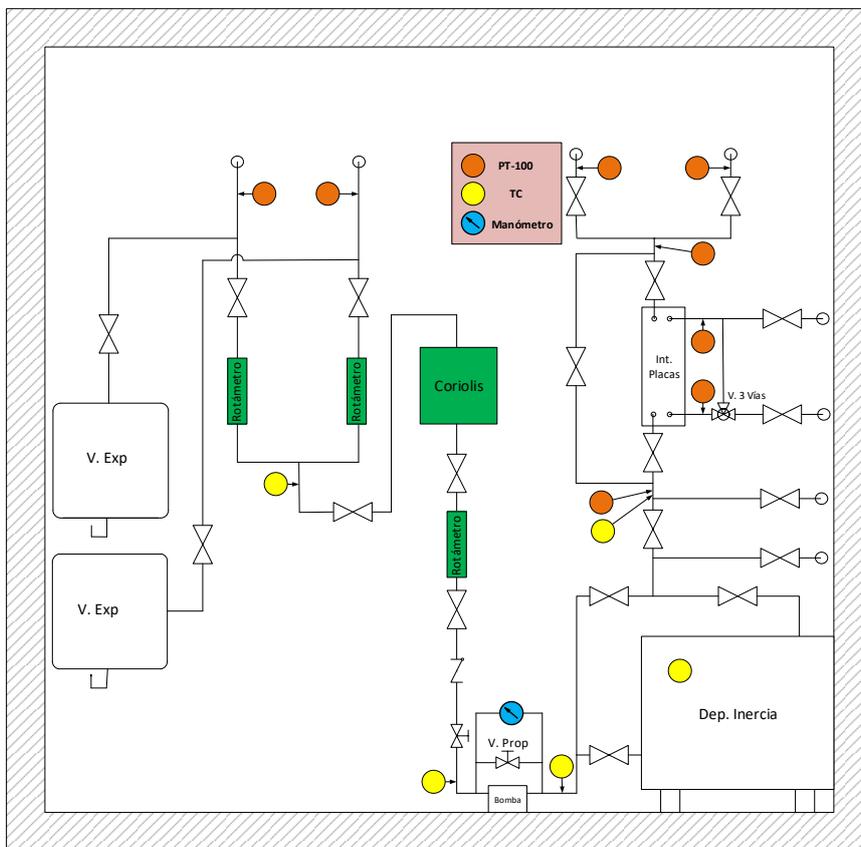


Figura 23 Diagrama de instalación solar

3.16 ERRORES E INCERTIDUMBRES

3.16.1 Incertidumbre de los Equipos

Rotámetro (Rango: $8,33E-5 \text{ m}^3/\text{s}$)

Error (% del rango)	5%
Error absoluto	$\pm 4,165E-6$

Tabla 13 Incertidumbre rotámetro

Caudalímetro (Rango: $1,47E-4 \text{ m}^3/\text{s}$)

Error (% del rango)	0,03%
Error absoluto	$\pm 3,6E-9$

Tabla 14 Incertidumbre coriolis

	Densidad	Cp
Error (%)	5%	5%

Tabla 15 Incertidumbre densidad y Cp

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

Absoluto	0,03
Relativo	$0,0005 * T$
Abs + Rel ($^{\circ}\text{C}$)	$\pm 0,075$

Tabla 16 Incertidumbre temperaturas

Irradiancia

Rad Térm (W/m^2)	15
Camb. Temp (W/m^2)	5
Estabilidad (%)	1
Linealidad (%)	1,5
Resp (W/m^2)	20
Tilt (%)	1
Incert. Abs. (W/m^2)	29,4392029
Incert. Relativa (%)	$0,035 * G$
Abs + Rel	57,44

Tabla 17 Incertidumbre piranómetro

3.16.2 Error en los Captadores

Para poder obtener los errores de los captadores se utilizó la fórmula del rendimiento para esto es necesario modificar las temperaturas de entrada en los captadores para obtener medidas en diferentes rangos de temperatura.

$$\eta = \eta_0 \cdot K - k_1 \cdot K \cdot \frac{(T_e - T_{amb})}{G} - K_2 \cdot K \cdot \frac{(T_e - T_{amb})^2}{G}$$

Ecuación 4 Eficiencia sin dependencia a las temperaturas

Variable	η_0	K_1 (W/m ² K)	K_2 (W/m ² K) ²	K	G (W/m ²)	T _{amb} (°C)	S (m ²)	Q L / m ² h
Plano	0,786	3,81	0,019	0,935	800	20	2	50
Plano	0,786	3,81	0,019	0,958	800	20	2	80
Tubo	0,488	2,222	0,008	0,992	800	20	0,57	50
Tubos	0,488	2,222	0,008	0,996	800	20	0,57	91,5

Tabla 18 Valores para el cálculo de la ecuación

A partir de los datos obtenemos con la Ecuación 4 del rendimiento en función de la temperatura de entrada del fluido al captador. Una vez hecho esto, aplicamos la fórmula experimental y despejamos la temperatura de salida del fluido:

$$\eta = \frac{m \cdot Cp \cdot (T_s - T_e)}{G \cdot S}$$

Ecuación 5 Rendimiento

$$T_s = \frac{\eta \cdot G \cdot S}{m \cdot Cp} + T_e$$

Ecuación 6 Temperatura de salida

Para poder realizar los cálculos se implementó el programa EES el cual facilita la obtención de datos de manera práctica para realizar las tablas correspondientes y de esta forma poder definir tres temperaturas que se usaran en la fase de la experimentación.

3.16.2.1 Captador Plano

Los cálculos se realizaron con 2 caudales diferentes a 50 l/m²·h a 80 l/m²·h y también con 2 equipos distintos con el Rotámetro y con el Coriolis esto para poder determinar en qué situación los datos serían más confiables al realizar el análisis de estos y observar las diferencias en cuanto a las incertidumbres de estas y poder tomar tres puntos que no se solapen para ser usadas en la medición

de estas en la instalación solar y la simulación. Los resultados para el captador plano usando el Rotámetro se pueden observar en la Tabla 19, comparando el porcentaje de error se puede observar que a mayor caudal el error disminuye en un porcentaje importante

<i>T entrada</i>	Q = 50 L / m2 h			Q = 80 L / m2 h		
	Rendimiento	Error	%Error	Rendimiento	Error	%Error
20	0,704	0,117	16,6%	0,722	0,086	11,9%
30	0,660	0,110	16,6%	0,676	0,081	11,9%
40	0,611	0,102	16,6%	0,626	0,075	11,9%
50	0,557	0,093	16,6%	0,571	0,068	11,9%
60	0,500	0,083	16,7%	0,512	0,062	12%
70	0,438	0,073	16,7%	0,449	0,054	12,1%
80	0,372	0,062	16,7%	0,381	0,047	12,2%
90	0,301	0,051	16,8%	0,309	0,038	12,3%

Tabla 19 Errores captador plano rotámetro

Con un caudal másico de 50 L/m²h y para que los errores no se solapasen, se deben hacer saltos en las temperaturas de 20-60-90°C. Se puede observar en la Figura 24 que los puntos 20-60°C se encuentra aparentemente en la misma frontera con respecto a sus errores, pero existe una diferencia de 0,004 entre los errores, esto reafirma la importancia de contar con los cálculos de error y un equipo el cual tenga una buena resolución para poder distinguir las mediciones.

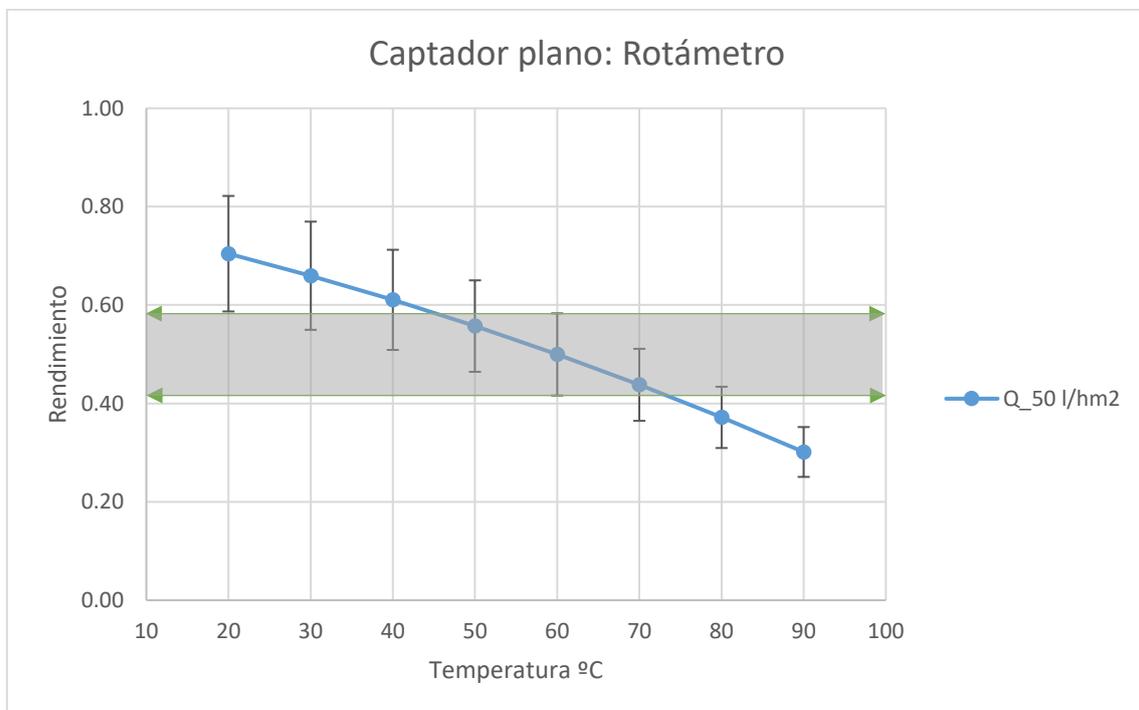


Figura 24 Captador plano: rotámetro, temperaturas con incertidumbre, 50l/hm2

En cambio, para que un caudal másico de 80L/m²·h pase a ser 30-60-80 °C sin ninguna interferencia de temperatura una con la otra como se puede apreciar en la Figura 28 esto puede resultar en un tiempo menor en la experimentación ya que la temperatura máxima es de 80°C en lugar de 90°C.

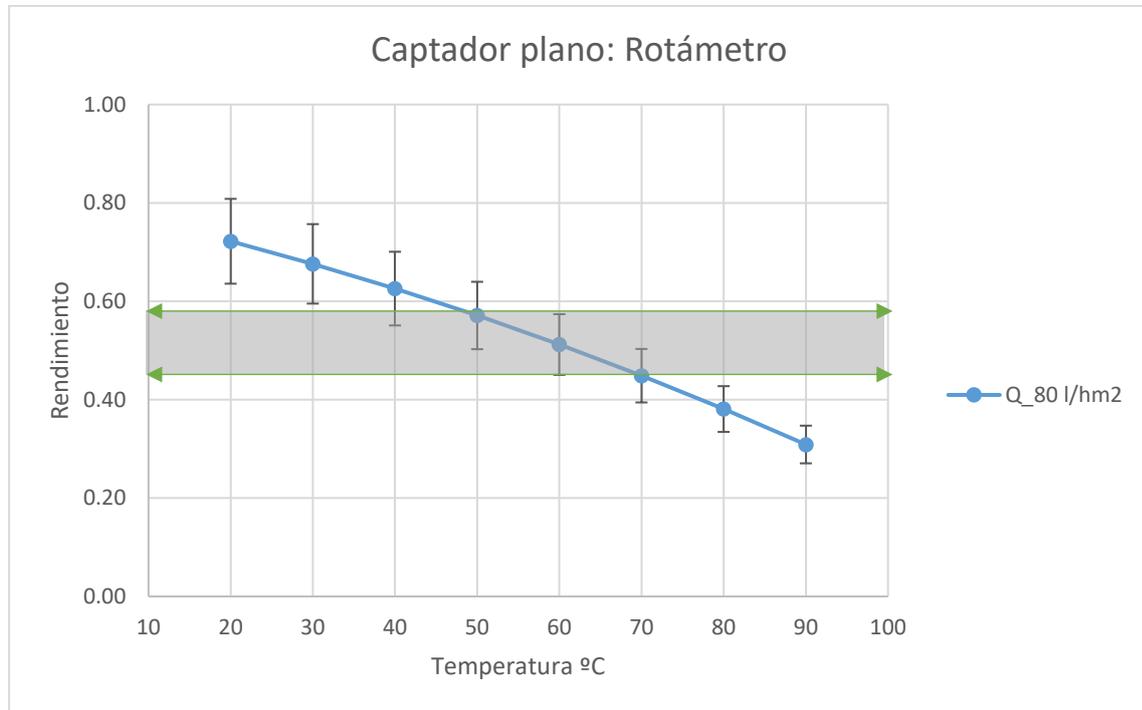


Figura 25 Captador plano: rotámetro temperaturas con incertidumbre, 80l/hm²

En seguida se muestra la Tabla 20, los resultados usando el Coriolis los mismos (Q), que en la Tabla 19, estos cuenta con un menor porcentaje de error ya que su incertidumbre es menor. Esto resulta en que los puntos que se tomen puedan estar más cerca uno del otro. Con el mismo rendimiento.

<i>T entrada</i>	Q = 50 L / m² h			Q = 80 L / m² h		
	Rendimiento	Error	%Error	Rendimiento	Error	%Error
20	0,704	0,051	7,2%	0,722	0,053	7,3%
30	0,660	0,048	7,2%	0,676	0,050	7,4%
40	0,611	0,045	7,3%	0,626	0,047	7,4%
50	0,557	0,041	7,3%	0,571	0,043	7,4%
60	0,500	0,037	7,3%	0,512	0,039	7,5%
70	0,438	0,032	7,4%	0,449	0,034	7,6%
80	0,372	0,028	7,4%	0,381	0,030	7,8%
90	0,301	0,023	7,6%	0,309	0,025	8,1%

Tabla 20 Errores captador plano Coriolis

Con un caudal másico de 50 L/m²·h en la Figura 26 Tabla 21 los errores no se solapaban cuando la T-entrada de 30-50-70 °C en comparación al caso anterior donde sería 30-60-80°C.

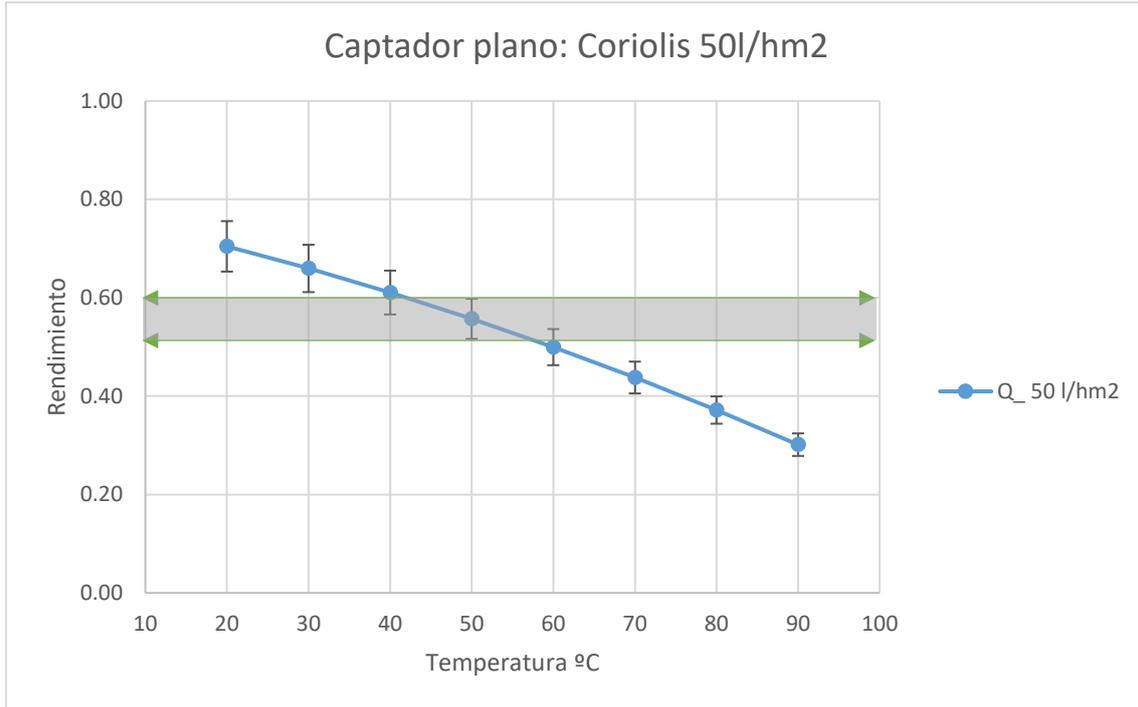


Figura 26 Captador plano: coriolis temperaturas con incertidumbre, 50l/hm2

Con un caudal másico de 80 L/m²·h también se observa que se afecta la precisión de la amplitud de manera favorable comparado con el caudal menor de 50 L/m²·h aunque esta no es tan significativa como en el caso del rotámetro.

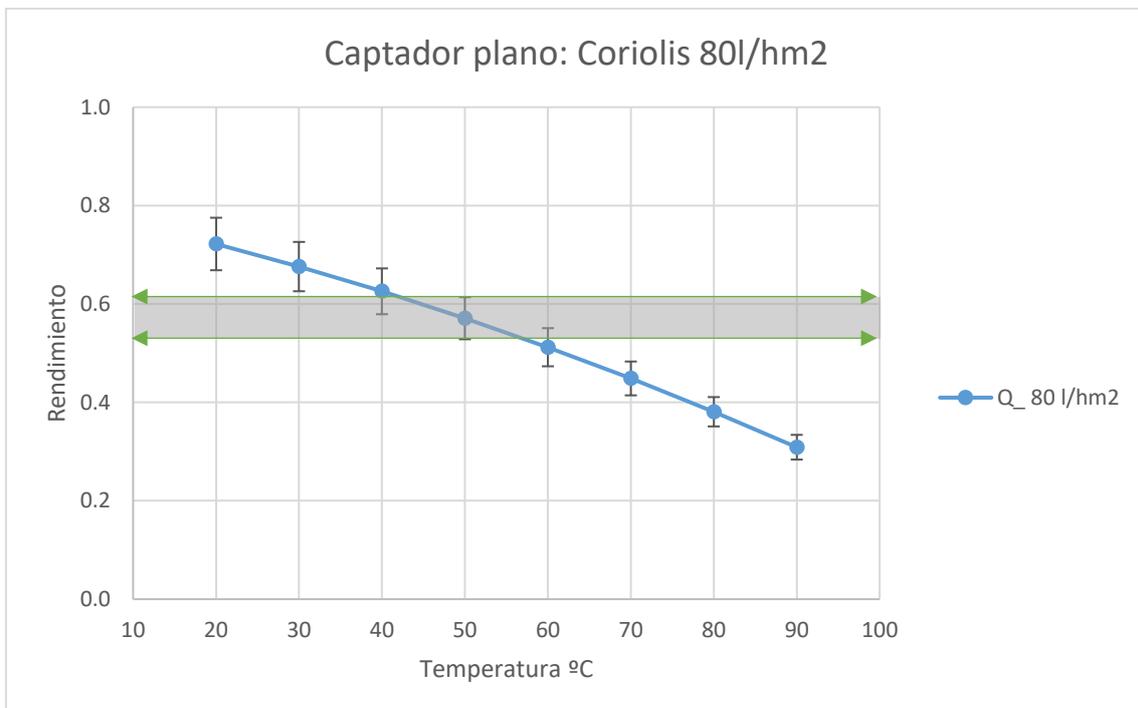


Figura 27 Captador plano: coriolis temperaturas con incertidumbre, 80l/hm2

3.16.2.2 Captador de Tubos.

Para el captador de tubos se ha pasado de un caudal másico de 50 kg/m²·h a 91,5 kg/m²·h, que es el caudal mínimo de funcionamiento correcto del captador.

Simulando y calculando los errores para el rotámetro, se obtienen los siguientes resultados:

<i>T entrada</i>	Q = 50 kg/m ² ·h			Q = 91,5 kg/m ² ·h		
	Rendimiento	Error	%Error	Rendimiento	Error	%Error
20	0,692	0,3677	53,1%	0,694	0,21	30,2%
30	0,670	0,3562	53,1%	0,673	0,2035	30,2%
40	0,642	0,3410	53,1%	0,644	0,1948	30,2%
50	0,606	0,3220	53,1%	0,608	0,184	30,2%
60	0,563	0,2991	53,1%	0,565	0,171	30,2%
70	0,513	0,2725	53,1%	0,514	0,1558	30,2%
80	0,455	0,2421	53,1%	0,457	0,1386	30,3%
90	0,391	0,2078	53,1%	0,392	0,1191	30,3%

Tabla 21 Errores captador tubos rotámetro

Usando un caudal másico de 91,5 kg/m²·h en la Figura 29 se puede observar que los errores se reducen en un porcentaje importante con respecto a la Figura 28, aun así, el intervalo es demasiado grande como para realizar medidas y garantizar que los valores no se solaparán. Esto se da ya que las incertidumbres de los equipos se han aplicado sobre el su rango y no sobre la cantidad que estaban midiendo. Por lo tanto, como los caudales del captador son pequeños el error aumenta de manera significativo.

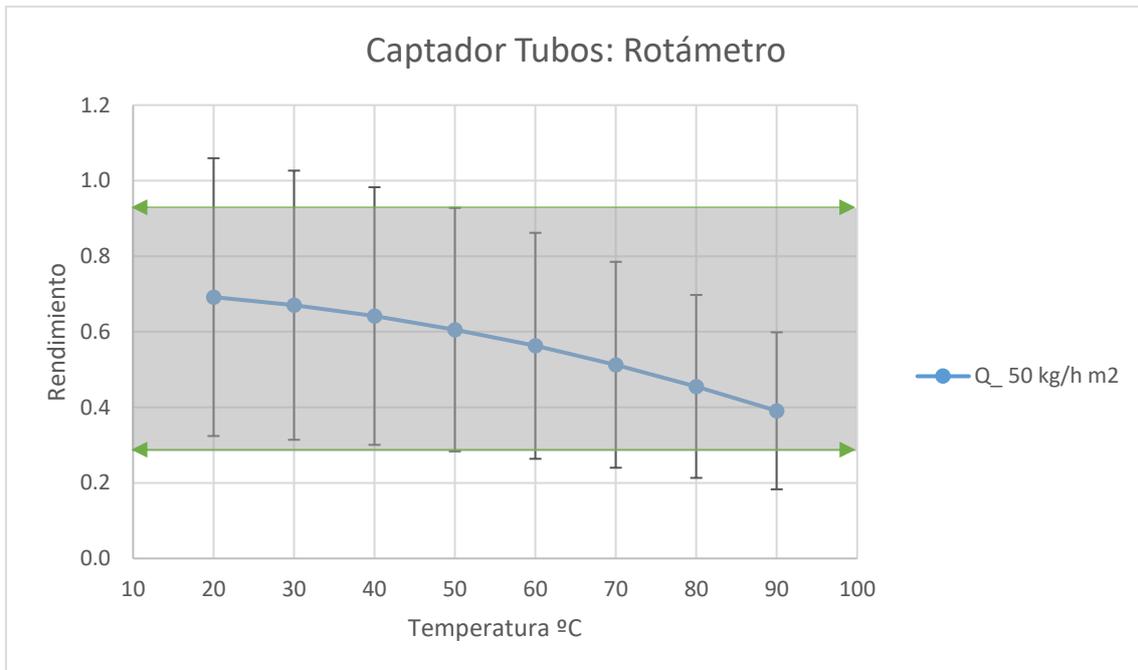


Figura 28 Captador de tubos: rotámetro, temperaturas con incertidumbre, 50l/hm2

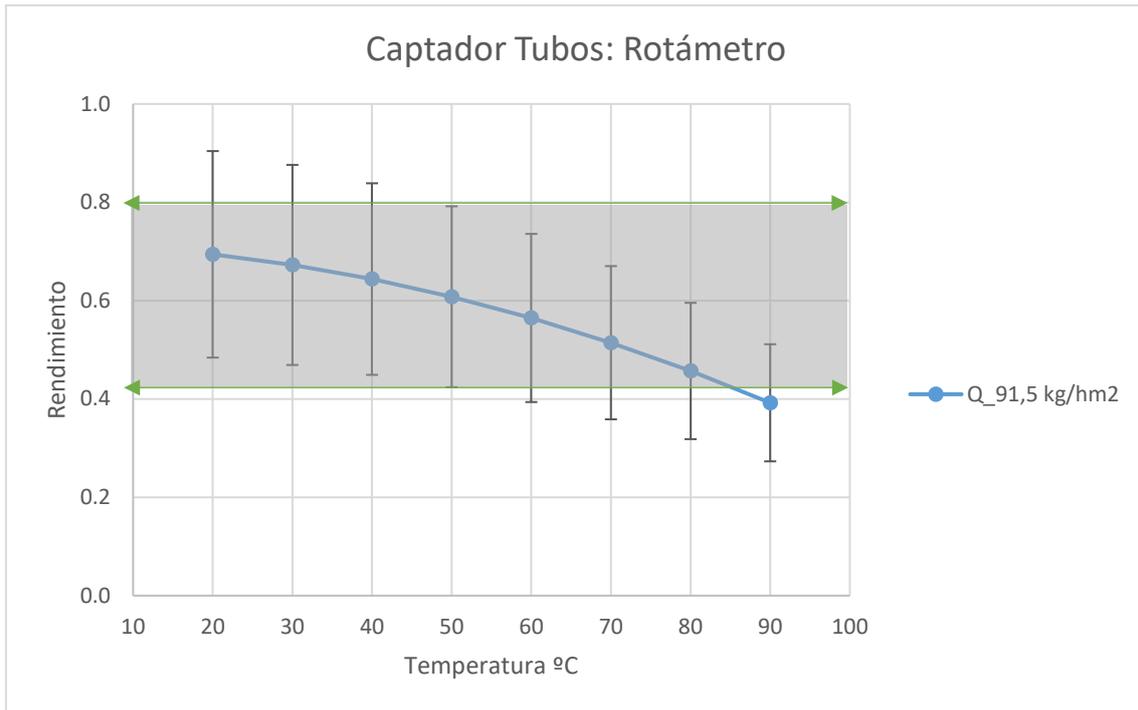


Figura 29 Captador de tubos: rotámetro, temperaturas con incertidumbre, 91,5l/hm²

Se puede observar a simple vista que la mayoría de los puntos en la Figura 28 y Figura 29, se solapan unos con otros usando el rotámetro. Esto también es en parte porque el equipo no cuenta con la capacidad de medición de un caudal tan pequeño, pero al usar el Coriolis esto cambia ya que este si es capaz de medir estos caudales. Se puede observar con más detalle en la Tabla 22, donde el porcentaje de error es mucho menor que el anterior

<i>T</i> <i>entrada</i>	Q = 50 L / m² · h			Q = 91,5L / m² · h		
	Rendimiento	Error	%Error	Rendimiento	Error	%Error
20	0,692	0,05174	7,4%	0,694	0,0530	7,6%
30	0,670	0,05016	7,4%	0,673	0,0515	7,6%
40	0,642	0,04806	7,4%	0,644	0,0494	7,6%
50	0,606	0,04544	7,5%	0,608	0,0469	7,7%
60	0,563	0,0423	7,5%	0,565	0,0438	7,7%
70	0,513	0,03865	7,5%	0,514	0,0403	7,8%
80	0,455	0,03449	7,5%	0,457	0,0362	7,9%
90	0,391	0,02984	7,6%	0,392	0,0318	8,1%

Tabla 22 Errores captador de tubos coriolis

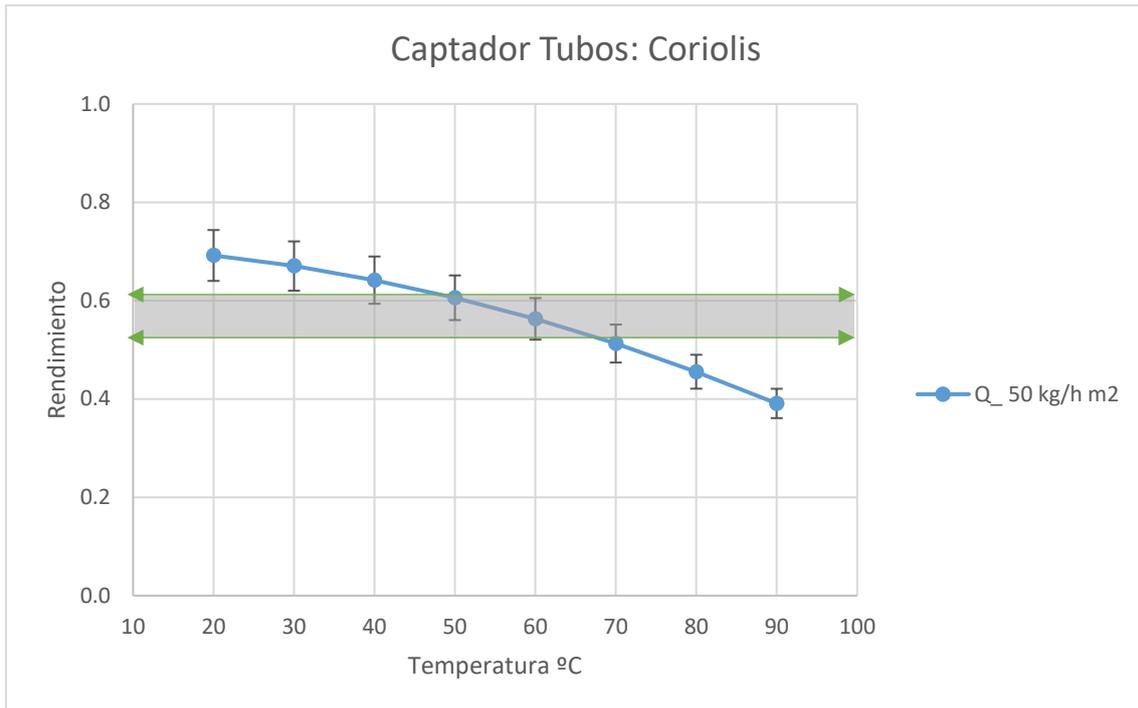


Figura 30 Captador de tubos: caudalímetro, temperaturas con incertidumbre, 50l/hm2

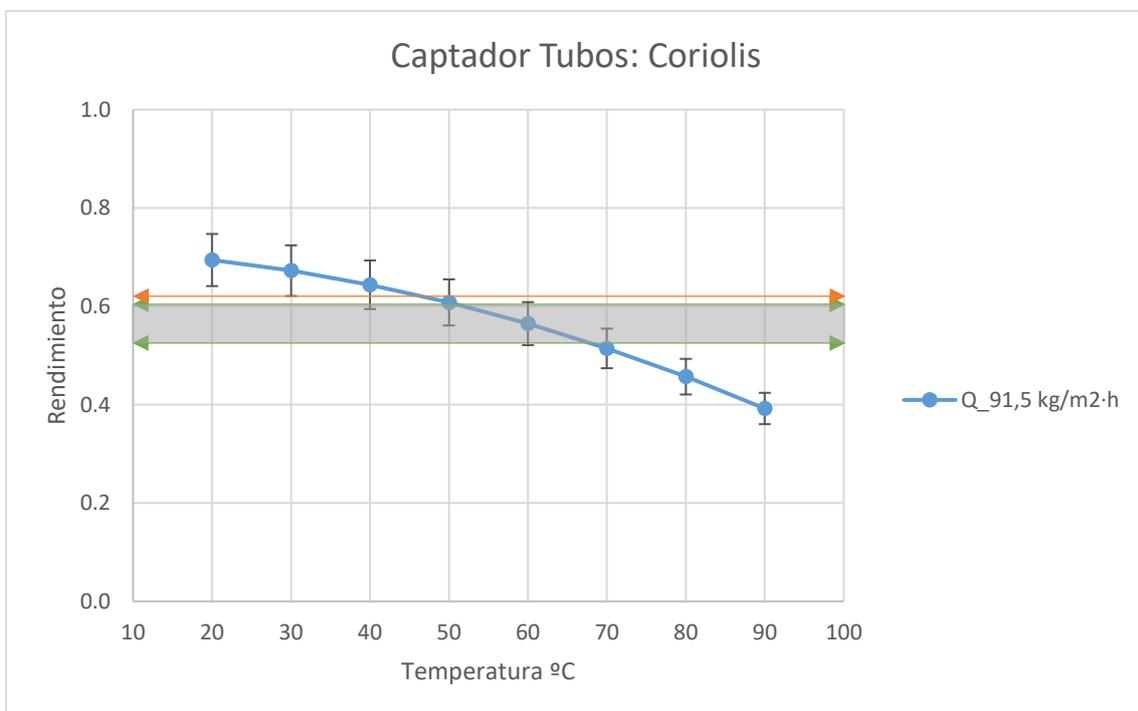


Figura 31 Captador de tubos: caudalímetro, temperaturas con incertidumbre, 91,5l/hm2

En estos últimos casos se podría realizar las medidas para los puntos de temperatura de entrada de 30–60–80°C Figura 30 y Figura 31, en esta última también se puede observar una línea de color naranja que pasa por la frontera del punto 30 °C y se solapa con 50°C los cuales se pueden tomar en cuenta para demostración, pero no para una validación del sistema.

Con los resultados de errores, se puede observar que el Coriolis cuenta con un menor rango de errores, de igual forma con un caudal másico equivalente o mayor que $Q = 80 \text{ L / m}^2 \text{ h}$ disminuye el rango de errores, esto al comparar las gráficas de $50 \text{ L / m}^2 \text{ h}$ con las de $80 \text{ L / m}^2 \text{ h}$ o más. También se ve que los saltos de las temperaturas con la que se deberían validar el modelo y la instalación son de 30-60-90 °C, de esta forma se da un poco de espacio ya que la irradiancia aporta el mayor rango de error en el sistema ya que esta cambia dependiendo de las condiciones climáticas no como en los cálculos para los cuales se utilizó la media de 800 w/m^2 . Sin embargo, existe la posibilidad de usar un salto de 30-50-70 °C con fines didácticos ya que se cuenta con una ventana limitada de tiempo en la cual se deberá realizar una práctica y solo en la Figura 31 se observa que las fronteras se tocan.

4 MODELADO DINÁMICO EN TRNSYS

TRNSYS es un programa para simulación de sistemas transitorios. Este cuenta con una librería de componentes la cual permite crear una variedad de sistemas distintos e integrarlos con facilidad. También cuenta con una gran flexibilidad para integrar funciones que no se encuentren en las bibliotecas. Esto permite una gran flexibilidad y una oportunidad de afinar el modelo virtual con los resultados del modelo físico.

El modelo utilizado para simular la instalación es una recreación de la instalación física que se encuentra en el laboratorio solar térmico en la UPV. Se utilizó el programa TRNSYS versión 16.01.0003.

Dentro de la simulación se recrearon los elementos principales del sistema, captadores solares, intercambiador de calor, mezclador, tanque de almacenamiento, resistencia eléctrica y el aislamiento de las tuberías que se encuentran instalados en el laboratorio de energía solar térmica dentro de la UPV.

Los componentes que se utilizan en la simulación se tomaron de la biblioteca de TRNSYS y se modificaron los parámetros predefinidos para que coincidan con los elementos reales, esto con el fin de tener un modelado correcto y completo. Se decidió modelar la instalación de acuerdo con el funcionamiento y el control para la práctica que se propone más adelante, la cual consiste en llevar la temperatura de entrada de los captadores a 3 temperaturas distintas para validar su funcionamiento. Para la práctica se utilizan todos los elementos del sistema que se tienen instalados en el laboratorio solar, estos se pueden observar en el diagrama de la simulación Figura 32.

