

TEMPERATURA DEL AGUA DE RED EN VIVIENDAS SIN TANQUE Y SU INFLUENCIA EN LA FRACCIÓN SOLAR DE UN COLECTOR

Gustavo R. Figueredo, Ruben Spotorno, Hugo Zurlo

Grupo de Investigación en Tecnologías Energéticas Apropriadas (GITEA)

Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional

French 414 - C.P. 3500 - Resistencia, Chaco.

Tel.03624-565218 e-mail: grfigueredo@gmail.com

Resumen: El comportamiento de las instalaciones solares térmicas depende de muchas variables, una de ellas es la temperatura del agua de alimentación al colector. En muchos países la temperatura del agua de alimentación a utilizar para predecir la producción de una instalación solar a largo plazo se encuentra normalizada. La temperatura del agua de red depende fuertemente de la temperatura del suelo y del tiempo de residencia del agua en las tuberías. En este trabajo se estableció el perfil temporal de temperaturas para el agua de red en la ciudad de Resistencia, se analizó su relación con la temperatura del terreno y se calculó la fracción solar de una instalación para proveer agua caliente sanitaria en función de los distintos perfiles de temperaturas. Los perfiles temporales de temperatura se ajustaron mediante una oscilación armónica de periodo anual, con una media de $24\pm 2^{\circ}\text{C}$, una amplitud de $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ obteniéndose en general coeficientes de determinación R cuadrado superiores a 0,92.

Palabras clave: Temperatura, Agua, Red, Rendimiento, Instalaciones Solares Térmicas

INTRODUCCIÓN

La temperatura del agua de alimentación (agua fría), también denominada de suministro o de red, tiene una gran importancia en el cálculo de la demanda de energía de una instalación. Tiene un importante efecto sobre el comportamiento de un equipo solar y puede influir significativamente en el dimensionado del equipo. La temperatura de red es, por una parte, muy dependiente de las condiciones del tiempo local y por otra, presenta muchas dificultades para su conocimiento exacto ya que puede variar mucho de una instalación a otra, incluso en una misma localidad. Entre otros factores, depende de la procedencia (por ejemplo, una red de abastecimiento o un pozo), de la localidad, de la época del año, del trazado de la red de distribución, etc. Así por ejemplo, el calentamiento que puede experimentar el agua fría en la red de distribución hasta el sistema de calentamiento solar, o por el uso de tanque de reserva elevado, en el exterior, que posea la instalación sanitaria, pueden modificar en gran medida los valores normalizados que puedan disponerse.

Cuando se efectúa la evaluación económica de sistemas de calentamiento solar, uno de los métodos más utilizados, es el denominado F-chart, que requiere datos meteorológicos medios mensuales, incluida la temperatura media mensual del agua de alimentación (Klein et al, 1976).

En los manuales de cálculo se recomienda un análisis detallado del suministro de agua fría que permita una valoración correcta de la temperatura del agua fría a la entrada al depósito solar (puede llegar a ser muy diferente de la temperatura de suministro de agua fría de la red), justificando en cualquier caso, como exigen las especificaciones, los valores finales adoptados (Escribano et al, 2013).

Los sistemas domésticos de suministro de agua son la etapa final del proceso de transporte para entregar agua potable al grifo de los clientes. Bajo la influencia de la temperatura, el tiempo de residencia y los materiales de las tuberías, la calidad del agua potable puede cambiar mientras el agua pasa por el sistema doméstico de agua potable. De acuerdo con la Ley Holandesa de Agua Potable, la

temperatura del agua potable no debe superar el umbral de 25°C en el punto de uso. En una publicación científica se proporciona un enfoque matemático para modelar el calentamiento del agua potable dentro del sistema de suministro de agua doméstica. Se estableció que el tiempo de residencia influye en la temperatura del agua potable más que la temperatura ambiente en sí (Moerman et al, 2014).

Estudios daneses respaldan la hipótesis de que la temperatura del agua potable a menudo será igual a la temperatura del suelo y que la temperatura del suelo es un predictor mucho mejor de la temperatura del agua potable que la temperatura de la atmósfera (Blokker et al, 2013).

Los países desarrollados disponen de datos de temperatura de agua de alimentación extensos y confiables, por ejemplo la norma española UNE 94002, que se refiere al cálculo de la demanda de energía térmica para instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria, establece la temperatura diaria media mensual de agua fría de las 52 capitales de provincia de España, en la tabla 3 de la mencionada norma se especifican la altura de referencia en metros y la temperatura media mensual de agua fría en grados Celsius para las capitales de provincia. Se observa un mínimo en la ciudad de Soria de 5°C en enero y un máximo de 21°C en Sevilla durante julio. Se establece además una función para corregir la temperatura dependiendo de la altura del lugar donde se encuentra la instalación (Norma UNE 94002).

