



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Dispositivo de ahorro de ACS y energía

Autor: Jose Ramon Cuesta Pomares

Institución: Universidad Politécnica de Valencia

e-mail: info@caldeo.es

RESUMEN

Con CALDEO se dispone una microacumulación de agua caliente (4 litros) en el punto de suministro), y lo que se consigue es elevar la T^a del agua fría contenida en la conducción de AC, ni desalojarla ni recircularla. Cuando finaliza la demanda de ACS aprovecha la T^a del agua calentada por el calentador principal, almacenándola. Y mediante una buena calorifugación y aporte de calor con una resistencia de 0,5 Kw, se evita su enfriamiento. En el caso del termo a gas al demandar AC, primero he de desalojar los 2 litros contenidos en la conducción, más una cantidad de agua que todavía no es apta para su uso, que según los ensayos realizados es de 2,75 l. Por tanto, he de dejar ir por el desagüe 4,75 litros de agua potable en cada uso antes de tener agua caliente. Con CALDEO toda esta agua se mezcla con la almacenada, y conjuntamente con el agua fría de la conducción de AF (usando grifo monomando en lavabo y bidé, y grifo termostático en la ducha) obtengo agua a T^a de uso, sin esperas y sin desperdiciar agua. En el caso del termo eléctrico, estas mezclas se producen solo cuando se está desalojando los 2 litros estancados en la conducción de AC, luego ya viene el AC del termo principal. Cuando acaba la demanda de ACS, el depósito queda lleno de ACS a una temperatura de 55 °C, proporcionada por el calentador principal, por lo que la resistencia (regulada por el termostato) mantendrá la temperatura entre 70-80°C, y teniendo en cuenta el poco volumen de agua y su aislamiento térmico, tengo un consumo eléctrico mínimo Así pues, tenemos un suministro de ACS con variaciones de 4 -5 °C por las mezclas y cambios de procedencia del ACS, por ello se ha de instalar un grifo termostático en la ducha, lo cual no es necesario para el lavado de manos o el llenado del bidé. La particularidad de éste sistema es que se puede instalar tanto para un solo aparato como para un colectivo de aparatos (cuarto de baño completo), o incluso para varios cuartos de baño (dependiendo de su ubicación). La cantidad de agua caliente instantánea que CALDEO puede suministrar es independiente de la demanda, ya que una vez mezclada el agua fría de la conducción de ACS, la siguiente que viene ya está calentada por el calentador principal.

Palabras Clave: agua, energía



¿Por qué esperar el agua caliente?

PREGUNTAS MAS FRECUENTES SOBRE “CALDEO”

1. ¿QUÉ ES?

Es un sistema de eficiencia energética y economizador de agua que se compone de un pequeño termo eléctrico (4 litros de capacidad) y un grifo termostático que se instala en la ducha (en caso de que no se disponga).

2. ¿PARA QUÉ SIRVE?

Para tener agua caliente de forma instantánea, y ahorrar agua y energía.

3. ¿DÓNDE SE INSTALA?

En el cuarto de baño o en el punto de suministro que se desee.

4. ¿OCUPA MUCHO?

No, cabe perfectamente bajo el lavabo, dentro del mueble.

5. ¿NECESITO UNO PARA CADA GRIFO?

No, un solo CALDEO abastece a todos los puntos de agua de un cuarto de baño completo o a los dos, dependiendo de la distribución de la casa.

6. ¿ES COMPLICADA LA INSTALACIÓN?

Su instalación es similar a la de un termo eléctrico estándar.

7. ¿AHORRA MUCHO AGUA Y ELECTRICIDAD?

Para una vivienda con tres personas, contemplamos dos situaciones:

1. Si tenemos un termo eléctrico, ahorra 180 l de agua/mes.
2. En el caso de termo a gas ahorra 425 l de agua/mes y un 47 % de energía

8. ¿HAY LIMITE EN LA CANTIDAD DE AGUA CALIENTE SUMINISTRADA?

No, ya que su función es elevar la temperatura del agua estancada en la conducción de AC, la siguiente la proporciona el termo principal

9. ¿CUÁNTO CUESTA?

En estos momentos está en proceso de industrialización, pero estimaciones previas establecen su precio entorno a los 500 € (IVA e instalación incluida).

PROBLEMA TECNICO PLANTEADO

Al intentar hacer uso de agua caliente, he de esperar un tiempo hasta que ésta salga efectivamente caliente, dejando ir por el desagüe una importante cantidad de agua potable EN CADA USO, y eso en la actualidad es inaceptable.

Para la producción de Agua Caliente Sanitaria (a nivel doméstico) los sistemas más usados son:

- Calefacción a gas (natural o butano)
- Acumulador eléctrico
- Energía solar térmica
- Calefacción por caldera

Dejando a un lado las posibles ventajas y desventajas de cada uno, todos tienen algo en común: hasta que salga agua caliente por el grifo, primero ha de salir el agua contenida en la conducción, y ésta no está a Tª de uso, sea cual sea el sistema empleado

He calculado el volumen de agua que contiene dicha conducción y teniendo en cuenta el diámetro de ésta y su longitud, es de 2 litros aprox. (en el grifo más alejado, supongo 16 m).

DESCRIPCION DETALLADA DEL CALDEO

Con CALDEO se dispone una microacumulación de agua caliente (4 litros) en el punto de suministro), y lo que se consigue es elevar la Tª del agua fría contenida en la conducción de AC, ni desalojarla ni recircularla. Cuando finaliza la demanda de ACS aprovecha la Tª del agua calentada por el calentador principal, almacenándola. Y mediante una buena calorifugación y aporte de calor con una resistencia de 0,5 Kw, se evita su enfriamiento.