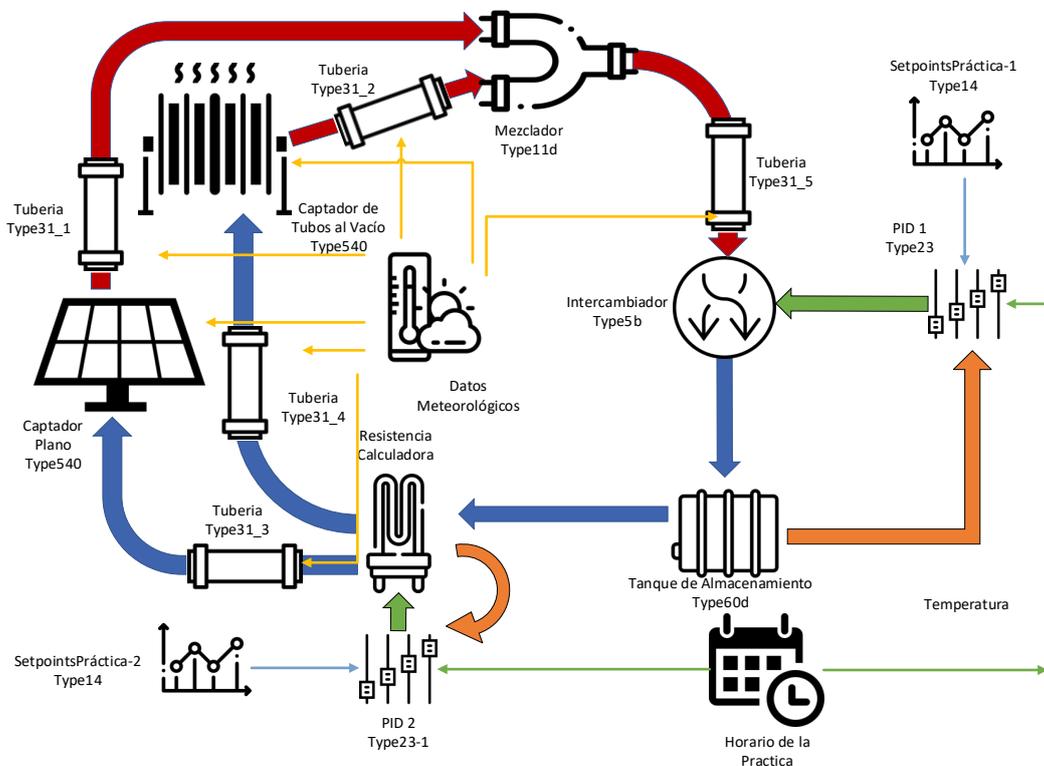


Figura 32 Modelado de la instalación

Una de las razones por las que se decidió realizar la simulación completa de la instalación es que basándonos en esta se podrán realizar modificaciones para poder trabajar con un solo captador, en serie, sin tanque de almacenamiento o cualquier configuración que se desee.

4.1 MEZCLADOR

Se está utilizando un Type11d que representa el mezclador para poder simular la mezcla del fluido como en el banco de pruebas el cual es una T en la instalación física antes de pasar por el intercambiador de placas.

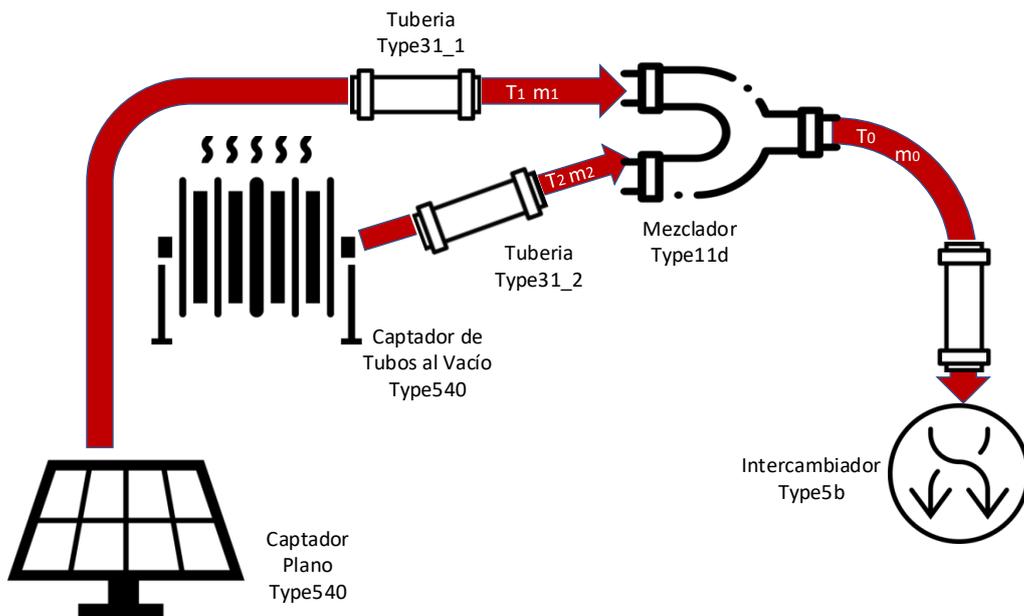


Figura 33 Mezclador Type11d

El mezclador se encuentra conectado a la salida de los captadores después de pasar por las pérdidas de calor en las tuberías y con la temperatura salida de los captadores se realiza el balance de energía entre las 2 temperaturas de entrada para entregar una temperatura de salida como se puede ver en la Ecuación 7 de igual forma realiza la mezcla de los caudales de entrada para entregar el caudal másico de salida esto con la Ecuación 8. Los resultados de ambas ecuaciones se son los datos de entrada para el intercambiador.

$$T_0 = \frac{m_1 T_1 (1 - \gamma) + m_2 T_2 \gamma}{m_1 (1 - \gamma) + m_2 \gamma}$$

Ecuación 7 Temperatura de salida mezclador

$$m_0 = m_1 (1 - \gamma) + m_2 \gamma$$

Ecuación 8 Caudal másico de salida mezclador

Variables:

T_0 = Temperatura de salida

T_1 = Temperatura de entrada captador de tubos

T_2 = Temperatura de entrada captador plano

m_0 = Caudal másico de salida

m_1 = Caudal másico de entrada captador de tubos

m_2 = Caudal másico de entrada captador plano

γ = Control de la función valor entre 0 y 1, activar el mezclador.

4.2 INTERCAMBIADOR

El intercambiador que se usa en el modelo es el tipo Type5b el cual está configurado para funcionar a contraflujo, la efectividad se calcula dando con un valor fijo en el coeficiente de transferencia.

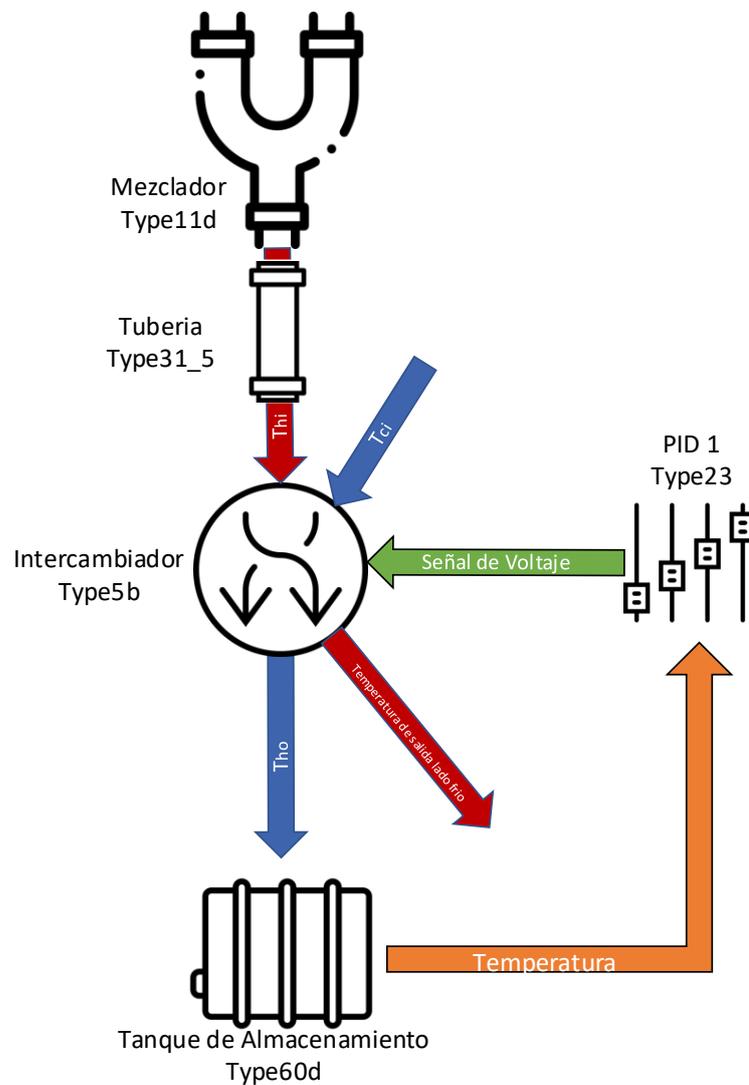


Figura 34 Intercambiador Type5b

El intercambiador se encuentra conectado al mezclador donde recibe la variable del caudal másico para el líquido y la temperatura, esta entrega las mismas variables con la temperatura que deseamos a la salida. Para lograr esto el intercambiador se encuentra conectado al PID 1 que controla el caudal másico de agua a contraflujo con una señal eléctrica (Cold side Flow rate) para obtener la temperatura deseada en el tanque. El Type5b realiza el cálculo de temperatura de salida utilizando la siguiente Ecuación 9

$$T_{ho} = T_{hi} - \varepsilon \left(\frac{C_{min}}{C_h} \right) (T_{hi} - T_{ci})$$

Ecuación 9 Temperatura de salida del lado caliente

Como el intercambiador está funcionando en el modo 2 a contraflujo el programa utiliza la Ecuación 10 para calcular la eficiencia intercambiadora de calor ε . De igual forma para calcular C_h se utiliza Ecuación 12, C_c la Ecuación 11, C_{max} Ecuación 13 y por ultimo C_{min} con la Ecuación 14.

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp\left(-\frac{UA}{C_{min}}\left(1 - \frac{C_{min}}{C_{max}}\right)\right)}{1 - \left(\frac{C_{min}}{C_{max}}\right) \exp\left(-\frac{UA}{C_{min}}\left(1 - \frac{C_{min}}{C_{max}}\right)\right)}$$

Ecuación 10 Eficiencia intercambiador de calor

$$C_c = m_c C_{pc}$$

Ecuación 11 Capacidad de fluido del lado frío

$$C_h = m_h C_{ph}$$

Ecuación 12 Capacidad de fluido del lado caliente

$$C_{max} = \text{valor máximo de } C_h \text{ y } C_c$$

Ecuación 13 Tasa de capacidad máxima

$$C_{min} = \text{valor mínimo de } C_h \text{ y } C_c$$

Ecuación 14 Tasa de capacidad mínima

Los parámetros con los que se configuró el icono son el calor específico, ($cp_{primario}$) del fluido en el sistema, calor específico del agua (cp_{agua}) y el coeficiente de convección para el intercambiador UA ($coef_UA_solar$). El cual es utilizado en la Ecuación 10.

La conexión entre el intercambiador y el tanque de almacenamiento se puede apreciar en Figura 35 donde la temperatura de salida y el caudal másico en el intercambiador son los resultados de pasar por el Type5b estos son las variables en la entrada del tanque de almacenamiento, también se puede

observar en Figura 36 la conexión entre el PID y el intercambiador el cual envía la señal para regular el caudal másico del lado frío y como consecuencia regular la temperatura de salida.

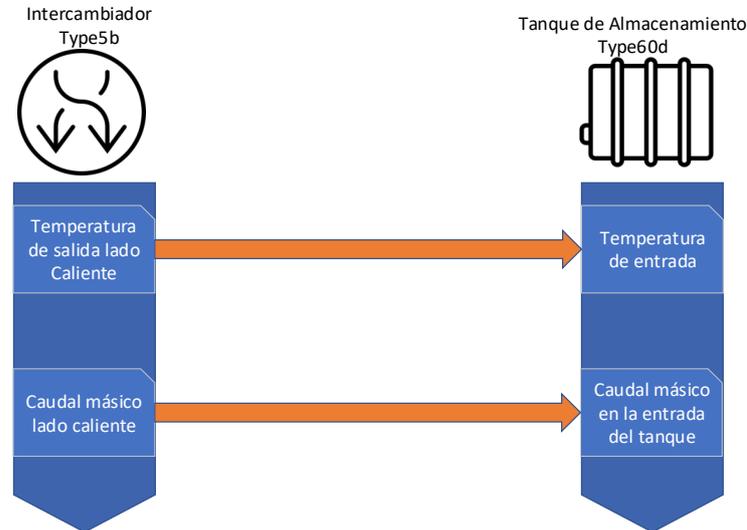


Figura 35 Conexión intercambiador y tanque de almacenamiento

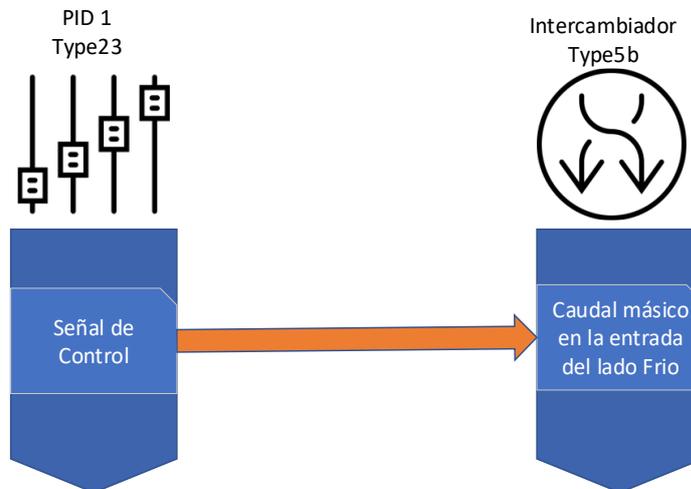


Figura 36 Conexión PID e intercambiador

C_c = Capacidad de fluido del lado frío $m_c C_{pc}$

C_h = Capacidad de fluido del lado caliente $m_h C_{ph}$

C_{max} = Tasa de capacidad máxima

C_{min} = Tasa de capacidad mínima

C_{pc} = Calor específico del lado frío

C_{ph} = Calor específico del lado caliente

ε = efectividad del intercambiador de calor

m_c = Caudal másico del lado frío

m_h = Caudal másico del lado caliente

T_{ci} = Temperatura de entrada del lado frío

T_{hi} = Temperatura de entrada del lado caliente

T_{ho} = Temperatura de salida

UA = Coeficiente de convección para el intercambiador

4.3 TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El tanque de almacenamiento que se simula tiene un volumen de 30 l, el cual está representado por el Type60d, dentro de los parámetros se debe definir el calor específico del fluido que alberga para nuestro caso sería 3,95 kJ/kg K, coeficiente de pérdidas del tanque 0,5 W/m² K y conductividad térmica del fluido 0,38889 W/m K en los parámetros del tanque. Como se puede ver en la Figura 37 el tanque se encuentra conectado al intercambiador, resistencia eléctrica y al PID.

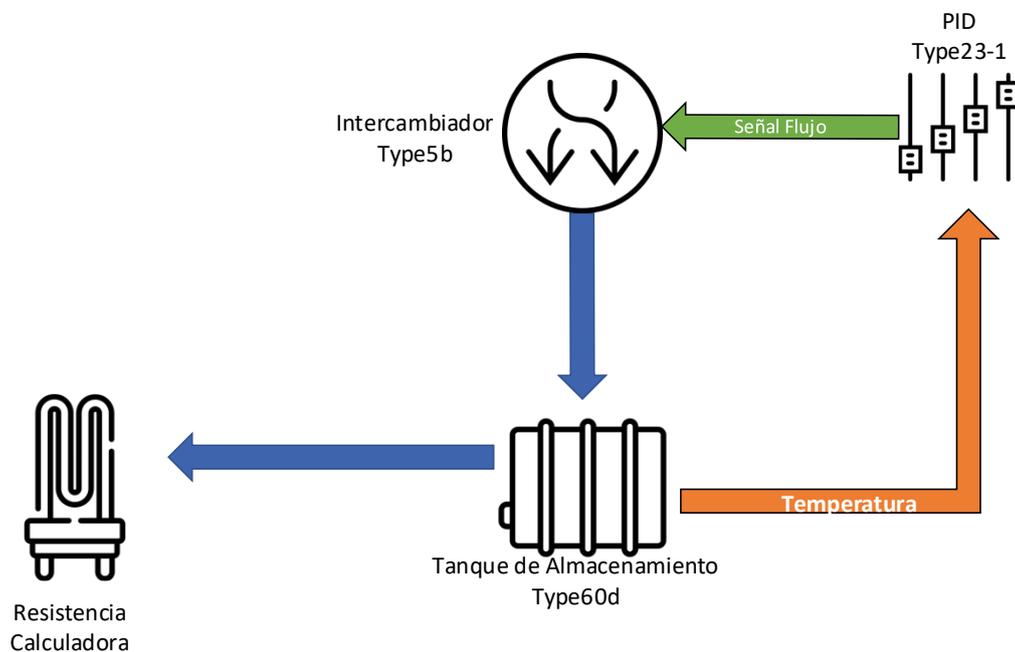


Figura 37 Tanque de almacenamiento

El tanque provee la temperatura de referencia en el PID para que este pueda hacer los ajustes necesarios al intercambiador, esto con el fin de que la temperatura del tanque sea la que hemos programado en los puntos de referencia para el PID.

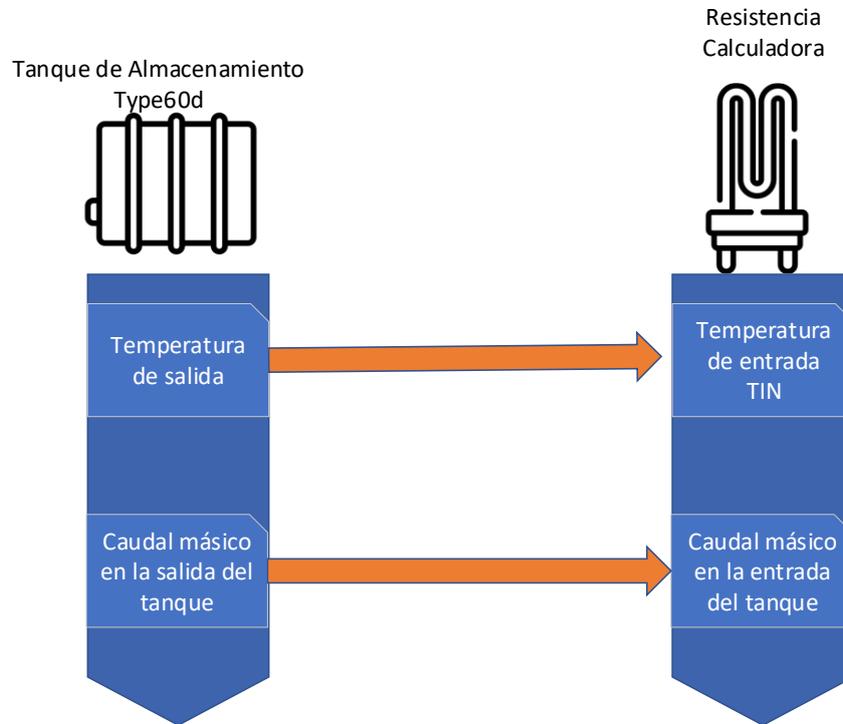


Figura 38 Conexión del tanque con la calculadora (Resistencia)

La salida del tanque son los valores de temperatura y caudal másico de salida, los cuales van a una calculadora la cual simula ser una resistencia eléctrica.

4.4 RESISTENCIA

Para simular la resistencia eléctrica en el sistema se realizó insertando un bloque de ecuación. El cual funciona como si fuera un Type, la principal diferencia consiste que en lugar de contar con entrada y salida de parámetros ya definidos con este se deben definir las variables y fórmulas para los cálculos que se quieren realizar.

En la simulación Figura 39, se puede observar que la resistencia no se encuentra dentro del tanque de almacenamiento como en la práctica, esto con el fin de poder controlar la potencia de esta con un PID, pero gracias a los valores que toman como referencia, temperatura de salida del tanque y el caudal másico de salida somos capaces de realizar los cálculos como si la resistencia estuviera dentro del tanque.

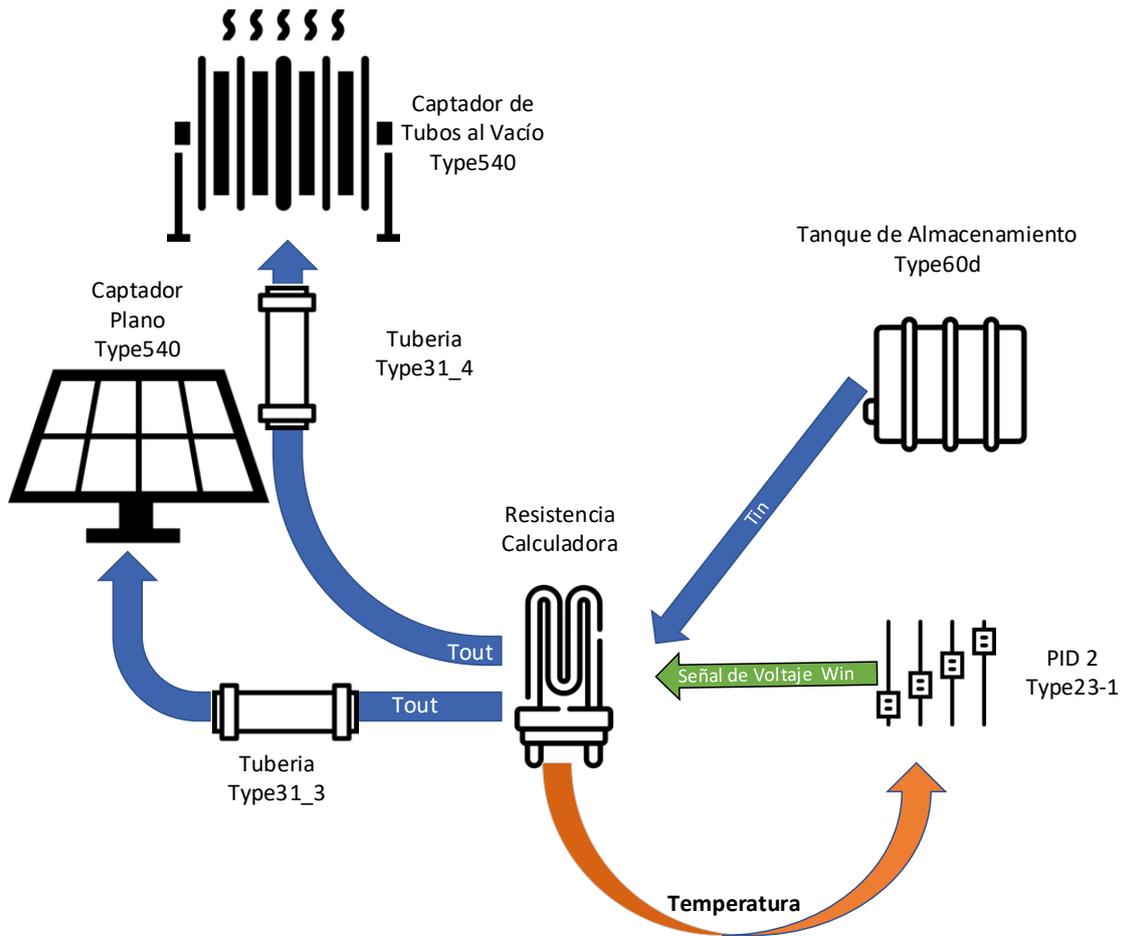


Figura 39 Resistencia eléctrica

Dentro del bloque la resistencia se encuentra definida por la Ecuación 15, la cual se utiliza para calcular la temperatura de salida en el tanque, Win es la variable de entrada en el PID, que regula la temperatura de salida según los valores que se hayan programado en la lista de Setpoints Práctica

$$T_{out} = T_{in} + \frac{Win}{\frac{\max(m, 0,0000001)}{3600} * cp_{primario} * 1000}$$

Ecuación 15 Calculo de resistencia

T_{out} = Temperatura de entrada de los captadores

T_{in} = Temperatura de salida del tanque después pasar la resistencia

Win = Señal del PID 5400 W

m = Caudal másico de salida del tanque

$cp_{primario}$ = Calor específico del fluido

La temperatura de salida del bloque se conecta con los Tipe31-3,-4 que calculan las pérdidas al habiente de las tuberías y entregan las temperaturas de entrada para los captadores.

4.5 CAPTADORES

En la simulación de TRNSYS se utiliza el Type540 cuya característica principal y por lo que distingue de otros Type de colectores térmico, se encuentra en que se puede especificar la velocidad del caudal másico a la entrada de este y con esto se puede sustituir la bomba en el sistema.

Dentro de la simulación se utilizó el mismo Type para ambos colectores. El colector solar plano y el de tubos al vacío, pero insertando los valores de caracterización de cada uno de los equipos en cada Type como se puede observar en la Tabla 23.

	Captador de Tubos	Captador Plano
Colector área	0,57 m ²	2,0 m ²
Intercept efficiency	0,7	,786
Efficiency slope	1,45	3,811
Efficiency curvature	0,029	0,019

Tabla 23 Valores de caracterización captadores solares en la simulación

Los captadores cuentan con la misma variable de alimentación, como se puede ver en la Figura 40, esta variable es la temperatura de salida en la resistencia después de tener pérdidas mínimas al pasar por su tubería correspondiente, la cual sería la temperatura de entrada en los captadores, también se puede observar que no existe ningún caudal másico de entrada.

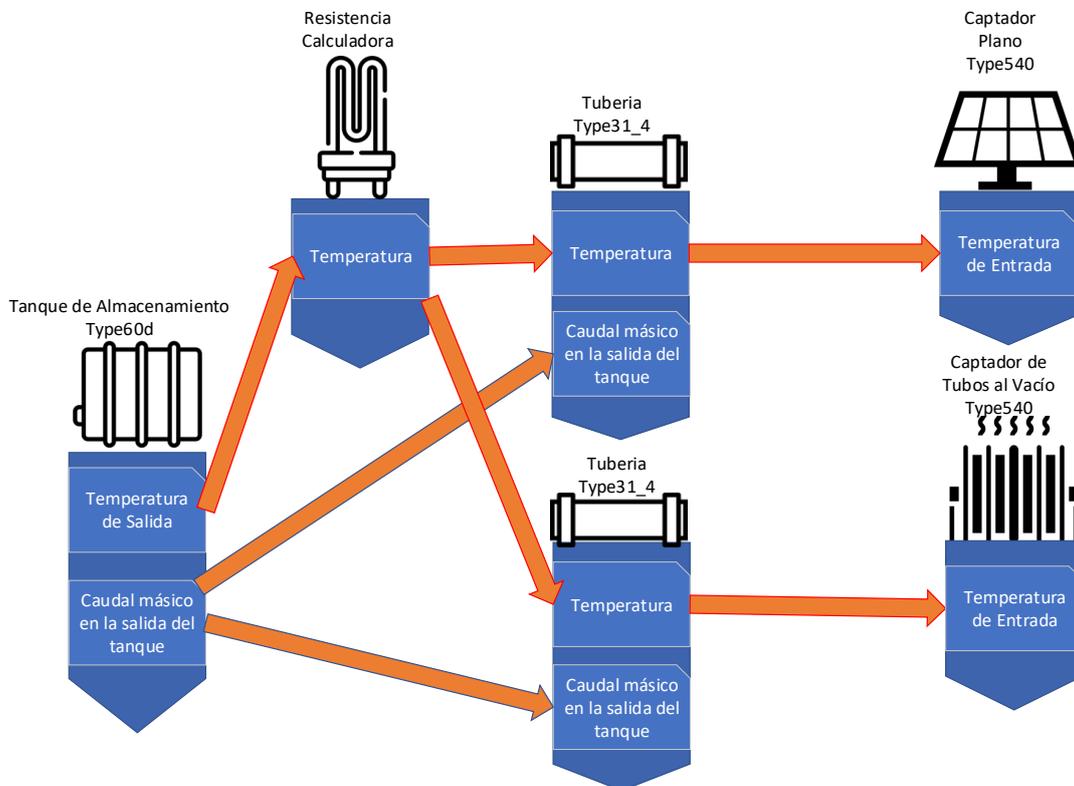


Figura 40 Conexión entre resistencia eléctrica y los paneles solares

Esto se da ya que en lugar de simular una bomba se usa un parámetro constante y se activa con la variable del *Horario de práctica* que cambia de 0 a 1 para activar y desactivar el caudal másico, este se calcula como se puede ver en la Ecuación 16 y Ecuación 17, gracias a esto se cuenta con un caudal másico de 160kg/h en cada captador.

También los captadores reciben información meteorológica de una pequeña base de datos externa con la cual el Type540 es capaz de calcular las temperaturas de salida del captador basándose en datos reales, los datos que se usan utilizan en la simulación se pueden observar en la Figura 41.

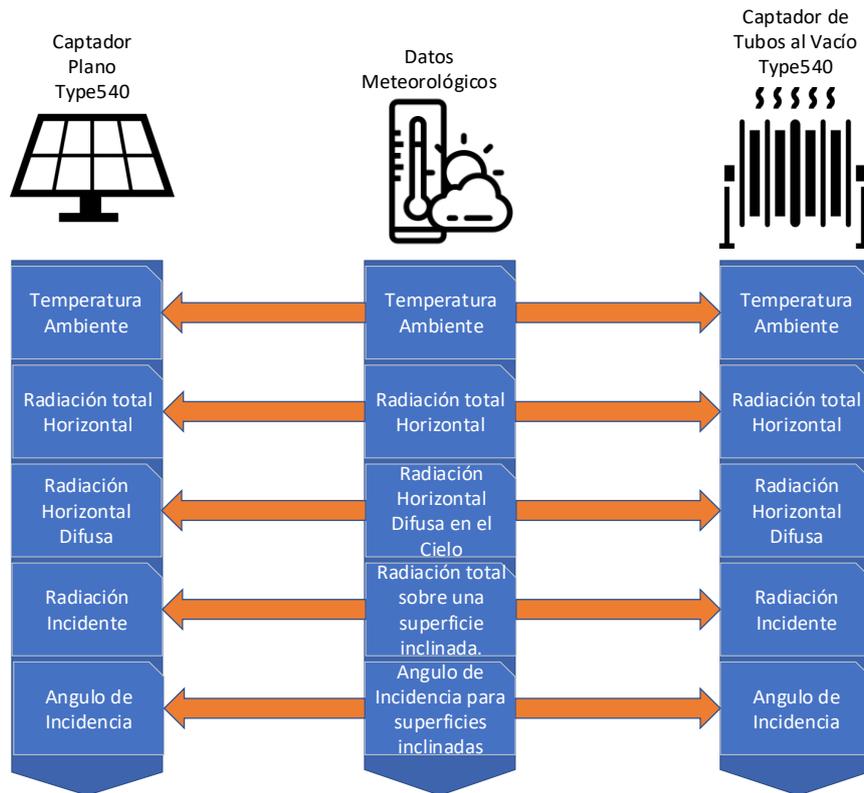


Figura 41 Datos meteorológicos

4.6 TUBERÍAS

En la simulación se tomó en cuenta las pérdidas térmicas de las tuberías que cuentan con la mayor distancia y que se encuentran más expuestas. Estas serían las que conectan la salida del tanque de almacenamiento a la entrada de los captadores y la salida de estos hasta llegar al intercambiador como se puede ver en la Figura 42 se cuenta con 5 Type31 que representan secciones de tuberías con aislante conectado a los distintos elementos.

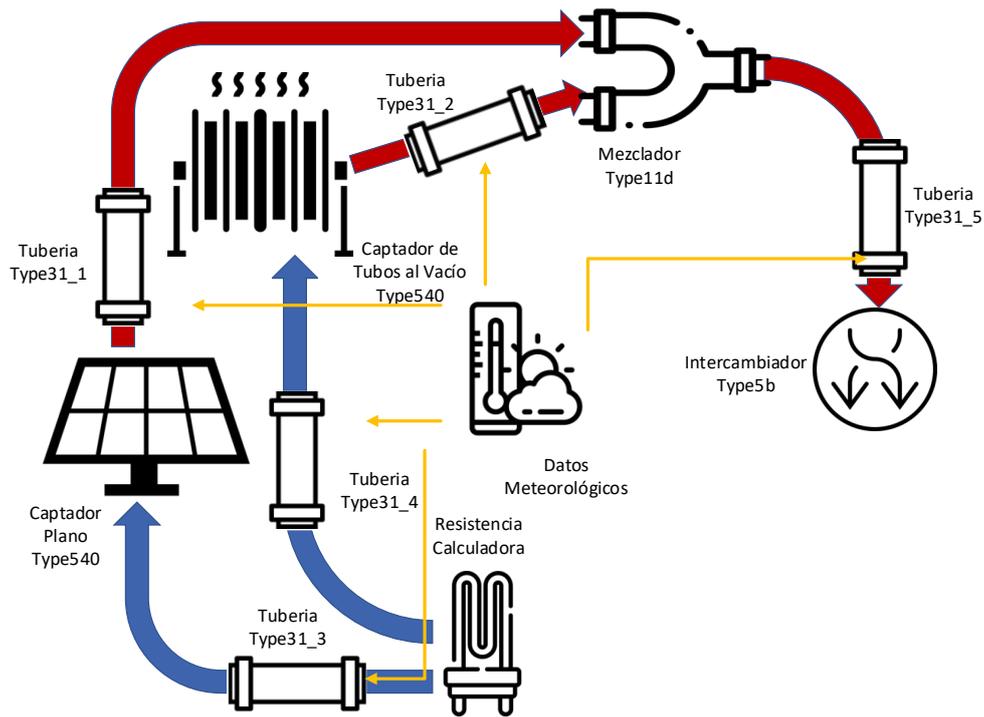


Figura 42 Tubería del sistema con pérdidas

No todas las tuberías son afectadas por los mismos datos estos se pueden ver en la Tabla 24, el coeficiente de pérdidas será el mismo para todas y también la temperatura en el ambiente la cual está definida dentro de los datos meteorológicos, los demás factores varían dependiendo de qué elementos se encuentren conectados como se puede observar en la Tabla 24, el caudal másico de entrada en Type31-3 Type31-4 es el del tanque ya que la resistencia no cuenta con salida de caudal másico estos tampoco tienen un caudal másico de salida ya que el caudal másico en los captadores está definido por una variable.

	Longitud cm	Diámetro Interno mm	Coefficiente de pérdidas W/m ² K	Temperatura de entrada	Temperatura de salida	Caudal másico de entrada	Caudal másico de salida
Type31-1	326,9	10	0,04	Colector Plano	Mezclador	Colector Plano	Mezclador
Type31-2	272,9	10	0,04	Colector de Tubos	Mezclador	Colector de Tubos	Mezclador
Type31-3	283,1	10	0,04	Resistencia eléctrica	Colector Plano	Tanque de almacenamiento	NA
Type31-4	255,1	10	0,04	Resistencia eléctrica	Colector de Tubos	Tanque de almacenamiento	NA
Type31-5	120,6	10	0,04	Mezclador	Intercambiador	Colector de Tubos y Plano	Intercambiador

Tabla 24 Captadores y parámetros en la simulación

4.7 CONTROLADOR PROPORCIONAL, INTEGRAL Y DERIVATIVO PID

La simulación contiene 2 PID los cuales se integraron para poder tener un mejor control de las temperaturas y que estas se puedan alcanzar en el menor tiempo posible para las prácticas por esa razón es importante poder integrarlos al sistema.

En la simulación se encuentran 2 PID integrados al sistema. El primero con el nombre Type23-1 controla al intercambiador y el segundo Type23-2 controla la resistencia, estos se rigen por medio de un listado donde se definen temperaturas las cuales se tienen que alcanzar y mantener en partes del sistema por medio de los controladores.

El primer PID Type23-1 es el control del intercambiador este manda el valor que debe tener el caudal másico en la entrada del lado frío para poder alcanzar la temperatura deseada a la salida del intercambiador. Esa temperatura esta dictada por el listado que se encuentra en el icono de Setpoints Práctica-1, esta es comparada con la temperatura de entrada en el tanque de almacenamiento para poder ajustar la señal y poder obtenla temperatura deseada esto se puede observar de mejor forma en la Figura 43 PID Intercambiador, de igual forma existe un control para ajustar si el sistema se encuentra activo el icono de Horario de la practica manda una señal para prender o apagar el PID esto para que en la simulación solo se encuentre activo en el horario que indicamos para las practicas.

