



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN



Optimización de uso del ACS doméstico y contribución al estudio de un prototipo.

Alumno: Rubén Todosantos Navarro

Curso académico 2011-2012

Profesores:

A. Salandin
I. Tort

AGRADECIMIENTOS.

Agradecimientos.

Los agradecimientos de este proyectos los voy a focalizar en dos partes: una más técnica y otra, moral y anímica.

En cuanto a la parte técnica agradecer en primer lugar Francisco Sánchez, amigo, ingeniero industrial e investigador en la UPV, su aporte en la parte más técnica del cálculo del intercambiador, sin su apoyo hubiese sido muy diferente el desarrollar el cálculo. Gracias Paco.

En cuanto a la parte más personal destacar que el orden no es vinculante. Hay un grupo de 4 personas que son los pilares de mí día a día. Cada uno de ellos me aporta cosas diferentes pero que la suma de ellas haces posibles cosas como estas.

En primer lugar mi hermano pequeño, el cual me valora y quiere de forma incondicional, decirle que pese a tener casi 11 años más que él, me ha hecho aprender cosas importantes. Agradecerle su cariño y afecto.

En segundo lugar mi madre, de la cual viene la comprensión y la parte mas humana. Agradecerle su apoyo y confianza en mí y hacerme ver que con esfuerzo todo es posible.

En tercer lugar mi padre, del cual me viene la determinación, la toma de decisiones importantes, la capacidad de resolver problemas... y gran parte de mis rasgos característicos.

En cuarto lugar a mi novia, que me da equilibrio confianza y me ha enseñado el valor del respeto y la fidelidad dentro de la pareja, valores que ha aprendido de sus maravillosos padres.

Gracias: David, mama, papa y Sandra. Nada me haría mas feliz que haceros sentir orgullosos de mi.

Finalmente el agradecimiento mas doloroso va dirigido a los familiares que recientemente nos han dejado, mis abuelos, José y Ramón. Los cuales aprecio profundamente y sé que estarían orgullosos del trabajo que e desarrollado.

Gracias, gracias de corazón.

“La sabiduría consiste en saber cual es el siguiente paso; la virtud, en llevarlo a cabo.”

David Starr Jordan (1851-1931) Educador e ictiólogo estadounidense.

CONCEPTOS CLAVE.

Conceptos clave.

1. Intercambiador de calor.

Un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos medios, que estén separados por una barrera o que se encuentren en contacto.

2. Energía.

En tecnología y economía, «energía» se refiere a un recurso natural (incluyendo a su tecnología asociada) para extraerla, transformarla y darle un uso industrial o económico.

3. Eficiencia.

En física, la eficiencia de un proceso o de un dispositivo es la relación entre la energía útil y la energía invertida.

4. Ahorro.

El ahorro es la diferencia entre el ingreso disponible y el consumo efectuado por una persona, una empresa, una administración pública, entre otros. Igualmente el ahorro es la parte de la renta que no se destina al consumo, o parte complementaria del gasto.

5. Sencillez.

Lo contrario de complejidad. Lo propio de lo sencillo, lo contrario de lo complicado.

6. Eficiencia.

Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado.

7. Realimentación.

Retorno de parte de la salida de un circuito o sistema a su propia entrada.

8. Común.

Dicho de una cosa: Que, no siendo privativamente de nadie, pertenece o se extiende a varios.

9. Carcasa y tubo.

Los intercambiadores de calor de carcasa y tubos están compuestos por tubos cilíndricos, montados dentro de una carcasa también cilíndrica, con el eje de los tubos paralelos al eje de la carcasa. Un fluido circula por dentro de los tubos, y el otro por el exterior.

RESUMEN.

Resumen.

El objetivo primero y principal del proyecto es disminuir el consumo de energía en la instalación de ACS. Para ello me planteo como y donde incidir en la mejora de lo existente. Tras varias consideraciones decidí centrarme en la posibilidad de aprovechar la energía calorífica del agua desechada después del uso en la ducha o bañera.

Con el objetivo marcado, y dando forma a la idea incorpore el intercambiador de calor bajo la ducha o bañera, para aprovechar esta energía calorífica.

El siguiente inconveniente que me surgió era que hacer con esa agua precalentada. Llegados a este punto me puse a estudiar a fondo y conocer como funcionan los calentadores actuales instalados en las viviendas, así como las leyes físicas que describen su consumo.

Supe que las dos principales variables que podían afectar al consumo son el volumen de agua a calentar y el salto térmico que debe proporcionar el calentador, indiferentemente la tipología de calentador.

Con esto propongo dos diseños iniciales:

Uno denominado ICRP en el cual se realimenta con el agua precalentada el propio aparato sanitario, e incidimos sobre el volumen total de agua de consumo desde el calentador. Este consumo se reduce mediante la variación de proporciones de agua para conseguir la temperatura de confort de uso. (Relación entre caudales).

El segundo sistema propuesto denominado ICRC, más efectivo y desarrollado en el proyecto, consiste en coger el agua precalentada y mandarla al calentador, disminuyendo así sobre el salto térmico.

Sentadas las bases a desarrollar en el proyecto, el siguiente paso esta relacionado con el diseño integral del intercambiador.

Este apartado ha sido el más complicado de todos por estar más alejado de los conocimientos adquiridos en la titulación. Dicho esto, la curiosidad por un lado, y las ganas de hacer algo realmente útil me motivaron para meterme de lleno en el estudio de estos equipos.

Empecé por elegir la tipología de intercambiador a utilizar. La elección estuvo condicionada por las necesidades de uso y espacio principalmente, así como por su eficacia. El resultado fue la elección del intercambiador de carcasa y tubo.

La carcasa contendrá el fluido que cederá el calor, y por dentro de ella circulará una tubería que contendrá el fluido frío, que recogerá el calor.

Continué con la fase de diseño propiamente dicha, con consideraciones referentes a eficiencia, espacio y tiempo. Finalmente desarrolle un intercambiador que incorpora un sistema de control de flujo del fluido caliente dentro de la carcasa del intercambiador.

Una vez diseñado y pensada su colocación, pase a calcular el rendimiento que ofrecería. Este punto del proyecto fue determinante, unos malos resultados en este punto harían que la viabilidad del proyecto disminuyese en gran medida. Afortunadamente los resultados me sorprendieron gratamente, estos me hablaban de una temperatura de precalentado alrededor de los 30 °C.

Estas eran magníficas noticias, por que había encontrado la forma de reducir el consumo en los productores de ACS instalados en viviendas.

Continué con el estudio del sistema en diferentes zonas geográficas, las cuales aportaban variaciones en cuanto a la temperatura de abastecimiento del agua. Así como al consumo de energía.

La conclusión general que extraigo de este estudio es que la diferencia del sistema instalado en diferentes capitales de provincia es tan pequeña en comparación con el ahorro proporcionado por la instalación del sistema, que no hay grandes diferencias en función de la ubicación del sistema.

Además con la lectura de los datos concluyo también que hay una tendencia a igualar consumos entre las diferentes ciudades estudiadas.

Concluido el estudio geográfico, pase a hacer un estudio comparativo entre una vivienda con el sistema y la misma sin el sistema instalado. Me centre en obra nueva, y más concretamente en la parte económica de la incorporación del sistema.

Concluí que el sobrecoste de la instalación encarece por vivienda unos 500 €, cantidad amortizable en menos de 5 años por los usuarios.

No debemos olvidar la directiva europea que entrara en vigor en 2020, denominada comúnmente la “20 20 20” la cual establecerá recomendaciones a cumplir en cuanto al consumo de energía de los edificios. Mencionar que en ningún momento he perdido la perspectiva del usuario final, el cual no tiene que percibir ningún inconveniente del sistema.

Por esta motivación realice un estudio de funcionamiento del hidromezclador, el cual presentaba inconvenientes a priori por la incorporación del intercambiador de calor. Pero que han sido meditados estudiadas y solucionadas, favorablemente para el proyecto.

El siguiente estudio que se realice fue la instalación del sistema en la vivienda desde el punto de vista constructivo, analicé la integración del mismo, adoptando una solución constructiva que incorpora un aislante de 2 cm de espesor bajo el intercambiador, y que puede absorber parte del pavimento para mantener la estanqueidad.

Tras todos estos estudios , la idea final sigue siendo, crear un producto, fabricable y útil en la vida diaria de los consumidores.

Agradecimientos.

Conceptos clave.

Resumen.

Figuras y tablas.

1. Introducción y objetivos.	Pág.001
1.1 Objetivo. Disminución del consumo de energía.....	Pág.001
1.2 Funcionamiento actual del sistema de ACS y sus inconvenientes.	Pág.003
1.3 Principios físicos. Termodinámica en calentadores domésticos.	Pág.006
1.3.1 Prestaciones de los calentadores de agua a gas.	Pág.006
1.3.2 Prestaciones de los calentadores acumuladores de agua a gas.	Pág.007
1.3.3 Prestaciones de los calentadores acumuladores de agua eléctricos.....	Pág.007
1.4 Intercambiadores de calor.....	Pág.008
1.4.1 Tipos de intercambiadores.	Pág.008
1.4.2 Efectividad de los intercambiadores.	Pág.010
1.4.3 Funcionamiento del intercambio de calor en sistemas equicorriente y contracorriente.	Pág.010
1.4.4 Aplicabilidad teórica del calculo en intercambiadores de calor tipo carcasa y tubo por el método de la eficiencia.	Pág.011
1.5 Hipótesis de partida.	Pág.013
1.6 Datos estadísticos.....	Pág.015
1.6.1 Temperatura del agua en diferentes poblaciones.	Pág.016
1.6.2 Consumos de agua. Numero de personas.	Pág.016
1.6.3 Consumo de agua. Por aparatos.	Pág.016
1.6.4 Consumo de agua. Perfiles.....	Pág.017
1.6.5 Caudales instantáneos en aparatos de consumo. Según CTE.	Pág.017
1.6.6 Caudales instantáneos en aparatos de consumo. Según NBIA.	Pág.017
1.7 Rendimientos y precios.	Pág.018