En el caso del termo a gas al demandar AC, primero he de desalojar los 2 litros contenidos en la conducción, más una cantidad de agua que todavía no es apta para su uso, que según los ensayos realizados es de 2,75 l.

Por tanto, he de dejar ir por el desagüe 4,75 litros de agua potable en cada uso antes de tener agua caliente. Con CALDEO toda esta agua se mezcla con la almacenada, y conjuntamente con el agua fría de la conducción de AF (usando grifo monomando en lavabo y bidé, y grifo termostático en la ducha) obtengo agua a Tª de uso, sin esperas y sin desperdiciar agua.

En el caso del termo eléctrico, estas mezclas se producen solo cuando se está desalojando los 2 litros estancados en la conducción de AC, luego ya viene el AC del termo principal.

Cuando acaba la demanda de ACS, el depósito queda lleno de ACS a una temperatura de 55 °C, proporcionada por el calentador principal, por lo que la resistencia (regulada por el termostato) mantendrá la temperatura entre 70-80°C, y teniendo en

cuenta el poco volumen de agua y su aislamiento térmico, tengo un consumo eléctrico mínimo

Así pues, tenemos un suministro de ACS con variaciones de 4 -5 °C por las mezclas y cambios de procedencia del ACS, por ello se ha de instalar un grifo termostático en la ducha, lo cual no es necesario para el lavado de manos o el llenado del bidé.

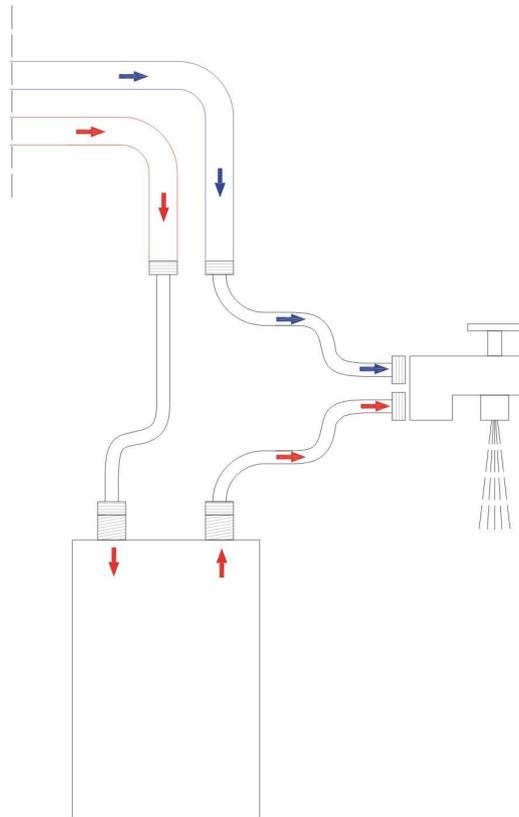
La particularidad de éste sistema es que se puede instalar tanto para un solo aparato como para un colectivo de aparatos (cuarto de baño completo), o incluso para varios cuartos de baño (dependiendo de su ubicación). La cantidad de agua caliente instantánea que CALDEO puede suministrar es independiente de la demanda, ya que una vez mezclada el agua fría de la conducción de ACS, la siguiente que viene ya está calentada por el calentador principal.

ESQUEMA DE INSTALACION

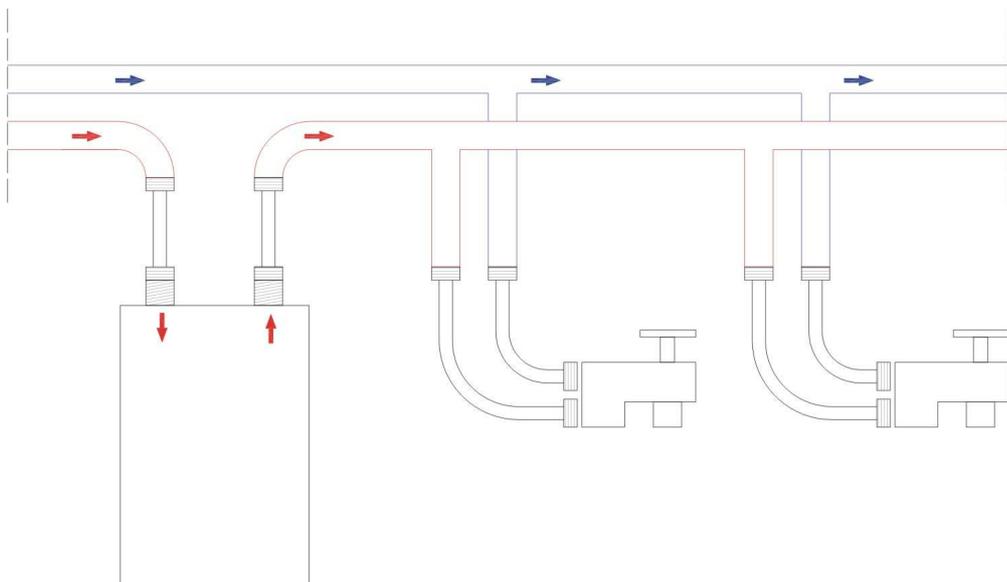
En la instalación de CALDEO hay que distinguir tres situaciones:

- 1.- Que el CALDEO surta a un solo punto.
2. - Que el CALDEO surta a varios puntos.