En este trabajo se presentan los perfiles de temperatura anuales para el agua de alimentación a colectores solares para instalaciones sin tanque de reserva ubicadas en la ciudad de Resistencia, en el NEA de Argentina. Para analizar la correlación también se expone el perfil anual de temperaturas del suelo a 1m de profundidad. Se simula una instalación para proveer agua caliente sanitaria a una vivienda unifamiliar y se establece la relación entre la temperatura del agua de alimentación y la fracción solar calculada mediante el método F-Chart.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las instalaciones domiciliarias de agua corriente se pueden clasificar en dos categorías, instalaciones con tanque de reserva y sin tanque de reserva. En esta publicación se van a presentar los resultados para el último caso y se están terminando las mediciones y procesamiento para el caso de instalaciones con tanque de reserva. Así mismo en el conjunto de instalaciones sin tanque de reserva, se distinguen dos subconjuntos: con tanque de reserva barrial a una distancia inferior a 1.000m desde el domicilio y con cisterna central que abastece a varios barrios, a más de 1000m del domicilio.

Temperatura del agua de red con tanque barrial

Para la medición manual se utilizó un termómetro digital marca CEM modelo DT-630 con capacidad para dos sensores, usando termocuplas tipo K; rango de medición entre -200 y 1372 °C; resolución de pantalla 0,1°C y exactitud de 0,15%+1°C para el rango de medición usado (por encima de -100°C).

La modalidad utilizada consistió en efectuar dos mediciones diarias, aproximadamente a la misma hora (una por la mañana y otra por la tarde-noche), de la temperatura de salida del agua en la pileta de la cocina de una vivienda sin tanque de reserva. Para minimizar la incidencia del transitorio térmico provocado por la conexión interna de la vivienda, se dejaba salir el agua hasta que la indicación de temperatura no presentara variaciones, lo que demandaba algunos minutos y unos pocos litros de agua. Las mediciones se efectuaron diariamente llegándose a contar con dos años completos de datos.

La vivienda en la que se efectuaron las mediciones pertenece a un barrio construido por plan de viviendas del Estado, sin tanque de reserva en la vivienda ya que todo el barrio cuenta con una cisterna y tanque elevado que provee el suministro de agua; esta situación se corresponde con el suministro de agua directo (sin tanque de reserva) a una vivienda desde la red urbana.

Cuando se calculan los promedios mensuales, las variaciones diarias debido a fenómenos climáticos locales se compensan entre sí, poniéndose de manifiesto las variaciones debido a los fenómenos relativos al movimiento de traslación de la tierra y a la inclinación del eje de rotación de la misma, presentando en consecuencia una oscilación armónica con frecuencia anual. Para ajustar los promedios mensuales se utilizará una oscilación de temperatura dada por la ecuación 1.

$$t = t_{media} - A \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{12}(n - n_{min})\right) \quad (1)$$

Donde t_{media} es la temperatura media anual, A es la amplitud que corresponde a la semidiferencia entre el valor máximo y mínimo, n es el número de mes del año (enero: 1) y n_{min} es el mes para el que corresponde la menor temperatura.

El grado de concordancia entre el ajuste mediante la oscilación armónica y los valores experimentales se establecerá mediante el coeficiente de determinación o R cuadrado, dado por la ecuación 2, recordando que cuanto más se aproxime el R^2 a la unidad mejor es la correlación entre el ajuste y los valores experimentales.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \hat{t}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t}_i)^2} \quad (2)$$

Donde t_i es la temperatura media mensual del mes i , \hat{t}_i es la temperatura media mensual ajustada y \bar{t}_i es el valor medio de las temperaturas medias mensuales.

Temperatura del agua de red sin tanque barrial

Medir automáticamente la temperatura del agua de red enfrenta el problema de que el uso y la consecuente circulación del agua por las tuberías es esporádico y aleatorio, encontrándose la mayor parte del tiempo, el agua estancada en la tubería, alcanzando el equilibrio térmico con el medio que rodea la tubería. Cuando se inicia el consumo de agua se produce una renovación del agua de la tubería y luego de un transitorio se estabiliza en la temperatura real del agua de red.

Para el caso del agua de la red sin tanque, se utilizó un Data Logger de la marca NOVUS tipo Fieldlogger 512K con HMI (Human Machine Interface) que dispone de 8 entradas analógicas y 8 entradas o salidas digitales. Para medir temperaturas se usaron dos termocuplas tipo k en vainas de acero inoxidable de 2mm de diámetro y 100mm de largo, obteniendo una precisión de 0,2% del rango más menos 1°C.

Es necesario distinguir entre el hecho de medir las temperatura y el registro de las mismas. Para efectuar el registro inicialmente se miden las temperaturas permanentemente con un intervalo de actualización de 1s y se determina la variación de temperatura del agua a lo largo de 5s.

$$\Delta t_5 = t_\tau - t_{\tau+5s} \quad (3)$$

Para detectar cuando se inicia la circulación del agua y se produce el transitorio en la temperatura, se configura una alarma A1 cuando el cuadrado de la variación de temperaturas es mayor que 0.09°C, la que dispara el inicio del registro de las temperaturas cada 2s.

$$\Delta t_5^2 > 0.09^\circ C \quad (4)$$

Para contemplar que luego de un transitorio se estabiliza la temperatura, se configura una segunda alarma A2 cuando el cuadrado de la variación de temperaturas desciende por debajo de 0.01°C.

$$\Delta t_5^2 < 0.01^\circ C \quad (5)$$

El inicio del registro de las temperaturas se controla con el disparo de la alarma A1 con un intervalo entre registros de 2s. La detención del registro se controla con el disparo de la alarma A2.