2	Diseño y desarrollo de sistemas.	Pág.021
2.1	Consideraciones y criterios.	Pág.021
2.1.1	<i>Necesidad de uso y funcionales.</i>	Pág.021
2.1.2	<i>Aplicabilidad.</i>	Pág.021
2.1.3	<i>Criterios de diseño.</i>	Pág.022
2.1.4	<i>Aportación del producto</i>	Pág.022
2.1.5	<i>Puntos de la instalación de ACS mejorables por el sistema</i>	Pág.022
2.2	Diseño aplicación teórico-practica sobre el funcionamiento de los sistemas.	Pág.023
2.3	Sistema de realimentación propia, frente al tradicional.	Pág.023
2.3.1	<i>Disminución en litros del consumo de ACS de mayor temperatura.</i>	Pág.023
2.3.2	<i>Proceso de cálculo.</i>	Pág.024
2.3.3	<i>Representación grafica de las proporciones de consumo.</i>	Pág.028
2.3.4	<i>Esquema del sistema.</i>	Pág.030
2.4	Sistema de realimentación común, frente al tradicional.	Pág.030
2.4.1	<i>Disminución del salto térmico que produce el calentador.</i>	Pág.030
2.4.2	<i>Proceso de cálculo.</i>	Pág.031
2.4.3	<i>Esquema del sistema.</i>	Pág.035
2.5	Diseño y calculo del intercambiador de calor.	Pág.036
2.5.1	<i>Diseño.</i>	Pág.036
A.	Situación del intercambiador.	Pág.036
B.	Abastecimiento posterior con agua precalentada.	Pág.038
C.	Control de circulación del fluido en la carcasa.	Pág.040
D.	Llenado de la carcasa.	Pág.041
E.	Tubo de circulación.	Pág.043
F.	Funcionamiento del sistema.	Pág.045
G.	Diseño definitivo.	Pág.047
2.5.2	<i>Cálculos en el intercambiador.</i>	Pág.047
2.6	Sistema de realimentación propia, frente al sistema de realimentación común. Calculo y diferencias.	Pág.049
2.6.1	<i>Sistema de realimentación propio. Comportamiento.</i>	Pág.052
2.6.2	<i>Sistema realimentación común. Comportamiento.</i>	Pág.054
2.7	Comportamiento del sistema de realimentación común en diferentes zonas geográficas.	Pág.058
3	Aplicación en vivienda tipo.	Pág.065
3.1	<i>Diferencias en la instalación.</i>	Pág.065
3.2	<i>Sistema de control en el punto de consumo.</i>	Pág.066
3.3	<i>Prescripciones para el instalador y proceso de montaje.</i>	Pág.070
3.4	<i>Prescripciones para el usuario. Datos de su interés.</i>	Pág.073

4 Resultados.....	Pág.074
4.1 Elección del sistema más ventajoso.	Pág.074
4.2 Relaciones de caudales de agua fría-caliente.....	Pág.076
4.3 Tiempo de entrada en trabajo máximo del intercambiador.	Pág.077
4.4 Cálculo aplicado al intercambiador,Δ temperaturas.....	Pág.079
4.5 Aplicación del sistema en diferentes zonas geográficas.	Pág.080
4.6 Comparativa: instalación convencional & ICRC.....	Pág.085
4.6.1 <i>Instalaciones de servicio para el intercambiador.....</i>	Pág.085
4.6.2 <i>Comparativa de consumos para vivienda tipo.....</i>	Pág.087
4.7 Ahorro: económico y energético calculado.....	Pág.091
5 Conclusiones y soluciones óptimas.	Pág.092
5.1 Sistema desarrollado.	Pág.092
5.2 Conclusiones generales. Producto industrial.	Pág.093
5.3 Conclusiones generales. Producto industrial.	Pág.094

Anexo de planos.

Bibliografía.

FIGURAS Y TABLAS.

Figuras y tablas.

1. Introducción y objetivos.

1.	Primera idea.(figura).....	Pág.002
2.	Calentador quemador de gas. (figura).	Pág.003
3.	Calentador acumulador de gas. (figura).....	Pág.004
4.	Calentador acumulador de luz. (figura)	Pág.005
5.	Calculo del consumo del calentador agua a gas. (figura)	Pág.006
6.	Capacidad del calentador acumulador de gas. (figura).....	Pág.007
7.	Consumo del calentador acumulador eléctrico. (figura)	Pág.007
8.	Funcionamiento intercambiador carcasa y tubo. (figura)	Pág.008
9.	Funcionamiento intercambiador de placas. (figura)	Pág.008
10.	Funcionamiento intercambiador de flujo cruzado. (figura).....	Pág.009
11.	Funcionamiento de intercambiadores free flow. (figura)	Pág.009
12.	Diferencias entre sistemas equicorriente y contracorriente. (figura)	Pág.011
13.	Grafica NTU. (figura).....	Pág.012
14.	Método de la eficiencia. (figura).....	Pág.013
15.	Valores tipo para $U(W/m^2K)$.(gráfica)	Pág.014
16.	Numero de Reynold. (figura).....	Pág.015
17.	Tabla de temperaturas del agua por capitales de provincia....	Pág.015
18.	Consumos medios, según comparatarifas.es.(gráfica)	Pág.016
19.	Consumos medios y precios de agua en viviendas, según INE. Pág.016	
20.	Consumos medios ACS, según Siemens.com. (gráfica).....	Pág.017
21.	Caudales mínimos según CTE. (gráfica)	Pág.017
22.	Caudales mínimos según NBIA. (gráfica)	Pág.017
23.	Coste de la instalación de fontanería de cobre.....	Pág.018
24.	Coste de la instalación de fontanería de poliestireno.	Pág.019
25.	Coste del calentador a gas. (gráfica)	Pág.019
26.	Coste del calentador eléctrico. (gráfica)	Pág.020

2. Diseño y desarrollo de sistemas.

27.	Datos para el sistema de realimentación propio. (figura).....	Pág.024
28.	Sistemas de ecuaciones para la realimentación propia. (gráfica).....	Pág.025
29.	Datos de partida de fregadero y lavabo. (gráfica)	Pág.026
30.	Proporciones de consumo del ACS en el sistema tradicional. (gráfica) .	Pág.028
31.	Proporciones de consumo del ACS modelo propuesto. (gráfica)	Pág.028
32.	Datos de consumo baño/ducha. (gráfica).....	Pág.029
33.	Datos de consumo fregadero/lavabo. (gráfica)	Pág.029
34.	Sistema de realimentación propio, ICRP. (gráfica)	Pág.030
35.	Esquema resumen de los sistemas. (figura).....	Pág.032
36.	Datos de partida fregadero y lavabo. (gráfica)	Pág.032
37.	Comportamiento del intercambiador de calor. (figura)	Pág.033
38.	Esquema del sistema de realimentación común, ICRC. (figura)	Pág.035
39.	Esquema del intercambiador de calor de carcasa y tubo. (figura)	Pág.037
40.	Sección de la carcasa del intercambiador. (figura)	Pág.039
41.	Planta de la carcasa del intercambiador. (figura)	Pág.041
42.	Sección carcasa del intercambiador con rebosadero. (figura).....	Pág.043
43.	Esquema de paso de tubo por carcasa, planta. (figura).....	Pág.045
44.	Esquema de paso de tubo por carcasa, sección. (figura)	Pág.046
45.	Tabla de cálculo del intercambiador. (figura)	Pág.048
46.	Ciclo ICRP. (gráfica)	Pág.049
47.	Ciclo ICRC. (gráfica)	Pág.050
48.	Sistema ICRP. (figura).....	Pág.052
49.	Grafica de consumo, función litros. (figura)	Pág.054
50.	Sistema ICRC. (figura).....	Pág.054
51.	Grafica de consumo, función temperatura. (figura)	Pág.058
52.	Calculo del intercambiador a 8°C. (gráfica)	Pág.059
53.	Calculo del intercambiador a 9°C. (gráfica)	Pág.060

54.	Calculo del intercambiador a 10°C. (gráfica)	Pág.061
55.	Calculo del intercambiador a 12°C. (gráfica)	Pág.062
56.	Calculo del intercambiador a 4°C. (gráfica)	Pág.063
57.	Calculo del intercambiador a 16°C. (gráfica)	Pág.064

3. Aplicación en vivienda tipo.

58.	Esquema de puntos representativos. ICRC. (figura)	Pág.067
59.	Esquema de rebosadero y control de flujo. (figura)	Pág.069
60.	Fase 1 instalación. (figura)	Pág.071
61.	Fase 2 instalación. (figura)	Pág.071
62.	Fase 3 instalación. (figura)	Pág.072
63.	Fase 4 instalación. (figura)	Pág.072
64.	Circulación fluidos, hidromezclador posición 1. (figura)	Pág.074
65.	Circulación fluidos, hidromezclador posición 2. (figura)	Pág.076
66.	Circulación fluidos, hidromezclador posición 3. (figura)	Pág.078

4. Resultados.

67.	Grafica consumo, función litros. (figura)	Pág.074
68.	Grafica consumo, función temperatura. (figura)	Pág.074
69.	Esquema tipo de la instalación, ICRC. (figura)	Pág.075
70.	Sistema de ecuaciones, proporciones de caudal.....	Pág.076
71.	Rendimiento del intercambiador, función tiempo. (figura)	Pág.077
72.	Consumo calentador a gas con la instalación. (figura)	Pág.078
73.	Calculo de la temperatura de realimentación, Te 4°C. (gráfica).....	Pág.079

74.	Grafico comparativo capitales de provincia, t ^a entrada agua, aporte calentador. (figura)	Pág.081
75.	Grafico comparativo capitales de provincia, t ^a entrada agua, aporte del intercambiador y calentador. (figura)	Pág.082
76.	Caso especifico Asturias. (figura)	Pág.083
77.	% aporte del intercambiador, máximo rendimiento. (figura)	Pág.084
78.	Consumo calentador con intercambiador y t ^a entrada de 8°C.	Pág.088
79.	Comparativo de temperaturas mínimas. (figura)	Pág.088
80.	Comparativo de temperaturas mínimas. (gráfica)	Pág.089
81.	Comparativo de temperaturas máximas. (gráfica)	Pág.089
82.	Consumo calentador con intercambiador y t ^a entrada de 12,3°C.	Pág.090
83.	Comparativo de temperaturas medias. (figura).....	Pág.090

CAPÍTULO 1 INTRODUCCION Y OBJETIVOS.