El caso 1 es la instalación más sencilla, basta conectar el latiguillo de la toma de pared a la entrada de AC de CALDEO y la salida de CALDEO a la toma de AC del grifo.



El caso 2 tampoco ofrece mayor dificultad, hay que interponer CALDEO en la conducción de AC antes de abastecer al primer punto.



ESTUDIO COMPARATIVO DE CONSUMOS Y AHORROS

Voy a fijar unos parámetros que van a determinar los límites de la eficacia de ésta microacumulación:

- Distancia máxima entre punto de producción principal del ACS y punto de suministro = 16 metros
- Temperatura del agua fría, tanto en el caso de termo eléctrico como a gas, he considerado la T^a mínima a la cual CALDEO es efectivo = 1°C

Antes de pasar la formulación comento brevemente las diferencias fundamentales entre el suministro de ACS mediante Acumulador eléctrico y Termo a gas.

- Acumulador eléctrico: el agua caliente viene tras haber desalojado previamente el agua estancada en la conducción de AC, en nuestro caso = 2 litros.
- Termo a gas: el agua caliente viene tras haber desalojado los mencionados 2 litros, más una cantidad de agua que va aumentando de T^a , pero que todavía no ha llegado a la T^a de uso. Según mediciones realizadas en un modelo real ésta cantidad es de 2,75 litros, lo que hace un total de 4,75 litros de agua desalojada antes de tener agua a temperatura de uso (40 °C)

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

SUPUESTO Nº 1

ACUMULADOR ELECTRICO (60 °C) SIN CALDEO

- Suministro de 3 litros de AC (40°C) esperando un tiempo
- Desaprovecho 2 litros de agua
- Consumo energético= 0,27 Kwh

SUPUESTO Nº 2

ACUMULADOR ELECTRICO (60°C) CON CALDEO DE 4 LITROS A 70 °C

- Suministro de 3 litros de AC (40 °C) de forma instantánea y constante
- Desaprovecho 0 litros de agua
- Consumo energético= 0,28 Kwh, hay una pequeña diferencia con el resultado obtenido en el supuesto nº 1 por errores de redondeo, ya que conceptualmente los dos litros de agua calentada consumen lo mismo, se caliente donde se caliente. (Para el cálculo de éste consumo se ha tenido en cuenta tanto lo consumido por el acumulador eléctrico principal como por CALDEO).



SUPUESTO Nº 3

TERMO A GAS (55 °C) SIN CALDEO

- Para suministrar 3 litros de agua a 40°C han de salir en total 7,75 litros de agua
- Desaprovecho 4,75 litros de agua.
- Consumo energético = 0,57 Kwh (equivalencia m3 gas= 11,516 Kwh)

SUPUESTO Nº 4

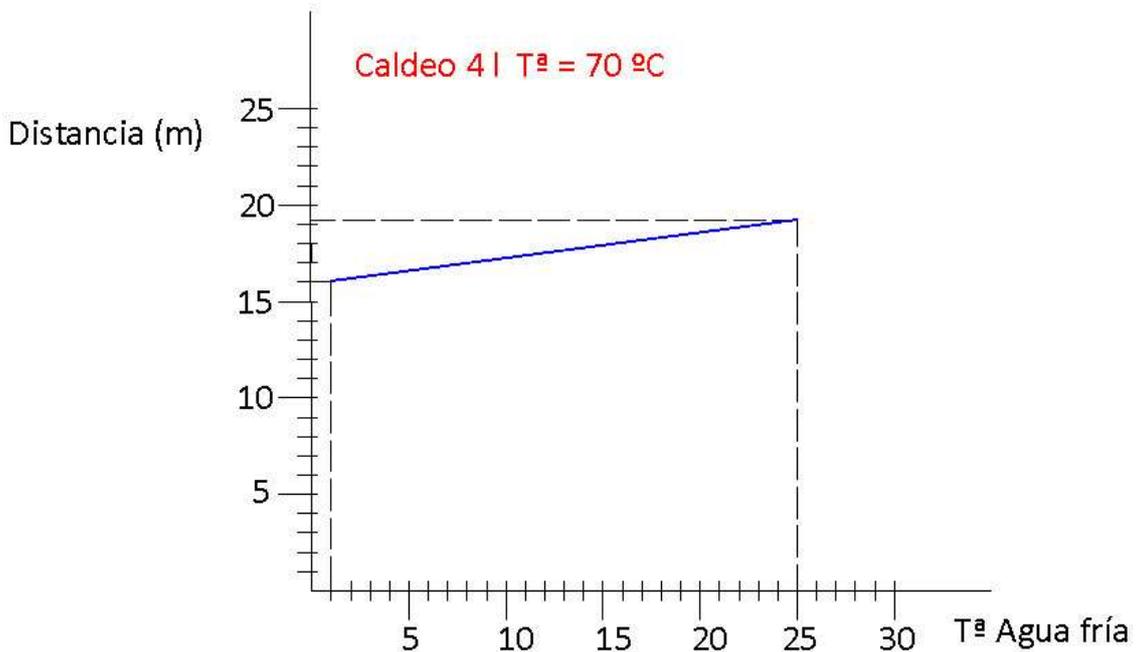
TERMO A GAS (55 °C) CON CALDEO 4 LITROS A 70 °C

- Suministra 3 litros de AC a 40 °C de forma instantánea
- Desaprovecha 0 litros de agua
- Consumo energético= 0,019 m3 de gas (convertido en Kwh) = 0,22 Kwh + 0,087 Kwh (consumidos por CALDEO), hace un total de 0,3 Kwh, lo cual supone un **ahorro de 47 % de energía.**
-

COMENTARIOS A LOS ENSAYOS

Las cantidades de agua suministrada en los ensayos 1 y 2 son diferentes de las de los ensayos 3 y 4 por que se ha evaluado los consumos y ahorros durante el tiempo en que la acción de CALDEO era efectiva, cuando la fuente principal de generación de AC suministra el agua a su Tª de trabajo, dejo de contabilizar la acción de CALDEO.