Como se registran muchos valores prácticamente iguales (entre 2 y 15 valores) desde que se inicia el registro (disparo de A1) y hasta que se detiene (disparo de A2) durante el posterior procesamiento informático de los datos se descartan todos aquellos registros que están seguidos por un nuevo registro con un intervalo de tiempo inferior a 86s, con esto se busca considerar únicamente el último valor antes de que se detenga el registro por A2. Logrando reducir la cantidad de registros repetidos el mismo evento, por ejemplo durante diciembre del 2022, se registraron más de mil mediciones que luego de procesadas informáticamente y eliminadas las del mismo evento, se redujeron a aproximadamente 200 mediciones.

Temperatura del suelo

La temperatura del subsuelo se midió con sensores de temperatura tipo Pt 100 dispuestos en vainas de protección de acero inoxidable con diámetro 5mm y 200mm de largo, dispuestos a 0,49 m, 0,78 m, 1,08 m y 1,58 m. La perforación se realizó con una profundidad de 1,60 m y un diámetro de 0,2 m en una zona del terreno sin pendiente y con una incidencia de radiación solar media. Los datos se toman Se registraron las temperaturas entre febrero del 2020 y diciembre del 2022, abarcando aproximadamente 3 años, a pesar de que durante el 2020 hubo algunos periodos que se perdieron a consecuencia de cortes de energía durante la pandemia de COVID. Para la adquisición y registro de los datos, cada 30 minutos, se usó un multímetro data logger RIGOL M300 con 6 ½ dígitos de resolución, conectado a las sondas Pt100 mediante un circuito de 3 hilos. (Gomez Rinesi et al, 2021)

Método F-chart

El F-chart es un modelo de simulación que permite estimar el comportamiento térmico a largo plazo de instalaciones de calefacción y producción de agua caliente mediante energía solar en el ámbito residencial. La información obtenida mediante 300 simulaciones se usó para desarrollar un método gráfico sencillo que constituye un procedimiento de diseño general para sistemas solares a partir de datos meteorológicos medios mensuales. Para el uso del método es necesario conocer las características constructivas de la instalación (colector, tanque de acumulación, etc) la irradiación diaria media mensual sobre el plano del colector y la demanda total de energía necesaria para calentamiento. Un método simple para estimar la irradiación media mensual sobre planos inclinados conociendo la irradiación media mensual sobre plano horizontal es el desarrollado por Liu y Jordan [29] que es el que se utilizó en el presente trabajo. La demanda mensual de energía para calentamiento depende del volumen de agua caliente consumida, de la temperatura de utilización y de la temperatura de alimentación, que es el factor estudiado en el presente trabajo. Como resultado se obtiene la fracción solar que se define como la relación entre la energía producida por la instalación solar y la demanda total de energía para calentamiento, de forma tal que una fracción solar igual o superior a la unidad, indica que no hay necesidad de energía de respaldo y que por ejemplo una fracción solar del 50% indica que la mitad de la necesidad de energía es cubierta por el aporte solar y la otra mitad por algún tipo de energía de respaldo (gas o electricidad).