Capítulo 1. Introducción y objetivos.

1.1 Introducción. Disminución del consumo de energía.

La producción de ACS en una vivienda, es uno de los aspectos donde más margen de intervención tenemos para mejorar la eficiencia energética de la instalación. Por esto, la motivación inicial está dirigida en la línea de la optimización de uso de la instalación de ACS.

El objetivo principal del proyecto es estudiar dispositivos relacionados con esta instalación, que nos permitan reducir el consumo de energías, fundamentalmente gas y electricidad, en función de la instalación de ACS. Esta disminución del consumo de energía, se materializaría en la producción de ACS. Dos razones fundamentales motivan este trabajo.

La primera es la necesidad común de todas las personas por optimizar el uso de los recursos naturales, generalmente agotables, o productores de contaminación (en la generación de los mismos). En definitiva, tener una conciencia más ecológica, dentro de los límites establecidos por el nivel de industrialización actual y futuros.

La segunda motivación principal del proyecto, es el ahorro económico que esto supondría en las familias, si consiguiésemos desarrollar un sistema más eficiente en este sentido.

Para ello buscamos los puntos “calientes” es decir, partes de la instalación de ACS doméstica con potenciales mejoras por explotar. En esta búsqueda el principal factor a estudiar y poco desarrollado, incluso en el CTE, es la energía térmica desechada en segundos por el desagüe de la ducha o bañera procedente del agua de uso del aparato de consumo. Cómo aprovechar esta temperatura y que hacer con el agua precalentada, será objeto de estudio.

Estos estudios llevarán asociados inconvenientes tales como por ejemplo la necesidad de no mezclar dichas aguas

El sentido común nos dice que no nos ducharíamos con agua usada. Con todo esta batería de inquietudes, es fácil discernir que todo está encaminado a aprovechar esta temperatura con un intercambiador de calor. Determinar la tipología más adecuada, así como su diseño será otro de nuestros cometidos.

Con esto, tenemos motivación y objetivos de sobra para ponernos en el estudio del tema.

Profundizando en él, intentaremos conseguir un sistema de intercambio de calor, con un circuito primario que contendrá el agua a mayor temperatura (cesión de calor) y otro secundario de absorción de calor.

Los objetivos específicos del PFG a desarrollar son:

- Estudiar el estado del arte de los sistemas de producción de ACS y los intercambiadores de calor.
- Comprender físicamente como funcionan, para poder mejorarlos.
- Diseñar prototipos para optimización del sistema.
- Compararlos con las instalaciones actuales.
- Aplicarlos en viviendas.
- Estudiar geográficamente donde pueden ser más convenientes.
- Estudiar en detalle como se comportarían en Valencia.

Todo esto parte de una idea inicial a partir de la cual se basará el desarrollo del estudio.

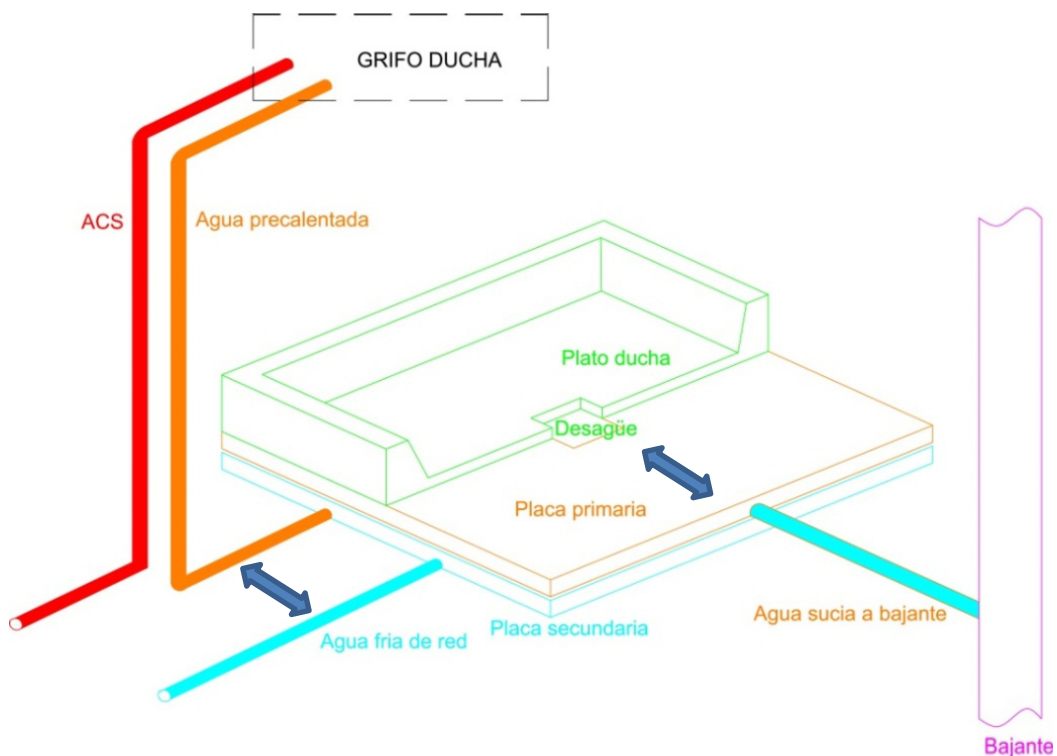


Figura 1. Primera idea.

1.2 Funcionamiento actual del sistema de ACS y sus inconvenientes.

En la actualidad prácticamente la totalidad de las viviendas residenciales están abastecidas de agua caliente sanitaria, en adelante ACS, con dos tipos de sistemas de producción, clasificándolos por el tipo de energía que consumen. Estos son:

1.2.1 Consumo de gas. Calentador quemador y calentador acumulador.

A continuación definiremos los sistemas a nivel básico para comprensión de los mismos. Esto nos permitirá atacarlos por sus puntos débiles en la búsqueda de mejorar los sistemas. Destacar, respecto del eléctrico, que el consumo de energía es menor. Como inconveniente, la necesidad de ventilación del sistema. Además se ha de tener en cuenta la necesidad espacial del sistema acumulador, además de la necesidad de un periodo de recarga cuando vaciamos el tanque.

A. Esquema general, sobre el funcionamiento del calentador instantáneo de gas.

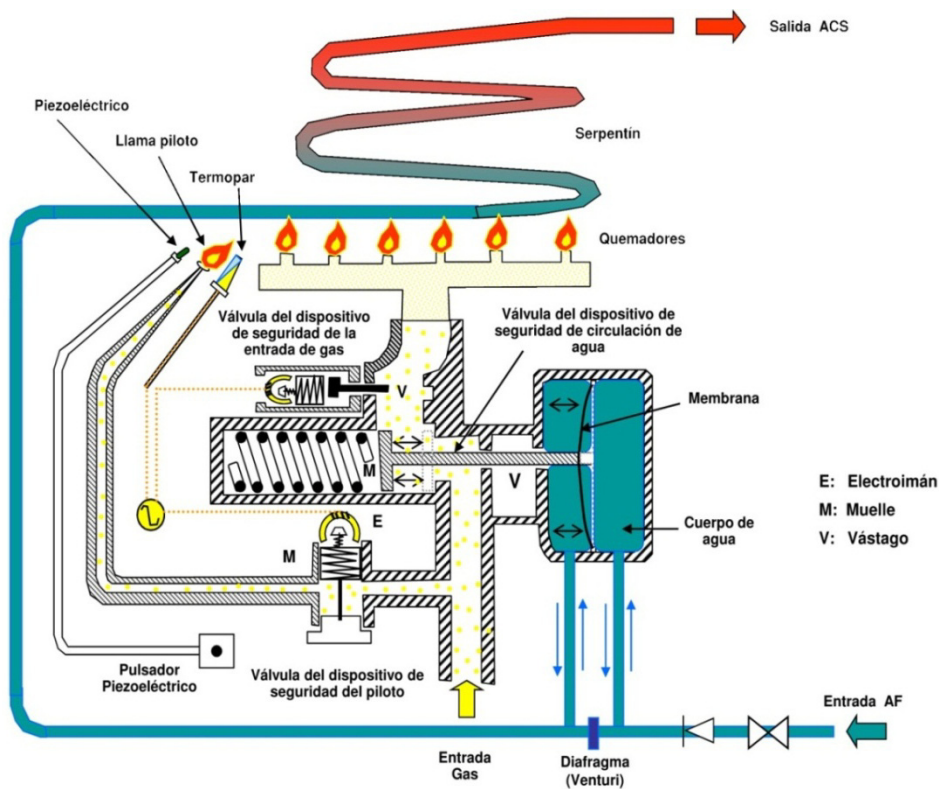


Figura 2. Calentador quemador de gas.

El funcionamiento de sistema es simple. La presión de red sin corriente de agua mantiene la entrada de gas cerrada. Con la apertura del punto de abastecimiento conectado a la red que sirve el calentador, el agua empieza a fluir, esto provoca el desplazamiento de la membrana que empuja el vástago y deja pasar el gas. Por otra parte, la conexión al sistema eléctrico permite en encendido de la llama piloto. Esta enciende el quemador y calienta el agua a través del serpentín. Destacar un factor importante, que es la necesidad de ventilación del aparato, lo cual nos limita la ubicación del mismo en la vivienda. Normativa recogida en el CTE.