En las siguientes gráficas se muestra la efectividad del CALDEO en función de la Tª mínima de AF y de la máxima distancia entre punto de producción y suministro. Los cálculos se han realizado fijando una distancia, y aplicando las fórmulas de mezclas, se calcula el volumen de agua a Tª de uso que puede proporcionar el sistema CALDEO (ver ANEJO DE CALCULOS)



COMPARAMOS AHORA EL CALDEO CON UN SUMINISTRADOR DE ACS INSTANTÁNEA.

Escogemos un Calentador Instantáneo electrónico Siemens modelo DE 18.200, cuya potencia nominal es de 18 KW, el caudal de AC a 38°C que proporciona es de 9.9 l/min, la conexión eléctrica que precisa es trifásica a 400 V, y su PVP es de 758,93 € (instalación aparte).

Según información que facilita el catálogo de calentadores instantáneos Siemens, el consumo medio diario de agua a 38 °C es de 54 litros/persona. En una vivienda con 3 personas supone 162 litros. Para un Q=9.9 l/min, supone un tiempo de 0.2725 horas, y obtenemos un consumo de 4.9 Kwh/24h.

Por otra parte, para obtener 162 litros a 38°C, bastará con un termo de acumulación de 75 litros a 65 °C con una resistencia de 1.2 Kw, tiene un consumo de mantenimiento de 0.83 Kwh/24h (según especificaciones técnicas de termos Sanchez-Ysbert), y el de CALDEO es de 0.16 Kwh x 3 usos + 0.165 Kwh/24h (x mantenimiento), lo que nos da un total de 1,475 Kwh/24h. El precio de éste equipamiento es de 230 € + 180 € = 410 € (incluida la instalación), y no hay que ampliar la contratación eléctrica, al contrario que sucede con el calentador instantáneo Siemens.

Comparando los resultados antes obtenidos concluimos que el conjunto formado por **acumulador + CALDEO ahorra casi un 70% de energía** con respecto al sistema de Siemens, a **la mitad de precio**.

Desde el punto de vista medioambiental hemos de tener en cuenta las emisiones de CO₂. Según Gonzalo López Patiño, en sus "consideraciones energéticas y ambientales de la gestión de la demanda de agua. El proyecto AECO2" (2005), se ha de analizar la relación que existe entre el ahorro de agua, la reducción del consumo energético y la disminución de emisiones de efecto invernadero, asociado a los sistemas

de abastecimiento y saneamiento de agua; además, Gonzalo López Patiño, concluye que la reducción de emisiones de CO₂ en el ciclo integral del agua se consiguen, sobre todo en la reducción del consumo de ACS.

CONCLUSIONES

Los ahorros tanto energéticos (47.7 % con un termo a gas), como de agua (4,75 l en caso de termo a gas, 2l para termo eléctrico, por cada uso) no son un tema menor en la actual situación medioambiental. También hay que valorar el ahorro energético que supone el ahorrar agua, ya que hay tener en cuenta en el ciclo integral del agua (captación-distribución-uso-depuración) también se consume energía. Todos estos ahorros se traducen además en emisiones de CO₂, y se da la circunstancia de que España paga una sanción a la UE DE 100€/T de CO₂ emitida de más, en total unos 2.100 millones de €/año, por lo que el CALDEO no solo supone un ahorro medioambiental, sino también económico.

COMO AFECTA EL CTE A CALDEO

3.2.2.3.2 Protección contra quemaduras.

En sistemas de Agua Caliente Sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C debe instalarse un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60 °C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

2.1 Contribución solar mínima

Según la Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. (pag 1017), en el caso de una demanda de 50 l/día (la menor) y en zona climática V (la más soleada), la contribución solar mínima es del 70%, CALDEO, con sus 4 litros de capacidad, representa en este caso (el más desfavorable) el 8%, con lo que cumple de sobra el 30% máximo que permite el CTE para éste caso.

Para el cálculo de la demanda (pto 3.1.1, pag 1019) en su punto 5 dice: "Adicionalmente se tendrán en cuenta las pérdidas caloríficas en distribución / recirculación del agua a los puntos de consumo.", por lo que con la presencia de CALDEO, este cálculo de la demanda será menor, y por tanto más económica la instalación de los equipos que le corresponda

ANEJO DE CALCULOS

DEMOSTRACIÓN DE LOS LÍMITES DE EFECTIVIDAD DEL SISTEMA CALDEO

Voy a analizar con intervalos de 0,25 litros de AC suministrada a 40 °. Cómo varía la Tª de agua en el proceso de suministro de ACS con CALDEO instalado, así como

también determinar la T^a mínima de agua fría para la cual es efectiva la acción de CALDEO y la distancia máxima (del termo a gas o eléctrico) a la que puede estar instalado dicho sistema.