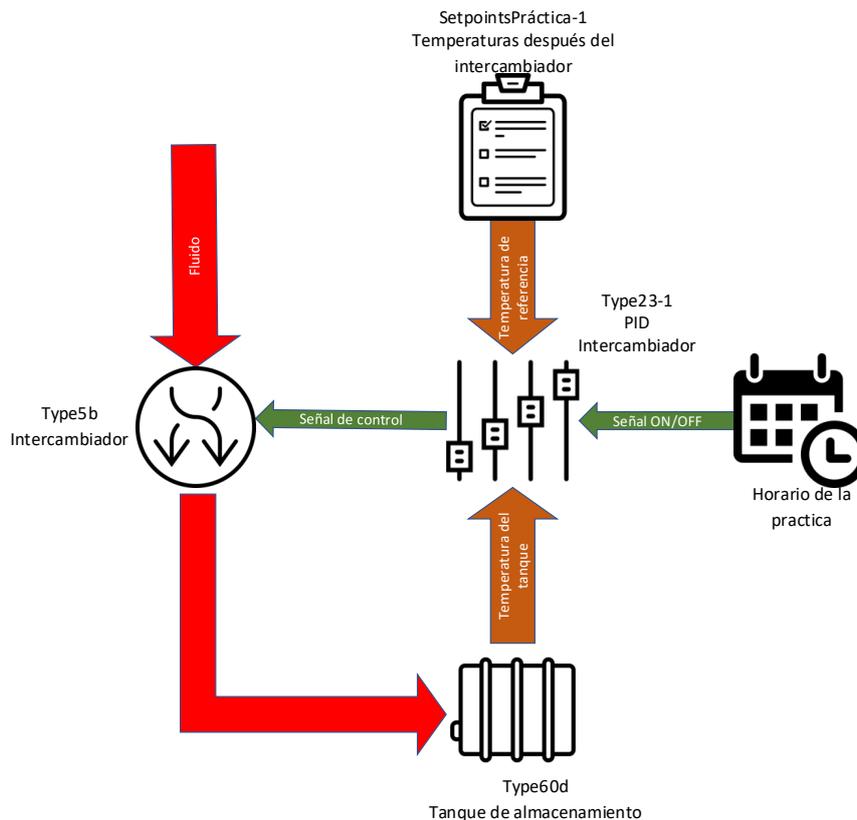


Figura 43 PID Intercambiador

El PID que controla la resistencia eléctrica funciona de la misma manera que el anterior, pero toma las variables necesarias de otros puntos. La temperatura deseada se toma del listado de SetpointPracticas-

2 y la temperatura de referencia se toma de la salida de la resistencia, En este caso la señal de control que envía el PID a la resistencia va de un valor de 5.400W el cual representa los W de la resistencia el cual se utiliza en la Ecuación 15 para calcular la temperatura del agua, por último, el PID también recibe una señal de encendido y apagado del icono de Horario de la práctica. Se puede ver la Figura 44 de cómo está formado el sistema del controlador.

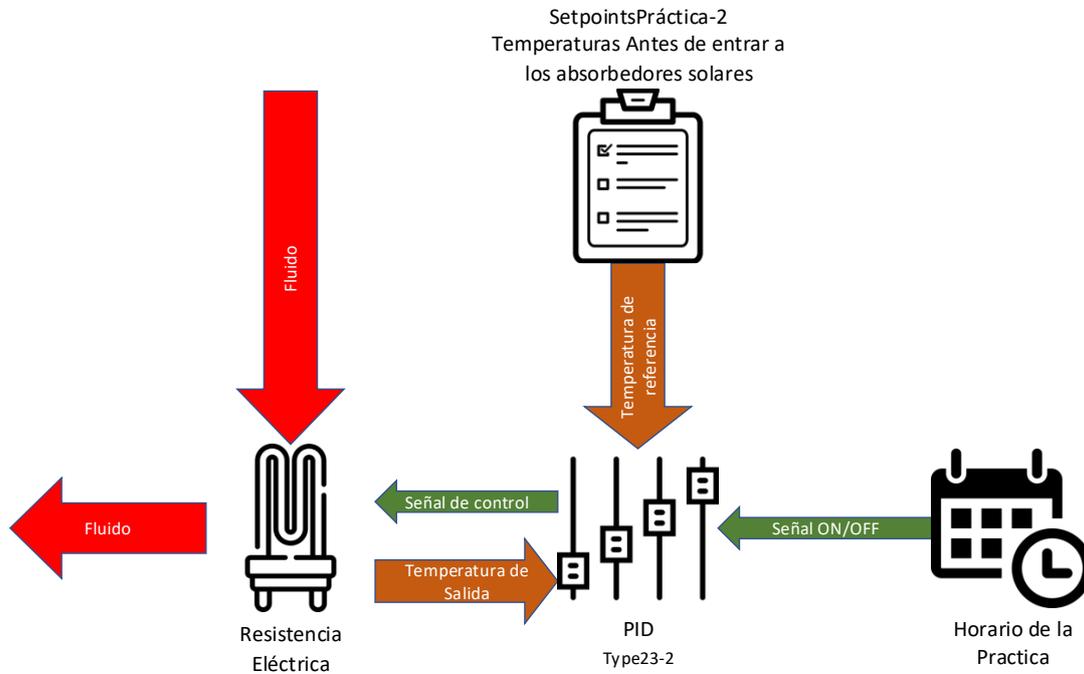


Figura 44 PID resistencia

4.8 TEMPERATURAS DE REFERENCIA

En la simulación se utiliza el Type14 para poder definir los horarios en los cuales la instalación se encuentra en funcionamiento, también para definir las temperaturas que esperamos tener en la salida del intercambiador y en la salida de la resistencia dependiendo del valor predefinido en el horario. El primer Type14 es el Horario Prácticas en el cual se define el horario en el cual los dos controladores se encuentran encendidos. De un horario 9:00 a las 18:00 como se puede ver en Figura 45.

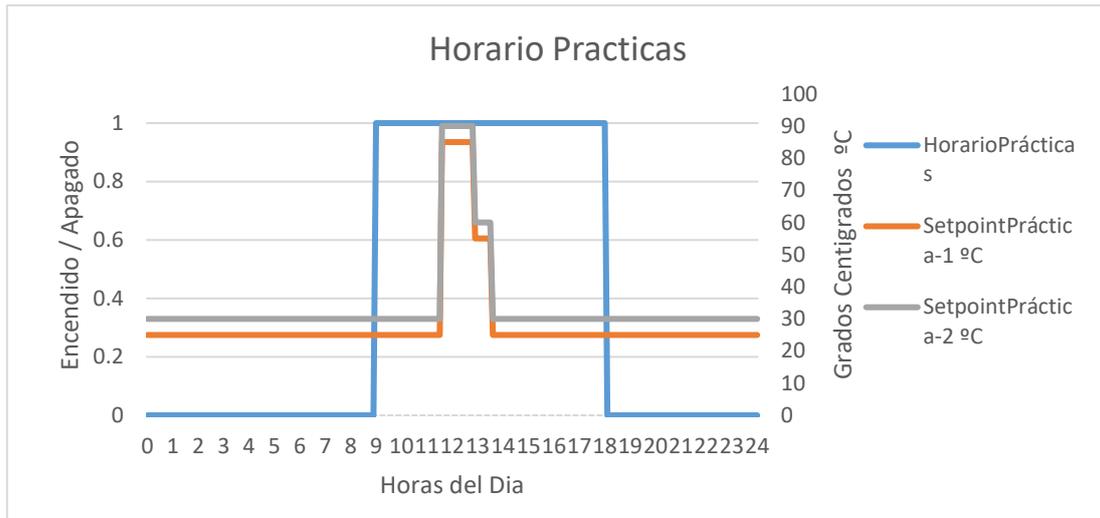


Figura 45 Practicas horario

Las temperaturas que se encuentran en el listado del SetpointsPráctica-1 son las que se esperan después pasar por el intercambiador a lo larga de la práctica estás varían en 3 escalones de mayor ya que de esta forma la práctica se puede realizar de una forma más acelerada que incrementando la temperatura, por los componentes con los que contamos. De igual forma existe una diferencia de 5°C como se puede observar en Tabla 25, esto se da porque de este modo es más sencillo y preciso estabilizar la temperatura de entrada en los captadores. Las temperaturas que se definieron en el segundo SetpointsPráctica-2 coinciden con el horario de las primeras, pero con 5°C de diferencia, los saltos de temperatura son de 30 grados, para que coincidan con las medidas que podemos tomar en la instalación real. Esto por el error que nos entrega el Coriolis si los saltos son menores las medidas que obtendríamos se cruzarían y no podríamos distinguir las temperaturas reales de los errores.

Hora	SetpointsPráctica-1 °C	SetpointsPráctica-2 °C
0:00	25	30
11:30	85	90
12:51	55	60
1:30	25	30

Tabla 25 Temperaturas de intercambiador y tanque

4.9 PARÁMETROS

Los parámetros de las simulaciones se han incluido en una calculadora de TRNSYS. Se ha realizado de esta forma para poder modificar de forma más sencilla las variables, en dado caso que se necesiten ajustar éstas. La mayoría de los datos se han tomado del catálogo de los equipos o estimados como TestKghm2_Capt1, en el cual no se pudo obtener el valor preciso del fabricante. En las siguiente Tabla

26 se pueden observar los valores. También es importante mencionar que algunos de estos datos ya los hemos mencionado en los párrafos anteriores.

Descripción	Nombre de la Variable	Valor	Unidades
Área Colector Plano	A_colector_a	2	m ²
Área Colector Tubular	A_colector_b	0,567	m ²
Calor Especifico del fluido caloportador	cp_primario	3,95	Kj/kg*K
Densidad del fluido caloportador	dens_primario	1000	kg/m ³
Rendimiento óptico Colector Plano	coef_a0	0,0786	
Perdidas Térmicas Colector Plano	coef_a1	3,811	W/m ² *K
Perdidas Térmicas Colector Plano	coef_a2	0,019	W/m ² *K ²
rendimiento óptico Colector Tubular	coef_b0	0,7	
Perdidas Térmicas Colector Plano	coef_b1	1,45	W/m ² *K
Perdidas Térmicas Colector Plano	coef_b2	0,029	W/m ² *K
Consumo de la bomba	W_bomba1	2,5	W
Consumo de la bomba	W_bomba2	2,5	W
Coefficiente global de transmisión de calor del intercambiador	coef_UA_solar	1000	kJ/h K
Angulo del colector	Collector_Slope	45	°
Caudal máxico en pruebas estimado	TestKghm2_Capt1	50	Kg/h*m ²
Caudal máxico en pruebas	TestKghm2_Capt2	162	Kg/h*m ²

Tabla 26 Variables del sistema.

4.10 CÁLCULOS

De igual forma que en el apartado de parámetros los cálculos se realizan dentro de una calculadora, para el uso de estos en los distintos Type de la simulación.

A los captadores se les entrega los resultados de las siguientes ecuaciones las cuales como se mencionó en el apartado de colectores sirve para simular la bomba en el sistema y tener un caudal máxico constante:

$$Caudal_colector1_kgh = 160 * HorarioPrac$$

Ecuación 16 Caudal máxico en colector plano

$$Caudal_colector2_kgh = 160 * HorarioPrac$$

Ecuación 17 Caudal máxico en colector tubular

El caudal que se utiliza en la simulación 160 l/h es menor al máximo que podría soportar la bomba de la en la instalación de la UPV la cual es de 200 l/h.

También contamos con el cálculo de la capacitancia en los colectores, sirve para ver la inercia térmica de estos, cuyos valores son dados en $\frac{kJ}{K}$, los valores se usan en la simulación para poder tener un resultado fiel a la realidad ya que no existe un valor que se provee por el fabricante este se estima de los valores del peso del material, tipo de material en el captador y se puede observar en las siguientes ecuaciones:

$$Capacitancia_a = 1,6 * 4 * A_{colector_a}$$

Ecuación 18 Capacitancia en colector tubulares

$$Capacitancia_b = 1,6 * 4 * A_{colector_b}$$

Ecuación 19 Capacitancia en colector plano

Además, en este se define el calor específico del agua el cual es utilizado en el intercambiador

Descripción	Nombre de la Variable	Valor	Unidades
Calor Específico del Agua	cp_agua	4,18	kJ/kg*K

Tabla 27 Calor específico del agua

4.11 CÁLCULO DE POTENCIAS

Una de las formas con la que contamos para la obtención de los resultados es graficar estos en un periodo de tiempo el cual se especifica el menú de control cards con esto se puede indicar las horas de un año se desean simular el sistema. Para poder visualizar los resultados en se usa el Type65d el cual al momento de simular te muestra una gráfica de los parámetros que le indiques, en nuestro caso serían las siguientes:

$$Out_{RadHoriz} = In_{RadHoriz} / 3,6$$

Ecuación 20 Radiación horizontal

$$Out_{RadIncl} = In_{RadIncl} / 3,6$$

Ecuación 21 Radiación en inclinación

$$Out_{CaptadoEn1} = In_{CaptadoEn1} / 3,6$$

Ecuación 22 Captador plano potencia útil

$$Out_{CaptadoEn2} = In_{CaptadoEn2} / 3,6$$

Ecuación 23 Captador de tubos potencia útil

$$Rendimiento1 = In_CaptadoEn1 / \max(A_{colector_a} * 2.3, 0.000001)$$

Ecuación 24 Rendimiento captador plano

$$Rendimiento2 = In_CaptadoEn2 / \max(A_{colector_b} * 2.3, 0.00000001)$$

Ecuación 25 Rendimiento útil captador de tubos

$$Out_Disipado = In_Disipado / 3,6$$

Ecuación 26 Energía disipada por el intercambiador

Como se puede observar la Ecuación 20, Ecuación 21, Ecuación 22, Ecuación 23 y Ecuación 26 lo único que se realiza es convertir $\frac{kJ}{H}$ a W esto para que en el momento de graficar como se puede ver en Figura 47 sea sencillo el análisis. Pero en la Ecuación 24 y Ecuación 25 se calcula el rendimiento en la ecuación existe $\max(a, b)$ esto es para que en ningún momento te entregue un rendimiento menor a 0 ya que en realidad esto no es posible y en el momento de la simulación da un error.

Descripción	Nombre de la Variable	Unidades
Radiación Horizontal	Out_RadHoriz	W/m ²
Radiación en Inclinación	Out_RadIncl	W/m ²
Potencia útil en el captador plano	Out_CaptadoEn1	W
Potencia útil en el captador de tubos	Out_CaptadoEn2	W
Rendimiento en captador plano	Rendimiento1	%
Rendimiento en el captador de tubos	Rendimiento2	%
Energía disipada en el intercambiador	Out_Disipado	W
Radiación Horizontal de los DATOS METEOROLOGICOS 1	In_RadHoriz	kJ/h m ²
Radiación en inclinación de los DATOS METEOROLOGICOS 1	In_RadIncl	kJ/h m ²
Ganancia útil del captador plano (Useful energy gain)	In_CaptadoEn1	kJ/h
Ganancia útil en captador de tubos (Useful energy gain)	In_CaptadoEn2	kJ/h
Rendimiento del intercambiador (Heat transfer rate)	In_Disipado	kJ/h

Tabla 28 Variables de potencia

4.12 GRAFICA DE PARÁMETROS EN LA SIMULACIÓN

Para poder observar, de una forma rápida los resultados de las distintas variables que nos interesan sin la necesidad de recurrir a una base de datos, TRNSYS dispone del Type65d. Con el cual es posible observar gráficas en tiempo real mientras se están realizando los cálculos de la simulación, también es importante recalcar que este no genera un archivo externo en el que se guarden los resultados.

En nuestra simulación tenemos tres Type65d con los que se puede examinar la evolución de las temperaturas, el control y las potencias del sistema. Para observar las potencias del sistema se usa el Type con el nombre de Type65d_Potencias (Figura 46) en él se representan los resultados de la calculadora como se puede observar en la Figura 47 con la cual se pueden verificar los resultados de la Ecuación 20, Ecuación 21, Ecuación 22, Ecuación 23, Ecuación 24, Ecuación 25 y Ecuación 26.

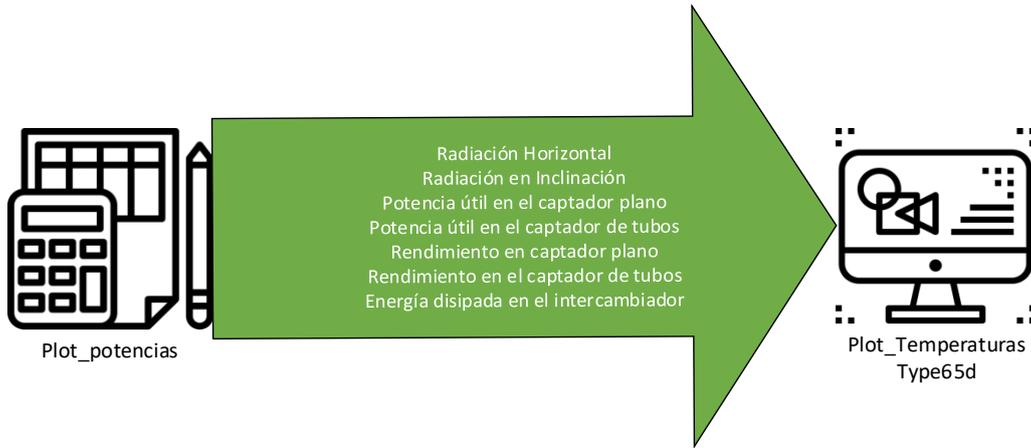


Figura 46 Plot de potencias

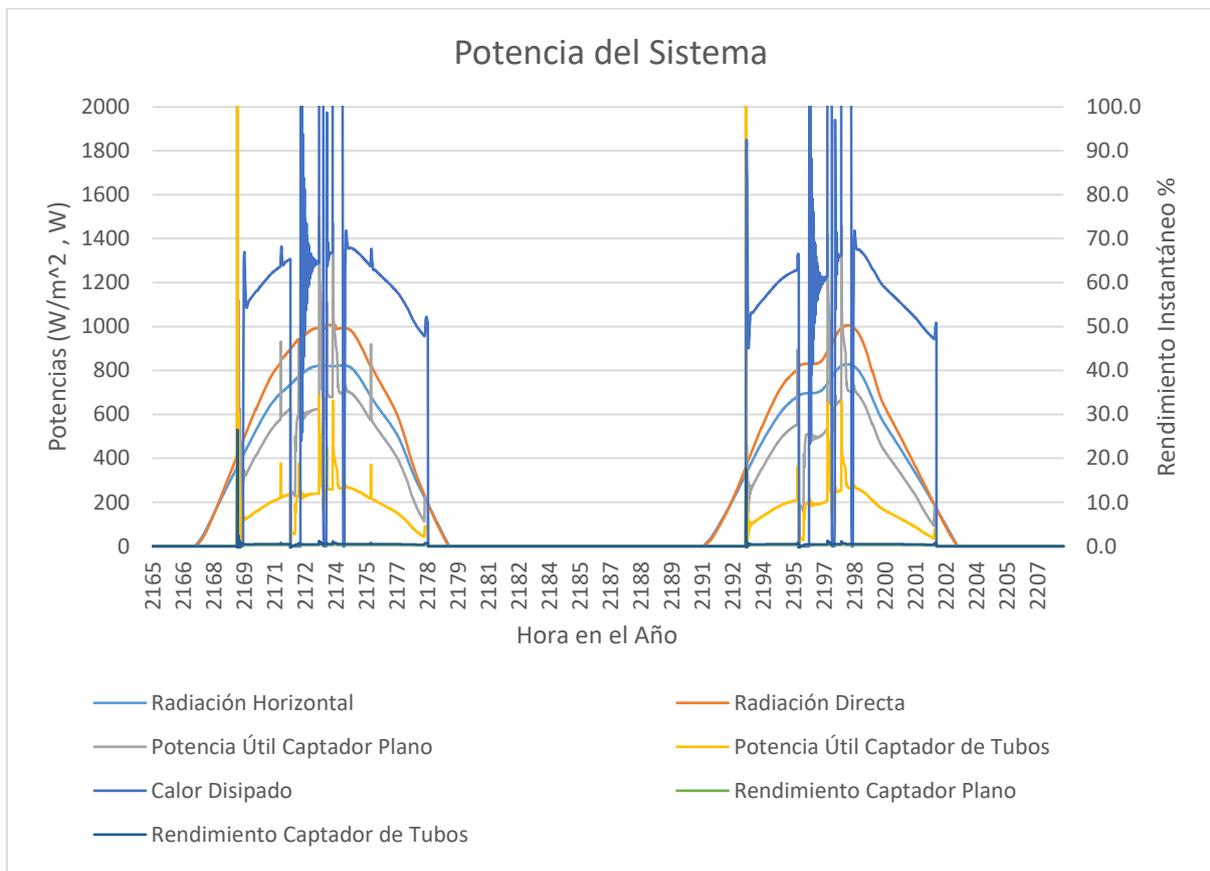


Figura 47 Grafica de potencias

El siguiente Type65d tiene como nombre Plot_control en el que podemos examinar los valores que nos entregan los 2 PID, el Type23-1 para el intercambiador y Type23-2 que corresponde a la señal de control para la resistencia, esto para observar su evolución a lo largo de la simulación. El horario de la práctica también se muestra esto para observar que los PID no funcionen fuera del horario establecido. Por último, también se representa la eficiencia del intercambiador en el transcurso de la simulación, estos valores se toman de los distintos Type como se puede ver en la Figura 48. Los valores se pueden

ver representados en la siguiente Figura 49 en la cual es importante observar que no exista ninguna anomalía.

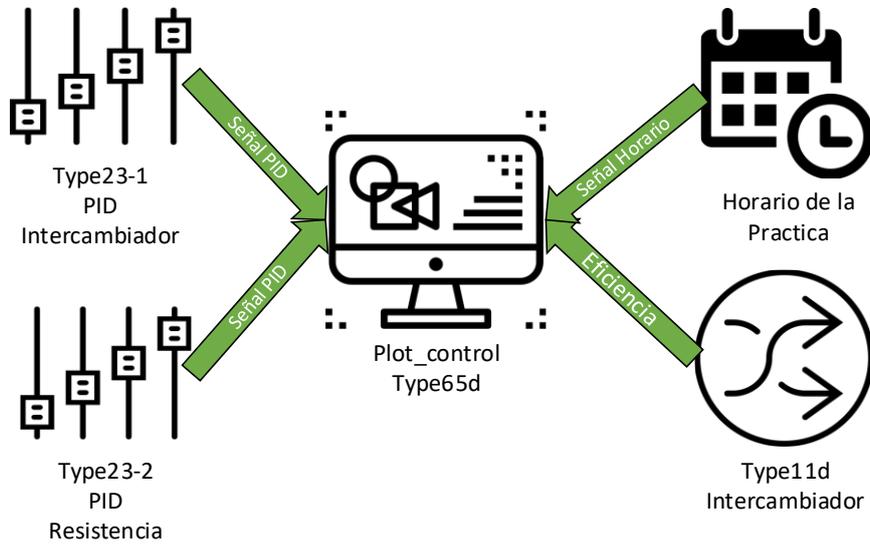


Figura 48 Diagrama de valores para graficar

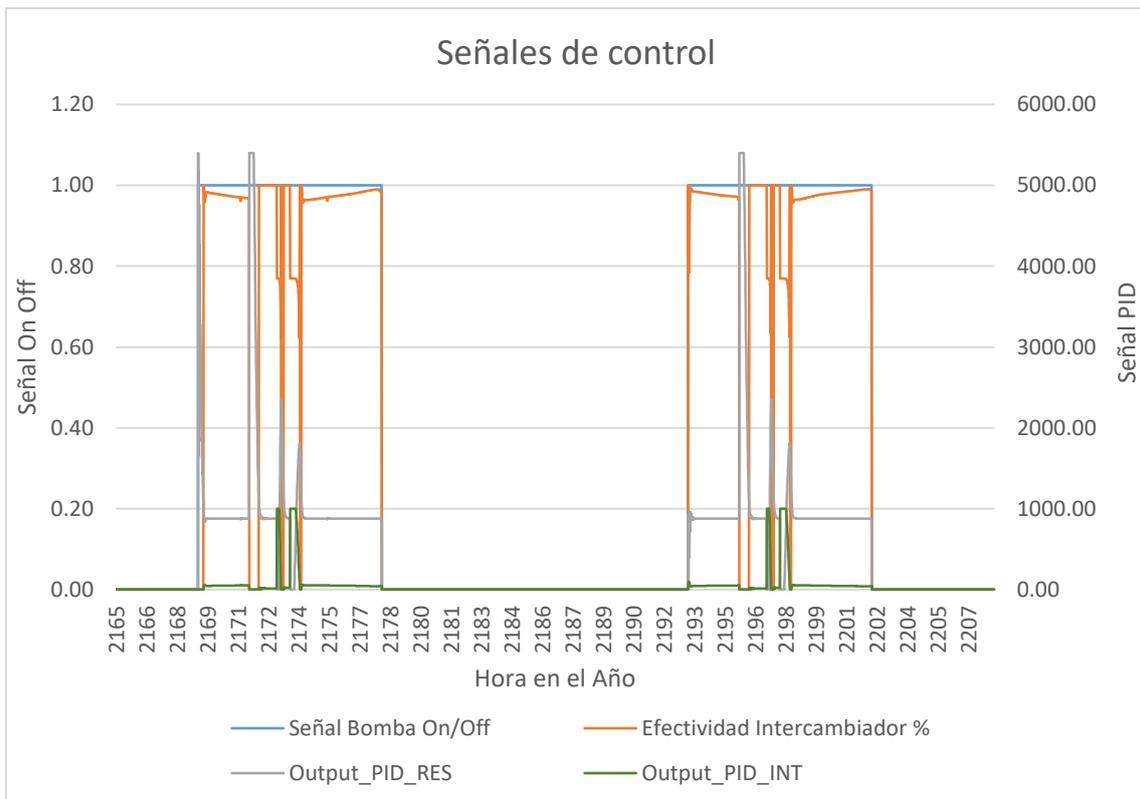


Figura 49 Grafica de señales en TRNSYS

Por último, tenemos el Type65d con el nombre de Plot_temperaturas los datos que se obtiene en la gráfica de este son los más significativos ya que son todas las temperaturas del sistema que nos

interesa comparar, como la temperatura que especificamos en los Setpoints de la Práctica y las temperaturas que nos entregan los captadores. Como se puede observar en la Figura 50 los valores provienen de distintos Type y se conjuntan en una sola gráfica en la cual es sencillo distinguir los cambios de temperatura como se puede observar en la Figura 51.

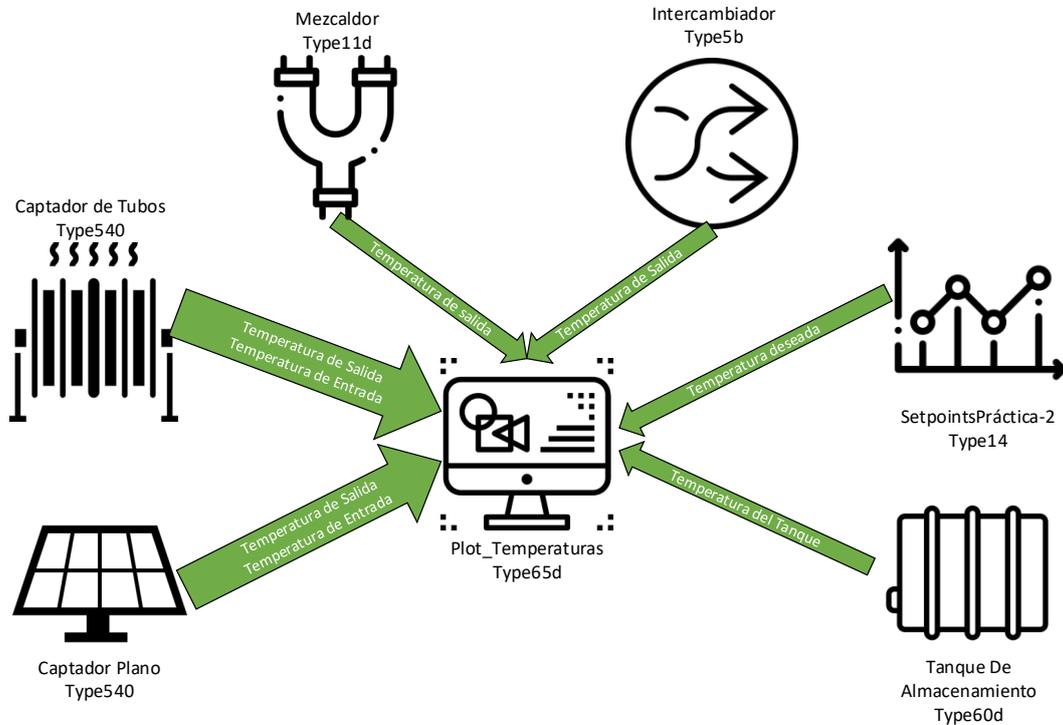


Figura 50 Diagrama de valores para graficar

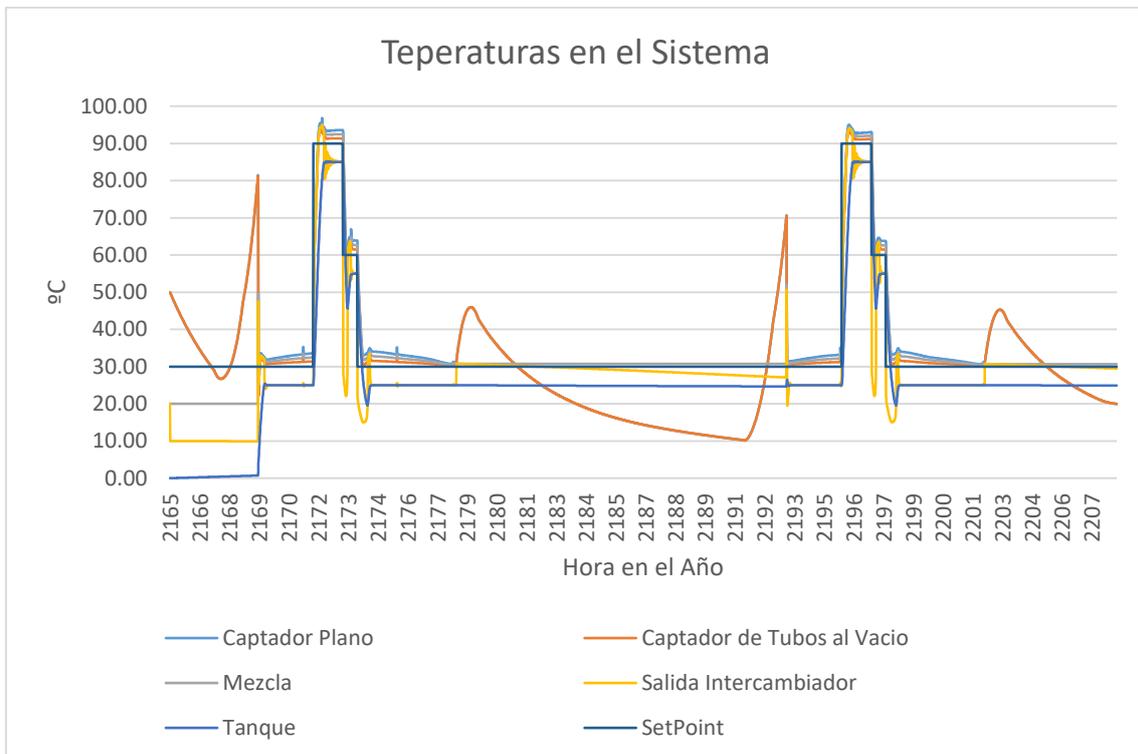


Figura 51 Grafica de temperaturas

4.13 ADQUISICIÓN DE DATOS EN LA SIMULACIÓN

Para poder manipular la información que TRNSYS genera fuera de este es necesario exportar los resultados a un formato en el que otros programas puedan interactuar con esta información. Para esto se cuenta con el Type25a que es representando por una impresora, dentro del Type se definen los parámetros de los cuales vamos a obtener los datos como se puede ver en la Figura 52. Una de las principales ventajas de este es que se pueden exportar a Excel todos los datos como los mostrados en la Tabla 29.

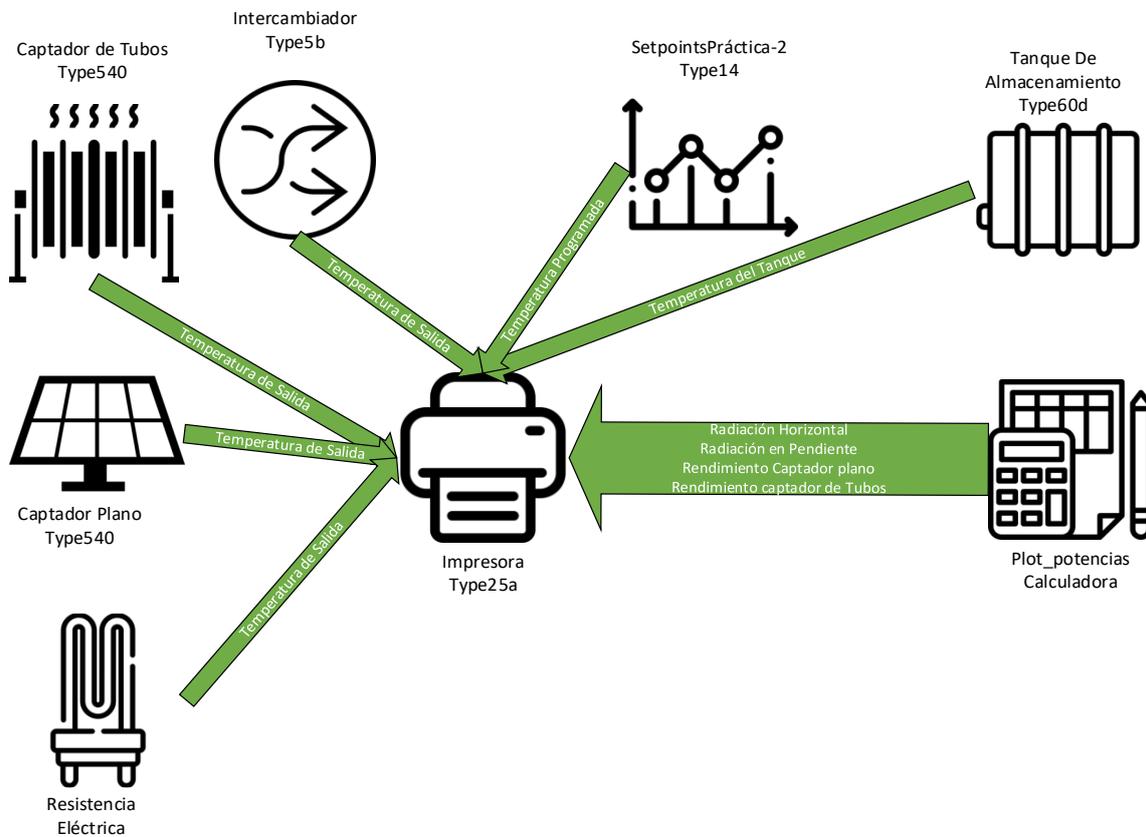


Figura 52 Impresión de resultados en Excel

IME	Plano	Tubos	Mezcla	Intercambiador	Tanque	Resistencia	SetPoint	Rendimiento1	Rendimiento2	RadHoriz	RadIncl
HOURS	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	%	%	W/m ²	W/m ²
2172,98	64,28	61,14	63,22	22,30	57,49	58,91	60,00	0,46	0,65	822,03	992,77
2172,99	63,12	60,22	62,08	22,09	55,66	58,20	60,00	0,43	0,60	822,03	992,68
2173,00	62,37	59,85	61,23	22,09	53,91	57,89	60,00	0,36	0,48	822,03	992,59
2173,01	62,12	59,56	61,23	22,18	52,26	57,62	60,00	0,37	0,51	822,02	992,50
2173,02	61,83	59,27	60,88	22,44	50,70	57,57	60,00	0,37	0,50	822,01	992,40
2173,03	61,56	59,10	60,59	22,78	49,24	57,52	60,00	0,35	0,47	822,00	992,29
2173,04	61,43	59,02	60,36	23,45	47,88	57,60	60,00	0,35	0,46	821,98	992,18
2173,05	61,38	59,02	60,24	24,92	46,65	57,69	60,00	0,34	0,44	821,96	992,06
2173,06	61,41	59,09	60,20	29,70	45,64	57,95	60,00	0,33	0,44	821,93	991,94
2173,07	61,59	59,73	60,24	59,02	45,57	58,90	60,00	0,25	0,29	821,90	991,82
2173,08	62,38	60,56	61,08	60,83	46,30	59,71	60,00	0,25	0,30	821,86	991,69
2173,09	63,15	60,95	61,92	61,87	47,07	60,18	60,00	0,31	0,42	821,83	991,56
2173,10	63,43	61,31	61,92	61,87	47,83	60,58	60,00	0,30	0,38	821,79	991,42
2173,11	63,81	61,72	62,32	61,92	48,56	60,75	60,00	0,29	0,37	821,75	991,28
2173,12	64,21	62,03	62,71	62,30	49,26	60,93	60,00	0,31	0,40	821,70	991,14
2173,13	64,47	62,24	63,07	62,69	49,95	60,98	60,00	0,32	0,41	821,65	991,00

Tabla 29 Resultados de la impresora

5 VALIDACIÓN DE LOS MODELOS

Para poder obtener resultados concluyentes, es fundamental validar primero los modelos desarrollados. Para la instalación mencionada, no ha sido posible validar el modelo con medidas experimentales durante la realización del TFM. Por ello, la validación se ha realizado con el software CHEQ4, software de referencia en España a la hora de diseñar instalación de energía solar térmica. Sin embargo, cabe destacar que los métodos de cálculo no son los mismos y que por ello, es inevitable que haya una ligera diferencia entre los resultados.