B. *Esquema general, sobre el funcionamiento del calentador acumulador de gas.*

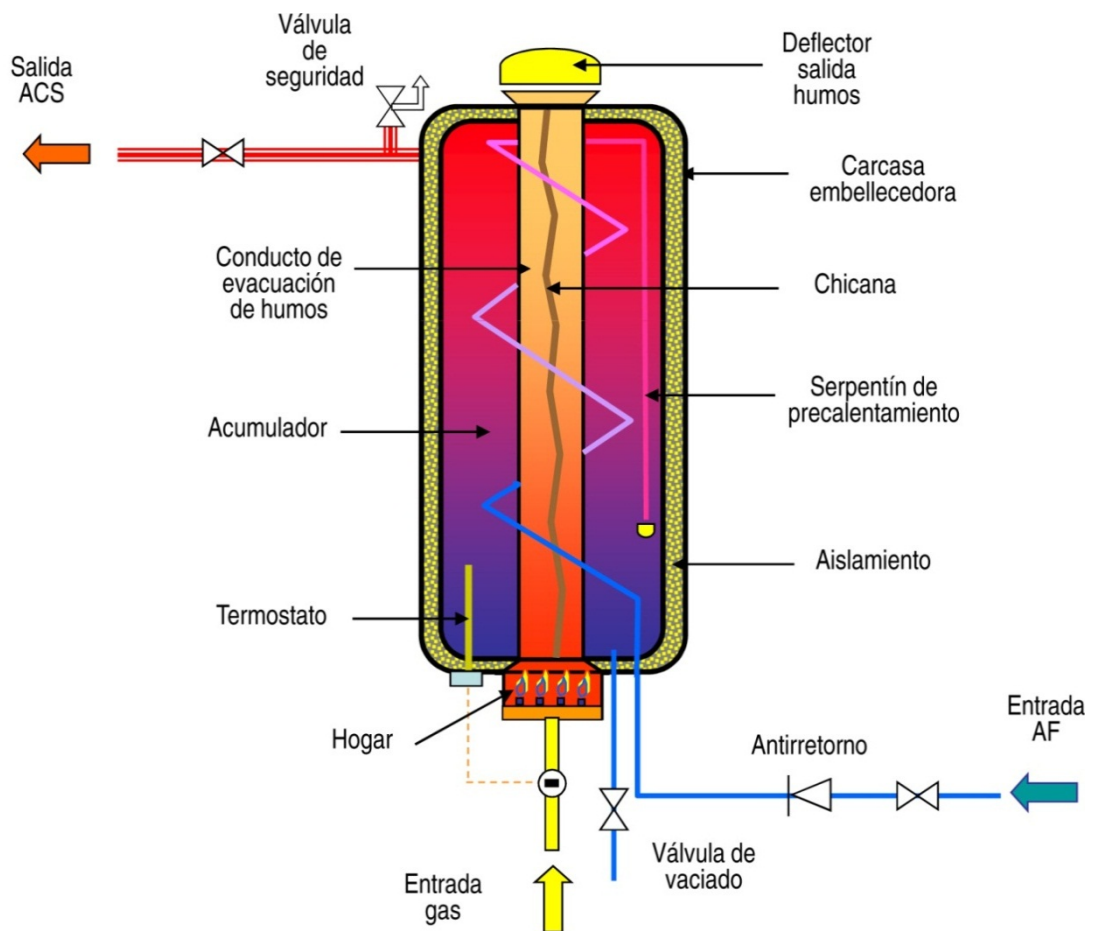


Figura 3. Calentador acumulador de gas.

El principio fundamental del sistema es calentar el agua acumulada, para tener un abastecimiento más rápido de ACS a temperaturas idóneas. La entrada de agua al sistema por la parte inferior del mismo recorre un vástago central calentado por el hogar. El serpentín lo recorre para finalizar “soltando” el agua en la parte inferior del tanque. Por los principios termodinámicos el agua más caliente sube, por eso situaremos la salida de la misma en la parte superior. El sistema se complementa con un mecanismo de regulación de temperatura, termostato.

2 Consumo de eléctrico. Calentador quemador y calentador acumulador.

A continuación definiremos los sistemas a nivel básico para comprensión de los mismos.

Esto nos permitirá atacarlos por sus puntos débiles en la búsqueda de mejorar los sistemas. Destacar la principal ventaja, respecto de los calentadores que funcionan con gas, que se pueden colocar en el interior de la vivienda sin necesidad de ventilación, por el contrario utiliza bastante espacio, además del inconveniente que comportan todo tipo de acumuladores que es la necesidad de recuperación o recarga, una vez se vacían los tanques o depósitos.

1. Esquema general, sobre el funcionamiento del calentador acumulador eléctrico.

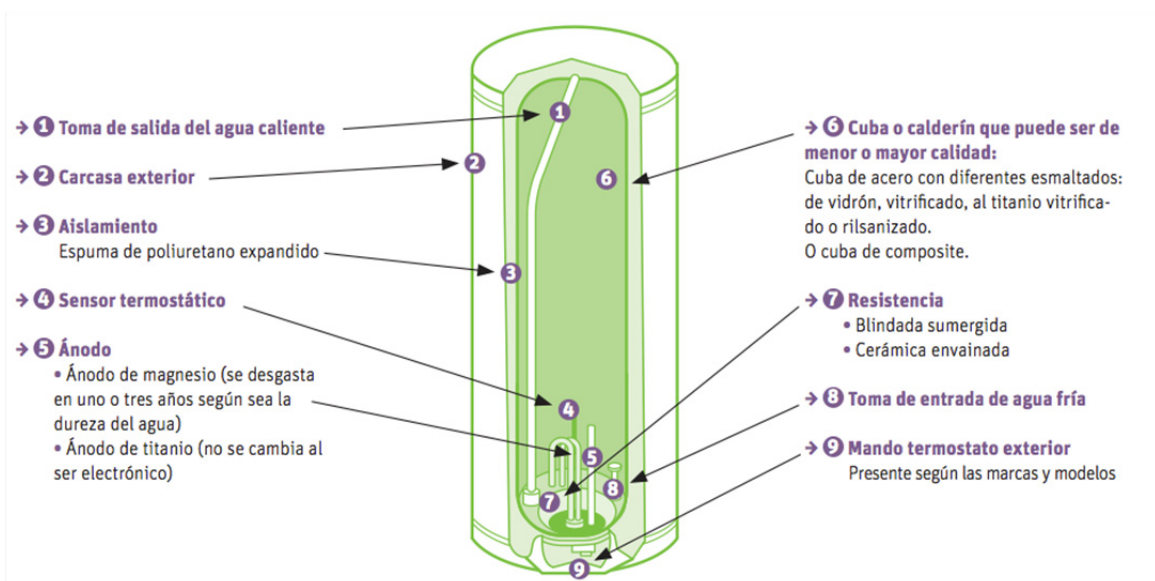


Figura 4. Calentador acumulador de luz.

El funcionamiento del sistema es básicamente igual al sistema de acumulador de gas, explicado anteriormente, con la salvedad que el calentado de agua se realiza mediante una resistencia eléctrica, además, de que consume electricidad, en lugar de gas.

Conocidos los sistemas más comunes, basados y especializados solo en la producción de ACS a temperaturas de confort, me planteo la idea de aprovechar la inercia térmica de dicha ACS. La cual es desechada en pocos segundos por el desagüe, desapareciendo junto a ella un consumo de energía no aprovechado al máximo. La idea a desarrollar es aprovechar el potencial de esta temperatura en el ACS.

La lógica nos lleva a pensar en un intercambiador de calor como solución a este desaprovechamiento de temperatura. En este punto necesitamos conocer como funcionan y que diseño se ajusta más a nuestras necesidades. Para ello estableceremos tanto los modelos existentes, así como las bases físicas necesarias para su estudio.

1.3 Principios físicos. Termodinámica en calentadores domésticos.

1.3.1 Prestaciones de los calentadores de agua a gas.

La cantidad de calor necesaria que requiere el calentador quemador de agua a gas, (Q) viene representada por la siguiente expresión.

Considerando la fórmula: $Q = C_e \cdot P_e \cdot V \cdot \Delta t$ \Rightarrow (Ecuación fundamental de la termodinámica)

siendo:

- Q = Cantidad de calor (Kcal)
- V = Volumen (litros)
- Δt = Incremento de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
- C_e = Calor específico del agua ($C_e = 1 \text{ Kcal}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{Kg}$)
- P_e = Peso específico del agua ($P_e = 1 \text{ Kg/l}$)

Se clasifican los modelos de C.I.G. utilizando la expresión anterior para las distintas potencias comerciales, y para un $\Delta t = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Modelo 125 Kcal/min:

Aplicamos la expresión: $P = C_e \cdot P_e \cdot C \cdot \Delta t$ (Potencia $P = Q/t$; Caudal $C = V/t$)

$$125 \text{ (Kcal/min)} = 1 \text{ (Kcal}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{Kg}) \cdot 1 \text{ (Kg/l)} \cdot C \text{ (l)} \cdot 25 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

$$C = 125/25 = 5 \text{ (l/min)}$$

Es decir, que un C.I.G. de **125 Kcal/min** de Potencia, proporcionará un caudal de **5 l/min = 0,083 l/seg** (para un Δt fijo de $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

Figura 5. Calculo consumo calentador agua a gas. [a.i]

1.3.2 Prestaciones de los calentadores acumuladores de agua a gas.

La diferencia de sistemas entre acumulador-quemador, viene determinada por el volumen de agua que puede servir el calentador acumulador de gas, sin necesidad de espera de recarga. Este volumen es función del cociente de diferencias de temperaturas entre entradas y salidas multiplicado por el volumen de acumulación del mismo.