Supongo un grifo termostático fijado en 40°C (en la ducha), y desglosaré los volúmenes de agua suministrada, temperaturas y recorridos de dichos volúmenes de agua durante el tiempo en que es efectiva la acción de CALDEO, es decir, cuando se mezclen los 2 litros de agua alojados en la conducción de AC en el caso del termo eléctrico, o los 4.75 litros en caso del termo a gas. En éste último caso, he de comentar que los 4.75 litros de agua se desglosan en:

- 2 litros alojados en la conducción de AC
- 1 litro donde el termo no ha conseguido elevar aún la T^a del agua
- 1.75 litros, durante los cuales se produce un incremento de 4°C (dependiendo de la potencia del termo) cada 0.25 litros, pero que todavía no está a T^a de uso.

Comentar también en el caso de suministro de AC con termo a gas y CALDEO instalado, el agua suministrada se desglosa en la que proviene de la conducción AF y de la conducción de AC (donde está instalado CALDEO), por lo que el agua que tiene que suministrar el termo a gas, permanece más tiempo en el serpentín donde va incrementando su T^a , por lo que una vez establecida las relaciones, determino que el incremento de 4°C se produce cuando se han suministrado 3 litros a 40°C , y no a los 3 litros que provienen de la conducción de AC.

FORMULACION

Nomenclatura de variables:

- A = Volumen de agua suministrada a T^0 de uso
- T_A = T^a de agua suministrada.
- TAF = T^a de agua estancada en la conducción de AC (*)
- TAFF = T^a de agua fría suministrada por la conducción de AF
- $T_C(n)$ = T^a del agua en CALDEO en la iteración $n^0 = n$
- X = Tanto por uno de AF que preciso
- $(1-X)$ = Tanto por uno de AC que proporciona CALDEO
- C = Capacidad de CALDEO
- DAF = Agua Fría Desalojada de la conducción de AC, que será la misma que entra en el termo eléctrico principal

(*) Diferencio TAF de TAFF, porque en el caso del termo a gas, la T^a del agua de la conducción de AC es variable, y esto afecta a la T^0 de la mezcla en el CALDEO, en el caso del acumulador eléctrico TAF= TAFF, ya que cuando viene el agua viene directamente a 55°C en cuanto se desaloja el AF es tancada.

FORMULARIO

Fórmula de mezclas: $X * TAFF + (1-X) * TC = 40 \rightarrow X = (40 - TC) / (TAFF - TC)$

Volumen de agua desalojada de la conducción de agua fría: $DAF = (1 - X) * 0,25$

Temperatura final de CALDEO: $TC(n+1) = (DAF * TAFF) + (C - DAF) * TC(n) / C$

COMENTARIOS A LA FORMULACION

He realizado un estudio de los distintos supuestos de forma iterativa, con un “escalón” en el suministro de agua suministrada a 40 °C de 0,25 litros, y he analizado en cada iteración:

- Tanto por uno del AF (a T^a TAF o TAFF) que entra en el CALDEO, para determinar mediante la fórmula de las mezclas, la T^a del agua que quedaba en CALDEO (TC).
- Tanto por uno del AC Y AF demandada
- Volumen de AF que entra en el CALDEO para poder estimar cuando se ha producido el desalojo del AF estancada, más el agua a T^a inferior a la de uso en caso del termo a gas

METODO

Al demandar 0,25 l de AC (40 °C), el grifo termostático tiene que regular el AF procedente de la conducción de AF (= X * 0,25) y de CALDEO ((1-X) * 0,25 = DAF), lo que me determina la cantidad de AF que entra en el termo principal (en caso de termo eléctrico).

Analicemos que sucede con el % de demanda de AC. Éste volumen de agua que entra en el CALDEO (desalojando en primera instancia el mismo volumen de agua a 70 °C que se mezclará con el agua del último tramo de conexión con los grifos), se mezclará con la almacenada en CALDEO y saldrá a una T^a = TC. Este volumen de agua (1- X)* 0,25 se mezclará a su vez con el agua proporcionada por la conducción de AF a T^a= TAFF y de volumen = X * 0,25; proporcionándose así 0,25 l AC a TA=40 °C.

El volumen de agua a desalojar depende de la distancia entre punto de producción y punto de suministro. Una conducción estándar tienen un diámetro de media pulgada, lo que da un superficie en sección de 1,3 cm², que multiplicado por la longitud de la conducción, nos da aprox. 1 litro por cada 8 metros, suponemos el cuarto de baño más alejado (medido hasta bajo del lavabo, donde irá instalado) a una distancia de 16 metros, por lo que hay que desalojar 2 l de AF (DAF)

NOTA: En los supuestos 3 y 4 de la documentación técnica, donde analizo el ahorro en el caso del termo a gas, el 47 % de energía ahorrada lo he deducido del siguiente modo:

Según la documentación técnica de un termo a gas que proporciona 6 l/min a 55 °C, consume 2.3 m³ de gas/hora. Haciendo las correspondientes relaciones entre los distintos consumos, obtengo un gasto de gas, que mediante la conversión que proporciona la compañía de gas, 1 m³ =11,516 Kwh, obtengo el consumo equivalente en cada caso, y de ahí el ahorro.