CHEQ4 utiliza la metodología MetaSol, la cual consiste en realizar un gran número de simulaciones en TRANSOL con distintas configuraciones predefinidas y distintos climas para obtener las curvas en los sistemas con las cuales se relacionarán variables clave para obtener los resultados.

El objetivo principal de realizar la comparativa no es recrear el sistema del capítulo anterior en CHEQ4 ya que su diseño y funcionamiento no concuerda con una instalación típica para ACS ni con la normativa vigente (es sólo una instalación de prácticas) y por esta razón es imposible recrearla en CHEQ4,

Por ese motivo se recreará una configuración típica de una instalación ACS, disponible en CHEQ4 y se simulará en TRNSYS (Figura 53). El objetivo de esto es poder comparar las características de los captadores solares en los programas y obtener resultados similares para asegurarse que los resultados y los parámetros sean los adecuados en TRNSYS. Con estos resultados podemos asegurar que la instalación del IUIIE se va a comportar de forma similar a las simulaciones.



Figura 53 Instalación con Interacumulador

En la Figura 53 se pueden observar los elementos que conforman la instalación y sus elementos básicos

- Colector solar
- Tanque de almacenamiento con un intercambiador
- Calentador de paso a de gas natural
- Demanda de agua caliente

Esos son los elementos principales que se deben representar en la simulación. Sin embargo, antes de poder comenzar a recrear un modelo se necesitan validar ciertos parámetros. Uno de los más importantes es asegurarnos que los datos meteorológicos que se usan en las simulaciones sean similares.

5.1 DATOS METEOROLÓGICOS EMPLEADOS PARA LA VALIDACIÓN

Si se desea comparar los resultados de TRNSYS y CHQ4 es necesario poder partir de los mismos valores de simulación. CHEQ4 cuenta con valores predeterminados de la temperatura del agua que proviene de la red y la temperatura promedio en el ambiente como se puede ver en la Tabla 30.

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	9.1	10.0	10.4
Febrero	12.2	11.0	11.4
Marzo	16.8	12.0	12.6
Abril	21.9	13.0	14.5
Mayo	24.4	15.0	17.4
Junio	26.9	17.0	21.1
Julio	27.6	19.0	24.0
Agosto	23.8	20.0	24.5
Septiembre	19.0	18.0	22.3
Octubre	13.6	16.0	18.3
Noviembre	9.6	13.0	13.7
Diciembre	7.7	11.0	10.9
Promedio	17.7	14.6	16.8

Tabla 30 CHEQ4 correspondientes a Valencia

CHEQ4 provee la temperatura ambiente media de un día típico por mes. TRNSYS no usa la temperatura media pues es un modelo dinámico para cada paso del tiempo, por lo que se diseñó un perfil diario

(Figura 54) con el cual se puede obtener la temperatura instantánea a lo largo de un día típico en cada mes del año para TRNSYS.

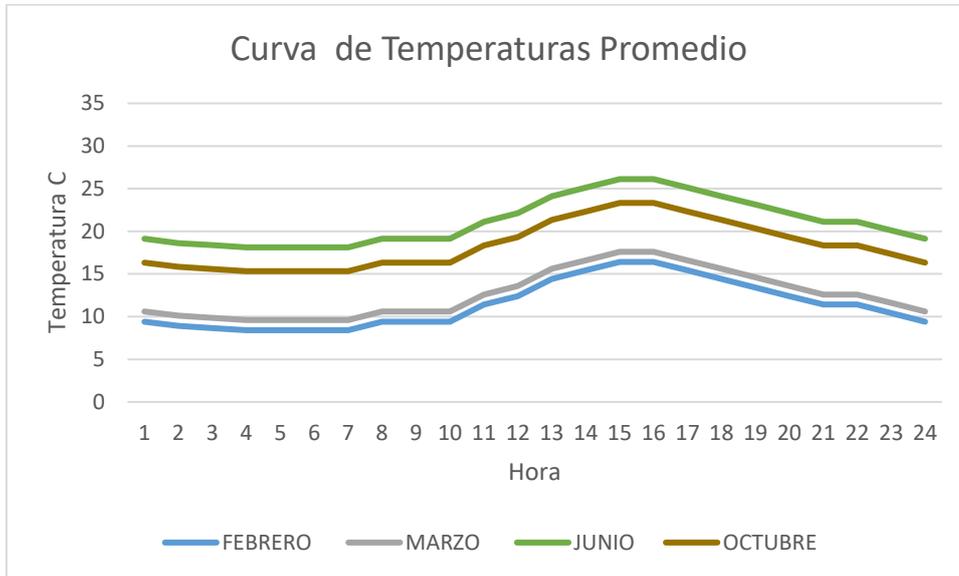


Figura 54 Temperaturas en día promedio Valencia

Como se puede observar en la Tabla 31, los promedios diarios de los perfiles mensuales son similares a los que da CHEQ4

	CHEQ4 °C	TRNSYS °C
Enero	10,4	10,44
Febrero	11,4	11,40
Marzo	12,6	12,59
Abril	14,5	14,52
Mayo	17,4	17,44
Junio	21,1	21,11
Julio	24	24,00
Agosto	24,5	24,50
Septiembre	22,3	22,31
Octubre	18,3	18,32
Noviembre	13,7	13,70
Diciembre	10,9	10,99

Tabla 31 Temperatura ambiente promedio

De la misma manera se creó un perfil anual para la temperatura del agua que proviene de la red. Esta solo varía de un mes al siguiente y nos entrega los valores de la Tabla 30 T.Red, dependiendo del mes en el año de forma constante sin importar el horario. Habiendo aclarado estos primeros puntos se procede a simular el sistema en TRNSYS.

También se utilizarán los mismos valores para las simulaciones en TRNSYS y en CHEQ4 en los colectores, estos se pueden observar en la Tabla 32.

	Colector plano	Colector de tubos al Vacío
Demanda l/día	112	49
Área m²	2	0,45
n0	0,783	0,7
a1 W/m²K	0,0786	1,45
a2 W/m²K²	3,811	0,029
Qtest l/hm²	0,019	168
Numero de captadores	1	1
Inclinación °	45	45
Caudal primario l/h	150	94
Anticongelante %	0	0
Perdidas por sombra %	0	0
Volumen total del tanque l	300	77

Tabla 32 Valores de los elementos para la simulación

5.2 MODELADO DE SISTEMA ACS CHEQ4 EN TRNSYS

El sistema consiste en un captador solar conectado a un circuito primario donde circula un fluido caloportador el cual pasa por el intercambiador en el tanque de almacenamiento y una bomba de circulación forzada la cual, funciona gracias a un controlador mismo que recibe los valores de control de los tres elementos previamente mencionados, estos elementos del circuito se pueden observar a continuación:

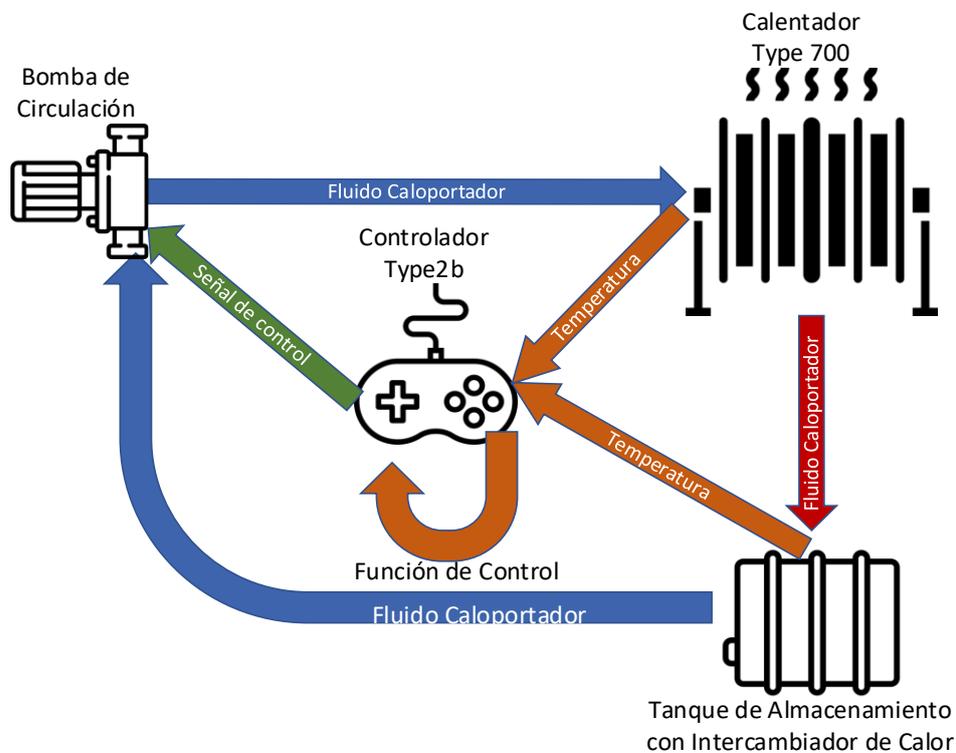


Figura 55 Circuito primario

El tanque se encuentra conectado al circuito secundario en donde recibe la demanda de agua por medio de un perfil de cargas, el cual se puede modificar dependiendo de la demanda deseada por medio del icono Carga Diaria, también el tanque se encuentra conectado a el perfil de la temperatura del agua que proviene de la red como se puede observar en la Figura 56, por último, el tanque se encuentra conectado a un calentador de gas el cual está representado por el Type700 a este ingresa el caudal, la temperatura y de manera independiente aumenta la temperatura del agua a los 60°C deseados de salida.

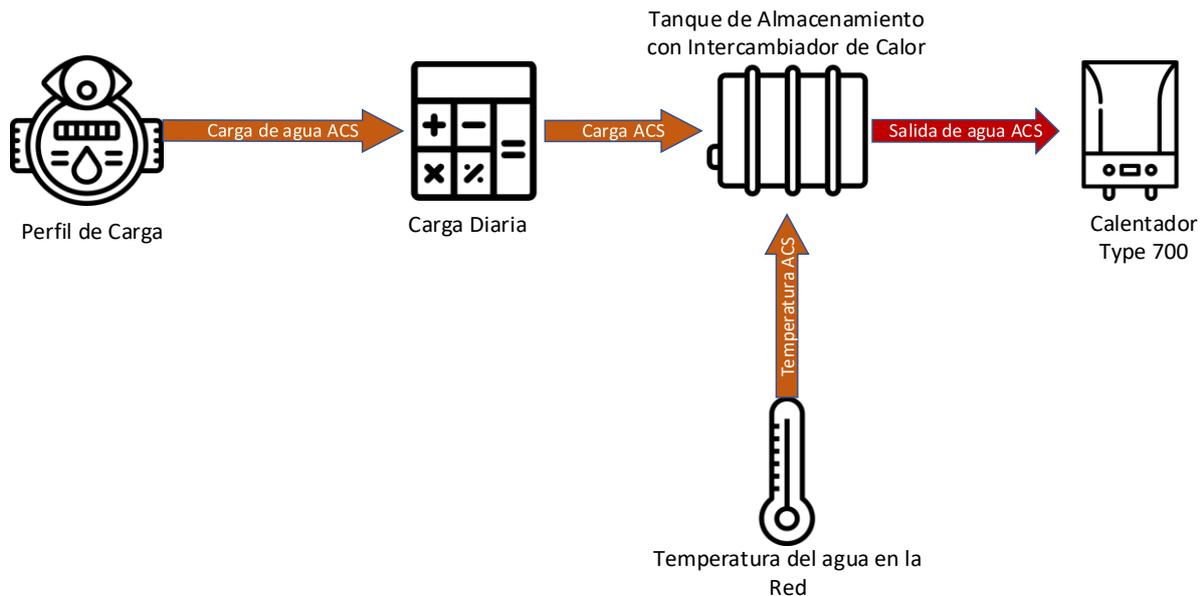


Figura 56 Circuito secundario

Por último, en el circuito, se cuenta con una impresora la cual contiene los valores de energía útil del captador y la energía de entrada del calentador de gas, con esto se calcula la fracción solar del intervalo simulado Ecuación 27, teniendo la fracción solar anual y mensual del sistema. También conoces la demanda neta y el aporte solar con estos datos se puede realizar la comparación de los resultados que nos entrega CHEQ4 al cargar los mismos valores que definen a nuestros captadores solares.

$$\text{Fracción Solar} = \frac{Q_{sol}}{Q_{sol} + Q_{utilcaldera}}$$

Ecuación 27 Fracción solar

5.3 RESULTADOS DE SIMULACIONES CHEQ4 Y TRNSYS

Los resultados de la simulación para el captador de tubos al vacío se pueden observar en la Figura 57. Como se esperaba la demanda bruta tanto en TRNSYS y en CHEQ4 es prácticamente la misma lo cual nos indica que ambos

modelos cuentan con la misma demanda que establecimos. De igual forma se observa que la aportación solar en ambos programas es muy parecida, con una mayor desviación de la fracción solar en los meses de invierno.

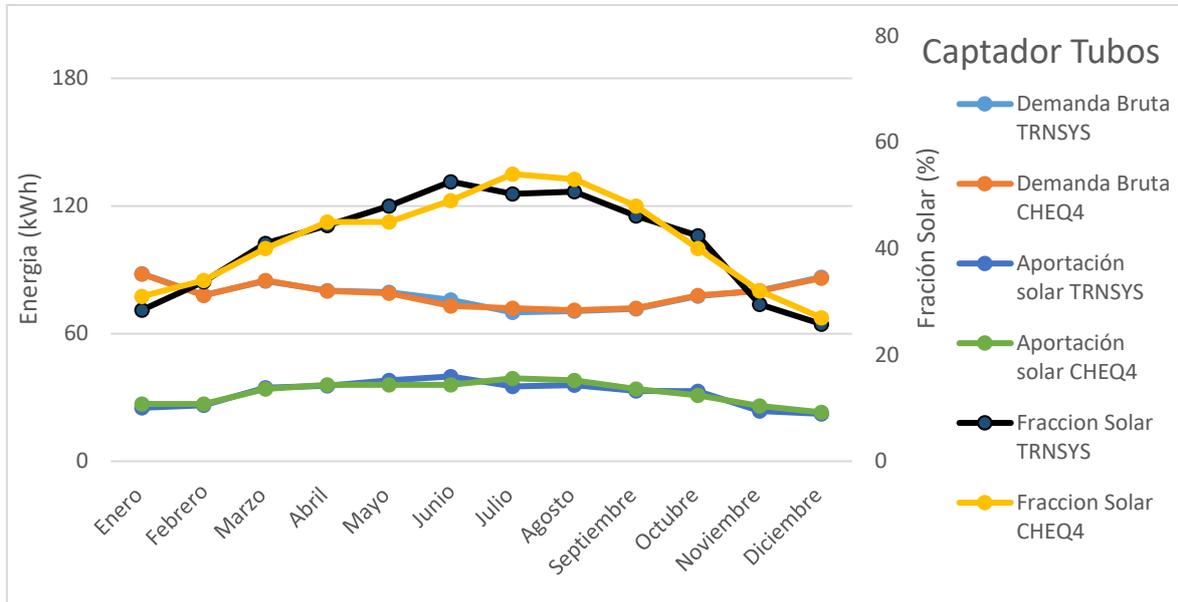


Figura 57 Grafica de comparación captador de tubos, TRNSYS y CHEQ4

Si se observan los resultados de la Tabla 33, se puede ver que la diferencia entre la demanda bruta y la fracción solar, solo varía en 1 kWh, mientras que el aporte solar tiene una diferencia de 9 kWh, entre los programas esto es un resultado aceptable ya que existen variables que no se pueden ajustar como la eficiencia del intercambiador dentro del tanque ya que en CHEQ4 usuario no puede introducir ésta como parámetro y se trata de un cálculo interno del programa.

Aportación solar total CHEQ4	614 kWh
Aportación solar total TRNSYS	605 kWh
Demanda Bruta CHEQ4	1474 kWh
Demanda Bruta TRNSYS	1475 kWh
Fracción Solar CHEQ4	43,06 %
Fracción Solar TRNSYS	42,30 %

Tabla 33 Totales de comparación CHEQ4 y TRNSYS

En el caso del captador plano (Figura 58), las líneas de demanda bruta son consistentes una con la otra, en los resultados obtenidos en ambos programas, mientras que las líneas de aportación solar presentan tendencias muy similares, con alguna pequeña desviación puntual en ciertos meses.

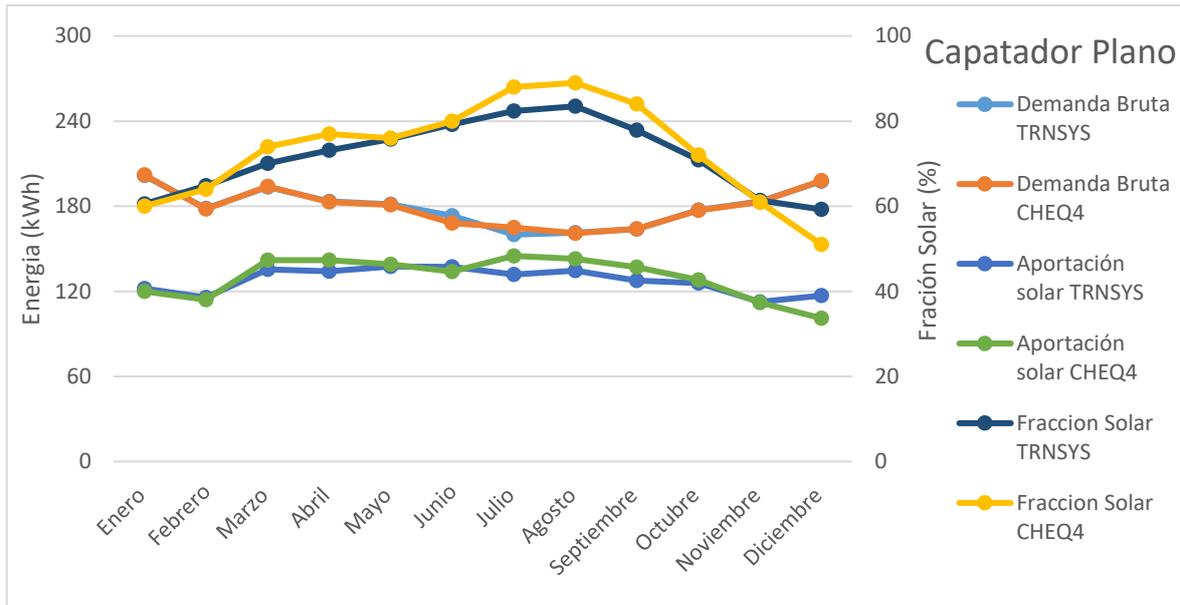


Figura 58 Grafica de comparación captador plano, TRNSYS y CHEQ4

Como se puede observar en la Tabla 34, la diferencia entre la demanda bruta y la fracción solar en un año es pequeña (máximo 1%). Pero los resultados anuales de la aportación solar entre los dos programas muestran una diferencia de 26 kWh que es mayor a la diferencia con el captador de tubos, esta sigue siendo una diferencia pequeña

Aportación solar total CHEQ4	1557 kWh
Aportación solar total TRNSYS	1531 kWh
Demanda Bruta CHEQ4	2154 kWh
Demanda Bruta TRNSYS	2155 kWh
Fracción Solar CHEQ4	73%
Fracción Solar TRNSYS	72%

Tabla 34 Comparación de resultados

En conclusión, las variaciones en ambas simulaciones son aceptables ya que los métodos de cálculo son diferentes. Lo más importante y en lo que nos deberíamos enfocar es que comparando los resultados de las gráficas podemos observar las mismas tendencias. El modelado de la instalación solar térmica por tanto fiable, y los modelos desarrollados pueden utilizarse para extraer conclusiones acerca de las estrategias de control necesarias para la realización de prácticas con la instalación.

6 ESTRATEGIAS DE CONTROL

Una vez definida la simulación en TRNSYS y la validación de los captadores es necesario definir la mejor estrategia de control para obtener tres puntos experimentales en el menor tiempo posible ya que la instalación se implementará en una práctica la cual tiene una duración límite de 2 horas. En este tiempo se debe poder alcanzar 3 temperaturas 30, 50 y 90 °C a la entrada de los captadores y estabilizarla para obtener las medidas correctas.

Como se vio en el capítulo de MODELADO DINÁMICO EN TRNSYS, la instalación cuenta con 2 PID que pueden aumentar o disminuir la temperatura del sistema. Con el fin de encontrar la mejor opción de nuestro sistema se explorarán las posibilidades de utilizar únicamente un PID que parta de la temperatura mínima deseada e ir incrementando esta hasta obtener la máxima, de igual forma partir de la temperatura máxima deseada e ir disminuyendo está hasta alcanzar la mínima, en ambos casos variar los tiempos duran los escalones para encontrar el tiempo mínimo necesario con el que se logre estabilizar el sistema estabilice.

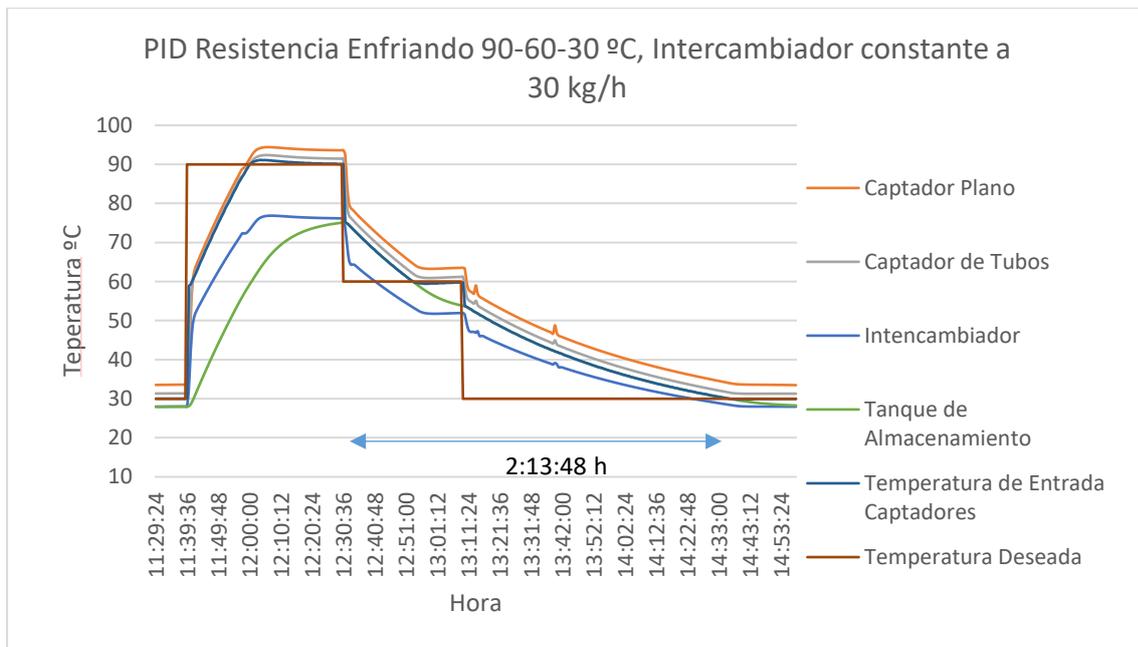


Figura 59 Gráfica de temperaturas enfriando únicamente PID resistencia, con flujo en el intercambiador constante 30kg/h, tiempo de estabilización 2:13:48 h, 1 de abril

En la Figura 60 se implemento la misma estrategia que en la Figura 59, con la diferencia que este cuenta con un flujo en el intercambiador de 50 kg/h en el lado frio. Como se puede observar las temperaturas decaídas se alcanzan en un menor tiempo y el cambio de 90 °C a 30°C se reduce a 1:34:48 h, este tiempo se podría reducir aún más si se disminuye el tiempo en el cual el fluido tiene que permanecer a 60°C.

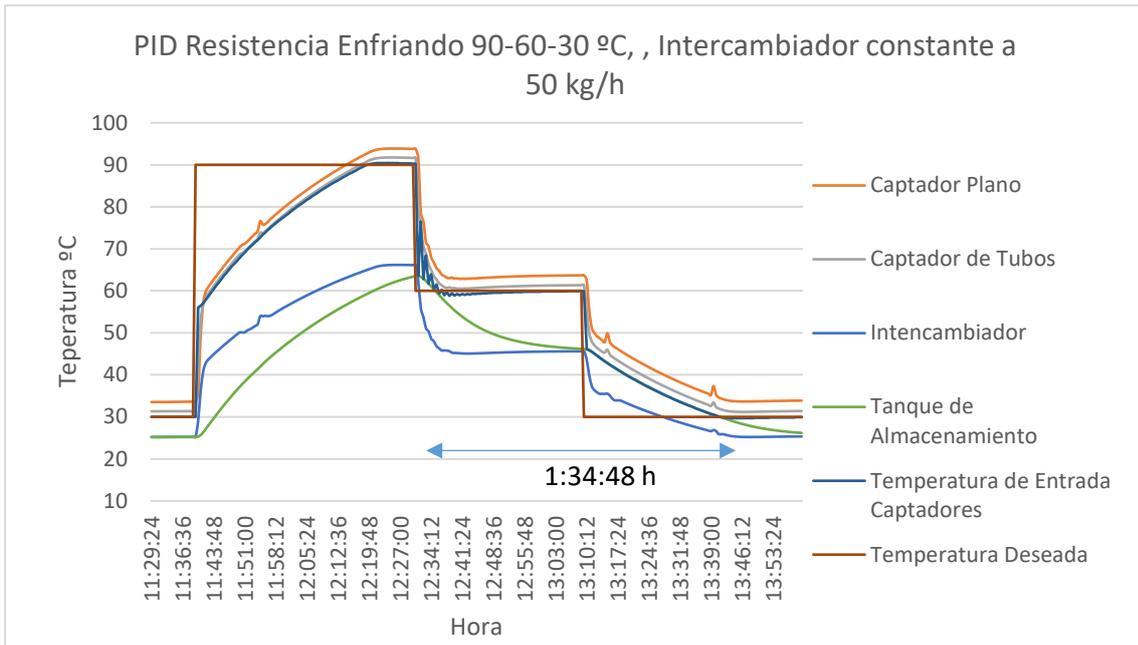


Figura 60 Gráfica de temperaturas enfriando únicamente PID resistencia, con flujo en el intercambiador constante 50kg/h, tiempo de estabilización 1:16:48 h, 1 de abril

En la Figura 61, se puede observar que la temperatura deseada al principio se logra alcanzar con la ayuda de la resistencia eléctrica. Es necesario mantener la resistencia encendida durante un periodo de tiempo para que el circuito hidráulico pueda obtener la inercia de la temperatura. También podemos observar en el escalon de los 60 °C que las temperaturas tardan demasiado en estabilizarse.

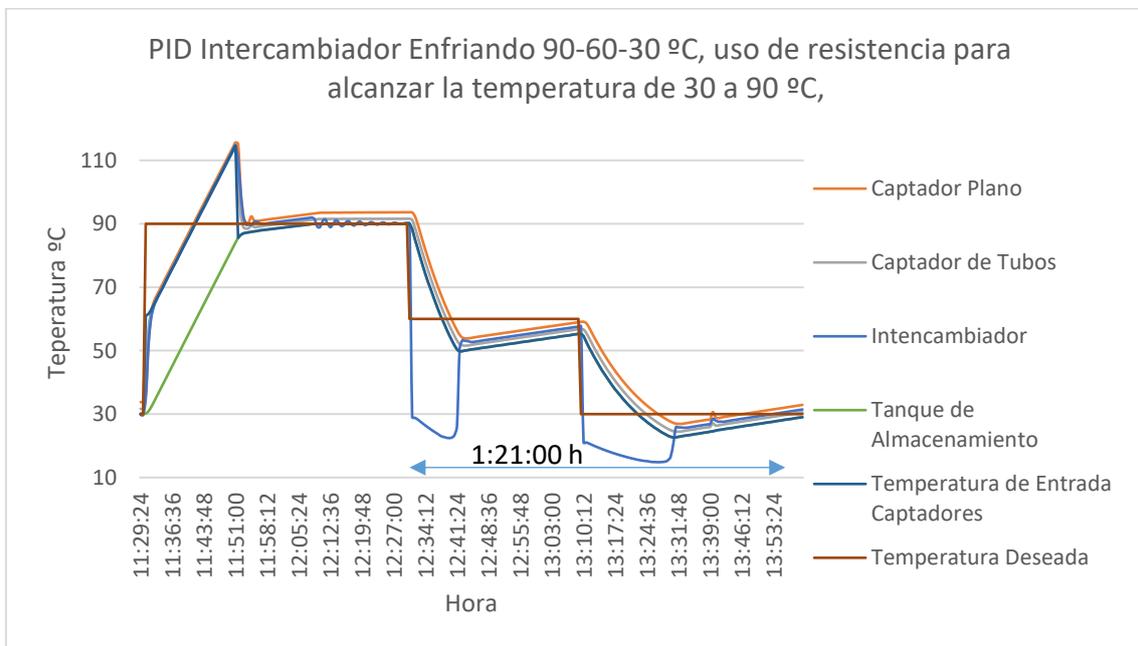


Figura 61 Gráfica de temperaturas enfriando doble PID intercambiador, resistencia 5400 W para alcanzar 30 a 90 °C, tiempo de estabilización 1:21:00, 1 de abril

Para la Figura 62 se toma la estrategia anterior y de adicionalmente se enciende la resistencia en el escalón de 60 °C por un periodo corto de tiempo, como se puede observar el intercambiador logra estabilizar la temperatura al que hemos definido en un menor tiempo.

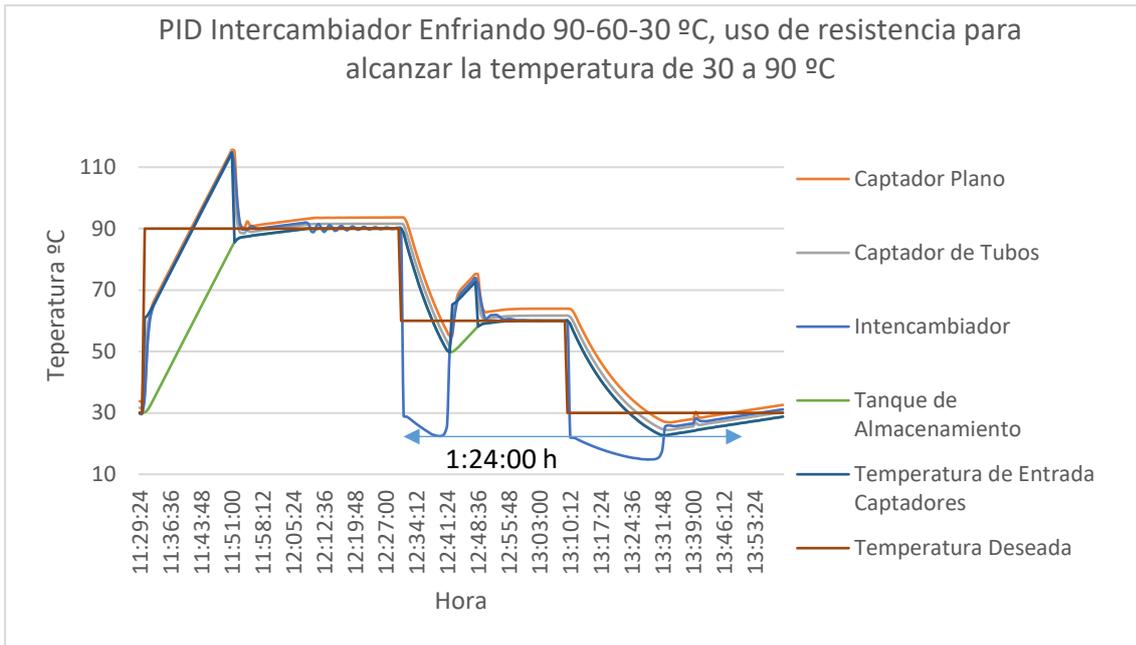


Figura 62 Gráfica de temperaturas enfriando doble PID intercambiador, resistencia 5400 W para alcanzar 30 a 90 °C y 2700 W en el escalón de 60 °C, tiempo de estabilización 1:24:00, 1 de abril

En la Figura 63 se implemento la estrategia de contar con 2 PID uno para la resistencia y otro para el intercambiador como se puede observar las temperaturas deseadas se alcanzan sin nign problema ya que ambos trabajan para poder estabilzar la temperatura de entrada en los captadores solares. Aunque con todas las estrategias de control anteriores se logra alcanzar las temperaturas decaadas, esta unltima estrategia logra estabilizar y obtener las temperaturas decaadas en un tiempo de 1:03:12 h, el cual a sido el mas corto de todas las estrategias partiendo de los 90 °C y finalizando con 30 °C.

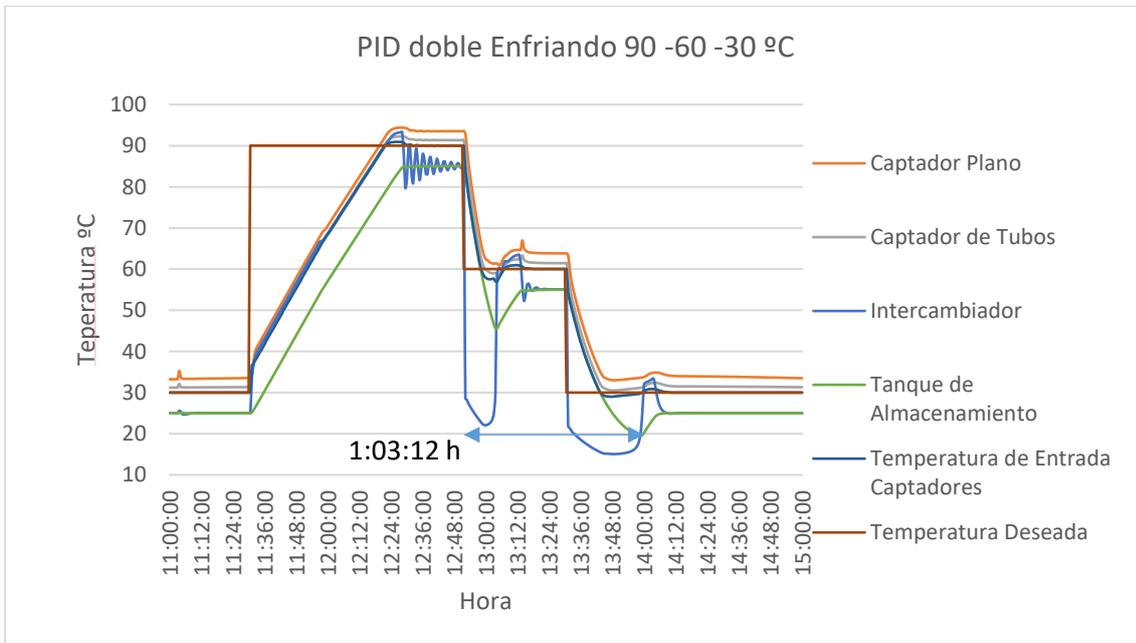


Figura 63 Gráfica de temperaturas enfriando doble PID, 1 de abril

Después de explorar las opciones en las que se comienza con una temperatura de 90 °C y terminar en 30 °C se simulan controles similares, pero invirtiendo el orden de las temperaturas.