Es decir:

<p>Para calcular la cantidad de agua que se puede obtener a la temperatura de uso se aplica la siguiente fórmula:</p> $C = c \cdot \frac{(t_2 - t_0)}{(t_1 - t_0)}$	<p>Siendo:</p> <ul style="list-style-type: none">• C = Cantidad total de agua obtenida (litros)• c = Volumen de acumulación (litros)• t2 = Temperatura del agua de acumulación (°C)• t1 = Temperatura del agua de uso (°C)• t0 = Temperatura del agua de entrada (°C)
---	---

Figura 6. Capacidad del calentador acumulador agua a gas. [a.i]

1.3.3 Prestaciones del calentador acumulador de agua eléctrico.

El cálculo del consumo eléctrico de los calentadores acumuladores “Termos”, viene dado por una expresión similar, a la del cálculo de la cantidad de calor referenciada a los calentadores quemadores de agua a gas. Estas se diferencian, en que la misma expresión esta dividida por un coeficiente adimensional y multiplicado por 1000, quedando este de la siguiente forma:

$Q = \frac{C_e \cdot m \cdot (t_2 - t_1)}{\eta \cdot 1000}$	<p>siendo:</p> <ul style="list-style-type: none">• Q = Consumo de energía eléctrica (Kwh)• m = Cantidad de agua a calentar (Kg)• t1 = Temperatura inicial (°C)• t2 = Temperatura final (°C)• η = Coeficiente de rendimiento del acumulador (adimensional)• Ce = Calor específico del agua (Ce = 1,163 W·h / °C·Kg)
---	---

Figura 7. Consumo del calentador acumulador agua eléctrico. [a.i]

1.4 Intercambiadores de calor.

Un intercambiador de calor, es un aparato que facilita el intercambio de calor entre dos fluidos que se encuentran a temperaturas diferentes, evitando que se mezclen entre sí. Para nuestro caso estos fluidos serán agua a diferentes temperaturas.

1.4.1 Tipos de intercambiadores.

Los intercambiadores de calor se pueden clasificar basándose en su diseño. Tenemos tres tipos de configuraciones más comunes.

Carcasas y tubos,

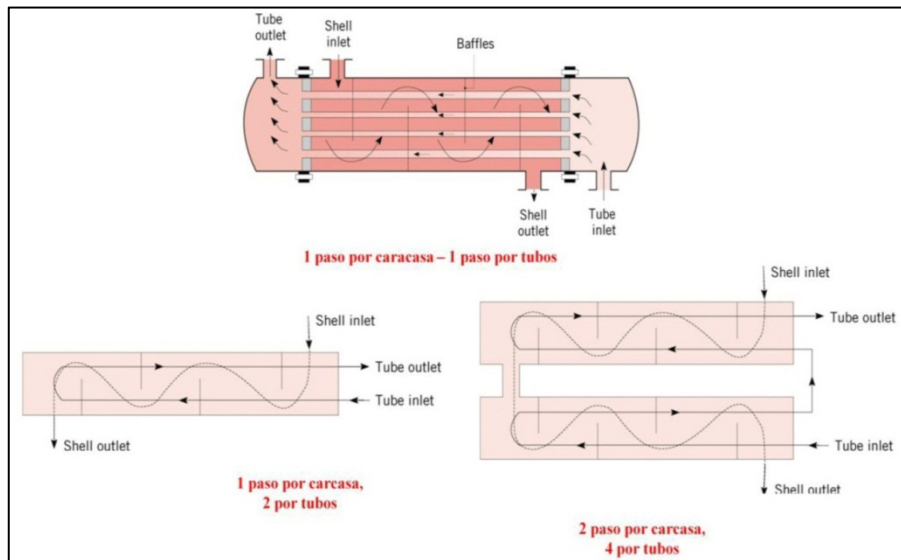


Figura 8. Funcionamiento intercambiador carcasa y tubos. [b.ii]

Intercambiadores de placas,

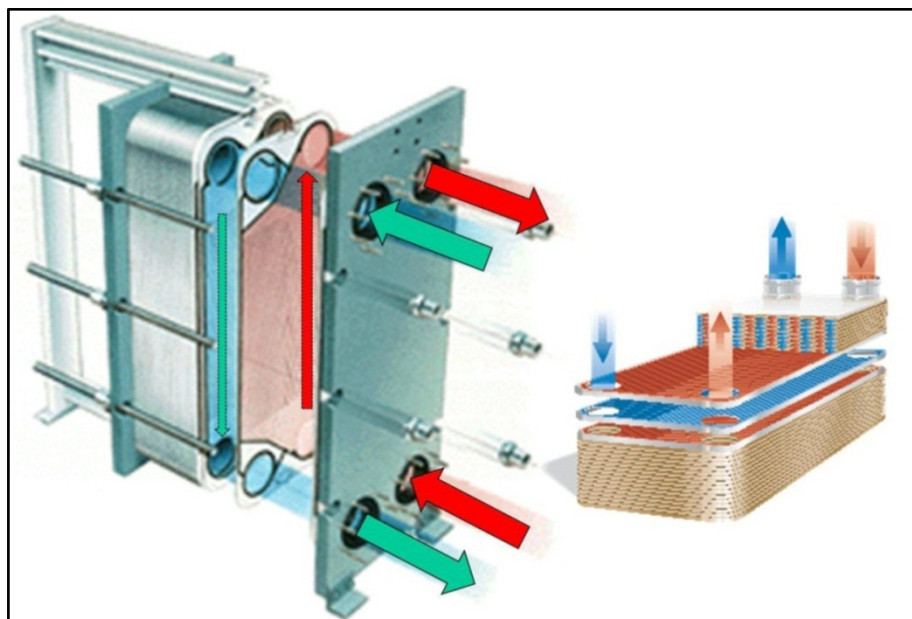


Figura 9. Funcionamiento intercambiador de placas. [b.ii]

En la distribución en flujo cruzado de un solo paso,

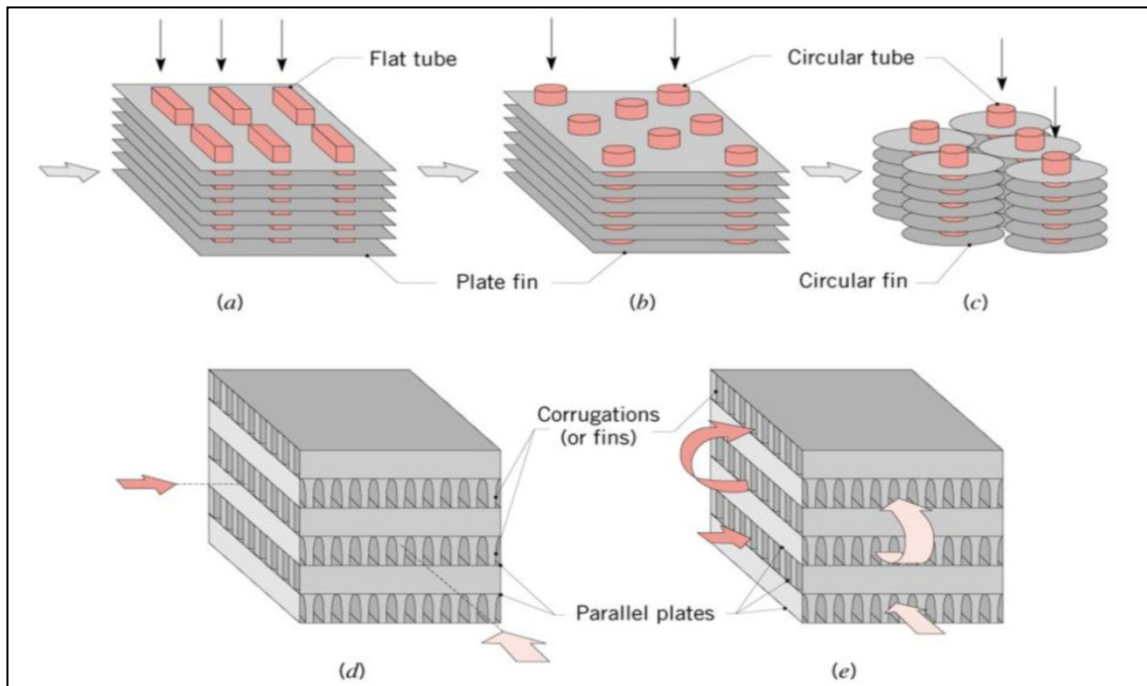


Figura 10. Funcionamiento intercambiador flujo cruzado. [b.ii]

Flujo libre (free flow).

Son una evolución técnica de los tradicionales intercambiadores de placas y juntas. La gran ventaja, es la posibilidad de utilizar este equipo para aplicaciones de intercambio térmico con fluidos cargados. Esta tecnología permite el paso de fluidos fibrosos, fangos, con arrastre de partículas. De especial importancia para el caso de agua que arrastre jabones o partículas propias de higiene diaria personal.

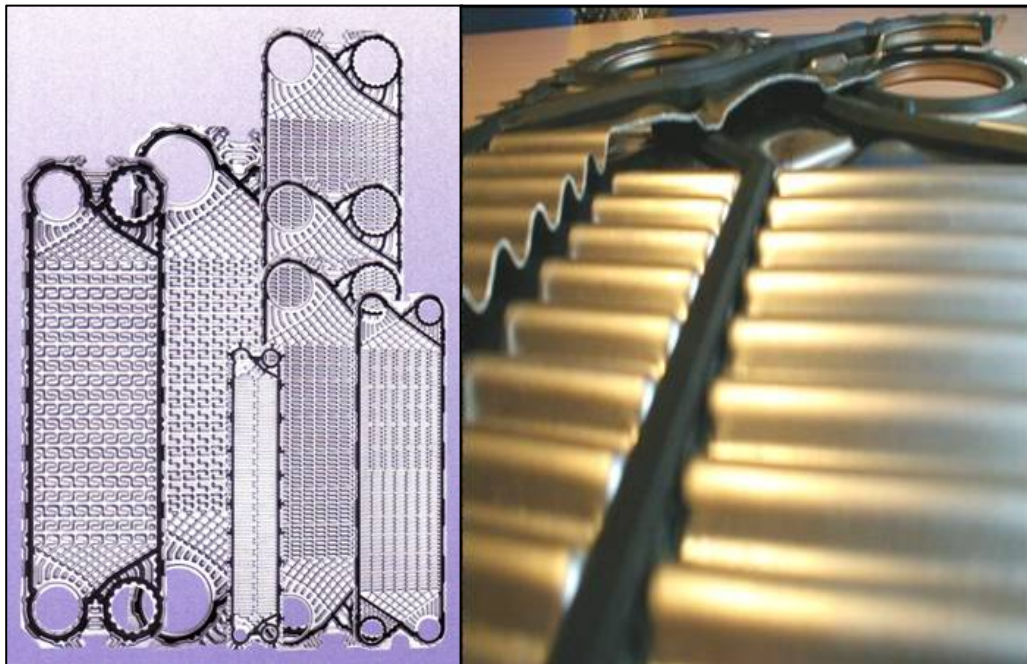


Figura 11. Intercambiadores free flow.