RESULTADOS

Temperatura media mensual del agua de red con tanque barrial

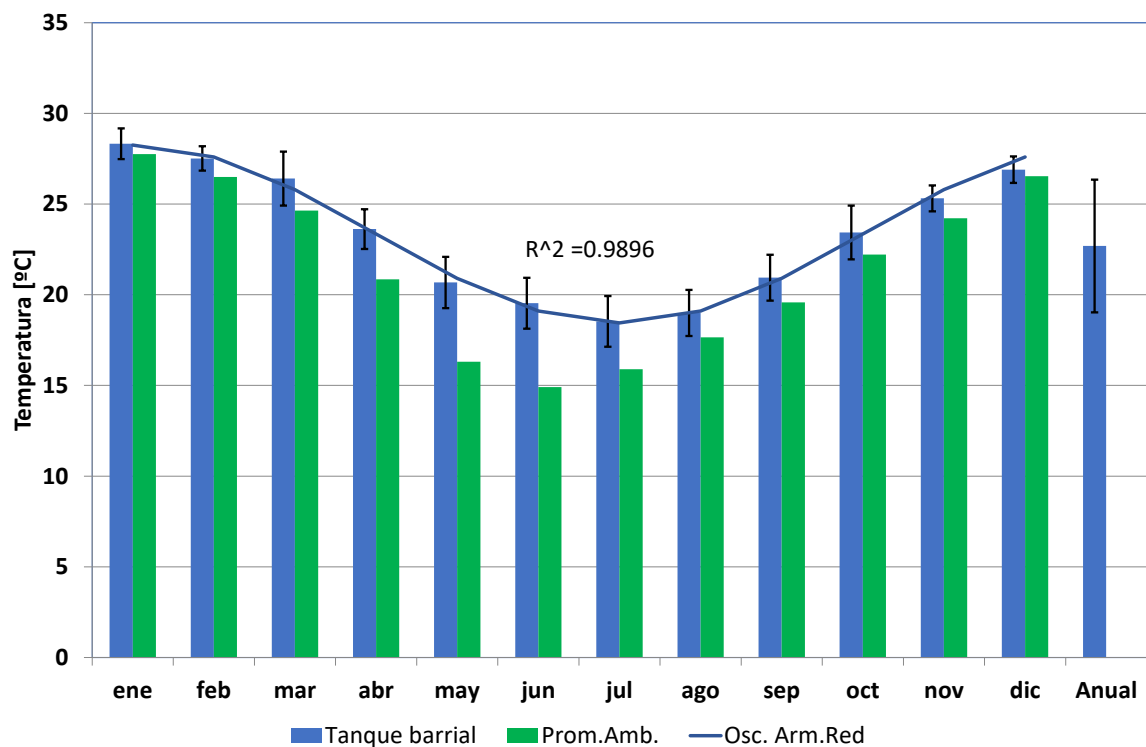


Figura 1: Temperatura media mensual del agua de red con tanque barrial, el aire ambiente y aproximación mediante una onda armónica

Se procesaron informáticamente las temperaturas registradas a lo largo de 3 años (2020,2021 y 2022), en la Figura 1 se representaron las temperaturas medias mensuales del agua de red, junto con las temperaturas medias mensuales del aire ambiente para la ciudad de resistencia y una aproximación mediante una onda armónica. Las barras de “error” incorporadas representan la desviación standart de los promedios, hacen referencia a la dispersión de los valores medidos, no tienen relación directa o estricta con los errores en las mediciones de temperatura que en general son mucho menores. La oscilación armónica de periodo anual, valor medio igual al promedio anual de las temperaturas mensuales de 23,4°C y amplitud igual a la mitad de la diferencia entre el mayor y menor valor de 4,9°C. Se obtiene un coeficiente de determinación entre la armónica y la medición de $R^2=0.99$ aproximadamente.

Temperatura media mensual del agua de red sin tanque barrial

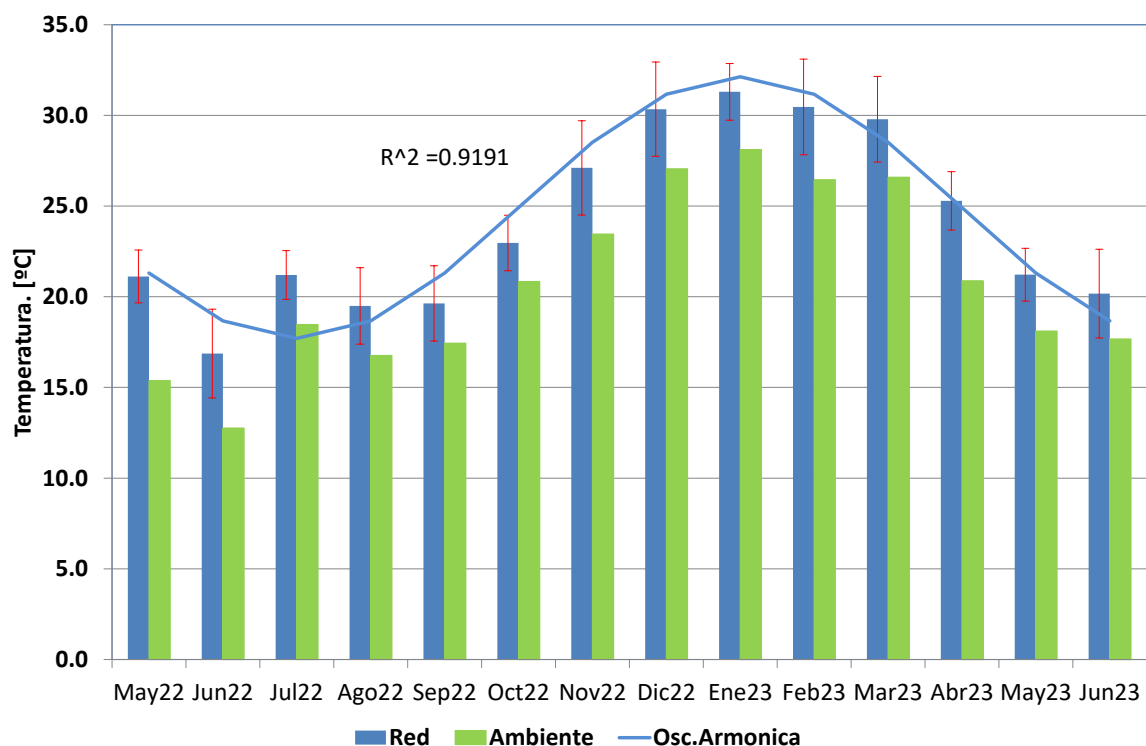


Figura 2: Temperatura media mensual del agua de red sin tanque barrial, el aire ambiente y aproximación mediante una onda armónica