La estrategia de control para la Figura 64 consiste en contar con el PID de la resistencia y contar con un caudal constante en el lado frío del intercambiador, como se puede observar se logran alcanzar las temperaturas deseadas. También se realizaron las pruebas con distintos caudales los resultados se pueden observar en la Tabla 35 los resultados no varían en gran medida, lo interesante de esto es que el a mayor caudal la temperatura tarda más tiempo en ser alcanzada ya que el líquido caloportador es enfriado a mayor medida por el intercambiador.

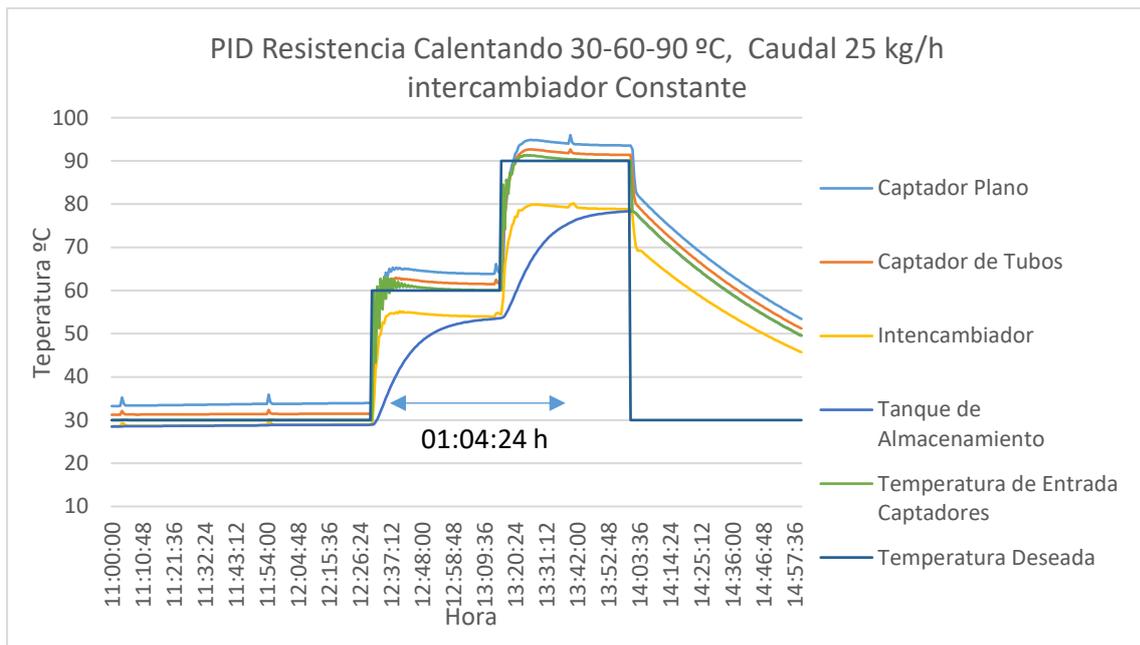


Figura 64 Gráfica de temperaturas calentando únicamente PID resistencia, intercambiador flujo constante de 25 kg/h, 1 de abril

Caudal lado frío intercambiador	Tiempo
25 kg/h	01:04:24 h
30 kg/h	01:05:12 h
40 kg/h	01:07:24 h

Tabla 35 Tiempos de estabilización calentando, PID resistencia

Por último, se implementó la estrategia de utilizar ambos PID simultáneamente, como se observa en la Figura 65 las temperaturas de los captadores llegan a los puntos deseados y como estas se estabilizan antes de continuar al siguiente punto. También se observa que la duración de este proceso es de 1:12:48 h, este es mayor al que se obtiene si en lugar de calentar el fluido se enfría como se puede observar en la Figura 63 en la cual también se implementan ambos PID.

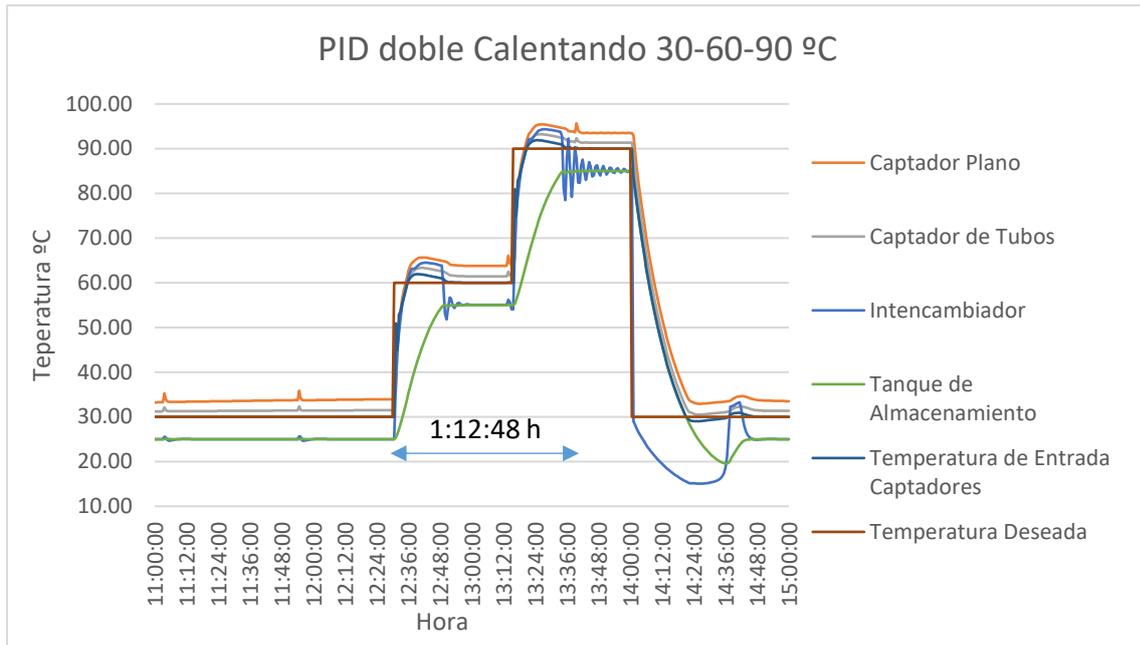


Figura 65 Gráfica de temperaturas calentando doble PID, 1 de abril

Al observar los distintos resultados de las estrategias de control, se concluye que todas estas cumplen con el objetivo de pasar por las temperaturas esperadas. Por lo que se ha elegido la opción que se adapte mejor para implementarla en una práctica. Teniendo en cuenta la limitación del tiempo para realizar la práctica (2h), se ha tomado la decisión de utilizar la estrategia de PID doble, enfriando 90-60-30 °C (Figura 63), ya que está logra alcanzar las temperaturas estimadas en menor tiempo (1:03:12h).

Ya que contamos con la estrategia definida de utilizar el doble PID enfriando el líquido caloportador, se van a modificar el tiempo que dura el escalón de los 60 °C para poder reducir los tiempos. En la Tabla 36 podemos observar los tiempos totales en que el fluido caloportador logra pasar de 90 °C a 30 °C, se puede observar que con 30 minutos en la Figura 66 el sistema logra cumplir los requerimientos que se necesitan para una medición correcta al llegar las temperaturas deseadas y lograr estabilizarse sin tener saltos. Este sería el modelo óptimo para poder realizar prácticas en el menor tiempo posible.

Tiempo en el escalon 60 °C	Tiempo en alcanzar las temperaturas deseadas	Estabilizacion en el sistema
00:15:00 h	00:24:48 h	No se estabiliza en 60 °C
00:24:00 h	00:49:12 h	No se estabiliza en 60 °C
00:30:00 h	00:53:24 h	Si se estabiliza en 60 °C
00:35:00 h	00:59:24 h	Si se estabiliza en 60 °C
00:40:00 h	01:11:12 h	Si se estabiliza en 60 °C

Tabla 36 Tiempo de duración en el escalón de los 60 °C

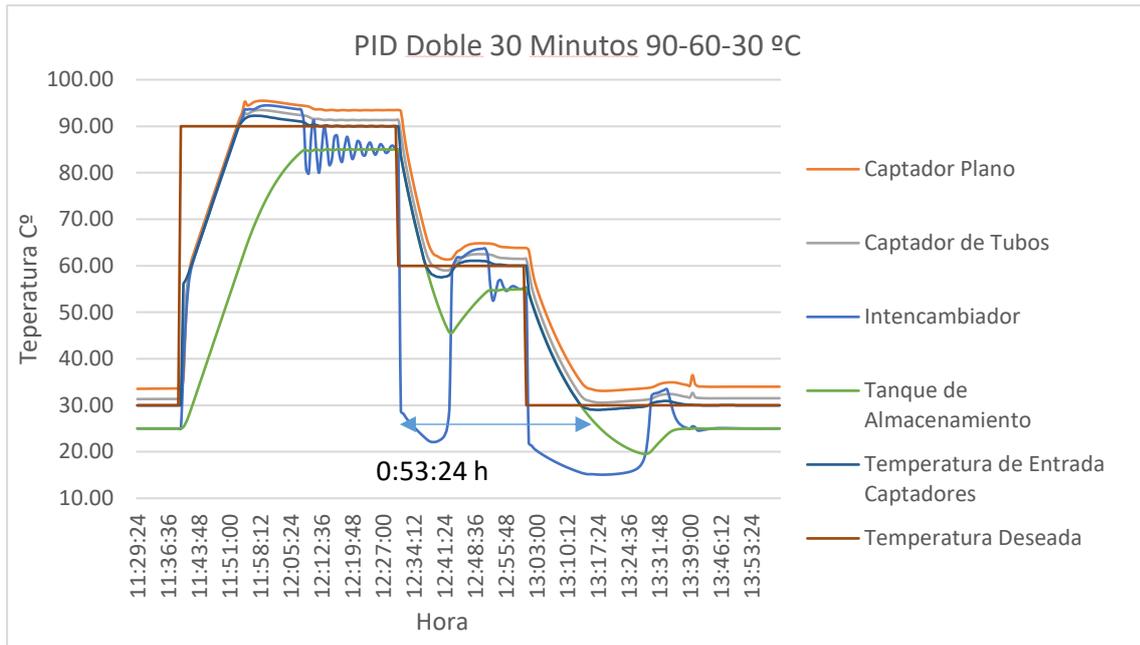


Figura 66 PID doble tiempo de espera en el intervalo de 60 °C DE 15 minutos, 1 de abril

7 CONCLUSIONES

Este trabajo se ha enfocado en la creación de un modelo dinámico de un laboratorio docente solar de la Universitat Politècnica de València, en su validación y finalmente en su utilización para analizar las mejores estrategias de control para llevar a cabo prácticas docentes en las que se mida el rendimiento de captadores en condiciones medioambientales reales.

Se han obtenido las siguientes conclusiones parciales:

- El sensor que afecta con un % mayor de error en las medidas es el piranómetro, dando como consecuencia que en los demás equipos tengan que contar con una gran precisión para poder contrarrestar su influencia en la propagación de errores, esta fue una de las principales razones por las cuales se instaló el Coriolis en lugar de únicamente rotámetros como se planteó inicialmente.
- Las temperaturas de impulsión más idóneas son de 30-60-90°C, con las cuales se puede asegurar que el rendimiento de los captadores siempre disminuirá al aumentar la temperatura, pese al error en las medidas.
- El modelo en TRNSYS ha sido validado con CHEQ4, adaptándolo para una instalación típica de ACS y utilizando los mismos captadores. Para poder validar el modelo, se ha tenido que implementar en TRNSYS los mismos inputs que en CHEQ4, en particular, las mismas temperaturas ambiente o de agua fría de red.
- La validación de los captadores solares entre TRNSYS y CHEQ4 muestra que los resultados son muy similares, sobre todo en cuanto a las tendencias anuales y a las prestaciones globales como por ejemplo en la fracción solar.
- De las estrategias de control que se analizaron se concluyó que al enfriar el fluido caloportador es más rápido y conveniente que calentar progresivamente el fluido. Esto se debe esencialmente a que la potencia disponible para enfriar el fluido es mucho mayor a la disponible a la hora de calentar el circuito.
- Para la práctica analizada, los saltos de temperatura son de 90-60-30°C y se logra realizar la práctica en menos de dos horas como era deseado.

8 BIBLIOGRAFÍA

- 1 M. J. C. Tiago Osório, «Testing of Solar Thermal Collectors Under Transient Conditions,» *Energy Procedia*, vol. Volume 30, pp. 1344-1353, 2012.
- 2 M. S.-D. Werner Weiss, «Solar Heat Worldwide 2018,» AEE - Institute for Sustainable Technologies, Austria, 2018.
- 3 M. S.-D. Werner Weiss, «Solar Heat Worldwide 2017,» SOLAR HEATING & COOLING PROGRAMME INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, Austria, 2017.
- 4 S. Z. J. D. Zhiyong Tian, «Large-scale solar district heating plants in Danish smart thermal grid: Developments and recent trends,» *Energy Conversion and Management*, vol. 189, pp. 67-80, 2019.
- 5 S. H. E. ESTIF, «Solar Heat Markets In Europe – Trends And Market Statistics 2016,» 15 noviembre 2017. [En línea]. Available: <http://solarheateurope.eu/publications/market-statistics/solar-heat-markets-in-europe/>.
- 6 CTE Código Técnico de la Edificación de España , «codigotecnico,» [En línea]. Available: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DccHE.pdf>. [Último acceso: 7 6 2019].
- 7 CTE Código Técnico de la Edificación de España Borrador, «codigotecnico,» [En línea]. Available: https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/Borrador_ANEJO_I-DBHE_comentado.pdf. [Último acceso: 29 05 2019].
- 8 S. –. T. R. I. o. Sweden, «European Solar Thermal Industry Federation,» 28 05 2012. [En línea]. Available: http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/projects/QAiST/QAiST_results/QAiST%20D2.3%20Guide%20to%20EN%2012975.pdf. [Último acceso: 05 12 2018].
- 9 S. d. I. y. Empresa, «Agencia Estatal Bolentín Oficial del Estado,» 7 junio 2010. [En línea]. Available: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2010-10487. [Último acceso: 5 julio 2019].
- 10 Aguasol, «Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía,» 2019. [En línea]. Available: http://www.cheq4.idae.es/userfiles/file/Metodologia_de_calculo_MetaSol.pdf. [Último acceso: 15 8 2019].
- 11 A. Hussain, «Emerging renewable and sustainable energy technologies: State of the art,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 71, pp. 12-28, 2017.

- 12 A. Mellor, D. A. Alvarez y I. Guarracino, «Roadmap for the next-generation of hybrid photovoltaic-thermal solar energy collectors,» *Solar Energy*, vol. 174, pp. 386-398, 2018.
- 13 T. M. Md. Parvez Islam, «Advances in low to medium temperature non-concentrating solar thermal technology,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, nº Part 3, pp. 2066-2093, 2018.
- 14 C.-C. C. K.-C. C. Kung-Ming Chung, «Effect of Diffuse Solar Radiation on the Thermal Performance of Solar Collectors,» *Case Studies in Thermal Engineering*, 2018.
- 15 W. J. M. Liviu Hrisca, «Pump Speed Optimisation for Solar Thermal System,» *Solar Energy*, vol. 2, pp. 212-218, 2018.
- 16 J. J. W. Y. Fan Zhou, «Experimental study and performance prediction of the PCM-antifreeze solar thermal system under cold weather conditions,» *Applied Thermal Engineering*, vol. 146, pp. 526-539, 2019.
- 17 C. T. Evangelos Bellos, «Development of an analytical model for the daily performance of solar thermal systems with experimental validation,» *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 28, pp. 22-29, 2018.
- 18 H. P. M. J. Carvalho M.J., «A General Approach for Energy Calculations,» *Proceedings of ISES World Congress*, vol. Vol. I – Vol. V, pp. 1-5, 2007.
- 19 I. D. N. ENERGIAS, «Poyecto de un Banco de Ensayos de Colectores Solares Planos Para Fluidos Liquidos,» Valencia, 01/04/1989.
- 20 D. d. T. U. P. d. València, «Manual de Funcionamiento de una Instalación Térmica Para la Realización de Prácticas en el Campo de la Energía Solar,» Valencia .
- 21 B. Mundial, «globalsolaratlas,» [En línea]. Available: <https://globalsolaratlas.info/>. [Último acceso: 26 05 2019].
- 22 K. Rivett-Carnac y L. Scholtz, «Solar thermal technologies: clean fit for food and beverage industries,» WWF South Africa, 2018.
- 23 A. Paredes Salvador, «LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN LA EDIFICACIÓN: ACTUALIZACIÓN DE LA GUÍA ENERGÍA SOLAR,» de XI CONGRESO DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA ORGANIZADO POR ASIT. EL NUEVO CTE, HACIA LOS EDIFICIOS DE CONSUMO CASI CERO. REDES DE CALOR CON EST, 26 FEBRERO, MADRID, 2019.
- 24 P. Polo Amblar, «Energía solar térmica de baja temperatura,» de PRESENTACIONES DEL XI CONGRESO DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA ORGANIZADO POR ASIT. EL NUEVO CTE, HACIA LOS EDIFICIOS DE CONSUMO CASI CERO. REDES DE CALOR CON EST, 26 FEBRERO, Madrid, 2019.

25 P. Kovacs, «THERMAL PERFORMANCE,» de *A guide to the standard EN 12975*, Quality Assurance in solar thermal heating and cooling, 2012, pp. 44-60.

[2 Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. CSIC para la Dirección General
6] de Arquitectura, Vivienda y Suelo, «codigo tecnico,» [En línea]. Available:
<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia.html>. [Último acceso:
29 Julio 2019].

ANEXOS

Modelado y diseño de prácticas en el laboratorio docente solar del IUIIE

9 ANEXOS

1	Practica de Rendimiento	79
1.1	Descripción.....	79
1.2	Objetivos	79
1.3	Material.....	79
1.4	Guion de la práctica	79
2	Trabajo a Futuro:.....	82
3	Cuadro Eléctrico	82
4	Especificaciones Técnicas de los Equipos.....	83

1 Practica de Rendimiento

1.1 Descripción

Esta práctica se enfoca en analizar el rendimiento de los captadores solares a distintas temperaturas de entrada 90 60 y 30 °C.

Las temperaturas de entrada serán reguladas por un sistema que consiste en un intercambiador de placas, tanque de almacenamiento y una resistencia eléctrica. Se realizará el cálculo del rendimiento de cada captador solar en el laboratorio a distintas temperaturas.

1.2 Objetivos

Conocer el funcionamiento de una instalación solar térmica

- Conocer cómo calcular y medir la eficiencia del captador
- Comparar el rendimiento medido y calculado, interpretando a qué se deben las diferencias

Comparar los resultados obtenidos en la práctica con la simulación de la instalación en TRNSYS.

1.3 Material

- I. Unidad de adquisición de datos
- II. Captador solar plano
- III. Captador solar de tubos de vacío
- IV. Piranómetro
- V. Caudalímetro
- VI. Ordenador Portátil

1.4 Guion de la práctica

- I. Describir el funcionamiento general de la instalación solar térmica y como se logran obtener las temperaturas de entrada deseadas de 90-60-30 °C en los captadores con la ayuda del intercambiador de placa y la resistencia eléctrica los cuales son controlados por 2 PID independientes.
- II. Presentar los componentes de la instancian solar térmica relevantes para la práctica:

1. Unidad de adquisición de datos: en donde se registran las temperaturas de entrada y salida en los captadores solares, el caudal macizo de la instalación y la radiación solar.
 2. Piranómetro: Es el elemento con el cual se medirá la radiación directa solar que recibe la instalación su magnitud se encuentra en W/m^2 .
 3. Captadores: Estos se encuentran funcionando en paralelo con la misma temperatura de entrada, cada uno entrega una temperatura de salida distinta por sus características particulares.
 - 3.1. Captador solar plano Avant Solar AS-20VC: consiste en una cubierta de vidrio con una caja la cual aísla la tubería de cobre por donde circula el fluido calor portador.
 - 3.2. Captador solar de tubos de vacío Ecosol Sunmax 6 58/1800: consiste en 6 tubos al vacío el cual consiste en que cuentan con un tubo interior donde de calienta un líquido calor portador independiente al del circuito este se evapora va a la parte superior y con esto se calienta el líquido calor portador del circuito primario.
 4. Caudalímetro: el caudalímetro se encuentra instalada en el circuito antes de que este se divida en las entradas a los captadores.
- III. Observar la evolución de la temperatura en el sistema, tomar nota de las siguientes variables del sistema en los escalones de 90-60-30°C una vez que se estabilicen:
- Temperatura de entrada en los captadores.
 - Temperatura de salida de cada captador.
 - Temperatura ambiente.
 - Caudal masico.
 - Radiación solar.
- IV. Con los datos que se obtengan de la instalación solar térmica calcular el rendimiento experimental con la siguiente formula

$$\eta = \frac{m \cdot Cp \cdot (T_s - T_e)}{G \cdot S}$$

Ecuación 1 Rendimiento experimental

$$m = \text{caudal másico} \frac{Kg}{s}$$

$$Cp = \text{Clor específico del fluido} \quad 3882 \frac{J}{kg \cdot k}$$

$$T_s = \text{Tempertura de salida } ^\circ k$$

$$T_e = \text{Tempertura de entrada } ^\circ k$$

$$G = \text{Radiacion solar} \frac{W}{m^2}$$

$$S = \text{Apertura del captador } m^2 \text{ captador plano } 2m^2 \text{ Captador de tubos } 0,57m^2$$

- V. Calcular el rendimiento con la ecuación del rendimiento según la norma UNE-EN-12975-2 y los datos proporcionados por el fabricante de los 2 modelos captadores solares con la siguiente ecuación

$$\eta = \eta_0 - K1 \cdot \frac{(T_m - T_{amb})}{G} - K2 \cdot \frac{(T_m - T_{amb})^2}{G}$$

Ecuación 2 Rendimiento UNE-EN-12975-2

η_0 : Eficiencia óptica

$K1$: coeficiente lineal de pérdidas W/m^2K

$K2$: coeficiente cuadrático de pérdidas W/m^2K^2

T_m : Temperatura media del fluido $\frac{T_e + T_s}{2}$

T_{amb} : Temperatura Ambiente

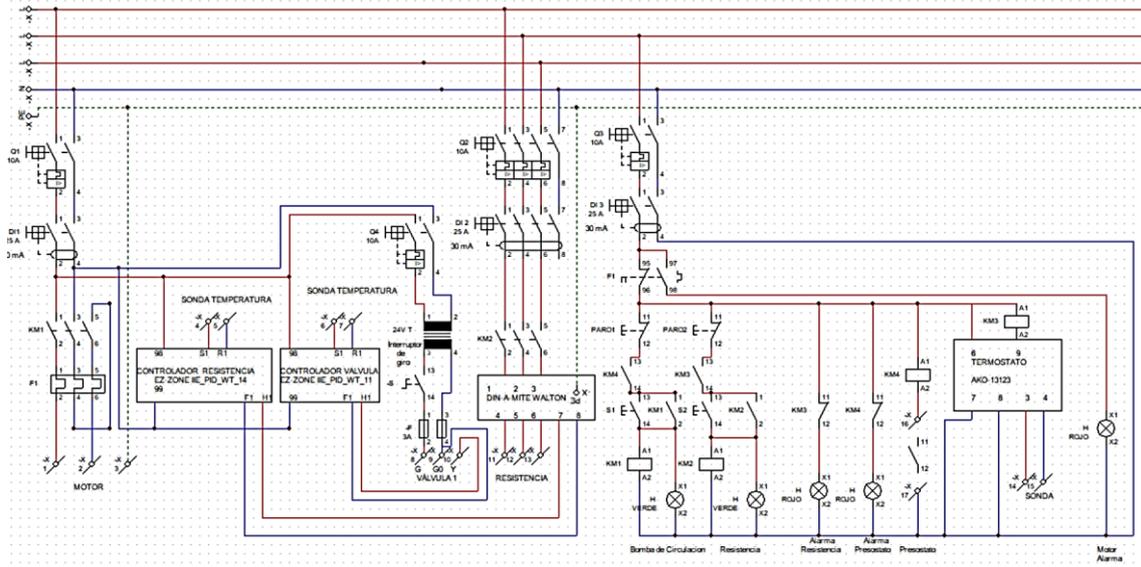
$G = \text{Radiacion solar } \frac{W}{m^2}$

- VI. Compara los resultados del rendimiento experimental y el rendimiento según la norma UNE en clase con el fin de discutir la diferencia de ambos métodos, ventajas o desventajas de estos. Por último, graficar el rendimiento de ambos captadores solares y comparar las curvas de eficiencia entre el captador plano y de tubos al vacío.
- VII. Después de haber recolectado los datos en la unidad de adquisición de datos realizar una gráfica en comparando la evolución de la temperatura en el circuito a la entrada de los captadores y a la salida respecto al tiempo con un eje secundario que represente la radiación solar
- VIII. Por último, correr la simulación en TRNSYS de la instalación solar térmica con un umbral de una semana buscando que las fechas de la práctica y la simulación coincidan esto con el fin comparar la gráfica que se genera del funcionamiento real de la instalación con respecto al de un día con irradiación solar similar de la simulación.

2 Trabajo a Futuro:

Implementar una estrategia en la cual se puedan recopilar los datos meteorológicos mientras se usa la instalación para poder crear una base de datos y ser introducidos en TRNSYS para la simulación.

3 Cuadro Eléctrico



4 Especificaciones Técnicas de los Equipos

Nombre comercial (marca/modelo): AZIMUT AKT 18.

Tipo de captador: Tubos de vacío.

Año de producción: 2006.

Dimensiones:

Longitud: 1.990 mm. Área de apertura: 2,17 m².

Ancho: 1.480 mm. Área de absorbedor: 1,46 m².

Altura: 150 mm. Área total: 2,95 m².

Especificaciones generales:

Peso: 59,2 Kg.

Fluido de transferencia de calor: Agua y mezcla agua + glicol.

Presión de funcionamiento Máx.: 6 bar.

Resultados de ensayo:

Rendimiento térmico:

η_o	0,447	
a_1	1,473	W/m ² K
a_2	0,017	W/m ² K ²
Nota: Referente al área de apertura		

Potencia extraída por unidad de captador (W):

T _m -T _a en K	400 W/m ²	700 W/m ²	1.000 W/m ²
10	352	643	933
30	260	550	841
50	139	429	720

Madrid, 14 de septiembre de 2007.—El Secretario General de Energía, Ignasi Nieto Magaldi.

17732 *RESOLUCIÓN de 14 de septiembre de 2007, de la Secretaría General de Energía, por la que se certifica un captador solar de tubos de vacío, modelo Azimut ANK 20, fabricado por Changzhou Xingwang Green Energy Co. Ltd.*

Recibida en la Secretaría General de Energía la solicitud presentada por Azimut Energías Renovables, S. L., con domicilio social en C/ Alhucema, 77, Urb. Pinares de Lepe, 21440 Lepe (Huelva), para la certificación de un captador de tubos de vacío, fabricado por Changzhou Xingwang Green Energy Co. Ltd., en su instalación industrial ubicada en China.

Resultando que por el interesado se ha presentado el dictamen técnico emitido por el laboratorio de captadores solares del Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), con clave 30.025.1.

Habiendo presentado certificado en el que la entidad Zhongjing Quality Certification Co. Ltd, confirma que Changzhou Xingwang Green Energy Co. Ltd. cumple los requisitos de calidad exigibles en la Orden ITC/71/2007, de 22 de enero, sobre exigencias técnicas de paneles solares.

Por todo lo anterior se ha hecho constar que el tipo o modelo presentado cumple todas las especificaciones actualmente establecidas por la Orden citada.

Esta Secretaría General, de acuerdo con lo establecido en la referida disposición ha resuelto certificar el citado producto, con la contraseña de certificación NPS-18207, y con fecha de caducidad el día 14 de septiembre de 2010.

La identificación, características técnicas, especificaciones generales y datos resumen del informe del ensayo del modelo o tipo certificado son las que se indican a continuación.

Esta certificación se efectúa en relación con la disposición que se cita y por tanto el producto deberá cumplir cualquier otro Reglamento o disposición que le sea aplicable.

El incumplimiento de cualquiera de las condiciones fundamentales en las que se basa la concesión de esta certificación dará lugar a la suspensión cautelar automática de la misma, independientemente de su posterior anulación, en su caso, y sin perjuicio de las responsabilidades legales que de ello pudieran derivarse.

Contra esta Resolución, que pone fin a la vía administrativa, cabe interponer, potestativamente, el recurso de reposición en el plazo de un mes contado desde el día siguiente al de notificación de esta Resolución,

ante el Secretario General de Energía, previo al contencioso-administrativo, conforme a lo previsto en el artículo 116.1 de la Ley 4/1999 de 14 de enero, que modifica la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

Identificación:

Fabricante: Changzhou Xingwang Green Energy Co. Ltd.

Nombre comercial (marca/modelo): Azimut ANK 20.

Tipo de captador: Tubos de vacío.

Año de producción: 2006.

Dimensiones:

Longitud: 1990 mm. Área de apertura: 1,89 m².

Ancho: 1470 mm. Área de absorbedor: 1,64 m².

Altura: 150 mm, Área total: 2,93 m².

Especificaciones generales:

Peso: 63 Kg.

Fluido de transferencia de calor: Agua y mezcla agua + glicol.

Presión de funcionamiento Máx.: 6 bar.

Resultados de ensayo:

Rendimiento térmico:

η_o	0,530	
a_1	2,469	W/m ² K
a_2	0,002	W/m ² K ²
Nota: Referente al área de apertura		

Potencia extraída por unidad de captador (W):

T _m -T _a en K	400 W/m ²	700 W/m ²	1.000 W/m ²
10	353	653	953
30	257	557	857
50	157	457	757

Madrid, 14 de septiembre de 2007.—El Secretario General de Energía, Ignasi Nieto Magaldi.

17733 *RESOLUCIÓN de 14 de septiembre de 2007, de la Secretaría General de Energía, por la que se certifica un captador solar plano, modelo Avant Solar AS-20VC, fabricado por Avant Solar, S.A.*

Recibida en la Secretaría General de Energía la solicitud presentada por Avant Solar, S.A. con domicilio social en Polígono Industrial La Mezquita, parcela 505, 12600 La Vall de Uixó (Castellón), para la certificación de un captador solar plano, fabricado por Avant Solar, S.A., en su instalación industrial ubicada en Castellón.

Resultando que por el interesado se ha presentado el dictamen técnico emitido por el laboratorio de captadores solares del Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), con clave 30.0264.0-1.

Habiendo presentado certificado en el que la entidad S.G.S. confirma que Avant Solar, S.A. cumple los requisitos de calidad exigibles en la Orden ITC/71/2007, de 22 de enero, sobre exigencias técnicas de paneles solares.

Por todo lo anterior se ha hecho constar que el tipo o modelo presentado cumple todas las especificaciones actualmente establecidas por la Orden citada.

Esta Secretaría General, de acuerdo con lo establecido en la referida disposición ha resuelto certificar el citado producto, con la contraseña de certificación NPS-18307, y con fecha de caducidad el día 14 de septiembre de 2010.

La identificación, características técnicas, especificaciones generales y datos resumen del informe del ensayo del modelo o tipo certificado son las que se indican a continuación.

Esta certificación se efectúa en relación con la disposición que se cita y por tanto el producto deberá cumplir cualquier otro Reglamento o disposición que le sea aplicable.

El incumplimiento de cualquiera de las condiciones fundamentales en las que se basa la concesión de esta certificación dará lugar a la suspensión cautelar automática de la misma, independientemente de su posterior anulación, en su caso, y sin perjuicio de las responsabilidades legales que de ello pudieran derivarse.

Contra esta Resolución, que pone fin a la vía administrativa, cabe interponer, potestativamente, el recurso de reposición en el plazo de un mes contado desde el día siguiente al de notificación de esta Resolución, ante el Secretario General de Energía, previo al contencioso-administrativo, conforme a lo previsto en el artículo 116.1 de la Ley 4/1999 de 14 de enero, que modifica la Ley 30/1992 de 26 de noviembre de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

Identificación:

Fabricante: Avant Solar, S.A.

Nombre comercial (marca/modelo): Avant Solar AS-20VC.

Tipo de captador: Plano.

Año de producción: 2007.

Dimensiones:

Longitud: 2070 mm. Área de apertura: 2,00 m².

Ancho: 1055 mm. Área de absorbedor: 2,01 m².

Altura: 90 mm. Área total: 2,18 m².

Especificaciones generales:

Peso: 39,4 Kg.

Fluido de transferencia de calor: Agua+anticongelante.

Presión de funcionamiento Máx.: 10 bar.

Resultados de ensayo:

Rendimiento térmico:

η_o	0,786	
a_1	3,811	W/m ² K
a_2	0,019	W/m ² K ²
Nota: Referente al área de apertura		

Potencia extraída por unidad de captador (W):

$T_m - T_a$ en K	400 W/m ²	700 W/m ²	1.000 W/m ²
10	549	1021	1.492
30	367	838	1.310
50	154	626	1.098

Madrid, 14 de septiembre de 2007.—El Secretario General de Energía, Ignasi Nieto Magaldi.

17734 *RESOLUCIÓN de 13 de septiembre de 2007, de la Dirección General de Desarrollo Industrial, por la que se publica la relación de normas europeas que han sido ratificadas durante el mes de agosto de 2007 como normas españolas.*

En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 11.º, apartado f), del Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y Seguridad Industrial, aprobado por Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, (BOE de 6 de febrero 1996), y vistas las normas elaboradas por los Organismos Europeos de Normalización CEN, CENELEC, ETSI y cuya transposición nacional corresponde a la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), entidad designada por Orden del Ministerio de Industria y Energía de 26 de febrero de 1986, de acuerdo con el Real Decreto 1614/1985, de 1 de agosto, y reconocida a estos efectos por la Disposición adicional primera del citado Real Decreto 2200/1995, de 28 de Diciembre.

Visto el procedimiento de elaboración de normas europeas, de acuerdo con el apartado 11.2.6.4 de las reglas comunes de CEN/CENELEC y 13.7 de las reglas de procedimiento de ETSI para los trabajos de normalización de los mencionados organismos europeos.

Esta Dirección General ha resuelto publicar en el Boletín Oficial del Estado, la relación de normas europeas a las que se ha otorgado el rango de norma española durante el mes de agosto de 2007 identificadas por su título y código numérico, con indicación de su fecha de disponibilidad, que figuran como anexo a la presente Resolución.

Madrid, 13 de septiembre de 2007.—El Director General de Desarrollo Industrial, Jesús Candil Gonzalo.