De esta clasificación extraemos las posibles configuraciones como soluciones integrables en el fondo de una instalación de bañera o ducha convencional. Siendo atractivas en primera instancia los sistemas de placas y free flow, que aumentan la superficie de contacto considerablemente siendo este un factor clave que describiremos a continuación. Descartando aquellas que suponen una ocupación de espacio excesiva.

1.4.2 Efectividad de un intercambiador.

La efectividad de transferencia de calor se define como la razón de la transferencia de calor lograda en un intercambiador de calor a la máxima transferencia posible, si se dispusiera de área infinita de transferencia de calor. A la mayor razón de capacidad se le designa mediante C y a la menor capacidad mediante c.

$$\epsilon = \frac{T_c}{T_{c \max}}$$

Tenemos dos tipos de flujos: en el caso del contra flujo, es evidente que conforme se aumenta el área del intercambiador de calor, la temperatura de salida del fluido mismo se aproxima a la temperatura de entrada del fluido máximo en el límite conforme el área se aproxima al infinito.

En el caso del flujo paralelo, un área infinita implicaría, que la temperatura de ambos fluidos sería la lograda si se permitiera que ambos se mezclaran libremente en un intercambiador de tipo abierto.

1.4.3 Funcionamiento del intercambio de calor en sistemas contracorriente y equicorriente.

La comparativa en la gráfica siguiente, nos explica el funcionamiento del trasvase de calor en los dos tipos que estudiaremos de corrientes. Estos son, el sistema contracorriente y el sistema equicorriente.

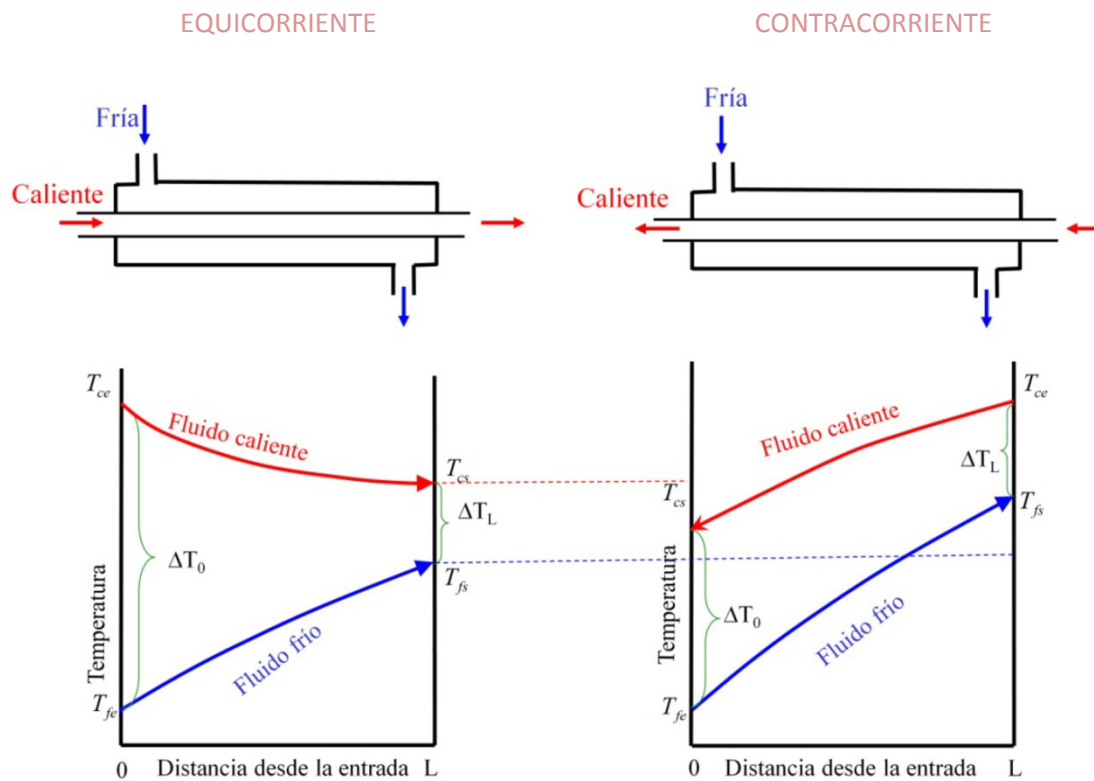


Figura 12. Diferencias en los sistemas equicorriente y contracorriente. [a.iii]

En el sistema equicorriente, después de la transmisión del calor, las temperaturas finales de ambos siguen siendo diferentes ΔT_L . Mientras que en el sistema contracorriente las temperaturas finales de los fluidos de los dos sistemas, son la misma, cuando la superficie de contacto tiende a infinito. También apreciamos que la temperatura final del fluido caliente en el sistema equicorriente es mayor que la temperatura final del fluido caliente en el sistema contracorriente. Por el contrario, la temperatura final del fluido frío es mayor en el sistema contracorriente que en el equicorriente.

1.4.4 Aplicabilidad teórica del cálculo en intercambiadores de calor tipo carcasa y tubo por el método de la eficiencia.

Para el cálculo de las temperaturas de intercambio en el intercambiador elegido, el de carcasa y tubo necesitaremos conocer las siguientes magnitudes físicas:

Q= caudal.

C_{min}. Caudal mínimo.

C_{max}. Caudal máximo.

NTU= factor determinado por la gráfica siguiente, que relaciona el factor con la eficiencia del intercambiador y la relación entre caudales máximos y mínimos.

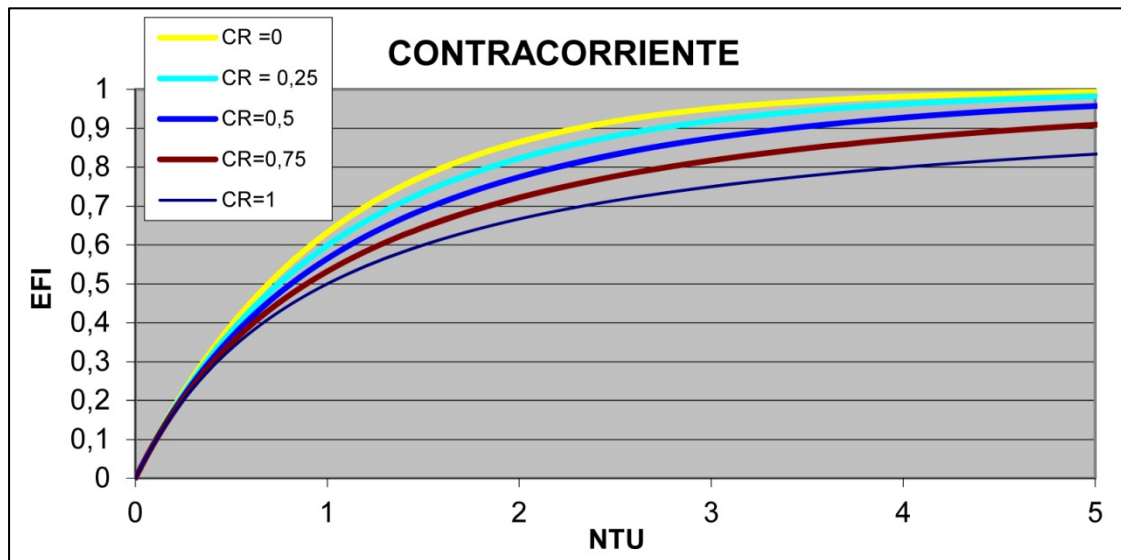


Figura 13. Gráfica NTU.[b.iii]

El funcionamiento de la gráfica es el siguiente: necesitamos obtener el NTU, que es un factor adimensional.

$$NTU = \frac{U \times A}{4180 \times Mf}$$

En donde:

U: es 1.000 w/m²·k

A: es el área de intercambio, del tubo en m²

4180: calor específico de los fluidos, a presión constante en J/Kg*K

MF: es el caudal de agua fría que pasa por el sistema en Kg/s

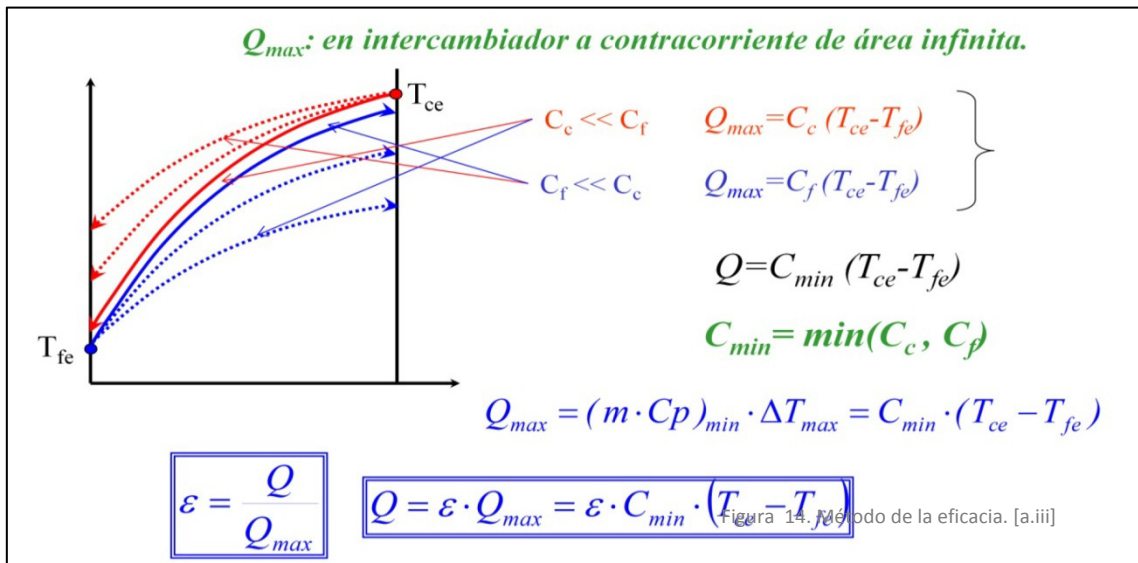
Con el valor del NTU, buscamos en la gráfica, determinando la relación entre el caudal máximo y mínimo que se asigna a la proporción del agua fría con la caliente. Calculado en el apartado 5.C.ii. *Proceso de cálculo*, el cual determina una relación de $\frac{C_{min}}{C_{max}}$. Para nuestro caso 0.25. Con esto y la curva descrita en la gráfica extraemos la eficacia del sistema.