DATOS PREVIOS

Volumen del termo principal = 100 l; Volumen de CALDEO = 4 l

Termo eléctrico: TAC= 60 °C; T^a de CALDEO (TC)= 70 °C ; T^a del agua fría (TAFF)= 1 °C

Termo a gas: TAC = 55 °C; T^a de CALDEO (TC) = 80 °C ; T^a del agua fría (TAFF)= 15 °C

SUPUESTO Nº 1 : ACUMULADOR ELECTRICO SIN CALDEO

PASOS

1. Desalojo 2 l de AF (de la conducción de AC), el termo principal queda a una T^a de:

$$(98 \text{ l} * 60 \text{ °C} + 2 \text{ l} * 1 \text{ °C}) / 100 \text{ l} = 58,82 \text{ °C}$$

2. Para obtener 3 l de agua a 40 °C, ha de mezclars e el AC que viene a 58.82 °C con el AF a 1°C en una proporción de:

$$X * 1 \text{ °C} + (1-X) * 58,82 \text{ °C} = 40 ; X = 0,32$$

Esto significa que al termo principal vuelve a entrar (1 – 0,32) * 3 = 2,04 l de AF.

3. El termo principal queda finalmente a una T^a de:

$$((100-97,06) * 58.82 + 2,04 * 1) / 100 = 57,64 \text{ °C}$$

4. Para recuperar la T^a inicial de 60 °C, el agua h a de absorber una cantidad de calor Q = Ce*Pe*V*ΔT^a (siendo Ce, el calor específico del agua =1, Pe =peso específico del agua =1, V =volumen de agua a calentar, ΔT^a = salto térmico)

$$Q = (60 - 57.64) * 100 = 236 \text{ Kcal} = 0,274 \text{ Kwh}$$

Equivalencias: 1 Kcal = 4.180 J; 1 Kwh = 3.600.000 J

SUPUESTO Nº 2 : ACUMULADOR ELECTRICO CON CALDEO

Mediante un grifo termostático instalado en la ducha, demando agua caliente a 40 °C, y analizo que sucede con el AC suministrada a 40 °C, sus procedencias y T^a.

El agua caliente de CALDEO se mezclará con la fría en unas proporciones que determina la fórmula de mezclas ya vista, en la que X es el tanto por uno de AF que preciso ($X = (40 - TC) / (TAFF - TC)$), y DAF (volumen de agua desalojada de la conducción de AC) = (1-X) * 0,25, me determina la cantidad de AF que entra en CALDEO (y por tanto también en el termo principal). En cada iteración, determino la nueva temperatura de CALDEO, porque si que afecta a su temperatura global (debido a su pequeño volumen), no así al termo principal (por su gran volumen), por lo que la T^a final del termo principal se calcula al final del proceso, cuando DAF ≥ 2 l.

ANALISIS ITERATIVO

Suministro de ACS con termo eléctrico (60 °C) y con CALDEO a 70 °C

A=0,25 l TA=40 °C TAFF=1 °C C=4 l TAC=70°C DIST= 16 m DAF= 2 l

n	V parcial	V total	X	TSC	DAF	DAF total
1	0,25	0,25	0,43	67,56	0,14	0,12
2	0,25	0,5	0,41	65,12	0,146	0,266
3	0,25	0,75	0,39	62,68	0,15	0,416
4	0,25	1	0,36	60,24	0,158	0,574
5	0,25	1,25	0,34	57,8	0,164	0,738
6	0,25	1,5	0,31	55,36	0,17	0,908
7	0,25	1,75	0,28	52,92	0,18	1,088
8	0,25	2	0,24	50,48	0,187	1,275
9	0,25	2,25	0,21	48,04	0,197	1,472
10	0,25	2,5	0,17	45,6	0,2	1,672
11	0,25	2,75	0,125	43,16	0,218	1,89
12	0,25	3	0,1	40,72	0,23	2,12

Como se puede comprobar en el análisis iterativo, CALDEO es efectivo para una Tª de AF de hasta 1 °C, para una distancia máxima de 16 metros, lo cual quiere decir que para una Tª de AF más elevada, se pueden incrementar el nº de metros de distancia entre punto de producción y suministro y la efectividad de CALDEO se mantiene.

Al termo principal han entrado 2.12 litros de AF a 1 °C, por lo que su Tª final será de:

$$T_f = ((100 - 2,12) * 60 + 2,12 * 1) / 100 = 58,75 \text{ °C} ; \text{ y la de CALDEO} = 40,72 \text{ °C}$$

$$\text{La Q del sistema será} = 100 * (60 - 58,75) + 4 * (70 - 40,72) = 242,12 \text{ Kcal} = \mathbf{0,281 \text{ Kwh}}$$

Lo cual significa que con CALDEO se consume un 2.5 % más de electricidad, que para el supuesto de 3 usos diarios representa 0,63 Kwh/mes (= 0,07 €/mes impuestos incluidos). Por lo que se puede considerar que este pequeño desfase se debe a errores de redondeo.

SUPUESTO Nº 3 : TERMO A GAS SIN CALDEO

Según mediciones en instalación real, a 2.5 bar de presión de red, y un caudal de 6 l/min (con reductor de caudal); un termo a gas cuyo caudal de suministro de ACS es de 6 l /min a 55 °C y un consumo de 2,3 m3/hora de gas , cuando pretendo obtener 3 l de ACS a 40 °C, obtengo el siguiente resultado:

- 2 litros alojados en la conducción de AC
- 1 litro donde el termo no ha conseguido elevar aún la Tª del agua

- 1.75 litros, durante los cuales se produce un incremento de 4 °C (dependiendo de la potencia del termo) cada 0.25 litros, pero que todavía no está a Tª de uso.