ANEXO

Ratificación de normas europeas. Agosto 2007

Código	Título	F. Disponib.	Amula a
EN 12413:2007	Requisitos de seguridad para los productos abrasivos aglomerados.	2007-06-13	EN 12413:1999
EN 60444-9:2007	Medida de los parámetros de unidades de cristal piezoeléctricas. Parte 9: Medida de resonancias espurias (IEC 60444-9:2007).	2007-04-12	
EN 61169-8:2007	Conectores de radiofrecuencia. Parte 8: Especificación particular. Conectores coaxiales para radiofrecuencia con diámetro interior del conductor exterior de 6,5 mm (0,256 in) con junta de bayoneta. Impedancia característica de 50 ohms (tipo BNC) (IEC 61169-8:2007).	2007-04-11	
EN 61169-16:2007	Conectores de radiofrecuencia. Parte 16: Especificación particular. Conectores coaxiales para radiofrecuencia con diámetro interior del conductor exterior de 7 mm (0,276 in) con acoplamiento de tornillo. Impedancia característica de 50 ohms (750 ohms) (tipo N). (IEC 61169-16:2006).	2007-04-11	
EN 61169-37:2007	Conectores de radiofrecuencia. Parte 37: Especificación particular para conectores de radiofrecuencia STWX8. (IEC 61169-37:2007).	2007-04-11	
EN 62339-1:2007	Interfaces de módulos para componentes de distribución de fluidos montados en superficie. Parte 1: Sellados elastoméricos. (IEC 62339-1:2006).	2007-04-06	

17735 *RESOLUCIÓN de 13 de septiembre de 2007, de la Dirección General de Desarrollo Industrial, por la que se publica la relación de normas UNE anuladas durante el mes de agosto de 2007.*

En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 11.º, apartado f), del Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y Seguridad Industrial, aprobado por Real Decreto 2200/1995, de 28 de Diciembre, (BOE de 6 de febrero 1996), y visto el expediente de anulación de normas presentado por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR),

entidad designada por Orden del Ministerio de Industria y Energía de 26 de febrero de 1986, de acuerdo con el Real Decreto 1614/1985, de 1 de Agosto, y reconocida por la Disposición adicional primera del citado Real Decreto 2200/1995, de 28 de Diciembre.

Esta Dirección General ha resuelto publicar en el Boletín Oficial del Estado, la relación de normas españolas UNE anuladas durante el mes de agosto de 2007, identificadas por su título y código numérico, que figura como anexo a la presente Resolución.

Madrid, 13 de septiembre de 2007.—El Director General de Desarrollo Industrial, Jesús Candil Gonzalo.

01 COLECTORES SOLARES



• Colectores planos

Colectores solares planos de nueva generación y tecnología, adecuados para todos los sistemas, tanto de termosifón como de circulación forzada. Su fabricación y la gran calidad de sus componentes, garantizan un excelente rendimiento y una gran durabilidad, aún en períodos de baja radiación solar.

El absorbedor se compone de una placa de cobre con tratamiento selectivo, a la que se unen tubos de cobre con tecnología láser. La carcasa en aluminio y el aislamiento térmico interior permiten minimizar al máximo las pérdidas del colector, lo que queda reflejado en las excelentes curvas de rendimiento, y aseguran una perfecta estanqueidad.

El acristalamiento, lámina de vidrio templado con bajo contenido de hierro, deja pasar más energía que el vidrio habitualmente utilizado para ventanas. Incorporan sendos orificios para alojar la sonda de temperatura.

La amplia gama de modelos, permite realizar todo tipo de configuraciones para adaptarse a las necesidades ACS. También pueden ser utilizados como apoyo a sistemas de calefacción a baja temperatura y para calentamiento de piscinas.



SOL 2300 selectivo titán



SOL 2800 selectivo



SOL 2800 H selectivo

Código	Artículo	€
SO 01 003	ESCOSOL SOL 2300 selectivo Titán	510,00
SO 01 021	ESCOSOL SOL 2800 selectivo	601,00
SO 01 022	ESCOSOL SOL 2800 H selectivo	601,00
SO 01 054	CPC/ML - 3.0 TINOX PLUS	678,00
SO 01 011	ESCOSOL SOL 2100 XBA 2,1 m ²	346,00
SO 01 012	ESCOSOL SOL 2300 XBA 2,3 m ²	367,00
SO 01 013	ESCOSOL SOL 2800 XBA 2,8 m ²	419,00

DATOS TÉCNICOS:

Modelo	SOL 2100 XBA	SOL 2300 XBA	SOL 2800 XBA	SOL 2300 selec. Titán	SOL 2800 selectivo	SOL 2800 H selectivo	CPC/ML 3.0 TINOX PLUS
Dimens. ext. LxAxH mm	1738x1218 x98	1903x1216 x100	2322x1217 x100	1900x1213 x106	2307x1206 x99	1206x2307 x99	2300x1240 x77
S. Total m ²	2,12	2,31	2,83	2,3	2,82	2,82	2,85
S. absorción m ²	1,96	2,13	2,55	2,07	2,63	2,63	2,63
Rendimiento							
n ₀	0,746	0,749	0,749	0,775	0,704	0,711	0,841
a ¹ W/m ² /K	6,53	5,819	5,819	3,67	3,555	3,168	3,95
Contraseña de homologación	GPS-8444	GPS-8444	GPS-8444	GPS-8395	GPS-8191	GPS-8191	NPS-2414

• Accesorios de conexión

Código	Artículo	€
SO 05 421	Racor doble recto unión colectores	6,38
SO 05 422	Racor recto macho salida colector	4,92
SO 05 423	Racor recto hembra salida colector	4,82
AA 25 032	Tapón rosca hembra latón 3/4"	2,09

05 SISTEMAS DE SOPORTACIÓN

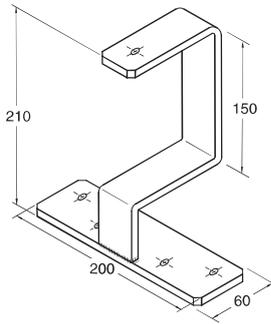


• Soportación universal

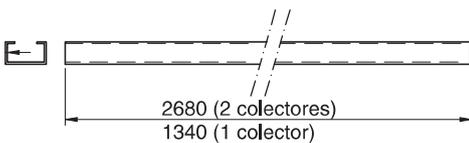
Soportes para colectores de energía solar térmica adaptables a cualquier colector del mercado, perfil de acabado con pestaña lateral.

Diseñados para cubierta plana, inclinación 45°, o cubierta inclinada con la misma pendiente que ésta. La estructura, de perfiles galvanizados de gran robustez, se compone del sistema de apoyo y del sistema de sujeción. En el caso de cubierta horizontal: soportes tipo "escuadra" a 45°, unidos por la parte posterior mediante sendos perfiles, tipo pasamano, cruzados.

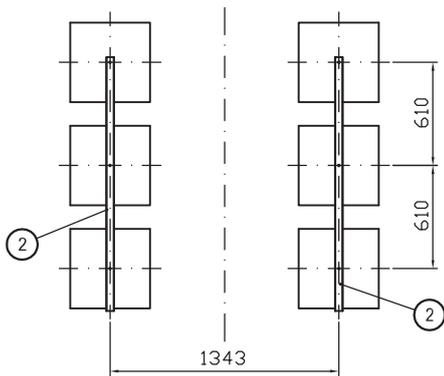
En el caso de cubierta: inclinada ganchos para fijar a la capa de compresión de la cubierta, o las vigas, diseñados para sobrepasar la altura de la "teja árabe" y dos perfiles longitudinales, uno en la parte superior y otro en la parte inferior, de diseño exclusivo.



Soporte cubierta inclinada

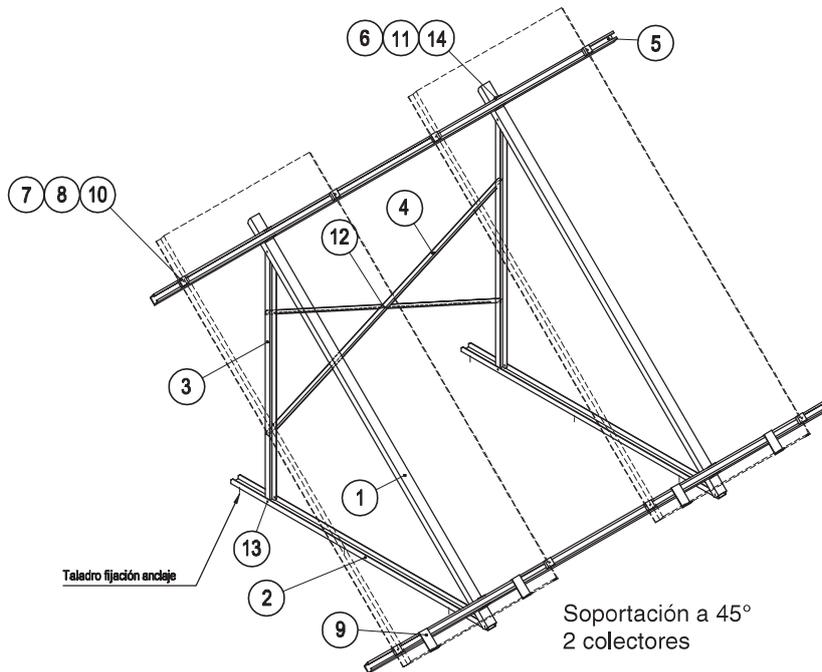


Marco de fijación cubierta plana/inclinada



Detalle fijación soportes

Código	Artículo	€
ESCOSOL 2100 CUBIERTA PLANA		
SO 05 019	Soporte Escosol 2100, 1 colector 45° cubierta plana	161,00
SO 05 020	Soporte Escosol 2100, 2 colectores 45° cubierta plana	185,00
ESCOSOL 2300 CUBIERTA PLANA		
SO 05 021	Soporte universal Escosol 1 colector a 45° cubierta plana	168,00
SO 05 022	Soporte universal Escosol 2 colectores a 45° cubierta plana	191,00
ESCOSOL 2800 CUBIERTA PLANA		
SO 05 061	Soporte Escosol 2800, 1 colector 45° cubierta plana	184,00
SO 05 062	Soporte Escosol 2800, 2 colectores 45° cubierta plana	211,00
CUBIERTA INCLINADA		
SO 05 031	Soporte universal cubierta inclinada, 4 pies + 16 fijaciones	73,00
SO 05 032	Soporte universal cubierta inclinada, 1 colector, marco de fijación	64,00
SO 05 033	Soporte universal cubierta inclinada, 2 colectores, marco de fijación	82,00
ESCOSOL 2800 CUBIERTA PLANA (HORIZONTAL)		
SO 05 051	Soporte universal 1 colector horizontal 45° cub. plana	173,00



Soportación a 45° 2 colectores

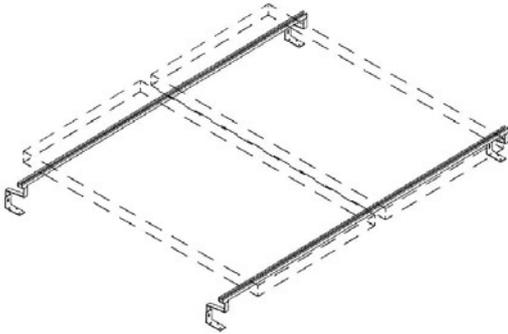
Nº	Medida (mm)	Unidades	
		1 colector	2 colectores
1	2000 1820** 2300**	2	2
2	1500 1392** 1550**	2	2
3	1300 1173** 1450**	2	2
4	930	2	-
	1500	-	2
5	1340	2	-
	2680	-	2
6	Accesorios	4	4
7	Accesorios	4	8
8	Accesorios	4	8
9	Accesorios	2	4
10	M8 x 20	4	8
11	M8	4	4
12	M8 x 20	1	1
13	M8 x 15	12	12
14	M8 x 20	4	4

* Colector ESCOSOL 2800
** Colector ESCOSOL 2100

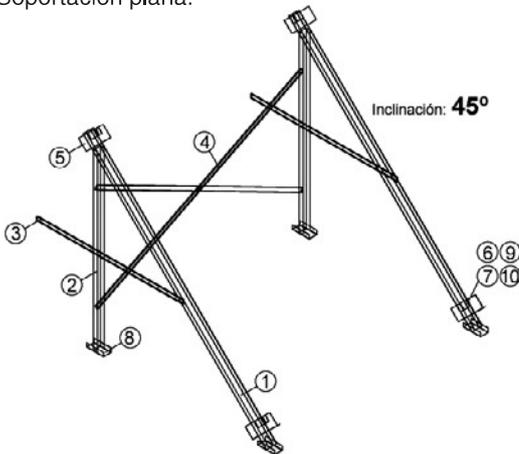
05 SISTEMAS DE SOPORTACIÓN



Soportación inclinada:



Soportación plana:



ESCOSOL 2300

	Medidas (mm)	Unid.
1	1710	1
2	1153	1
3	965	1
4	760	4
5	Accesorios	1
6	Accesorios	1
7	Accesorios	4
8	Accesorios	2
9	M8 X 20	14
10	Tuerca M8	8

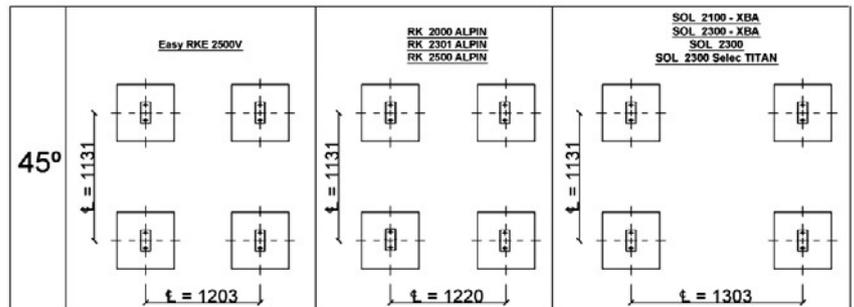
• Soportación universal inoxidable

La nueva soportación universal de **inoxidable** ESCOSOL, se caracteriza por su simplicidad de montaje y su coste, muy competitivo respecto a la soportación en acero galvanizado.

Un único kit por colector para dimensionar baterías de cualquier número de colectores. La soportación de un colector se construye con dos kits, a partir de la primera soportación, se ha de añadir un kit adicional, p. ejem. una batería de 4 colectores ALPIN, 5 uds del código SO05110. La soportación se ha diseñado para inclinaciones 35°/45°/55°, para una inclinación u otra, basta con modificar la fijación del pasamanos.

Código	Artículo	€
CUBIERTA PLANA		
SO 05 110	Cubierta vertical 35°/45°/55° ALPIN RK-RKE y ESCOSOL 2100-2300 (mínimo 2 uds)	89,00
SO 05 111	Cubierta vertical 35°/45°/55° ESCOSOL 2800 (mínimo 2 uds)	97,00
SO 05 112	Cubierta horizontal 45° ALPIN RKQ 2500 (mínimo 2 uds)	89,00
SO 05 113	Cubierta vertical 45° ALPIN RKQ 2300 (mínimo 2 uds)	89,00
CUBIERTA INCLINADA		
SO 05 120	Soportación universal inoxidable c. inclinada, marco y accesorios de fijación 1 colector	82,00
SO 05 121	Soportación universal inoxidable c. inclinada, marco y accesorios de fijación 2 colectores	108,00
SO 05 122	Soportación regulable universal inoxidable c. inclinada, 4 pies + 16 fijaciones	99,00

Detalles dados hormigón:



• Soportación universal aluminio

Código	Artículo	€
CUBIERTA PLANA		
SO 05 079	Soportación aluminio c. plana 45°/55° ESCOSOL SOL 2000/2300 kit básico (mínimo 2 uds)	84,00
SO 05 080	Soportación aluminio c. plana 45°/55° ESCOSOL 2800 selec. kit básico (mínimo 2 uds)	90,00
CUBIERTA INCLINADA		
SO 05 084	Soportación universal aluminio c. inclinada marco y accesorios de fijación 1 colector	84,00
SO 05 085	Soportación universal aluminio c. inclinada marco y accesorios de fijación 2 colectores	105,00
SO 05 086	Soportación universal c. inclinada 4 pies acero inoxidable y 16 fijaciones	110,00

SE ADAPTA A LAS NORMAS ARMONIZADAS:

UNE EN 10025: Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general.

UNE L-3441: Especificaciones técnicas de los perfiles extraídos del aluminio y sus aleaciones.

UNE-ENV 1991-2-3: Eurocódigo 1 Parte 2-3. Acciones en estructuras, cargas de nieve.

UNE-EMV 1991-2-4: Eurocódigo 1 Parte 2-4: Acciones en estructuras, acciones del viento.



04 COLECTORES SOLARES



U PIPE

• Colectores de tubos de vacío "U" PIPE

En cada tubo de vacío hay una tubería en U de flujo directo conectado como el resto de colectores tubulares al circuito primario. Esta tubería en U está en contacto con una aleta de aluminio transmisora de calor en el interior del tubo de vacío que transmite el calor desde el interior del tubo hacia la tubería en U.

La radiación solar penetra el tubo exterior de cristal y es capturada en el exterior del tubo de cristal interior por una capa difusora altamente selectiva. La captación de radiación solar es transmitida hacia una aleta de aluminio de contacto superficial y desde ésta hacia la tubería de cobre que contiene el fluido caloportador. Los 360° de la aleta de aluminio transmisora de calor aseguran la más rápida transferencia de energía.

Los colectores se suministran en embalaje individual debidamente paletizado, con los tubos recubiertos de porexpan, lo que asegura una máxima fiabilidad en el transporte, y sobre un soporte de aluminio para fijarlo al sistema de soportación de la instalación.

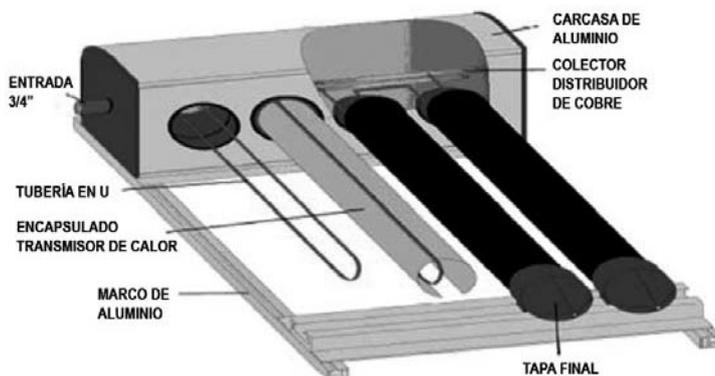
Código	Artículo	€
SO 04 301	Colector "U" PIPE AKU 20 1800/58	797,00
SO 04 302	Colector "U" PIPE AKU 16 1800/58	640,00
SO 04 303	Colector "U" PIPE AKU 12 1800/58	525,00
SOPORTE TIPO CUBIERTA PLANA		
SO 04 311	Kit soportación colector AKU 20 1800/58	60,00
SO 04 312	Kit soportación colector AKU 16 1800/58	49,00
SO 04 313	Kit soportación colector AKU 12 1800/58	48,00
SOPORTE TIPO CUBIERTA INCLINADA		
SO 05 031	Soporte Escosol cubierta inclinada, 4 pies + 16 fijaciones	73,00
SO 04 002	Tubo de vacío 1800/58 mm (solo tubo)	8,00



Soporte cubierta inclinada

DATOS TÉCNICOS:

Modelo		AKU 20	AKU 16	AKU 12
Dimensiones A x H x F	mm	1672x1980x156	1352x1930x150	1032x1930x150
Peso	kg	52	45	38
Nº de tubos		20	16	12
Diámetro, tubo de cobre	mm	8	8	8
Diámetro/longitud	mm	58/1800	58/1800	58/1800
Tubo de vacío				
S. Total	m ²	3,21	2,6	1,99
S. Apertura	m ²	2,03	1,6	1,2
Presión máx. func.	bar	6	6	6
Rendimiento				
nº		0,708	0,708	0,708
a1 W/m ² /°C		2,84	2,84	2,84
Contraseña homologación		GPS-8247	GPS-8343	GPS-8343



04 COLECTORES SOLARES

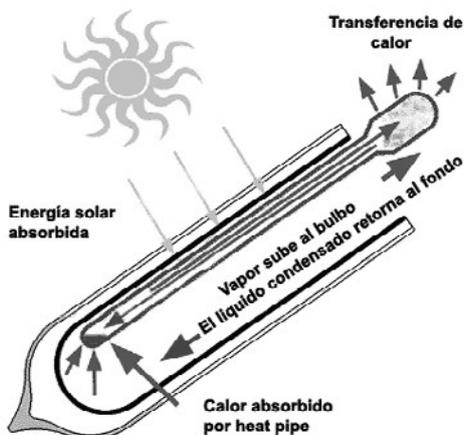


**• Colectores solares tubos de vacío
HEAT PIPE**

Los colectores de tubos de vacío HP ESCOSOL SUNMAX están fabricados con la tecnología más avanzada del tubo de vacío. Respecto al colector plano, tienen algunas ventajas que los hacen muy adecuados para determinado tipo de instalaciones.

ALGUNAS DE LAS VENTAJAS MÁS IMPORTANTES:

- El vacío minimiza las pérdidas por transmisión
- Facilidad de montaje, al no tener agua en el sistema de captación, los tubos se pueden montar en la fase final de la obra.
- La forma tubular aprovecha mejor la radiación solar.
- La ausencia de agua evita los problemas de deposiciones calcáreas o similares.
- El más adecuado para sistemas en los que la temperatura del agua es un factor importante (calefacción, balnearios, polideportivos... etc..) y/o existen grandes consumos de ACS durante todo el año.
- Diseño estético, posibilidad de reducir el ángulo de inclinación hasta 10°, con mínimas pérdidas de rendimiento.



Código	Artículo	€
SO 04 401	Colector HP Escosol SUNMAX 6 58/1800	398,00
SO 04 402	Colector HP Escosol SUNMAX 15 58/1800	686,00
SO 04 403	Colector HP Escosol SUNMAX 20 58/1800	904,00
SO 04 404	Colector HP Escosol SUNMAX 24 58/1800	1.049,00
SO 04 406	Colector HP Escosol SUNMAX 30 58/1800	1.301,00
<i>Soportación cubierta plana:</i>		
SO 04 441	Soportacion Escosol SUNMAX 6/58	39,00
SO 04 442	Soportacion Escosol SUNMAX 15/58	91,00
SO 04 443	Soportacion Escosol SUNMAX 20/58	116,00
SO 04 444	Soportacion Escosol SUNMAX 24/58	137,00
SO 04 446	Soportacion Escosol SUNMAX 30/58	158,00
<i>Soportacion cubierta inclinada:</i>		
SO 05 031	Soporte universal Escosol 4 pies + 16 fijaciones * Modelos SUNMAX 24 y SUNMAX 30, aconsejable 6 pies por colector	73,00
SO 04 003	Tubo de vacío Heat Pipe 1800 x 58 mm	18,00

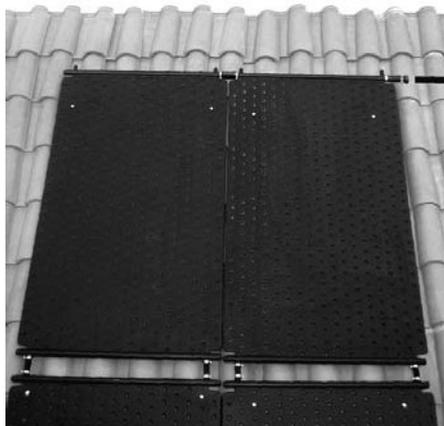
DATOS TÉCNICOS:

Modelo	SUNMAX 6/58	SUNMAX 15/58	SUNMAX 20/58	SUNMAX 24/58	SUNMAX 30/58
Material cabezal	Aluminio anodizado				
Material marco	Aluminio anodizado				
Material Heat Pipe	Cobre				
Núm. de tubos	6	15	20	24	30
Diámetro/longitud tubos	58/1800 mm				
Área apertura	0,57 m ²	1,42 m ²	1,89 m ²	2,27 m ²	2,48 m ²
Área total	1,033 m ²	2,4 m ²	3,16 m ²	3,77 m ²	4,07 m ²
Presión máx. operativa	6 bar				
Aislamiento	Lana roca				
Conexiones	22 mm				
Medidas en mm.	2030x509x105	2030x1100x105	2030x1600x105	2030x2000x105	2030x2500x105
Caudal test (área apertura)	91,5 Kg /h.m ²				
Pérdida de carga (área apertura)	< 13 Kpa	< 13 Kpa	< 14 Kpa	< 16 Kpa	< 20 Kpa
Peso	25 Kg	40 Kg	60 Kg	80 Kg	90 Kg
Ángulo trabajo	5-90 grados				
Máx. carga nieve	6 KN/m ²				
Máx. carga viento	300 Km/h				
Contraseña homolog.	GPS-8408				

SUNMAX	6	15	20	24	30
Eficiencia óptica η ₀ (*)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
a1 W/(m ² k)	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
a2 W/(m ² k)	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
Área absorción por colector (*)	0,45	1,11	1,48	1,78	2,22

(*) Basado en área de proyección

05 COLECTORES SOLARES



• Colectores plásticos para piscinas

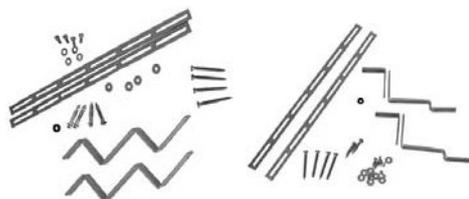
La experiencia en nuestro País, está demostrando que el uso de la energía solar térmica para la climatización de piscinas comunitarias (hoteles, campings etc..) incrementa de forma considerable su utilización por parte del público. Es, sin duda, un uso óptimo ya que permite obtener el máximo rendimiento de los colectores.

SALVADOR ESCODA presenta el ESCOPOOL 2.2., captador de polietileno, ideal para el calentamiento de piscinas, de fácil instalación y buen rendimiento, certificación CENER. La relación rendimiento/inversión es, sin duda, la más adecuada para la climatización de piscinas.

Se suministran en cajas de 4 captadores. Disponemos de todos los accesorios necesarios para su instalación: soportes para montaje sobre teja, manguitos de unión, tapones, vainas para sonda de inmersión y centralita de regulación con sonda.



Código	Artículo	€
SO 01 101	Captador solar para piscinas ESCOPOOL 2.2.	218,00
SO 05 201	Kit anclaje sobre tejado, teja mixta	53,00
SO 05 202	Kit anclaje sobre tejado, teja curva	64,00
SO 05 203	Kit tapones, para conexiones diám. 25 mm	36,00
SO 05 204	Kit unión diám. 40 mm	42,00
SO 05 205	Kit unión diám. 25 mm	31,00
SO 05 206	Vaina para sonda en latón cromada 1/2" machox60mm	23,00
SO 05 207	Espiga + racord loco PVC diám. 25 x 1"	4,00
SO 05 208	Espiga + racord loco PVC diám. 40 x 1-1/2"	5,72



Kit teja mixta

Kit teja curva



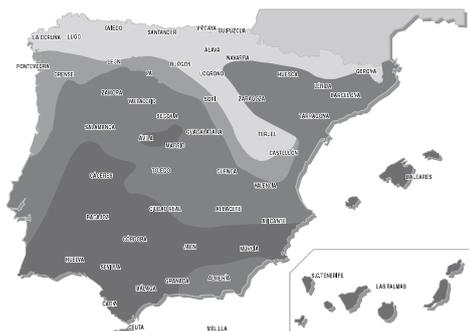
Kit tapones

Kit unión

DATOS TÉCNICOS:

Modelo		ESCOPOOL 2.2
Dimensiones	mm	2000 x 1110 x 15
Peso	kg	14
Presión Máx./Presión trabajo	bar	3 / 1±0,1
Temperatura máx./mín.	°C	70/-50
Capacidad	l	16
Material		PEHD negro
Nº paneles conex. Horizontal		máx. 8 por fila
Nº paneles conex. Vertical		máx. 4 por columna
Campo solar máx. recomendado		6 columnas x 4 filas
Rendimiento		
η_0		81,70%
k_1 W/m ² /k		24,29

GUÍA PARA SELECCIONAR EL NÚMERO DE ESCOPOOL MÁS ADECUADO



Coeficientes de conversión		Factor multiplicación
Zona climática (factor 1)	Zona 1	1,5
	Zona 2	1,0
	Zona 3	0,8
	Zona 4	0,5

Coeficientes de conversión		Factor multiplicación
Protección contra el viento (factor 2)	Muy protegida (<1,5 m/s)	1,0
	Protegida (2-3 m/s)	1,2
	Desprotegida(2-3 m/s)	1,4

Para calcular el número de Escopool necesarios, se multiplicarán los m² de piscina por cada factor (1-2-3) según la zona en la que se encuentre y la protección contra el viento.

Factor 3: En caso de que la piscina cuente con algún tipo de protección, como una manta térmica, el valor dado se multiplicará por 0,6. Sin protección el factor valdrá 1.

m² Escopool = m² piscina x factor 1 x factor 2 x factor 3

Una vez obtenido este valor, habrá que dividir el mismo entre 2 (superficie de Escopool) para hallar el número de Escopool que necesitamos para nuestra piscina.

Unid. Escopool = (m² piscina x factor 1 x factor 2 x factor 3) / 2

1.2 Brazed Heat Exchangers

The Brazed heat exchangers from Alfa Laval are the perfect heat exchangers for utilities like heating-water or steam.



Application Overview	1.2.3
Ordering Leaflets	
CB14	1.2.4
CB20	1.2.5
CB26	1.2.6
CB27	1.2.7
CB51-52	1.2.9
CB76	1.2.12
CB77	1.2.14
NB14-NB76	1.2.16

		Brazed						Air Products	Contherm®			
		CB14	CB20	CB26/27	CB51/52	CB76/77/78	NB26	NB76	Liquid coolers	6 X 3	6 X 6	6 X 9
Main Duties												
Dairy	Milk cooling											
	Milk/cream pasteurization											
	Cultured milk cooling											
	Whey pasteurization											
	Ice cream pasteurization											
Brewery	Wort cooling											
	Beer cooling									•	•	•
	Beer pasteurization											
Beverages	Clarified juices, drinks, wine									•	•	•
	Juice/drinks with pulp/fibres											
	Clarified fruit & sugar conc.											
	Clody fruit concentrate									•	•	•
Other Food	Low viscous products									•	•	•
	High viscous products									•	•	•
	Sticky/chunky/particles									•	•	•
	Vegetable oil											
Utilities	CIP heating											
	Water heating/cooling	•	•	•	•	•			•			
	Glycol cooling								•			
	CO2 heating/cooling						•	•				
Refrigeration	Refrigeration	•	•	•	•	•	•	•	•			
BioPharm												
Personal Care												

Characteristics

Max. working pressure, bar g	30	30	30	30	30	20	27	30	20	20	20
Stainless steel frame											
Mild steel frame											

Max. capacity

Pasteurization, 1000 * l/h *)											
Heating/Cooling, 1000 *l/h **)	3.5		15	15	60	8	40	8-800 kW	35	35	35

The plate heat exchangers are quality secured according to DIN ISO9001 certificate. All including components are made in stainless steel material 1.4401, and brazed in vacuum furnace using 100% copper filler material. The units are approved by TÜV and SAQ and therefore pressure tested with air and leakage tested with Helium. The units can be used in drinking water applications (KIWA approval). Auxillaries: Insulations (heating and refrigeration), couplings and stands. Pressure x volume is too small for PED approval.

	SAQ		TÜV		PED
Design temperature °C	150	225	150	225	175
Design pressure (s3/s4, s1/s2)	30/30	30/30	30/30	30/30	32/32
Max. no. of plates without CE Mark					100

1.2

Heat Exchanger		Dim. (mm)		Weight	Insulation Type B	
Model	Part no.	L*B*H	kg/unit	Part no.		
Connections: ISO G 3/4" External threaded						
CB14-14 (A21,A21)	32361-1014-1	41 X 80 X 210	1.6	4447 842 786		
CB14-20 (A21,A21)	32361-1020-1	55 X 80 X 210	1.8	4447 842 786		
CB14-30 (A21,A21)	32361-1030-1	79 X 80 X 210	2.1	4447 842 787		
CB14-40 (A21,A21)	32361-1040-1	102 X 80 X 210	2.5	4447 842 787		
Extras						
Screw fittings						
DN15 3/4"; Pipe: CS; Nut: CS; gasket included	4 447 842 537	Fits to A21	0,5	Welding type		
DN15 3/4"; Pipe: brass; Nut: Brass; gasket included	4 447 842 538	Fits to A21	0,5	Soldering type		
Insulation Type B: Black, Polyurethane without blue ABS Cover Max. temp. 110 degrees						
Insulation <14 plates	4447 842 786	115 X 135 X 260	0,6			
Insulation 15-40 plates	4447 842 787	155 X 135 X 260	0,7			



The plate heat exchangers are quality secured according to DIN ISO9001 certificate. All including components are made in stainless steel material 1.4401, and brazed in vacuum furnace using 100% copper filler material. The units are manufactured according to Directive 97/23/EC, AFS 1999:4, and therefore pressure tested with air and leakage tested with helium.
 Auxiliaries: Insulations (heating), couplings and stands.

	PED	
Design temperature °C	150	175
Design pressure (s3/s4, s1/s2)	16/16	16/16
Max. no. of plates without CE Mark		222

Heat Exchanger Insulation Type A

Model Part no. Dim. (mm) Weight Part no.

L*B*H kg/unit

Connections: ISO G 1" Externally threaded					
Model	Part no.	Dim. (mm) L*B*H	Weight kg/unit	Insulation Type A Part no.	
CB20-12H (B21,B21)	1644172-01	26 X 93 X 323	2.0	1643947-01	
CB20-18H (B21,B21)	1644172-02	35 X 93 X 323	2.5	1643947-01	
CB20-24H (B21,B21)	1644172-03	44 X 93 X 323	3.0	1643947-01	
CB20-30H (B21,B21)	1644172-04	53 X 93 X 323	3.5	1643947-01	
CB20-40H (B21,B21)	1644172-05	68 X 93 X 323	4.3	1643947-02	
CB20-50H (B21,B21)	1644172-06	83 X 93 X 323	5.1	1643947-02	
CB20-60H (B21,B21)	1644172-07	98 X 93 X 323	5.9	1643947-02	
CB20-80H (B21,B21)	1644172-08	128 X 93 X 323	7.6	1643947-03	
CB20-90H (B21,B21)*	1644172-09	143 X 93 X 323	8.4	1643947-03	
CB20-110H (B21,B21)	1644172-10	173 X 93 X 323	10.0	1643947-04	
CB20-130H (B21,B21)*	1644172-11	203 X 93 X 323	11.7	1643947-05	
CB20-150H (B21,B21)*	1644172-12	233 X 93 X 323	13.3	1643947-05	
CB20-180H (B21,B21)*	1644172-13	278 X 93 X 323	15.8	1643947-06	
Extras					
Screw fittings DN20 1"; Pipe: CS; Nut: Brass Gasket Included	4447 842 541	Fits B21, V22	0.5	Welding type	
22mm 1"; Pipe: Brass, Gasket included Nut: CS	4447 842 542	Fits B21, V22	0,5	Soldering type	
Extra gasket fitting for 1" couplings	32360-0015-2	Fits B21, V22			
Insulation Type A: polyurethane with blue ABS cover Max temp.140 degrees					
Max 30 plates	1643947-01	113 X 157 X 384	0,3		
Max 60 plates	1643947-02	158 X 157 X 384	0.4		
Max 90 plates	1643947-03	203 X 157 X 384	0.5		
Max 120 plates	1643947-04	248 X 157 X 384	0.6		
Max 150 plates	1643947-05	293 X 157 X 384	0.7		



* = not in stock

The plate heat exchangers are quality secured according to DIN ISO9001 certificate. All including components are made in stainless steel material 1.4401, and brazed in vacuum furnace using 100% copper filler material. The units are approved by TÜV and SAQ and their before pressure tested with air and leakage tested with Helium. The units can be used in drinking water applications (KIWA approval).
 Auxillaries: Insulations (heating and refrigeration), couplings and stands.

	SAQ		TÜV		PED	
Design temperature °C	150	225	150	225	175	175
Design pressure (s3/s4, s1/s2)	30/30	30/30	30/30	27/27	32/32	30/30
Max. no. of plates without CE Mark					40	40

1.2

Heat Exchanger Insulation Type A

Model Part no. Dim. (mm) Weight Part no.