Esta eficacia del sistema será un valor siempre comprendido entre 0 y 1. Y que relaciona los valores de temperatura de entrada y salida en el intercambiador.

$$E = \frac{T_{s1} - T_{s2}}{T_{e1} - T_{e2}}$$

Siendo estas las temperaturas de entrada y salida de los dos circuitos.

Por otra parte, podemos establecer la forma de cálculo de la temperatura caliente de salida, en función de las dos temperaturas de entrada de los circuitos, junto con la eficiencia. Basándonos en las expresiones siguientes:



Estas expresiones nos sirven de apoyo, para determinar la temperatura caliente de salida del agua tras el paso por el intercambiador de calor.

1.5 Hipótesis de partida.

Para acotar las magnitudes necesarias en la investigación tomaremos como hipótesis de partida:

A. Datos tomados como referencia en el cálculo desarrollado referente al consumo energético:

- Ce, calor específico del agua, tomara el valor de 1 Kcal/°C·Kg.
- Pe, peso específico del agua, tomara el valor de 1 Kg/l.
- Q, caudal estimado en bañeras 10 l/m

B. Cálculo en el intercambiador

- U= Coeficiente global de transmisión de calor, que es función de la velocidad de circulación del agua, oscilara entre 1.5 y 3.0 m/s, con esto determinamos que para nuestro sistema al no tratarse de un proceso industrial complejo de mayores dimensiones ni velocidades, será para: agua- agua 1.000 w/m²·k.

Tabla de valores representativos:

COMBINACION DE FLUIDOS	U(W / m ² ·K)
Agua-Agua	850-1700
Agua-Aceite	110-350
Condensador de vapor	1000-6000
Condensador que funciona con amoniaco	800-1400
Condensador que funciona con alcohol	250-700
Intercambiador de tubos aleteados	25-50

Figura 15. Valores tipo para U.

-Calor específico a presión constante 4180 J/Kg·K.

C. Numero de Reynolds.

Este número nos indica el régimen de circulación hidráulico, y los clasifica en función del valor obtenido. Es adimensional.

Regímenes de circulación hidráulica	
Re = (v·D / v) ⇒ Número de Reynolds	
v ⇒ Velocidad media en la sección del conducto	(m / s)
D ⇒ Diámetro interior en tubos circulares	(m)
v ⇒ Coeficiente de viscosidad cinemática	(m ² / s)
Re ⇒ N° de Reynolds	(—)

El Número de Reynolds es un número adimensional que caracteriza la circulación a presión en las tuberías		
Para valores de Re < 2000	⇒	El régimen es: LAMINAR
Para valores de 2000 < Re < 3000	⇒	El régimen es: INESTABLE
Para valores de Re > 3000	⇒	El régimen es: TURBULENTO

Figura 16. Nº de Reynold.

Denotar que nuestros cálculos siempre se encontraran en un régimen laminar, es decir, que su valor será siempre inferior a 2000.

1.6 Datos estadísticos.

Como complemento al estudio, utilizaremos datos estadísticos contratados y fiables. Estos los tomaremos de diferentes fuentes.

1. Temperaturas del agua en diferentes provincias en función mínimos máximos y temperaturas medias.

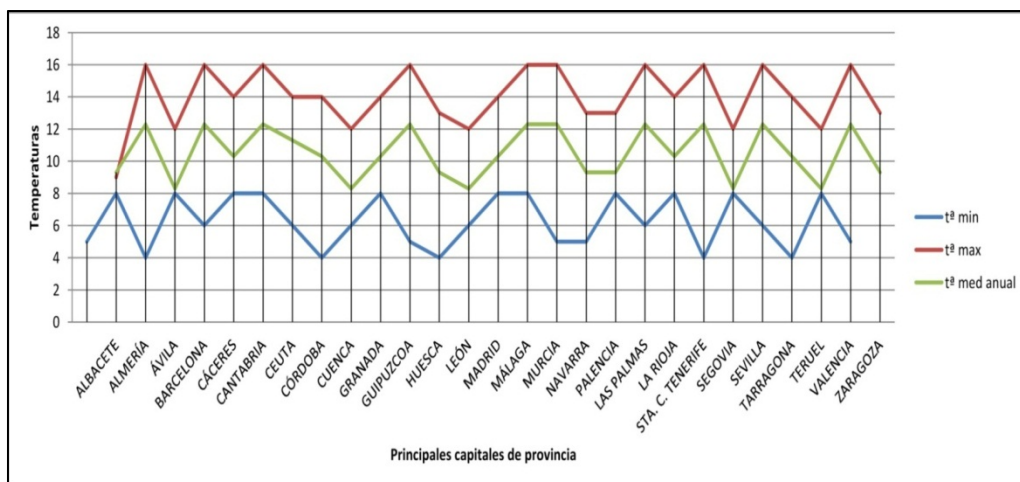


Figura 17. Tabla de temperaturas del agua por capitales de provincia. INE

2. Consumo medio según nº de miembros de familia en gas y electricidad.

Nº personas hogar	Consumo medio electricidad	Consumo medio de gas
1	1200 kWh	1900 kWh
2	2400 kWh	3700 kWh
3	3250 kWh	5050 kWh
4	3850 kWh	6000 kWh
5	4500 kWh	7000 kWh

Figura 18. Consumos medios, según comparatarifasenergia.es

3. Precio del kWh de gas según Iberdrola: 0.055 €.

4. Consumo medio diario de agua por habitante en los hogares.

Según el instituto nacional de estadística, esta cifra se sitúa en 149 litros de agua, y un precio medio de la misma de 1.42 € según la nota de prensa del 27 de junio de 2011.

Consumo de agua por Comunidades		Valor unitario del agua por Comunidades	
Unidad: litros / habitante / día		Unidad: euros/ m ³	
	2009		2009
Andalucía	156	Andalucía	1,25
Aragón	148	Aragón	1,27
Asturias, Principado de	165	Asturias, Principado de	1,10
Balears, Illes	127	Balears, Illes	2,00
Canarias	141	Canarias	1,90
Cantabria	180	Cantabria	1,18
Castilla y León	162	Castilla y León	1,07
Castilla-La Mancha	146	Castilla-La Mancha	1,15
Cataluña	132	Cataluña	1,76
Comunitat Valenciana	174	Comunitat Valenciana	1,54
Extremadura	163	Extremadura	1,21
Galicia	139	Galicia	0,93
Madrid, Comunidad de	145	Madrid, Comunidad de	1,67
Murcia, Región de	166	Murcia, Región de	1,84
Navarra, Comunidad Foral de	135	Navarra, Comunidad Foral de	1,23
País Vasco	126	País Vasco	1,08
Rioja, La	131	Rioja, La	0,93
Ceuta y Melilla	126	Ceuta y Melilla	1,40
España	149	España	1.42

Figura 19. Consumos medios y precios de agua en viviendas, según INE.

5. Perfil de consumo medio diario desglosado.

Tipo de servicio	Volumen (1) (litros)	Número (veces/día)	Consumo (litros/día)	Pérdidas (2) (litros/día)	Pérdidas (3) (litros/día)	Pérdidas (4) (litros/día)
Fregadero cocina:						
– lavado de vajilla (*)	15	2,3	35	5	9,5	0
– uso puntual	1	6	6	12,5	25	0
Lavabo:						
– llenado	8	1,5	12	6,5	1	1
– uso puntual	2	6	12	25	3,5	3,5
Bidet	12	1,5	18	6,5	1	1
Ducha	30	2	60	8,5	1	1
Baño	120	0,6	72	2,5	0,5	0,5
TOTALES	54 l/d * p	4 p	215 l/d	66,5 l/d	41,5 l/d	7 l/d

Figura 20. Consumos medios ACS, según:

6. Clasificación de caudales instantáneos mínimos para cada tipo de aparato, según CTE.

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de A.F. (dm ³ / s)	Caudal instantáneo mínimo de A.C.S. (dm ³ / s)
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m ó más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Figura 21. Caudales mínimos, según CTE.

1.7 Rendimientos y precios.

Se realizarán varios trabajos relacionados con las instalaciones, en concreto de fontanería.

Además, realizaremos cálculos económicos comparativos entre los distintos tipos de instalaciones. Tanto de la tradicional, como de las propuestas. Para todos estos cálculos utilizaremos la base de datos del FIVE, consultándolos en la página web: <http://www.five.es>

Necesitaremos los precios, tanto de la mano de obra, como de los materiales a instalar, para poder establecer, con un error aceptable, la diferencia de coste de los diferentes tipos de instalaciones en una misma vivienda.

En principio consultaremos: el precio por metro lineal de una instalación tipo, por ejemplo de cobre o polietileno de baja densidad, ambas con las mismas características de presión accesorios y empotramiento.

También serán de interés, los precios de los diferentes tipos de calentadores utilizados tanto de gas como eléctricos.