Por lo que tras 4.75 litros de agua vertidos al desagüe, comienza a llegar agua a 43 °C. Esto significa que el termo ha de estar en funcionamiento durante el paso de 3 + 4.75 litros de agua, que haciendo las correspondientes equivalencias en tiempo, significa que el termo ha estado 77.5 sg en marcha y que ha consumido 0.05 m³ de gas.

Conversión m³ gas a Kwh: 1 m³ gas = 11,516 Kwh, por lo que se ha producido un consumo de **0.57 Kwh**

SUPUESTO Nº 4 : TERMO A GAS CON CALDEO

Suministro de ACS con termo a gas (55 °C) y con CALDEO a 70 °C

A= 0,25 l; TA= 40 °C; TAFF = 15°C; C = 4 l; TC = 70 °C; DIST= 16 m

n	V parcial	V total	X	1-X	TSC	DAF	DAF total
1	0,25	0,25	0,54	0,46	68,43	0,115	0,115
2	0,25	0,5	0,53	0,47	66,86	0,1175	0,2325
3	0,25	0,75	0,51	0,49	65,29	0,1225	0,355
4	0,25	1	0,5	0,5	63,72	0,125	0,48
5	0,25	1,25	0,48	0,52	62,15	0,13	0,61
6	0,25	1,5	0,47	0,53	60,58	0,1325	0,7425
7	0,25	1,75	0,45	0,55	59,01	0,1375	0,88
8	0,25	2	0,43	0,57	57,44	0,1425	1,0225
9	0,25	2,25	0,41	0,59	55,87	0,1475	1,17
10	0,25	2,5	0,38	0,62	54,3	0,155	1,325
11	0,25	2,75	0,36	0,64	52,73	0,16	1,485
12	0,25	3	0,33	0,67	51,16	0,1675	1,6525

He suministrado 3 litros de AC a 40 °C, con el siguiente consumo:

- En gas: el termo ha estado encendido durante 30 sg, lo cual hace un consumo de 0.019 m³ de gas = 0.22 kwh
- En electricidad: Q (CALDEO) = (70 – 51.16) X 4 = 75.36 Kcal = 0.087 Kwh

Lo que hace un total de 0.3 Kwh, es decir un **ahorro de 47 %** en energía

Los supuestos 3 y 4 se han realizado considerando una temperatura de AF= 15 °C, para que los resultados obtenidos pudieran ser comparables. Pero ¿cuáles son los límites de efectividad de caldeo?. En los siguientes supuestos voy a poner condiciones extremas para el caso de termo a gas, que es el más desfavorable.

SUPUESTO Nº 5 : TERMO A GAS CON CALDEO (TC = 80 °C) y TAFF = 1 °C

Como ya he comentado antes, en el caso de suministro de AC con termo a gas y CALDEO instalado, el agua suministrada se desglosa en la que proviene de la conducción AF y de la conducción de AC (donde está instalado CALDEO), por lo que el agua que tiene que suministrar el termo a gas, permanece más tiempo en el serpentín donde va incrementando su T^a, por lo que una vez establecida las relaciones, determino que el incremento de 4 °C se produce cuando se han suministrado 3 litros a 40 °C, y no a los 3 litros que provienen de la conducción de AC. Esto tiene como consecuencia que TAFF (inicialmente 1 °C), pase a ser TAF (variable, con incrementos de 4 °C cada 0.25 litros de agua a partir de 3l suministrada a 40 °C).

Suministro de ACS con termo a gas (55 °C) y con CALDEO a 80 °C

A= 0,25 l; TA= 40 °C; TAFF= 15°C; C= 4 l; TC= 80 °C; DIST= 16 m; DAF= 4,75 l

TAF	n	V parcial	V total	X	1-X	TSC	DAF	DAF total
	1	0,25	0,25	0,5	0,5	77,56	0,125	0,125
	2	0,25	0,5	0,49	0,51	75,12	0,1275	0,2525
	3	0,25	0,75	0,47	0,53	72,68	0,1325	0,385
	4	0,25	1	0,45	0,55	70,24	0,1375	0,5225
	5	0,25	1,25	0,43	0,57	67,8	0,1425	0,665
	6	0,25	1,5	0,41	0,59	65,36	0,1475	0,8125
	7	0,25	1,75	0,39	0,61	62,92	0,1525	0,965
	8	0,25	2	0,37	0,63	60,48	0,1575	1,1225
	9	0,25	2,25	0,34	0,66	58,04	0,165	1,2875
	10	0,25	2,5	0,31	0,69	55,6	0,1725	1,46
	11	0,25	2,75	0,28	0,72	53,16	0,18	1,64
	12	0,25	3	0,27	0,73	51	0,1825	1,8225
5 °C	13	0,25	3,25	0,26	0,74	49	0,185	2,0075
9 °C	14	0,25	3,5	0,25	0,75	47,31	0,1875	2,195
13 °C	15	0,25	3,75	0,24	0,76	45,87	0,19	2,385
17 °C	16	0,25	4	0,23	0,77	44,68	0,1925	2,5775
21 °C	17	0,25	4,25	0,23	0,77	43,74	0,1925	2,77
25 °C	18	0,25	4,5	0,25	0,75	43	0,1875	2,9575
29 °C	19	0,25	4,75	0,3	0,7	42,56	0,175	3,1325
33 °C	20	0,25	5	0,46	0,54	42,37	0,135	3,2675

37 °C	21	0,25	5,25	0,44	0,56	42,43	0,14	3,4075
41 °C	22	0,25	5,5			42,18		
45 °C	23	0,25	5,75			42,24		

Como se ve, a partir de 5.75 litros de suministro de AC a 40°C, la Tª en CALDEO empieza a recuperarse, luego en este caso límite también es efectivo el sistema.