L*B*H kg/unit

Connections: ISO G 1" External thread						
H - Channels						
CB26-10H (V22,V22)	32361-2010-1		33 X 112 X 311	2.9	32360-0088-1	
CB26-18H (V22,V22)	32361-2018-1		52 X 112 X 311	4.1	32360-0088-1	
CB26-24H (V22,V22)	32361-2024-1		67 X 112 X 311	4.8	32360-0088-2	
CB26-34H (V22,V22)	32361-2034-1		91 X 112 X 311	6.1	32360-0088-2	
CB26-50H (V22,V22)	32361-2050-1		129 X 112 X 311	8.6	32360-0088-3	
CB26-70H (V22,V22)	32361-2070-1		177 X 112 X 311	10.9	32360-0088-4	
CB26-100H (V22,V22)	32361-2100-1		249 X 112 X 311	14.5	32360-0088-5	
L - Channels						
CB26-8L (V22,V22)	32361-2208-1		28 X 112 X 311	3.3	32360-0088-1	
CB26-12L (V22,V22)	32361-2212-1		38 X 112 X 311	3.3	32360-0088-1	
CB26-16L (V22,V22)	32361-2216-1		47 X 112 X 311	4.0	32360-0088-1	
CB26-20L (V22,V22)	32361-2220-1		57 X 112 X 311	4.6	32360-0088-1	
CB26-26L (V22,V22)	32361-2226-1		72 X 112 X 311	5.6	32360-0088-2	
Two pass						
CB26-24H (V22,V22) (2.2)*	32361-2024-4		67 X 112 X 311	4.8	32360-0088-2	
CB26-50H (V22,V22) (2.2)*	32361-2050-4		129 X 112 X 311	8.1	32360-0088-3	
Two pass - 6 conn. Pre/Post Heater Design						
CB26-50H (6 conn.)	32361-2050-8		129 X 112 X 311	8.5	32360-0088-3	
CB26-70H (6 conn.)	32361-2070-8		177 X 112 X 311	10.7	32360-0088-4	
CB26-100H (6 conn.)	32361-2100-8		249 X 112 X 311	14.9	32360-0088-5	
CB26-120H (6 conn.)	32361-2120-8		297 X 112 X 311	17.2	32360-0088-6	

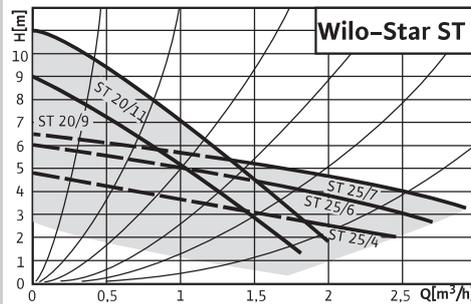


* = not in stock

Wilostar-ST (SolarStar) Series



Duty chart

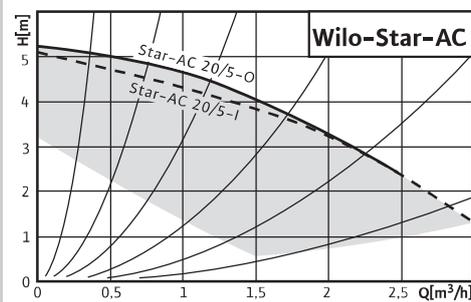


- Single-head pumps: Circulating pumps with screwed connection
- Applications: Solar thermal systems
- Special features:
 - Special hydraulics for use in solar thermal systems
 - Cathaphoresis coating for preventing corrosion

Wilo-Star-AC (ClimaStar) Series



Duty chart



- Single-head pumps: Circulating pumps with screwed connection
- Applications: Air-conditioning equipment and refrigeration systems
- Special features:
 - Corrosionproof composite pump housing
 - Inline and offline designs

	Equipment/Function	
	Wilo-Star ST (SolarStar)	Wilo-Star-AC (ClimaStar)
Operating modes		
Speed-stage switching	•	•
Control mode (n = constant)	–	–
Δp-cv for combined differential pressure	–	–
Δp-c for constant differential pressure	–	–
Δp-v for variable differential pressure	–	–
Δp-T for temperature-prompted differential pressure	–	–
Manual functions		
Adjustment of operating mode	–	–
Adjustment of differential-pressure setpoint	–	–
Adjustment of "autopilot" (automatic setback mode)	–	–
Adjustment of pump ON/OFF	–	–
Adjustment of speed (manual setting mode)	•	•
Adjustment of speed stages	3	3
Automatic functions		
Stepless performance adaptation as a function of operating mode	–	–
"Autopilot" automatic setback mode	–	–
Deblocking function	–	–
Soft start	–	–
Safety control	–	–
Full motor protection with integrated trip electronics	–	–
External control functions		
Control input "Overriding Off"	–	–
Control input "Overriding Min"	–	–
Control input "Analog In 0 ... 10 V" (remote speed setting)	–	–
Control input "Analog In 0 ... 10 V" (remote setpoint setting)	–	–
Signal and display functions		
Single fault signal (floating NC contact)	–	–
Collective fault signal (floating NC contact)	–	–
Single/collective run signal (floating NO contact)	–	–
Thermal winding contact (WSK, floating NC contact)	–	–
Fault light	–	–
Direction-of-rotation telltale lamp	–	–
LC display for showing pump data and fault codes	–	–
Data exchange		
Infrared interface for wireless data exchange with IR monitor	–	–
PLR serial digital interface for connection to BA via Wilo interface converter or company-specific coupling modules	–	–
LON serial digital interface for connection to a LONWORKS network	–	–

Standard Pumps

Single-Head Pumps (Solar Thermic, Refrigeration – A/C)



Equipment/Function

	Wilo-Star ST (SolarStar)	Wilo-Star-AC (ClimaStar)
Dual pump management: twin-head pump or 2 x single-head pump		
Main/standby pump operation (automatic fault-actuated duty changeover/time-sensitive pump replacement)	–	–
Addition operation (efficiency-optimized peak-load cut-in and out)	–	–
Equipment/scope of delivery		
Wrench attachment point on pump body	• (only with nominal dia. DN 25)	–
Double changeover valve in pump housing	–	–
Cable entry possible on both sides	•	•
Wilo quick connection with snap-on clips	•	•
Integrated air separator for automatic rapid ventilation Rp ³ / ₈	–	–
Plug-in slot for optional expansion with Wilo IF modules	–	–
Blocking-circuit-proof motor	•	•
Incl. seals for threaded connection (loose)	•	•
Incl. installation and operating instructions	•	•
Incl. thermal insulation	–	–
Incl. washers for flange bolts (for DN 32 – DN 65 nominal connection diameters)	–	–
Incl. 1.8 m connecting cable with grounding plug	–	–
Integrated non-return valve	–	–
Integrated ball shut-off valve	–	–
Incl. time switch	–	–

• = available, – = not available

Technical Data

	Wilostar-ST (SolarStar)						Wilostar-AC (ClimaStar)		
	20/4 25/4	20/6 25/6	20/7 25/7	20/9	20/11	15/40	20/5-O	20/5-I	
Approved fluids (other fluids on request)									
Heating water (as per VDI 2035)	-						-	-	
Water/glycol mixtures (max. 1:1; mixtures with more than 20 % glycol content require rechecking of the pumping data)	(ST 15/40: operating mode only with water/glycol mixtures of 50 %)						•	•	
Domestic hot water for secondary and service water systems in accordance with German directive TrinkwV 2001	-	-	-	-	-	-	-	-	
Performance									
Max. delivery head [m]	5	6	7	10	12	50	5	5	
Flow rate max. [m ³ /h]	3	3.5	4	2	2	0.15	2.5	3	
Speed range [rpm]	1,100- 2,100	1,500- 2,500	2,000- 2,700	1,100- 2,100	1,500- 2,500	2,500- 2,600	1,300- 2,300	1,150- 2,200	
Permitted field of application									
Temperature range for use in heating, ventilation and A/C systems at max. ambient temperature +25 °C [°C] at max. ambient temperature +40 °C [°C]	-10 to +110 (short-time duty 2 h: +120)					-	0 to +95 (short-time duty 2 h: +110)	-	-10 to +95
Temperature range for use in drinking-water circulation systems at max. ambient temperature +40 °C [°C]								-	
Max. permitted total hardness in drinking-water circulation systems [°d]								-	
Standard version for operating pressure p _{max} [bar]	10	10	10	10	10	6	6	6	
Special version for operating pressure p _{max} [bar]	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pipe connections									
Screwed connection Rp/G	Rp 1					G 1/2	G 1		
Filler connection [G, inside]						1/4			
Nominal connection diameter DN						-			
Flange for mating flange PN 6, standard version						-			
Flange for mating flange PN 16, special version	-	-	-	-	-	-	-	-	
Combination flange PN 6/10 for mating flanges PN 6 and PN 16, standard version	-	-	-	-	-	-	-	-	
Support-bracket mounting (with horizontal shaft only), standard version	-	-	-	-	-	-	-	-	
Support-bracket mounting (with horizontal shaft only), special version	-	-	-	-	-	-	-	-	
Electrical connection									
Mains connection 1~ [V], standard version	230						230		
Mains connection 3~ [V], standard version									
Mains connection 3~ [V], with optional adapter plug									
Mains frequency [Hz]	50	50	50	50	50	50	50	50	

Standard Pumps

Single-Head Pumps (Solar Thermic, Refrigeration – A/C)

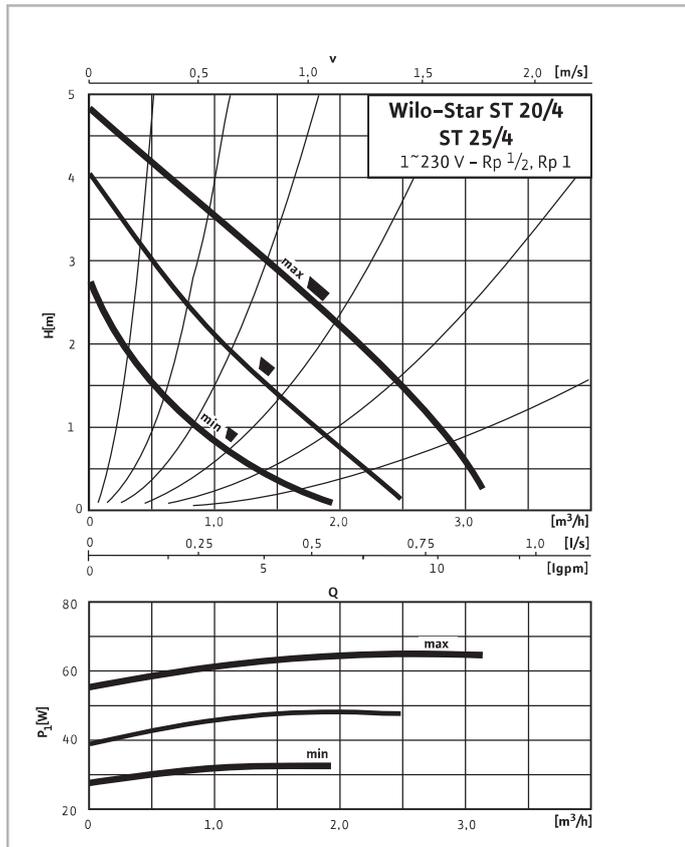


Technical Data

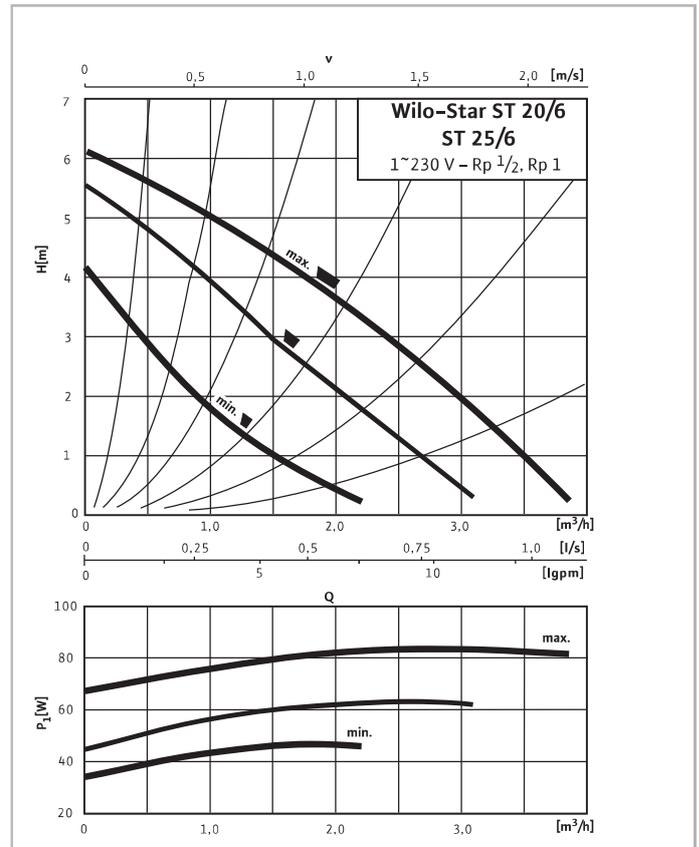
	Wilostar-ST (SolarStar)						Wilostar-AC (ClimaStar)	
	20/4 25/4	20/6 25/6	20/7 25/7	20/9	20/11	15/40	20/5-O	20/5-I
Motor/electronics								
Electromagnetic compatibility	–						–	
Emitted interference	EN 61000-6-3						EN 61000-6-3	
Immunity to interference	EN 61000-6-2						EN 61000-6-2	
Power electronics	–						–	
Radio interference suppression level	N						N	
Protection class	IP 44						IP 44	
Insulation class	F						F	
Materials								
Pump housing	Gray cast iron (EN-GJL-200), cathaphoresis coating					Plastic (Luranyl)	Plastic (Composite)	
Impeller	Polypropylene					–	Polypropylene	
Gear set	–					Plastic	–	
Shaft	Stainless steel (X40 Cr13)					Stainless steel	Stainless steel (X40 Cr13)	
Bearing	Carbon					Carbon		
Minimum suction head [m]								
at water delivery temperature of 50 °C	0.5							
at water delivery temperature of 95 °C	3							
at water delivery temperature of 110 °C	10							

• = available, – = not available

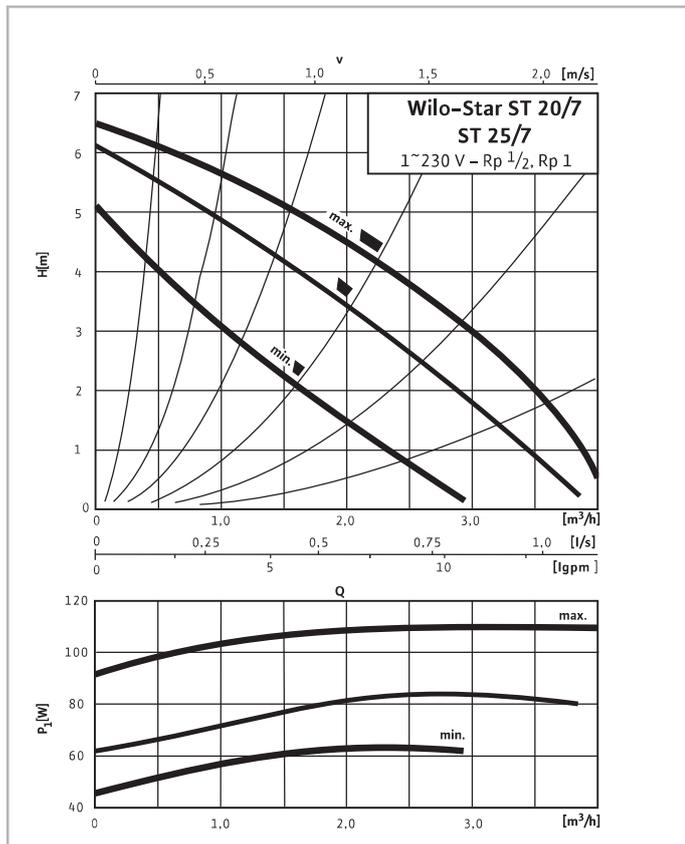
Wilo-Star ST 20/4, ST 25/4



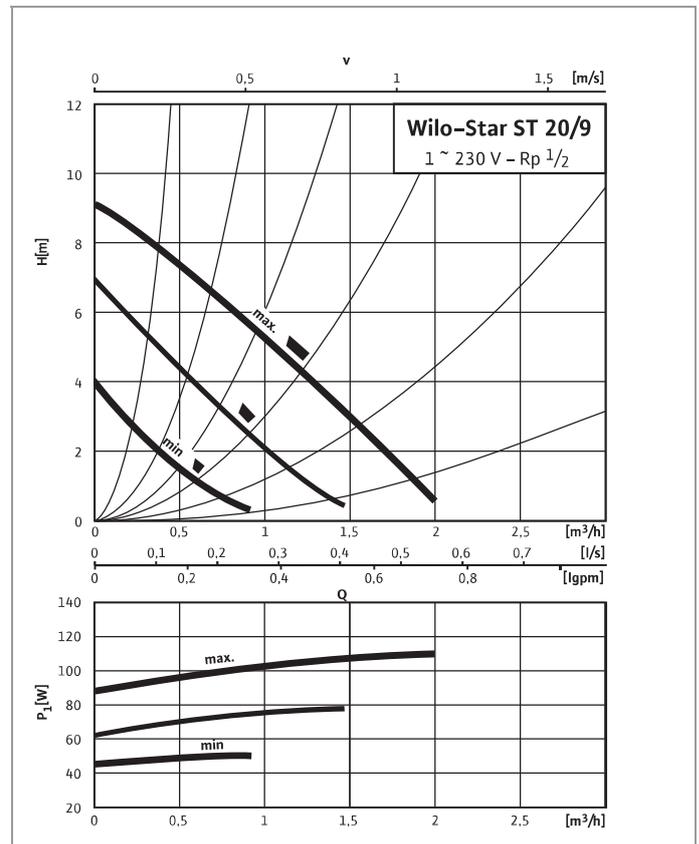
Wilo-Star ST 20/6, ST 25/6



Wilo-Star ST 20/7, ST 25/7



Wilo-Star ST 20/9



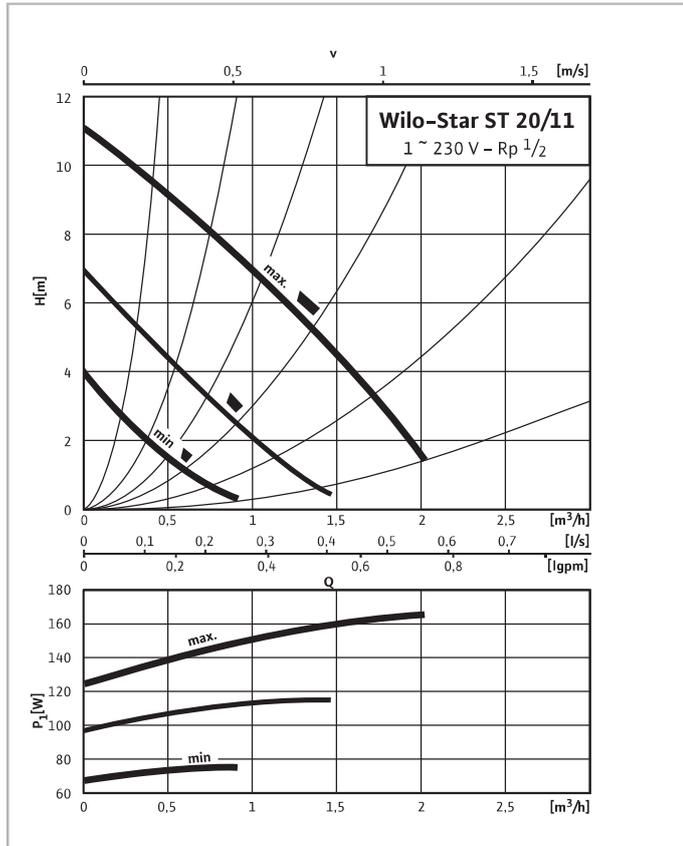
Standard Pumps

Wilo-Star ST

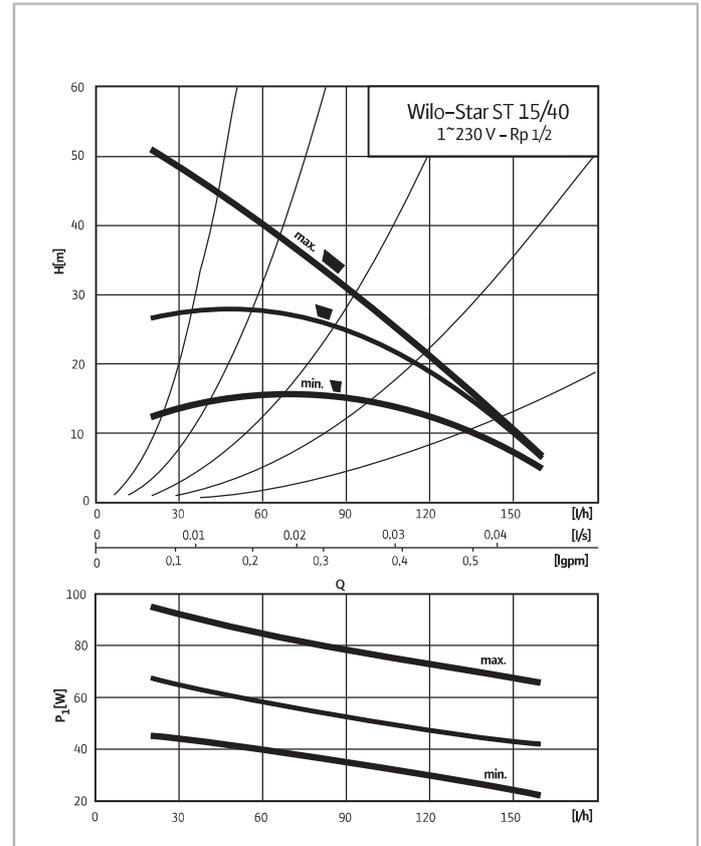


Pump Curves

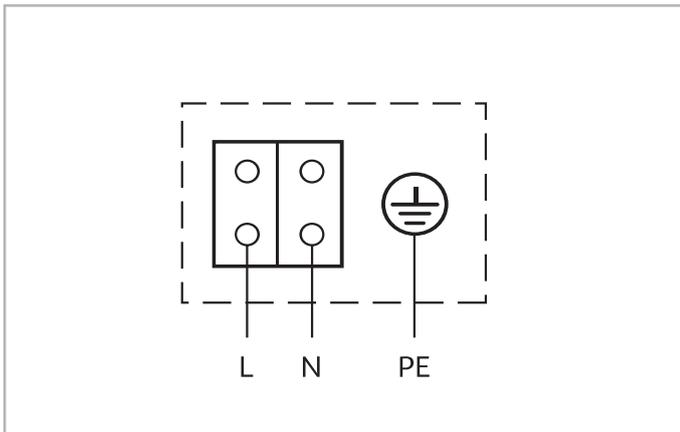
Wilo-Star ST 20/11



Wilo-Star ST 15/40



Terminal diagram



AC motor (EM) 2-pole – 1~230 V, 50 Hz,
with integrated capacitor

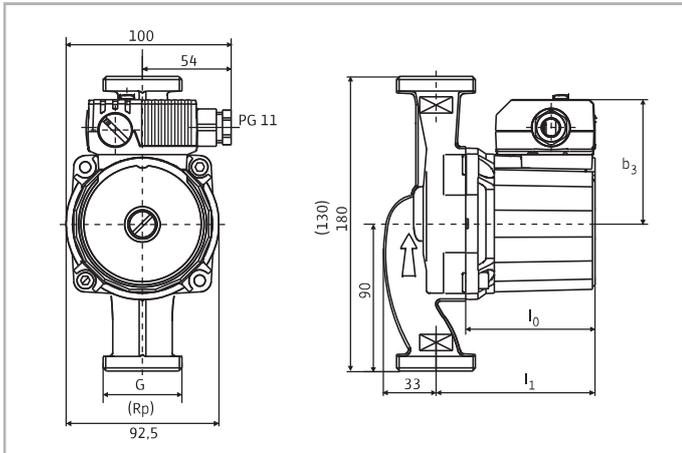
Motor data

	Rated power	Stage/speed	Power consumption	Current	Capacitor	Pg screwed connection	Motor protection
	P ₂	n	P ₁	I	–	–	–
	[W]	[rpm]	[W]	[A]	[µF/VDB]	–	–
Star ST 25/4 Star ST 20/4	22	max 2,100	55 – 65	0.28	2.0/400	11	not necessary (blocking-current-proof)
	13	1,600	38 – 48	0.21			
	7	min 1,100	27 – 32	0.15			
Star ST 25/6 Star ST 20/6	37	max 2,500	68 – 82	0.36	2.6/400	11	not necessary (blocking-current-proof)
	22	2,100	46 – 63	0.28			
	12	min 1,500	34 – 44	0.20			
Star ST 25/7 Star ST 20/7	60	max 2,700	92 – 110	0.48	3.5/400	11	not necessary (blocking-current-proof)
	22	2,500	62 – 84	0.38			
	7	min 2,000	44 – 63	0.29			
Star ST 20/9	44	max 2,100	88 – 110	0.50	3.0/400	11	not necessary (blocking-current-proof)
	25	1,600	62 – 78	0.35			
	14	min 1,100	45 – 50	0.25			
Star ST 20/11	61	max 2,500	125 – 165	0.72	2.6/400	11	not necessary (blocking-current-proof)
	34	2,100	97 – 115	0.55			
	18	min 1,500	67 – 75	0.35			
Star ST 15/40	38	max 2,600	65 – 95	0.43	2.6/400	11	not necessary (blocking-current-proof)
	27	2,550	40 – 66	0.31			
	15	min 2,500	21 – 44	0.21			

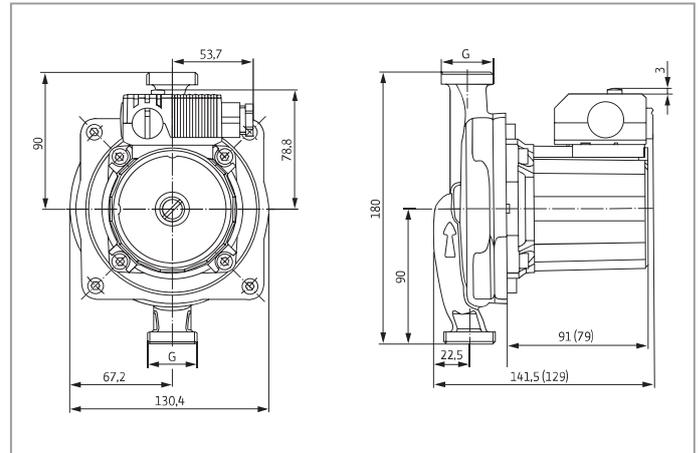
Always refer to name plate data!

Dimensions, Weights

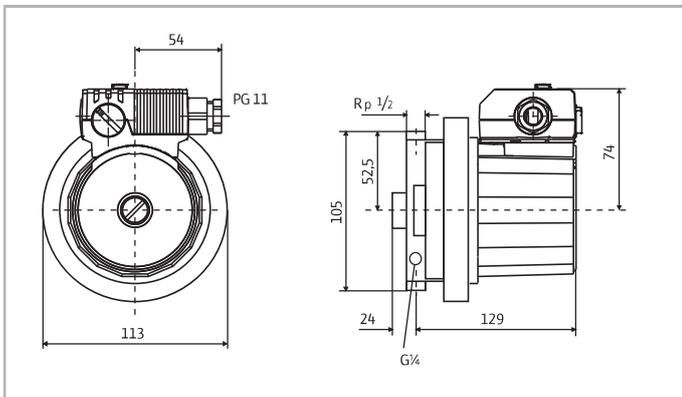
Dimension drawing A



Dimension drawing B



Dimension drawing C



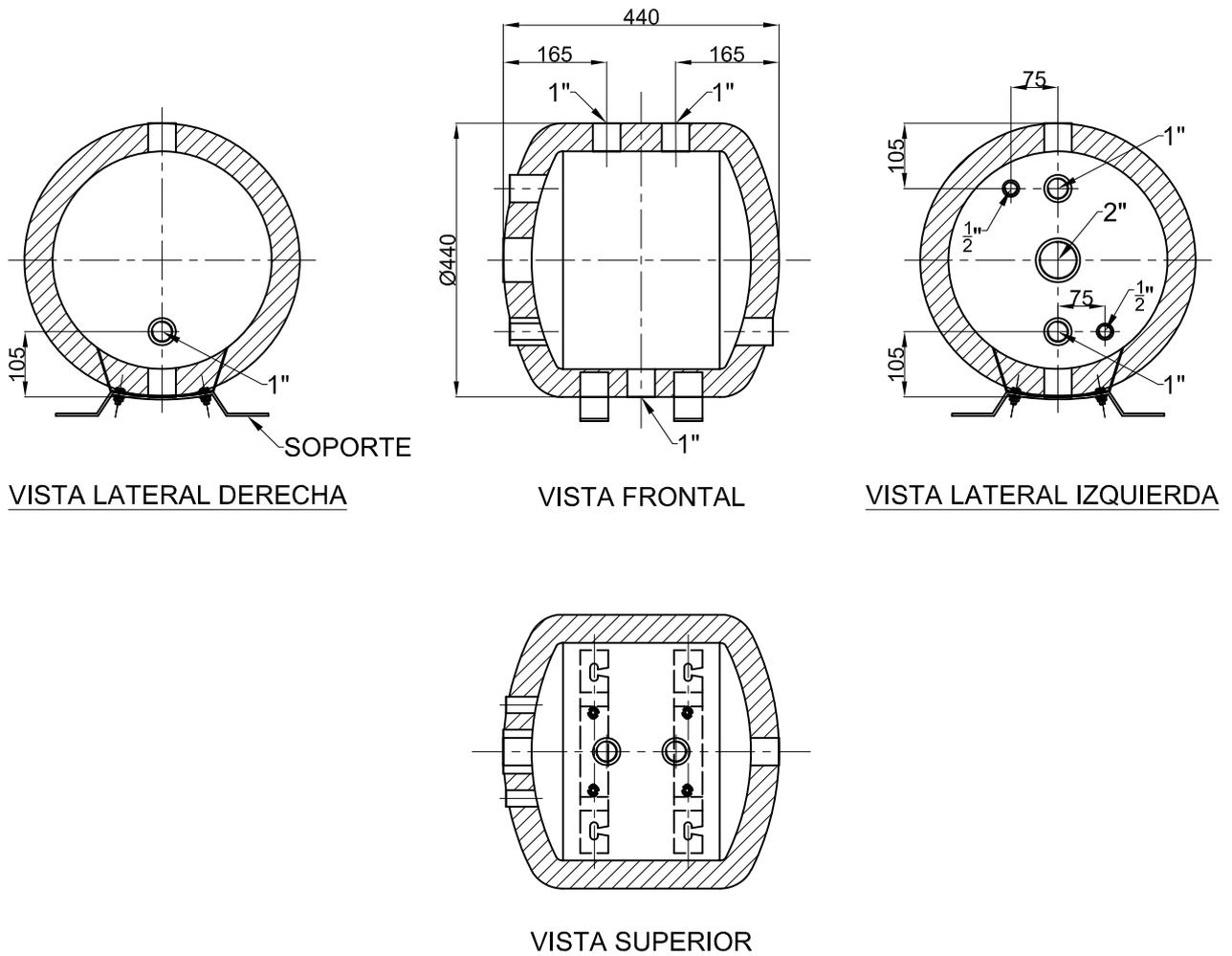
Motor horizontal,
terminal-box position possible for 3, 9 and 12 o'clock

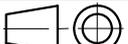
Dimensions, weights

	Pipe connection/ nominal dia.	Thread	Pump dimensions			Weight approx.	Dimension drawing
			l_0	l_1	b_3		
	[Rp/DN]	G	[mm]			[kg]	-
Star ST 20/4	Rp 1/2	1	79	97	73	2.43	A
Star ST 25/4	Rp 1	1 1/2	79	97	73	2.43	A
Star ST 20/6	Rp 1/2	1	79	97	73	2.45	A
Star ST 25/6	Rp 1	1 1/2	79	97	73	2.45	A
Star ST 20/7	Rp 1/2	1	91	109	76	2.9	A
Star ST 25/7	Rp 1	1 1/2	91	109	76	2.9	A
Star ST 20/9	Rp 1/2	1	See dimension drawing			3.6	B
Star ST 20/11	Rp 1/2	1				4.0	B
Star ST 15/40	Rp 1/2	1/2				2.4	C

1 - ACUMULADOR - ACERO INOX. 316 - 30 L - 8 BAR - AISLADO - HORIZONTAL

TOMAS ROSCADAS: HEMBRA



Proyecto	ACUMULADOR HORIZONTAL 30 L	Firmado: RICARDO Fecha: 30/05/2017	 Mecalia [®] energy systems CONFIDENCIAL PROPIEDAD DE MECALIA, S.L. PROHIBIDO SU USO SIN AUTORIZACIÓN
Cliente	PROINBAL INGENIERÍA DE INSTALACIONES, S.L. (VALENCIA)	1ª Revisión: Fecha:	
Plano	Dimensiones (mm)	2ª Revisión: Fecha:	
		 	PLANO C-1

NOTAS TÉCNICAS

DEFINICIONES:

Densidad de carga: Potencia emitida en vatios por unidad de superficie en un calentador. Indica el potencial de una superficie para transmitir energía calorífica y se expresa en W/cm².

Radiación térmica: Proceso de emisión de energía radiante en forma de ondas. El infrarrojo es un área en el espectro electromagnético con un rango de 1 a 1000 microns.

Calor: El calor es la energía necesaria para variar la temperatura de un cuerpo.

Conducción térmica: Modo de transferencia de calor por contacto directo de cuerpos en los que existe diferencia de temperatura entre ellos.

Convección térmica: Modo de transmisión de calor asociado a la conducción en el que el calor es transferido desde una zona de temperatura más elevada a otra zona de temperatura inferior como resultado de un movimiento de masas del fluido transmisor.

Rigidez dieléctrica: Tensión que se aplica al material aislante sin que ocurra un fallo eléctrico. Para los elementos calefactores de Clase I se aplica una prueba de rigidez de 1.250 V durante 1 minuto, entre partes activas y blindaje. (EN 60335-1)

Corriente de fuga: Corriente eléctrica entre cualquier polo de la alimentación y las partes metálicas accesibles de los aparatos. En los aparatos de calentamiento la corriente de fuga no debe ser superior a 0'75 mA por KW con un máximo de 5 mA para el aparato completo (EN 60335-1)

FACTORES DE CONVERSIÓN:

1 KJ = 0,24 KCal	1 KCal = 4,18 KJ
1 W = 1 J/seg	1 J/seg = 1 W
1 Kcal = 0,00116 KWh	1 KWh = 861,24 Kcal
1 KJ = 0,948 BTU	1 BTU = 1,055 KJ
1 W = 3,412 BTU/h	1 BTU/h = 0,2931 W
1 KJ/Kg = 0,423 BTU/lb	1 BTU/lb = 2,326 KJ/Kg
1 KJ/Kg°C = 0,24 BTU/lb°F	1 BTU/lb°F = 4,18 KJ/Kg°C
1 cm = 0,3937 in	1 in = 2,54 cm
1 Kg = 2,205 lb	1 lb = 0,4536 Kg
1 W/cm ² = 6,45 W/in ²	1 W/in ² = 0,155 W/cm

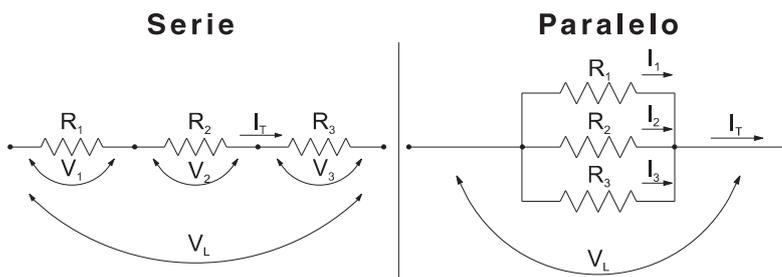
CONVERSIÓN DE TEMPERATURA. FÓRMULAS:

°C = Grados centígrados °C = (°F - 32) 5/9
 °F = Grados Fahrenheit °F = 1,8°C + 32°
 K = Kelvin K = °C + 273°

LEY DE OHM

Definición: La diferencia de potencial entre dos puntos de un conductor es igual al producto de la intensidad de la corriente por la resistencia de un conductor.