En la Figura 2 se representaron los promedios mensuales de la temperatura del agua de red para el periodo registrado, comprendido entre mayo del 2022 y junio del 2023. Las barras de “error” incorporadas al gráfico representan la desviación estándar de los promedios, hacen referencia a la dispersión de la enorme cantidad de valores medidos, no tienen relación directa con los errores en las mediciones de temperatura que en general son mucho menores (aproximadamente 1°C). Esta dispersión en los valores de temperatura a lo largo del mes tiene relación con la hora de medición, el consumo de agua y el estado del tiempo (temperatura ambiente, radiación, etc) que se modifica bastante a lo largo del día y del mes cuyo promedio se obtiene. En dicho grafico también se representaron los promedios mensuales de las temperaturas ambiente para la ciudad de Resistencia publicadas por el SMN, y una regresión de las temperaturas del agua mediante una oscilación armónica de periodo anual, valor medio igual al promedio anual de las temperaturas mensuales de 24,9°C y amplitud igual a la mitad de la diferencia entre el mayor y menor valor de 7,2°C. Se obtiene un coeficiente de determinación entre la armónica y la medición de $R^2=0.92$ aproximadamente.

Temperatura media mensual del suelo a 1m de profundidad

Las tuberías de distribución del agua de red se instalan a una profundidad aproximada de 1m y debido a la gran extensión de tuberías el agua de la red se aproxima al equilibrio térmico con el suelo del terreno, por esto la temperatura del terreno ofrece una buena posibilidad de correlacionar con la temperatura del agua de red.

En la figura 3 se representó la temperatura media mensual del suelo a 1m de profundidad medida en la ciudad de Resistencia, NEA de Argentina, durante los años 2020, 2021 y 2022. Se observa un valor máximo de 29,7°C para enero y febrero y mínimo de 21,3°C para el mes de julio y un valor medio anual de 25,5°C. Los valores medidos se ajustaron mediante una oscilación con una amplitud de 4,2°C, valor medio igual al promedio anual y una fase tal que el valor mínimo se produce el 24 de julio, lográndose un coeficiente de determinación entre la armónica y la medición de $R^2=0.99$ aproximadamente.

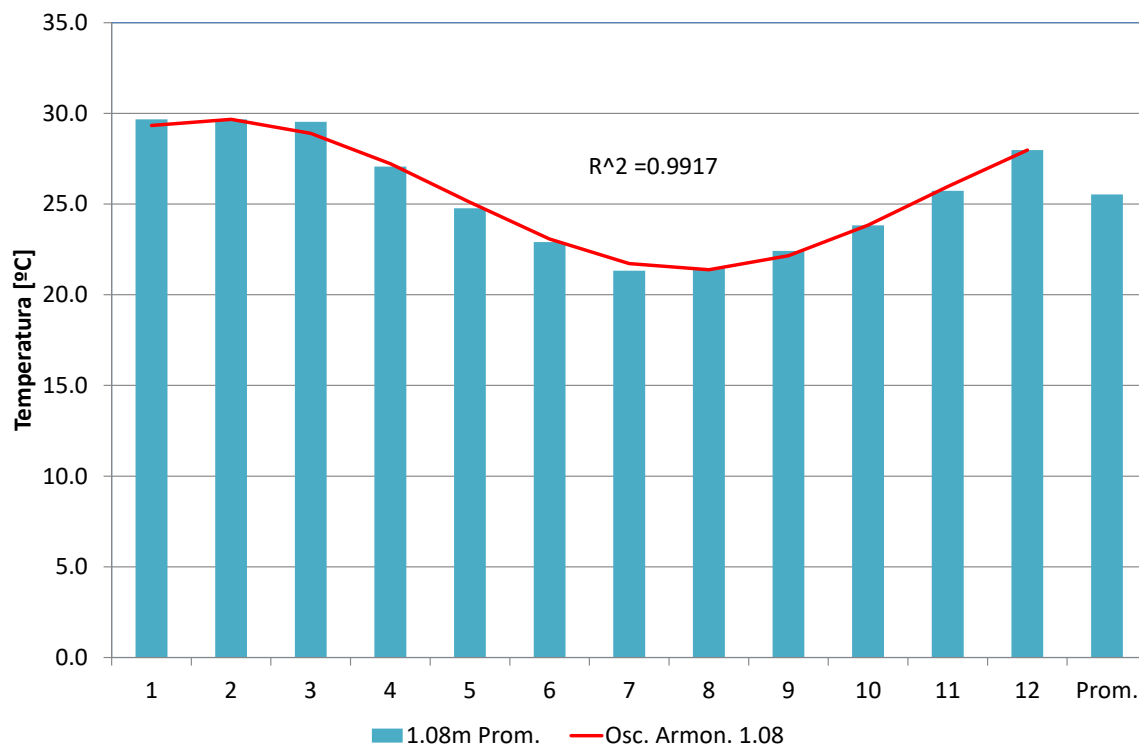


Figura 3: Temperatura media mensual del suelo a 1m y aproximación mediante una onda armónica