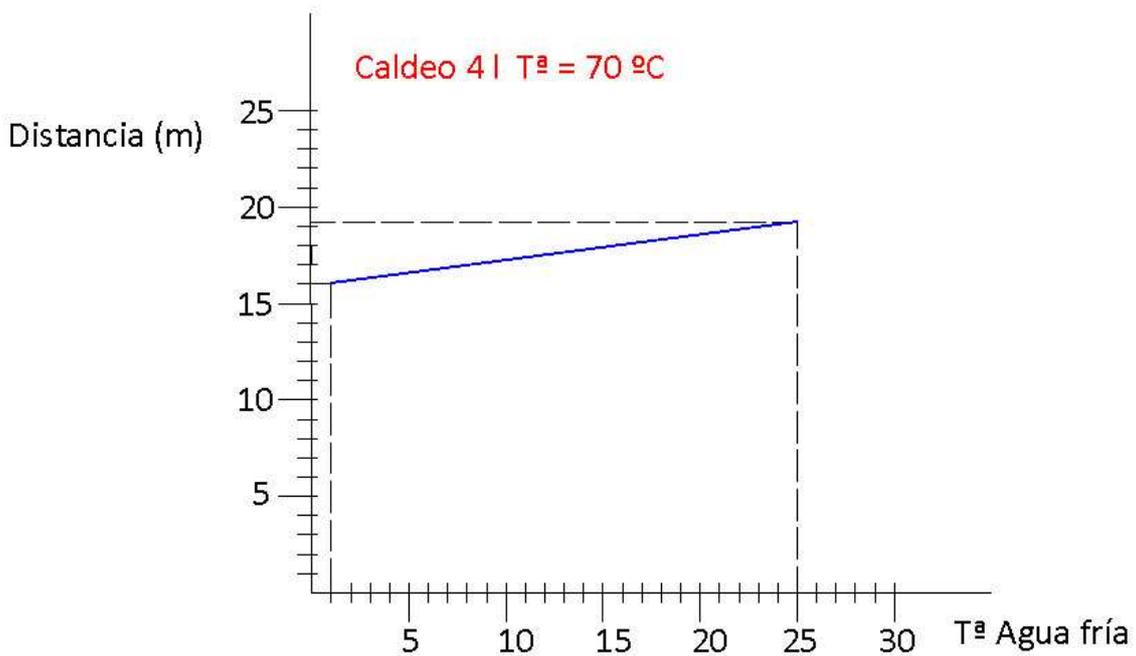
Solo queda determinar la gráfica que me da los límites de efectividad de caldeo, ya conozco un valor, para TAF= 1 °C la distancia máxima entre punto de suministro y producción es de 16 metros.

Lo calculo ahora para TAF = 10 °C , y obtengo cuanto agua desalojo de la conducción de AC, y por diferencia, puedo determinar qué longitud podría abastecer CALDEO a 70 °C.

Suministro de ACS con termo eléctrico (60 °C) y con CALDEO a 70 °C

A=0,25 l	TA=40 °C	TAF=10 °C	TAC=70°C	DIST= ?	DAF		
n	V parcial	V total	X	1-X	TSC	DAF	DAF total
1	0,25	0,25	0,5	0,5	68,125	0,125	0,12
2	0,25	0,5	0,48	0,52	66,25	0,13	0,25
3	0,25	0,75	0,46	0,54	64,37	0,135	0,385
4	0,25	1	0,44	0,56	62,5	0,14	0,525
5	0,25	1,25	0,42	0,58	60,62	0,145	0,67
6	0,25	1,5	0,4	0,6	58,74	0,15	0,82
7	0,25	1,75	0,38	0,62	56,86	0,155	0,975
8	0,25	2	0,36	0,64	55	0,16	1,135
9	0,25	2,25	0,33	0,67	53,12	0,1675	1,3025
10	0,25	2,5	0,3	0,7	51,24	0,175	1,4775
11	0,25	2,75	0,27	0,73	49,36	0,1825	1,66
12	0,25	3	0,23	0,77	47,48	0,1925	1,8525

Para el suministro de 3l de AC a 40 °C, desalojo 1.85 litros, y la Tº de caldeo está en 47,4 °C, por lo que podría desalojar 2 - 1.85 = 0.15 l. Si 8 m de conducción contienen 1 l, 0.15 l suponen 1.2 m, por lo que CALDEO seguiría siendo efectivo para una distancia de 17.2 metros.



Leyendo los datos de la tabla, para una T^a de AF = 25 °C (en verano), la efectividad de caldeo va hasta los 19,2 m.

Elevando la T^a de CALDEO a 80°C no conseguimos aumentar significativamente la distancia a salvar entre punto de producción y suministro para un termo eléctrico, sin embargo, esta pequeño incremento en la T^a de almacenamiento si es significativo para el termo a gas, ya que da un margen de tiempo para que llegue el agua a T^a más elevada, y así poder suministrar agua a 40 °C con continuidad, quedando tras cesar la demanda de AC, lleno de AC suministrada por el termo principal a 55 °C (60 °C para termo eléctrico).