ASOCIACIÓN DE RESISTENCIAS:



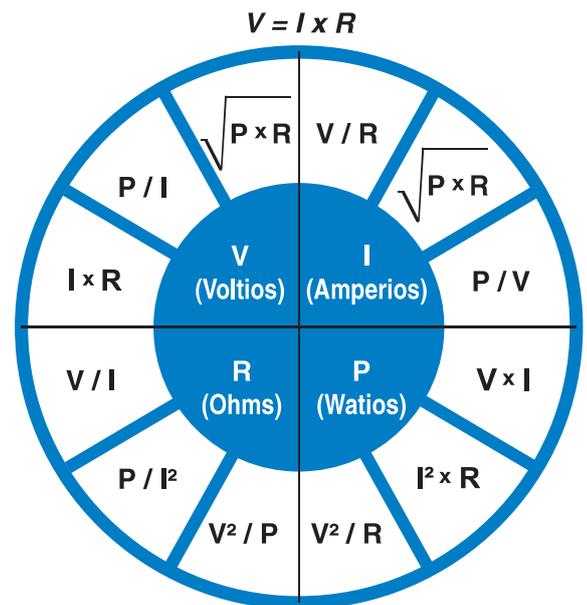
Leyenda:

P_T = Potencia total del circuito
 $P_1 / P_2 / P_3$ = Potencia de cada resistencia
 V_L = Tensión de línea
 $V_1 / V_2 / V_3$ = Tensión en bornes de resistencias

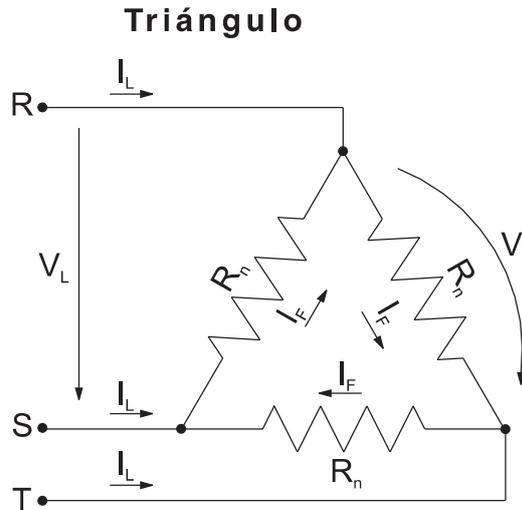
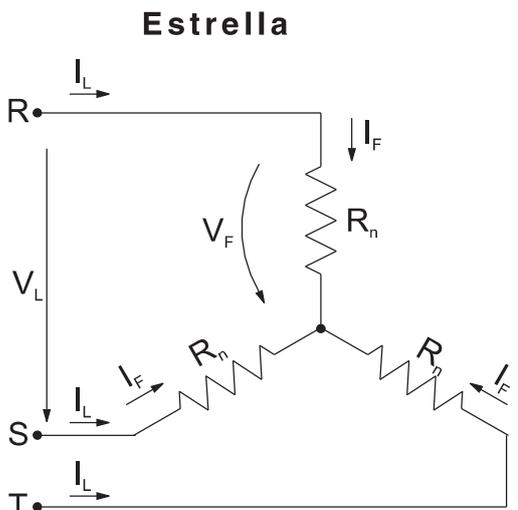
R_{eq} = Valor resistivo total del circuito
 $R_1 / R_2 / R_3$ = Resistencias
 I_T = Intensidad total del circuito
 $I_1 / I_2 / I_3$ = Intensidad a través de cada resistencia

Fórmulas:

$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$	$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \frac{V_T}{R_{eq}}$	$I_T = I_1 + I_2 + I_3$
$V_T = V_1 + V_2 + V_3$	$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = I_T R_{eq}$
$P_T = \frac{(V_T)^2}{R_{eq}}$	$P_T = \frac{(V_T)^2}{R_{eq}} = V_T I_T$
$P_n = \left(\frac{P_T}{V_T}\right)^2 R_n$	$P_n = \frac{(V_T)^2}{R_n}$



CIRCUITOS TRIFÁSICOS (CARGAS EQUILIBRADAS):



Fórmulas:

$$I_L = I_F$$

$$V_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$$

$$P_T = \frac{(V_L)^2}{R_n} = \sqrt{3} V_L I_L$$

$$P_n = \frac{(V_F)^2}{R_n}$$

$$I_F = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

$$V_L = V_F$$

$$P_T = \frac{3(V_L)^2}{R_n} = \sqrt{3} V_L I_L$$

$$P_n = \frac{(V_F)^2}{R_n}$$

Leyenda

- P_T = Potencia total del circuito
- P_n = Potencia de cada rama
- V_L = Tensión de línea (entre fases)
- V_F = Tensión en bornes de resistencias

- R_n = Resistencias
- I_L = Intensidad de línea
- I_F = Intensidad a través de cada rama

DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA CALORÍFICA:

Método general para determinar la potencia calorífica

1. Definir los datos de partida:

- Temperatura mínima inicial y temperatura máxima final: ΔT
- Caudal o volumen máximo del material a calentar.
- Tiempo requerido para el proceso de calentamiento.
- Dimensiones del recipiente o conducto.
- Aislamiento y sus propiedades.
- Datos eléctricos: tensión y limitaciones eléctricas.
- Elementos de control: temperatura, potencia, nivel, intensidad, etc.

2. Cálculo de la potencia calorífica necesaria.
(Ver Fórmulas)

3. Factores del sistema que pueden influir en la elección del elemento calefactor.

- Temperatura de trabajo.
- Densidad de carga máxima admisible.
- Consideraciones mecánicas.
- Factores ambientales.
- Factores de seguridad.

4. Selección del elemento calefactor.

- Tipo, tamaño y cantidad.

5. Selección de los elementos de control y seguridad.

- Tipo y posición.

Fórmulas

$$P_T = (P_A + P_B + P_C)F_S$$

P_A = Potencia necesaria para aumentar la temperatura del material en el tiempo deseado.

P_B = Potencia necesaria para fundir o vaporizar el material en el tiempo deseado.

P_C = Pérdidas de calor por superficie.

F_S = Factor de seguridad. Normalmente entre el 10% y el 30% dependiendo de la aplicación.

$$P_A \text{ (KW)} = \frac{\text{Masa (Kg)} \times \text{Calor específico (KJ/Kg}^\circ\text{C)} \times \Delta T \text{ (}^\circ\text{C)}}{\text{Tiempo de calentamiento (Seg)}}$$

$$P_B \text{ (KW)} = \frac{\text{Masa (Kg)} \times \text{Calor de fusión o vaporización (KJ/Kg)}}{\text{Tiempo de calentamiento (Seg)}}$$

$$P_C \text{ (W)} = \frac{\text{Conductividad térmica (W/m}^\circ\text{C)} \times \text{Superficie (m}^2\text{)} \times \Delta T \text{ (}^\circ\text{C)}}{\text{Espesor del aislamiento (m)}}$$

RESISTENCIAS INMERSIÓN LÍQUIDOS



Tensión 220V

*Nota: Para tensión 380V Monof. II
incremento del 40%*



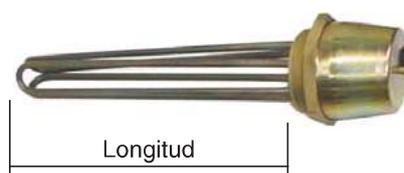
Código	Artículo	Material	Long.	Rosca	Wats	€
CALEFACTOR CON TAPÓN DE ACOPLAMIENTO FORMA "U"						
RA 01 001	NA-001	C + A	180	3/4"	500	51,83
RA 01 002	NA-101	C + A	180	1"	500	49,47
RA 01 003	NA-002	C + A	180	1-1/4"	500	41,85
RA 01 005	NA-003	C + A	260	3/4"	750	55,07
RA 01 006	NA-103	C + A	260	1"	750	55,99
RA 01 007	NA-004	C + A	260	1-1/4"	750	43,98
RA 01 008	NA-104	C	260	1-1/2"	750	55,10
RA 01 009	NA-005	C + A	350	3/4"	1.000	59,58
RA 01 010	NA-105	C + A	350	1"	1.000	51,82
RA 01 011	NA-006	C + A	350	1-1/4"	1.000	46,10
RA 01 013	NA-108	C + A	520	1"	1.500	60,48
RA 01 014	NA-008	C + A	520	1-1/4"	1.500	55,15
RA 01 016	NA-010	C + A	680	1-1/4"	2.000	59,17
CALEFACTOR CON TAPÓN DE ACOPLAMIENTO FORMA "U" DOBLE VUELTA						
RA 01 021	OV-001	A	140	1-1/4"	600	49,51
RA 01 023	OV-003	C + A	170	1-1/4"	800	53,90
RA 01 025	OV-105	A	235	1-1/4"	400	64,70
RA 01 027	OV-005	C + A	235	1-1/4"	1.200	52,77
RA 01 029	OV-107	A	345	1-1/4"	900	63,16
RA 01 031	OV-007	C + A	345	1-1/4"	1.800	58,96
RA 01 033	OV-009	C + A	445	1-1/4"	2.400	68,26
RA 01 035	OV-111	A	505	1-1/4"	1.000	75,52
RA 01 037	OV-211	A	505	1-1/4"	1.500	75,15
RA 01 039	OV-011	C + A	505	1-1/4"	3.000	69,03
CALEFACTOR CON TAPÓN DE ACOPLAMIENTO FORMA "3U" —TENSIÓN 3 x 220/380 V—						
RA 01 051	DP-001	C + A	180	2"	1.500	107,22
RA 01 053	DP-003	C + A	260	2"	2.250	121,29
RA 01 055	DP-005	C + A	350	2"	3.000	122,79
RA 01 057	DP-007	C + A	520	2"	4.500	134,00
RA 01 059	DP-009	C + A	680	2"	6.000	155,91
RA 01 060	DP-010	C	680	2-1/2"	6.000	207,57
RA 01 061	DP-025	C + A	180	1-1/2"	1.500	92,55
RA 01 062	DP-030	C	180	1-1/2"	2.000	85,76
RA 01 063	DP-026	C	260	1-1/2"	2.250	82,81
RA 01 064	DP-027	C	350	1-1/2"	3.000	88,98
RA 01 065	DP-031	C	290	1-1/2"	3.000	94,71
RA 01 066	DP-028	C	520	1-1/2"	4.500	102,87
RA 01 067	DP-029	C	680	1-1/2"	6.000	117,35
RA 01 068	DP-032	C	315	1-1/2"	6.000	93,96
RA 01 069	DP-021	A	415	1-1/2"	1.200	112,76
RA 01 070	DP-022	A	635	1-1/2"	2.700	118,26
RA 01 071	DP-023	A	956	1-1/2"	3.000	121,07
RA 01 072	DP-024	A	956	1-1/2"	4.500	128,61

RESISTENCIAS INMERSIÓN LÍQUIDOS

Código	Artículo	Material	Long.	Rosca	Wats	€
CALEFACTOR CON TAPÓN DE ACOPLAMIENTO FORMA "3U" CON DOBLE VUELTA —TENSIÓN 3 x 220/380 V—						
RA 01 081	ED-001	A	140	2"	1.800	133,22
RA 01 082	ED-002	C + A	140	2-1/2"	1.800	151,89
RA 01 083	ED-003	C + A	170	2"	2.400	161,10
RA 01 085	ED-105	A	235	2"	1.200	153,73
RA 01 087	ED-005	C + A	235	2"	3.600	146,01
RA 01 089	ED-107	A	345	2"	2.700	172,67
RA 01 091	ED-007	C + A	345	2"	5.400	164,54
RA 01 092	ED-008	C + A	345	2-1/2"	5.400	179,59
RA 01 093	ED-009	C + A	445	2"	7.200	186,35
RA 01 094	ED-109	C + A	445	2-1/2"	7.200	200,88
RA 01 095	ED-110	A	505	2"	3.000	195,12
RA 01 096	ED-111	A	505	2-1/2"	3.000	232,72
RA 01 097	ED-210	A	505	2"	4.500	200,29
RA 01 098	ED-211	A	505	2-1/2"	4.500	215,34
RA 01 099	ED-010	C + A	505	2"	9.000	201,14
RA 01 100	ED-011	C + A	505	2-1/2"	9.000	224,39
RA 01 101	ED-012	C	680	2"	12.000	218,05
RA 01 102	ED-013	C	680	2-1/2"	12.000	241,51
RA 01 103	ED-014	C	835	2"	15.000	271,83
RA 01 104	ED-015	C	835	2-1/2"	15.000	293,58
RA 01 105	ED-016	C	990	2"	18.000	290,40
RA 01 106	ED-017	C	990	2-1/2"	18.000	308,76
CALEFACTOR CON TAPÓN DE ACOPLAMIENTO FORMA "U" CON TRIPLE VUELTA						
RA 01 121	T-001	A	150	1-1/4"	750	59,70
RA 01 123	T-003	A	200	1-1/4"	1.000	69,91
RA 01 125	T-005	A	250	1-1/4"	1.500	69,05
RA 01 128	T-007	A	350	1-1/4"	2.000	83,40
RA 01 131	T-108	A	250	2"	2.000	103,01
RA 01 132	T-009	A	450	1-1/4"	2.500	111,06
RA 01 134	T-011	A	550	1-1/4"	3.000	127,98
CALEFACTOR CON TAPÓN DE ACOPLAMIENTO FORMA "3U" CON TRIPLE VUELTA —TENSIÓN 3 x 220/380 V—						
RA 01 141	ET-401	C	355	2-1/2"	9.000	192,70
RA 01 142	ET-402	C	465	2-1/2"	12.000	224,81
RA 01 143	ET-403	C	570	2-1/2"	15.000	274,32
RA 01 144	ET-404	C	680	2-1/2"	18.000	324,42

Tensión 220V

*Nota: Para tensión 380V Monof. II
incremento del 40%*



RESISTENCIAS INMERSIÓN LÍQUIDOS

Código	Artículo	Wats	€
CALEFACTOR Modelo «Copa 1/2" GAS»			
• Copa descentrada			
RA 01 201	C-001	1.000	145,67
RA 01 202	C-002	2.000	160,29
RA 01 203	C-003	3.000	171,42
RA 01 204	C-004	4.500	226,63
• Copa salida por el centro			
RA 01 210	C-010	1.500	152,59
RA 01 211	C-011	2.000	151,62
RA 01 212	C-012	3.000	173,00
• Copa plana			
RA 01 213	C-013	1.000	160,25
RA 01 214	C-014	2.000	255,44
• Copa trifásica			
RA 01 222	C-302	3.000	208,70
RA 01 223	C-303	4.500	240,36
RA 01 224	C-304	6.000	248,73
SUMERGIDORES			
• Sumergidor bidón			
RA 01 301	SF-001	1.000	147,46
RA 01 302	SF-002	1.500	140,86
RA 01 303	SF-003	1.200	156,64
RA 01 304	AF-001	2.650	393,44
• Sumergidor "L" con mango (forma Ls)			
RA 01 311	SN-001	1.500	125,58
RA 01 312	SN-002	3.000	183,12
RA 01 313	SN-003	4.500	249,62
RA 01 314	SN-004	2.000	153,09
RA 01 315	SN-005	4.000	207,13
RA 01 316	SN-006	6.000	273,55
* Formas "Lv", "Ly" y "Lx" consulte incremento de precio			
• Sumergidor marmita			
RA 01 321	SL-1	1.000	49,42
RA 01 322	SL-1,5	1.500	53,84
RESISTENCIAS CALDERAS ELÉCTRICAS CON JUNTA			
RA 01 401	CAL-EB-4,5	4.500	163,01
RA 01 402	CAL-EB-6	6.000	168,03
RA 01 403	CAL-EB-7,5	7.500	172,45
RA 01 404	CAL-EB-9	9.000	174,36
RA 01 405	CAL-EB-10,5	10.500	198,79
RA 01 406	CAL-EB-12	12.000	202,72
RA 01 407	CAL-EB-13,5	13.500	207,39
RA 01 408	CAL-EB-15	15.000	214,50
RA 01 409	CAL-EB-18	18.000	224,61
RA 01 410	CAL-EB-21	21.000	227,45
RA 01 411	CAL-EB-24	24.000	231,01

F

IN LINE PTFE FLOW METER

Made entirely of PTFE, PFA, and PCTFE, the *Model F* flow meter is excellent for high-purity applications or use with corrosive liquids.

Units are available with a standard valve to monitor and control flow or without a valve to just monitor flow.

Flow meters are individually tested on a Mass Spectrometer Leak Detector and certified to a leak integrity rating of 1×10^{-7} sccs Helium or better.

design features

- ✓ Chemically inert wetted components.
- ✓ Removable protective shield.
- ✓ Individually leak tested.

SPECIFICATIONS

SCALES	0 to 10 markings.
ACCURACY	±5% of full scale.
MAXIMUM TEMPERATURE	250 °F (121 °C).
MAXIMUM PRESSURE	100 psig (6.7 bars).
LEAK INTEGRITY	Individually, leak tested and certified to a rating of 1×10^{-7} sccs of Helium.

**MATERIALS OF CONSTRUCTION

TUBE SHIELDS	Polycarbonate.
FLOW TUBES	PFA.
FLOATS	PTFE.
WETTED PARTS	PTFE end fittings. PCTFE guide rods.

**The selection of materials of construction, is the responsibility of the customer. The company accepts no liability.



DIMENSIONS FOR F STYLE METERS

LOW RANGE MODELS	HIGH RANGE MODELS
5-11/16" Length x 1-1/4" O.D.	10-1/2" Length x 2" O.D.

ORDERING INFORMATION

F STYLE LOW RANGE METERS

MODEL NUMBER		CONNECTION	MAXIMUM FLOW	
BUILT IN VALVE	NO VALVE		mL/min WATER	gph WATER
F6C-F01-01-TF	F3C-F01-01-TF	1/4" FNPT	125	1.98
F6C-F02-01-TF	F3C-F02-01-TF	1/4" FNPT	250	3.96
F6C-F03-01-TF	F3C-F03-01-TF	1/4" FNPT	400	6.34
F6C-F04-01-TF	F3C-F04-01-TF	1/4" FNPT	500	7.92
F6C-F05-01-TF	F3C-F05-01-TF	1/4" FNPT	1000	15.85
F6D-F06-01-TF	F3D-F06-01-TF	3/8" FNPT	2000	31.69
F6D-F07-01-TF	F3D-F07-01-TF	3/8" FNPT	2500	39.62
F6D-F08-01-TF	F3D-F08-01-TF	3/8" FNPT	3000	47.54
F6D-F09-01-TF	F3D-F09-01-TF	3/8" FNPT	5000	79.23

F STYLE HIGH RANGE METERS

MODEL NUMBER		CONNECTION	MAXIMUM FLOW	
BUILT IN VALVE	NO VALVE		L/min WATER	gpm WATER
F6E-F10-01-TF	F3E-F10-01-TF	1/2" FNPT	13	3.43
F6E-F11-01-TF	F3E-F11-01-TF	1/2" FNPT	20	5.28
F6F-F12-01-TF	F3F-F12-01-TF	3/4" FNPT	30	7.93
F6F-F13-01-TF	F3F-F13-01-TF	3/4" FNPT	40	10.57
F6F-F14-01-TF	F3F-F14-01-TF	3/4" FNPT	45	11.89

Product Code Serial ID Line Item Customer Tag

CMF025M300NRAMSZZ 472225 32084981 1005 1

RFT9739R2EMF 7104400

AS LEFT

Process

Process ID: 2.18509867

Process Time: 2011.07.07 16:13:55

Process Stand: SSF1B@SSCE

Stand Uncertainty: +/- 0.030%

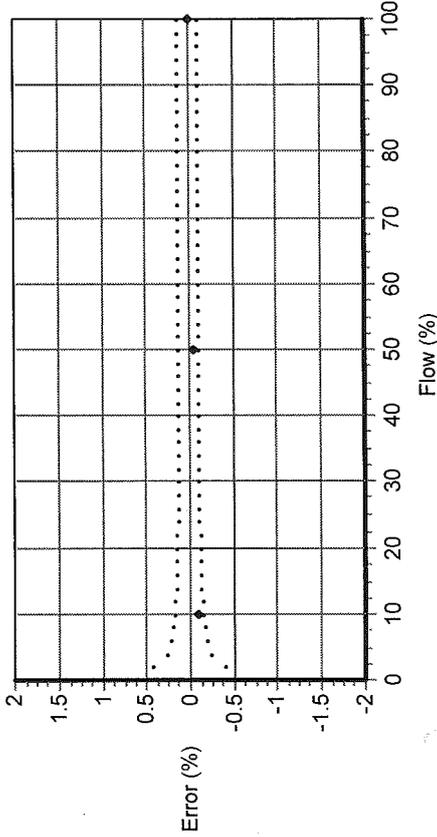
Fluid: H2O

100% Rate: 120.000 G/S

Pickoff: 1

100% P/T: 43.36 PSIG/24.3 C

Detail



Results

Status: PASS

D1: 0

D2: 1

K1: 6331.639

K2: 7485.063

DT: 4.44

FD: 405.53

DTG: 0

DFQ1: 0

DFQ2: 0

FlowCal: 4.24254.75

FFQ: 0

FTG: 0

DensCal: 06332074854.44

ECF: 4.2425

FT: 4.75

Flow (%)	Flow Rate (kg/min)	Meter Total (kg)	Reference Total (kg)	Error (%)	Specification (±%)
100.0	7.2	7.28892	7.289086	-0.002	0.106
10.0	0.72	.723096	.7237426	-0.089	0.163
50.0	3.6	3.65334	3.654858	-0.042	0.113
100.0	7.2	7.18728	7.188091	-0.011	0.106

MISIC G.

Technician





Piranómetros

Para una Medida Precisa de la Radiación Solar

Instalado en las redes nacionales globalmente

Acorde con normas ISO 9060 y IEC 60904

Ampliamente usado por la Organización Meteorológica Mundial en programas científicos (WMO)

Las más amplia gama de piranómetros y accesorios disponibles

Introducción

La radiación solar conduce la mayoría de los procesos dinámicos en la superficie de la tierra, las corrientes sobre el océano hasta el clima y la vida misma. Medidas a largo plazo que sean fiables y precisas es fundamental para entender el sistema climático de la tierra. El incremento de los costes del combustible fósil y la necesidad de reducir la huella de carbono ha producido un rápido crecimiento en el mercado de la energía verde, con el correspondiente crecimiento del sector solar.

Los científicos, investigadores y empresas dedicadas a las energías renovables, la climatología, agricultura, recursos hidrológicos o el sector ambiental precisan medidas fiables de la radiación solar. Estas medidas se realizan por medio de piranómetros que son radiómetros diseñados para la medida de la radiación global en una superficie horizontal resultante de los flujos de radiación de onda desde 300 a 3.000 nanómetros (nm).

Kipp & Zonen ha estado fabricando piranómetros desde hace 85 años, fabricando modelos de todos los precios y comportamiento. Todos ellos cumplen con los requerimientos de la normativa

ISO 9060 y son completamente trazables con el Centro Radiométrico Mundial (WRR) en Davos, Suiza, donde Kipp & Zonen participa en el Grupo de estandarización mundial.

Los piranómetros tienen un nivel de precisión excepcional, con el sensor de temperatura integrado y contando con el certificado de pruebas individual de la medida direccional y respuesta de la temperatura. Esta importante característica asegura una alta precisión en la medida. Los piranómetros están diseñados para su funcionamiento durante un largo periodo de tiempo con un mantenimiento muy sencillo y con un amplio rango de accesorios disponibles.

Aplicaciones

Los piranómetros han sido desarrollados para ser utilizados en cualquier medio, desde la Antártica hasta el desierto. Están instalados globalmente con propósitos meteorológicos, hidrológicos, investigación climatológica, energía solar, ambiental y prueba de materiales, control del efecto invernadero, automatización en la construcción y muchas otras aplicaciones.

El CMP10 está especialmente diseñado para aplicaciones donde es complicado realizar visitas y mantenimientos regulares. Un folleto específico está disponible para el el CM 4, para uso en cámaras climática hasta 150 °C.

CMP3 es el piranómetro más ligero y sencillo de la serie CMP. Tiene una cúpula de cristal de 4 mm. de grosor para proteger la termopila de influencias externas. Su pequeño tamaño y sellado permite le confieren características idóneas para aplicaciones en horticultura, monitorización para instalaciones de energía solar, aplicaciones industriales y puede sumergirse. Para su instalación está disponible también una varilla de montaje.

CMP6 tiene un detector similar al del CMP3 pero con un rendimiento mejorado debido al incremento del material térmico y la doble cúpula. Se recomienda por su buena calidad para medidas en meteorología y para redes hidrológicas y de agricultura.

CMP10 es un piranómetro patrón secundario con la mejor relación calidad-precio-rendimiento del mercado. Si bien posee las mismas especificaciones y el mismo detector que el CMP 11, el CMP10 extiende esta calidad a aplicaciones donde el mantenimiento es difícil y/o supone un elevado coste.

El CMP10 posee un desecante interno que dura por lo menos 10 años. Esto minimiza el mantenimiento de manera significativa. El intervalo de limpieza de la cúpula puede ser ampliado, y la calidad de las medidas maximizada, mediante la adición de la unidad de ventilación CVF4.

Kipp & Zonen ofrece con cada CMP10 una garantía de 5 años de manera estándar. Esta garantía es válida en caso de que el CMP10 se utilice únicamente bajo condiciones atmosféricas, la carcasa no sea abierta y que tanto el cable como el conector de Kipp & Zonen se coloquen correctamente. El desecante interno se sustituye con cada recalibración en fábrica.

CMP11 utiliza una cúpula de alta calidad y un detector de temperatura con compensación de la misma. Es de rango superior en rendimiento al CMP6 y particularmente apropiado para la modernización de redes meteorológicas. Su rápida respuesta se ajusta a los requerimientos para aplicaciones de investigación y desarrollo del sector solar. Además es idóneo para su utilización en seguidores solares de estaciones de seguimiento.

Elección del Piranómetro

Para conseguir el rango espectral y direccional requerido los Piranómetros CMP se caracterizan por utilizar una termopila como detector y una cúpula de cristal o cuarzo. Todos los modelos tienen el nivel de burbuja integrado y pies de regulación para su estabilidad. Los conectores son resistentes a la radiación ultravioleta y la intemperie, contando con 10 metros de cable y contactos para garantizar una señal de alta calidad. Estos equipos no requieren alimentación eléctrica y se suministran con su correspondiente certificado de calibración.

La elección del modelo más apropiado depende de la aplicación y del grado de precisión requerido.





CMP 21 es similar al CMP 11 pero con compensación de la temperatura individual. Un termistor en el interior monitoriza la temperatura de la carcasa. Cada instrumento tiene asociado los datos de respuesta direccional (coseno) y temperatura individualmente. Esta es la elección adecuada para aplicaciones científicas y para monitorización de la Baseline Surface Radiation Network (BSRN) de la Organización Mundial de Meteorología.

CMP 22 tiene todas las características del CMP 21 pero la cúpula de cuarzo de alta calidad le confiere un rango espectral más amplio, mejorando la respuesta direccional y reduciendo los efectos de la temperatura como el desfase. Debido a la alta calidad óptica de estas cúpulas el error direccional se reduce por debajo de 0,5 % a 80 °C del ángulo cenital solar. Kipp & Zonen confía en que este piranómetro es el mejor en el mercado disponible actualmente.

Construyendo un Sistema

Las capacidades del sistema radiométrico de los piranómetros de Kipp & Zonen pyranometers pueden extenderse con un amplio rango de accesorios. Por favor, visite la página web www.kippzonen.com para más información.

Albedómetros

Para calcular el Albedo de la radiación global se utiliza un piranómetro enfocado hacia arriba, y otro enfocado hacia abajo para medir la radiación reflejada en el suelo. CMA 6 y CMA 11 están integrados en las versiones de piranómetros CMP 6 y CMP 11.

Unidad de Ventilación

La unidad de ventilación CVF4 esta diseñada para la utilización con los Piranómetros de serie CMP (El CMP 3 es compatible pero la ventilación es menos efectiva). Esta ventilación ayuda a prevenir la cúpula de polvo, partículas, etc y reduce la radiación térmica infrarroja para la estabilización de la temperatura de la cúpula. Los dos niveles de calefacción permiten limpiar las gotas de agua o restos de rocío, congelación o nieve.

Seguidor solar

Los seguidores de sol SOLYS 2 y 2AP son instrumentos fiables para todas condiciones climáticas, utilizados para obtener un apuntado preciso de la radiación directa mediante el uso de un Pirheliómetro. Cuando se utiliza la unidad de direccionamiento y sombreado opcional, el piranómetro mide la radiación difusa sin necesidad de ajuste manual periódicos. Un segundo piranómetro para la radiación global confiere una estación de monitorización solar de alta calidad.



Anillo de Sombra

La combinación del piranómetro y el anillo CM121 ofrece una simple solución para medir la radiación difusa del cielo. El anillo requiere sólo un simple ajuste cada ciertos días para asegurar que la cúpula del piranómetro queda cubierta por completo en función del movimiento del sol.

Amplificación

Los piranómetros tienen señal de salida en mV. El amplificador AMPBOX la convierte en salida industrial estandar en corriente de 4 - 20 mA y el rango de salida es en W/m². se recomienda amplificar la señal para ambientes ruidosos, especialmente cuando el adquisidor de datos tiene entradas de alta precisión y cables muy largos (> 100 m). Para piranómetros con salidas analógicas y digitales ampliadas, consulte nuestra serie SMP.

Data loggers

Kipp & Zonen tiene un rango de sistemas de adquisición de datos y equipos con display de alto rendimiento para utilizar con los piranómetros CMP y otros radiómetros.

Soportes de montaje

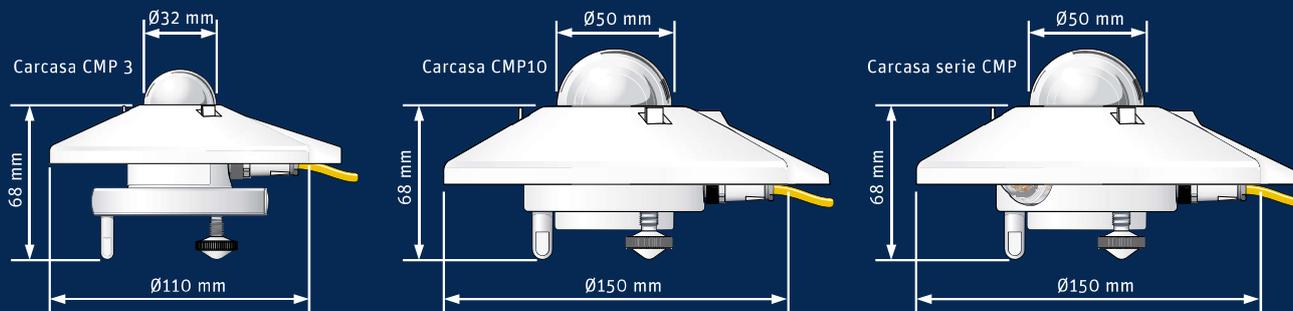
Kipp & Zonen ofrece dos soportes de montaje apropiados para toda la serie de piranómetros CMP:

CMF 1 es un plato con una varilla integrada para el montaje de sensores enfocados hacia abajo o hacia arriba.

CMF 2 es una version más grande para la utilización de piranómetros con unidad de ventilación CVF4.

Kit de pantalla protectora

Un piranómetro enfocado hacia abajo no debería nunca recibir radiación proveniente del hemisferio superior o de los primeros 5° por debajo del horizonte. Por ellos existe este kit que previene esta radiación para piranómetros CMP (exceptuando el CMP 3).



Especificaciones	CMP 3	CMP 6	CMP10 & CMP 11	CMP 21	CMP 22
Clasificación ISO 9060:1990	Segunda clase	Primera clase	Patrón secundario	Patrón secundario	Patrón secundario
Rango espectral (50 % punto)	300 a 2800 nm	285 a 2800 nm	285 a 2800 nm	285 a 2800 nm	200 a 3600 nm
Sensibilidad	5 a 20 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$	5 a 20 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$	7 a 14 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$	7 a 14 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$	7 a 14 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$
Impedancia	20 a 200 Ω	20 a 200 Ω	10 a 100 Ω	10 a 100 Ω	10 a 100 Ω
Rango de salida prevista (0 a 1500 W/m^2)	0 a 30 mV	0 a 30 mV	0 a 20 mV	0 a 20 mV	0 a 20 mV
Radiación máxima	2000 W/m^2	2000 W/m^2	4000 W/m^2	4000 W/m^2	4000 W/m^2
Tiempo de respuesta (63 %)	< 6 s	< 6 s	< 1,7 s	< 1,7 s	< 1,7 s
Tiempo de respuesta (95 %)	< 18 s	< 18 s	< 5 s	< 5 s	< 5 s
Offset cero					
(a) radiación térmica (200 W/m^2)	< 15 W/m^2	< 12 W/m^2	< 7 W/m^2	< 7 W/m^2	< 3 W/m^2
(b) cambio de temperatura (5 K/h)	< 5 W/m^2	< 4 W/m^2	< 2 W/m^2	< 2 W/m^2	< 1 W/m^2
No estabilidad (cambio/año)	< 1 %	< 1 %	< 0,5 %	< 0,5 %	< 0,5 %
No linealidad (100 a 1000 W/m^2)	< 1 %	< 1 %	< 0,2 %	< 0,2 %	< 0,2 %
Respuesta direccional (a 80° a la rayo de 1000 W/m^2)	< 20 W/m^2	< 20 W/m^2	< 10 W/m^2	< 10 W/m^2	< 5 W/m^2
Selectividad espectral (350 a 1500 nm)	< 3 %	< 3 %	< 3 %	< 3 %	< 3 %
Respuesta temperatura	< 5 % (-10°C a +40°C)	< 4 % (-10°C a +40°C)	< 1 % (-10°C a +40°C)	< 1 % (-20°C a +50°C)	< 0,5 % (-20°C a +50°C)
Respuesta de inclinación (0° a 90° a 1000 W/m^2)	< 1 %	< 1 %	< 0,2 %	< 0,2 %	< 0,2 %
Campo de visión	180°	180°	180°	180°	180°
Precisión de nivel de burbuja	< 0,2°	< 0,1°	< 0,1°	< 0,1°	< 0,1°
Salida del sensor de temperatura				Termistor 10 K (opcional Pt-100)	Termistor 10 K (opcional Pt-100)
Tipo de detector	Termopila	Termopila	Termopila	Termopila	Termopila
Temperatura de funcionamiento	-40°C a +80°C	-40°C a +80°C	-40°C a +80°C	-40°C a +80°C	-40°C a +80°C
Temperatura de almacenamiento	-40°C a +80°C	-40°C a +80°C	-40°C a +80°C	-40°C a +80°C	-40°C a +80°C
Rango de humedad	0 a 100 % sin condensación	0 a 100 % sin condensación	0 a 100 % sin condensación	0 a 100 % sin condensación	0 a 100 % sin condensación
Grado de protección IP	67	67	67	67	67
Aplicaciones recomendadas	Estaciones meteorológicas y medidas en campo	Medida de calidad para redes hidrológicas, y control climático del efecto invernadero	Fotovoltaicas y termosolares, test de materiales	Redes meteorológicas	Investigación y aplicaciones con exigentes requisitos

Nota: Las especificaciones de rendimiento indicadas son para el peor caso y/o valores máximos

Termistor 10 K opcional con CMP10 y CMP 11. Termistor 10 K estándar o Pt-100 opcional con CMP 21 y CMP 22

Los sensores CMP 21 y CMP 22 incluyen tests individuales de respuesta direccional y de dependencia de la temperatura



Visita www.kippzonen.com para encontrar su distribuidor local

OFICINA CENTRAL

Kipp & Zonen B.V.
 Delftechpark 36, 2628 XH Delft
 P.O. Box 507, 2600 AM Delft
 The Netherlands
 T: +31 (0) 15 2755 210
 F: +31 (0) 15 2620 351
 info@kippzonen.com

Kipp & Zonen B.V. se reserva el derecho de cambiar las especificaciones de este documento sin notificación

4414470-V1312Es