Relación temperatura del agua con temperatura del suelo

En la figura 4 se comparan las regresiones que aproximan la temperatura del agua de red sin tanque barrial y la temperatura del suelo a 1m de profundidad, las temperatura media del suelo es 0,6°C superior a la del agua, lo que se encuentra en el orden de los errores de medición de la temperatura del agua. Mientras que la amplitud de la oscilación del agua de red es 3°C superior a la oscilación de la temperatura del suelo, lo que constituye una diferencia significativa.

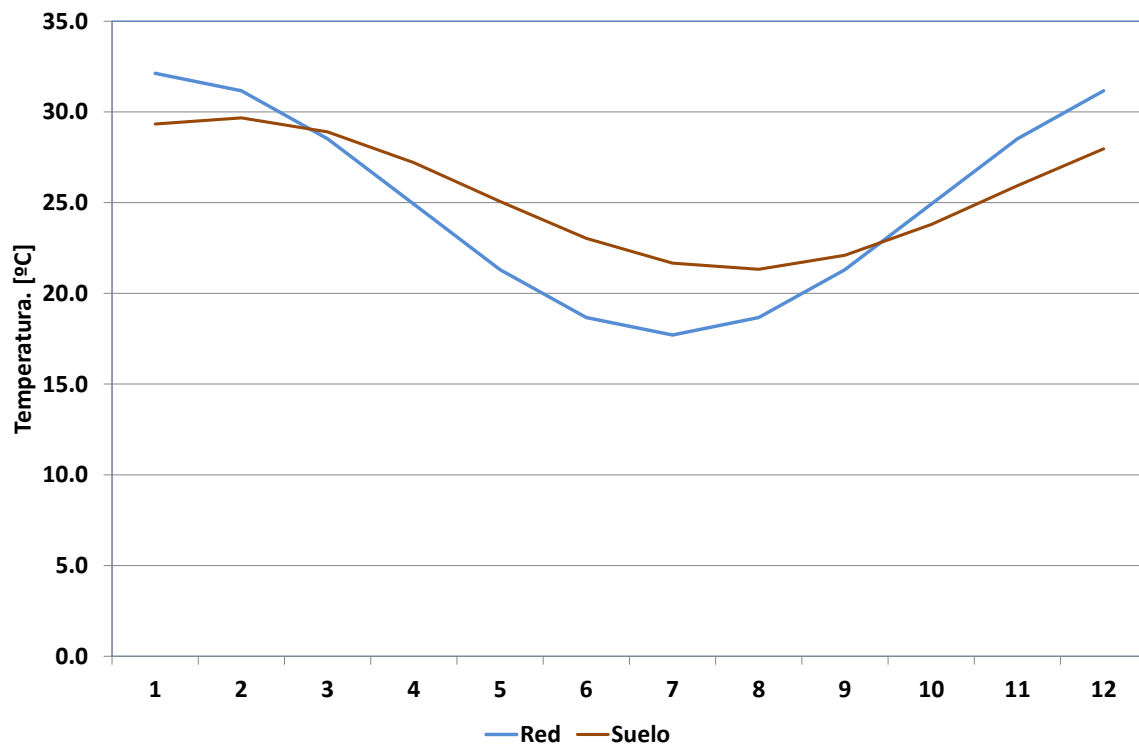


Figura 4: Ajustes de la temperatura del agua de red y del suelo a 1m de profundidad

Influencia de la temperatura en la fracción solar

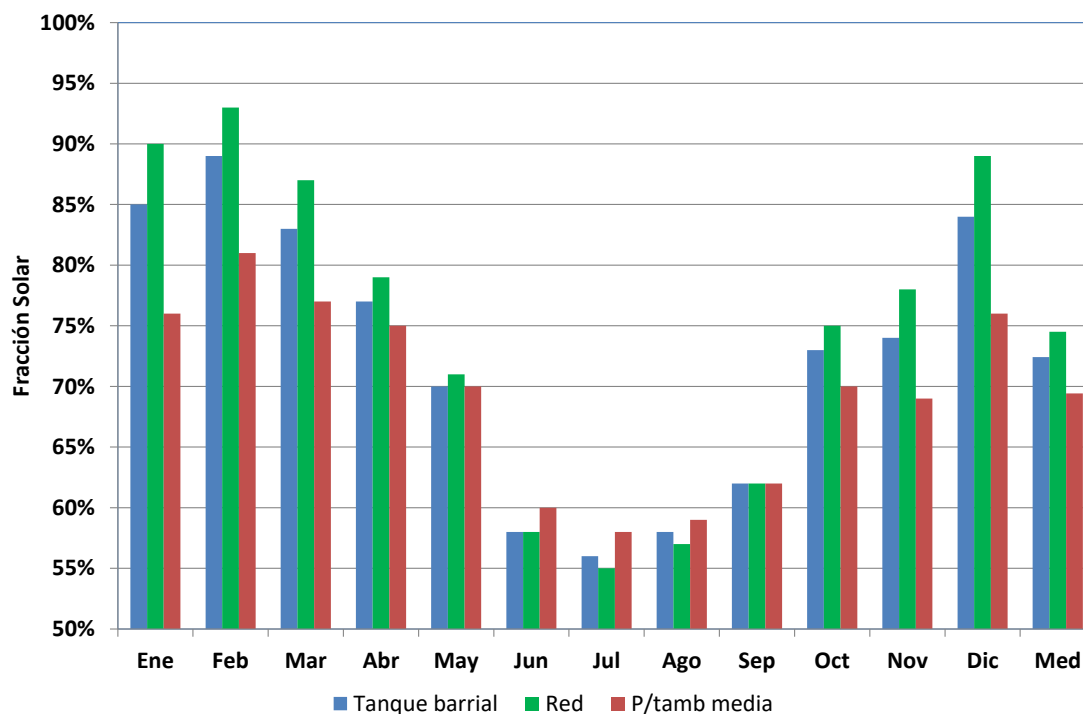


Figura 5: Fracciones solares obtenidas por el f-chart

Se utilizó el método f-chart para obtener las fracciones solares para los casos de la temperatura del agua de alimentación igual al caso con el tanque barrial, para la temperatura del agua de red y se agregó un caso testigo manteniendo la temperatura constante igual a la temperatura media anual del aire ambiente para la ciudad de Resistencia. Los demás parámetros se mantuvieron constantes para los 3 casos, según lo especificado en la siguiente tabla. Se observa una influencia moderada, notándose una mayor diferencia entre el caso de temperatura media constante y temperatura del agua de red, la que asciende hasta el 15% en enero y se reduce a prácticamente cero durante mayo y septiembre y en el valor medio anual se obtiene que la fracción solar con agua de red es un 5% superior al caso testigo con temperatura constante. Si comparamos los resultados obtenidos tomando agua del tanque barrial y de la red, se observa que durante los meses cálidos la fracción solar para agua de red es mayor a la del tanque barrial, llegando hasta un 5% de diferencia durante el mes de enero y que durante los meses fríos hay una leve ventaja del tanque barrial llegando durante julio y agosto a un 2% de diferencia. En el promedio anual la diferencia es del 3% a favor del agua de red.

Tabla 1: Resumen de los datos utilizados en la simulación

Número de personas	$N_p=4$
Consumo individual de agua	$C_u=50$ [L/día]
Temperatura de utilización	$T_U=45$ [°C]
Inclinación del colector sobre la horizontal	$\beta_{deg}=40$
Área del colector	$A_c=2$ [m ²]
Rendimiento máximo del colector	$F_{R_tau_alfa}=0.69$
Factor lineal de la curva del rendimiento del colector	$a_1=4.79$ [W/(°C*m ²)]
Factor cuadrático de la curva del rendimiento del colector	$a_2=0.00001$ [W/((°C*m ²) ²)]
Volumen del acumulador por m ² de colector	$V_{e_acu}=75$ [L/m ²]

Para valores de la temperatura del agua se utilizó las ondas armónicas ajustadas según los datos medidos en ambos casos, considerando siempre como mes de menor temperatura a Julio. Los valores de temperatura media y amplitud de los 3 casos se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 2: Parámetros de las oscilaciones armónicas de las temperaturas

	Tanque barrial	Red	Temp. media
Promedio	23	25	21
Amplitud	5	7	0

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los valores medidos de temperatura del agua tienen un error de aproximadamente $\pm 1^\circ\text{C}$, originados en la técnica de medición y en el instrumental, debido a que se utilizaron termocuplas como sensores de temperatura. Así mismo la variable medida es imprecisa, es decir presenta grandes variaciones en el tiempo, a lo largo de un evento, entre eventos del mismo día y entre eventos de distintos días. Al hacer un promedio de muchas mediciones a lo largo de un mes, estas diferencias tienden a compensarse, no obstante en función del error de la medición, de la indeterminación de la variable y de la experiencia de los autores, se estima que la incertidumbre total en la temperatura media mensual del agua sería de aproximadamente $\pm 2^\circ\text{C}$.

Si se comparan los valores de amplitudes y promedios de la temperatura del agua para el caso sin tanque y con tanque barrial se observa que ambos difieren en cantidades comprendidas dentro de la incertidumbre mencionada.

A modo de referencia se pueden utilizar datos ofrecidos por la norma UNE94002 para la ciudad de Almería en España que tiene una temperatura ambiente media anual de 19°C y que establece un perfil anual de temperatura del agua que se correlaciona muy bien ($R^2=0,97$) con una oscilación armónica de valor medio $15,7^\circ\text{C}$, amplitud $4,5^\circ\text{C}$ y fase para valor mínimo el 18 de febrero (UNE 94002).

La aplicación de estos valores como datos de entrada para el método F-chart arroja una diferencia máxima del 5% en la fracción solar para el mes de enero y diciembre, mientras que el promedio de las diferencias ronda el 2%. Klein et al a su vez establecieron discrepancias entre los valores estimados mediante el método F-chart y valores calculados en base a mediciones reales de hasta el 11%, si bien en general son mucho menores y son de aproximadamente el 3% en general.

Blokker et al, 2013, efectuaron la comparación de la temperatura del agua medida en dos casos de prueba, 2 meses de mediciones en ubicaciones específicas en un DWDS (sistema de distribución de agua potable) y 2 años de mediciones reglamentarias en el grifo, ilustra claramente que la temperatura pronosticada del suelo que rodea el DWDS es indicativa de la temperatura del agua. Esto significa que el modelo de temperatura del suelo se puede usar como modelo para predecir la temperatura del agua en un DWDS porque el tiempo de residencia del agua potable en el DWDS es más largo que el tiempo requerido para la transferencia de calor entre el suelo y el agua potable. (Blokker y Pieterse-Quirijns, 2013).

CONCLUSIONES

Se establecieron los perfiles anuales de temperatura del agua de alimentación a colectores solares para instalaciones sin tanque de reserva en la ciudad de Resistencia, NEA de Argentina. Generalizando ambos casos medidos se puede determinar el perfil anual de temperatura caracterizada por una oscilación armónica con una media de $24\pm 2^\circ\text{C}$, una amplitud de $6\pm 2^\circ\text{C}$, una frecuencia anual y una fase tal que el mínimo corresponde al mes de julio.

Se contrastó la temperatura del agua de red contra la temperatura del suelo, para lo que se midió, registró y procesó la temperatura del suelo durante aproximadamente 3 años, estableciéndose la evolución temporal de la temperatura del suelo a 1m de profundidad.

En base a la evolución temporal de la temperatura del agua de alimentación se simuló mediante el método F-chart el comportamiento de una instalación solar térmica para vivienda unifamiliar, tomando como referencia el caso donde la temperatura se mantiene constante e igual a la temperatura media del

aire del lugar. Se obtuvieron diferencias superiores a 15 puntos porcentuales entre las fracciones solares para el mes de enero entre el caso de temperatura constante y el de agua de red, reduciéndose esa diferencia a cerca de 2 puntos porcentuales para el mes de julio. Generalizando en los promedios anuales de la fracción solar resultó que suponer una temperatura constante subestima el promedio de la fracción solar en aproximadamente un 5%, lo que es ligeramente superior a la incertidumbre del método empleado.

Se continúa midiendo y analizando el caso de las instalaciones con tanque de reserva elevado cuyos resultados se publicarán próximamente.

Bibliografía

Blokker E. J. M. y Pieterse-Quirijns E. J. (2013). Modeling temperature in the drinking water distribution system. American Water Works Association, 105, E19-E28.

Gómez R. C., Spotorno R., Zurlo H., Figueredo G. R. (2021) Simulación de la evolución de la temperatura del suelo a diferentes profundidades. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 25, pp. 187-198.

Klein A. A., Beckman, W. A. Duffie J. A. (1976). A design procedure for solar Heating Systems. Solar Energy, vol.18, pp.113-127.

Liu B. Y. H., Jordan R. C. (1962). Daily insolation on surfaces tilted toward the equator. Trans. ASHRAE, 526-541.

Martínez Escribano J. C., Noceto P.F., Alonso Suarez R. (2013). Manual Técnico de Energía Solar Térmica. Publicación electrónica: Facultad de ingeniería, Universidad de la República.

Moerman A., Blokker M., Vreeburg J., Van der Hoek J. P. (2014). Drinking Water Temperature Modelling in Domestic Systems. 16th Conference on Water Distribution System Analysis, WDSA 2014.

UNE 94002 (2005) Norma Española, Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica.

NETWORK WATER TEMPERATURE IN HOUSES WITHOUT TANKS AND ITS INFLUENCE ON THE SOLAR FRACTION OF A COLLECTOR

Abstract: The behavior of solar thermal installations depends on many variables, one of which is the temperature of the water that feeds the collector. In many countries, the temperature of the feed water to be used to predict the production of a long-term solar installation is standardized. The temperature of the mains water strongly depends on the ground temperature and the residence time of the water in the pipes. In this work, the temporary profile of temperatures for mains water in the city of Resistencia was established, its relationship with the ground temperature was analyzed, and the solar fraction of an installation to provide domestic hot water was calculated based on the different temperature profiles. Temporal temperature profiles were adjusted by means of a harmonic oscillation with an annual period, with an average of $24\pm 2^{\circ}\text{C}$, an amplitude of $6\pm 2^{\circ}\text{C}$, generally obtaining R-squared coefficients of determination greater than 0.92.

Keywords: Temperature, Water, Network, Performance, Solar Thermal Installations