1. Precio colocación tubería de cobre:

E Edificación EI Instalaciones EIF Suministro de agua EIFC Conductos y accesorios						
EIFC.6\$ m Canalización cobre						
	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)		CANALIZACIÓN	ACCESORIOS (%)		
a	<input type="radio"/>	10	<input type="radio"/>	vista	<input type="radio"/>	s/acc
b	<input checked="" type="radio"/>	12	<input checked="" type="radio"/>	oculta	<input checked="" type="radio"/>	30
c	<input type="radio"/>	15			<input type="radio"/>	40
d	<input type="radio"/>	18			<input type="radio"/>	50
e	<input type="radio"/>	22				
f	<input type="radio"/>	28				
g	<input type="radio"/>	35				
h	<input type="radio"/>	42				
i	<input type="radio"/>	54				
EIFC.6bbb m Canlz oculta cobre ø12mm 30%acc 16,37						
Canalización oculta realizada con tubo de cobre, diámetro exterior 12mm y espesor de pared 1mm, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.						
Código	Cantidad	Ud	Descripción	Precio	Importe	
MOOA.8a	0,260	h	Oficial 1ª construcción	20,65	5,369000	
MOOF.8a	0,220	h	Oficial 1ª fontanería	16,94	3,726800	
MOOF11a	0,220	h	Especialista fontanería	16,41	3,610200	
PIFC.5baab	1,000	m	Tb Cu ø12mm desn barra 30%acc	3,34	3,340000	
%	0,020		Costes Directos Complementarios	16,05	0,321000	

Figura 23. Coste instalación cobre.

2. Precio colocación tubería de poliestireno:

E Edificación | EI Instalaciones | EIF Suministro de agua | EIFC Conductos y accesorios

EIFC10\$ m Canalización PE reticulado

	DIÁMETRO INTERIOR (mm)	SERIE	CANALIZACIÓN	ACCESORIOS (%)
a	<input checked="" type="radio"/> 12	<input checked="" type="radio"/> serie 3.2	<input type="radio"/> vista	<input type="radio"/> s/acc
b	<input type="radio"/> 16	<input type="radio"/> serie 5	<input checked="" type="radio"/> oculta	<input checked="" type="radio"/> 30
c	<input type="radio"/> 20			<input type="radio"/> 40
d	<input type="radio"/> 25			<input type="radio"/> 50
e	<input type="radio"/> 32			<input type="radio"/> 100
f	<input type="radio"/> 40			
g	<input type="radio"/> 50			
h	<input type="radio"/> 63			
i	<input type="radio"/> 75			
j	<input type="radio"/> 90			
k	<input type="radio"/> 110			

EIFC10aabb m Canlz ocu sr3.2 ø12mm 30%acc 12,59

Canalización oculta realizada con tubo de polietileno reticulado (PEX), diámetro interior 12mm y espesor de pared 1.7mm, serie 3.2, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.

Código	Cantidad	Ud	Descripción	Precio	Importe
MOOA.8a	0,250	h	Oficial 1ª construcción	20,65	5,162500
MOOF.8a	0,150	h	Oficial 1ª fontanería	16,94	2,541000
MOOF11a	0,150	h	Especialista fontanería	16,41	2,461500
PIFC.7aabb	1,000	m	Tb PEX ø12mm sr 3.2 brr 30%acc	2,18	2,180000
%	0,020		Costes Directos Complementarios	12,35	0,247000

Figura 24. Coste instalación poliestireno.

3. Precio del calentador de gas instantáneo colocado:

E Edificación | EI Instalaciones | EIF Suministro de agua | EIFE Agua caliente sanitaria

EIFE.4\$ u Calentador a gas instantáneo

	CAUDAL (l/min)	ENCENDIDO	UBICACIÓN
a	<input type="radio"/> 6	<input checked="" type="radio"/> piloto permanente	<input type="radio"/> interior
b	<input checked="" type="radio"/> 11	<input type="radio"/> sin llama piloto	<input checked="" type="radio"/> exterior
c	<input type="radio"/> 14		
d	<input type="radio"/> 18		

EIFE.4bab u Caln 11l/min pil perm ext 864,26

Calentador a gas para producción de agua caliente sanitaria, 11 l/min de caudal, montaje en exterior con llama piloto permanente y encendido por torrente de chispas, incluso salida de gases y humos de 5m de longitud media y sonda de seguridad, latiguillos, fijaciones y soportes, totalmente instalado, conexionado y en correcto estado de funcionamiento, incluso pruebas.

Código	Cantidad	Ud	Descripción	Precio	Importe
MOOF.8a	2,500	h	Oficial 1ª fontanería	16,94	42,350000
MOOF11a	2,500	h	Especialista fontanería	16,41	41,025000
MOOA12a	1,000	h	Peón ordinario construcción	19,25	19,250000
PIFE.4bab	1,000	u	Caln 11 l/min pil pmte ext	284,90	284,900000
PIFG34a	1,000	u	Valv esf fund ø15mm(1/2")	73,25	73,250000
PIFG34d	2,000	u	Valv esf fund ø32mm(1 1/4")	119,32	238,640000
PIVH14dcd	5,000	m	Tb a esm ø125mm lg 100cm 50%acc	18,77	93,850000
PIVH.4aa	1,000	u	Smbret defl a inox ø 80mm	29,48	29,480000
PICQ24a	1,000	u	Grupo seguridad ø 3/4"	21,93	21,930000
PIFW.6a	2,000	u	Latiguillo racor latón 15 cm	1,32	2,640000
%	0,020		Costes Directos Complementarios	847,32	16,946400

Figura 25. Coste calentador, gas.

4. Precio del calentador eléctrico colocado:

EIFE.6\$ u Termo eléctrico instantáneo					
CAPACIDAD (l)					
a		<input type="radio"/>	6.9		
b		<input type="radio"/>	9.8		
c		<input type="radio"/>	11.5		
d		<input checked="" type="radio"/>	13.1		
EIFE.6d u Termo eléctrico instantáneo 13.1 l				414,70	
Termo eléctrico instantáneo para producción de agua caliente sanitaria, en acero esmaltado con recubrimiento de espuma de poliuretano de alta densidad, 13.1 l/min de caudal, 24 kW de potencia eléctrica, 380 V, 50 Hz, dos niveles de potencia y temperatura del agua, termostato y válvula de seguridad, grupo de conexión y alimentación con filtro incorporado, válvula de seguridad y manómetro con diámetro de conexión de 3/4", válvula de corte (salida), latiguillos, fijaciones y soportes, totalmente instalado, conexionado y en correcto estado de funcionamiento, incluso pruebas.					
Código	Cantidad	Ud	Descripción	Precio	Importe
MOOA12a	1,250	h	Peón ordinario construcción	19,25	24,062500
MOOE.8a	0,300	h	Oficial 1ª electricidad	16,94	5,082000
MOOF.8a	0,600	h	Oficial 1ª fontanería	16,94	10,164000
MOOF11a	0,600	h	Especialista fontanería	16,41	9,846000
PIFE.6d	1,000	u	Termo el instantáneo 13.1 l	329,38	329,380000
PICQ24a	1,000	u	Grupo seguridad ø 3/4" "	21,93	21,930000
PIFG30b	1,000	u	Valv esfera lat-niq ø1/2"	3,46	3,460000
PIFW.6a	2,000	u	Latiguillo racor latón 15 cm	1,32	2,640000
%	0,020		Costes Directos Complementarios	406,56	8,131200

Figura 26. Coste calentador, eléctrico.

CAPÍTULO 2 DISEÑO Y DESARROYO DE SISTEMAS.

Capítulo 2. Diseño y desarrollo de sistemas.

2.1 Consideraciones y criterios.

Para sentar las bases de los objetivos a alcanzar, enumeraremos criterios tanto de diseño, como de uso, que respondan a las necesidades específicas de los usuarios finales de la instalación a desarrollar. Estas las clasificaremos por grupos.

2.1.1 Necesidades de uso y funcionales.

Las necesidades de uso están relacionadas con la comodidad de uso de la instalación, sin que la misma produzca desmejoras, tanto en el uso cómo en el confort. En concreto, no se generaran escalones de acceso para duchas o bañeras, y en su caso serán mínimos. La instalación, no deberá generar sonidos, ni ruidos fuera de los producidos por una instalación convencional. En la fase de diseño, se tendrá en cuenta que la instalación tampoco necesite un mantenimiento fuera de lo común, para instalaciones convencionales de ACS domesticas.

El funcionamiento del sistema a implantar, no necesitará de conocimientos específicos por parte del usuario final, ni presentará inconvenientes de programación o aspectos similares. La máxima a seguir será sencillez, eficacia e integración.

2.1.2 Aplicabilidad.

Durante la fase de diseño, serán de especial interés las consideraciones que marquen líneas de trabajo, en las cuales las directrices adoptadas permitan la colocación del sistema a implantar, tanto en vivienda construida como en vivienda de nueva planta. Esto permitirá un desarrollo a nivel industrial del sistema y facilitará su implantación.

La implantación del sistema, en la fase de ejecución o montaje del mismo, es decir, por el técnico montador, no implicará especial complicación. Buscaremos para este apartado: sencillez, eficacia e integración.

2.1.3 Criterios de diseño.

Para el diseño del producto final, buscaremos la integración en un mismo volumen, tanto del plato de ducha, cómo del sistema de intercambio de calor. Esto nos condicionará el diseño por encima del resto de criterios, ya que el producto será más viable industrialmente, cuanto más se simplifique y menores complicaciones implique en el montaje. Desde todos los enfoques posibles siempre buscaremos la sencillez, eficacia e integración.

2.1.4 Aportación del producto.

Si finalmente alcanzamos una buena solución debemos contemplar que no es una solución final, definitiva y absoluta. Otros aspectos como la conciencia social, el máximo aprovechamiento de los recursos y el uso responsable de los mismos son factores que suman y aportan al total del ahorro. No debemos olvidar la directiva europea: Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa al rendimiento energético de los edificios.

2.1.5 Puntos de la instalación de ACS mejorables por el sistema.

El sistema intentará aprovechar la temperatura del ACS usada y que es desechada con dicha energía calorífica por el desagüe. La forma de hacerlo, será con un intercambiador de calor, que servirá para precalentar el agua bien de abastecimiento del sistema de calentamiento de la instalación, calentador o para realimentar el sistema de ACS en el punto de consumo. Estas realimentaciones o precalentamiento, se realizarían en los puntos de mayor consumo de ACS de la instalación doméstica, que son las bañeras o duchas, además de los fregaderos. Con consumos medio diarios de 149 l en duchas y de 35 l en fregaderos.

2.2 Diseño, aplicación teórico-práctica sobre el funcionamiento de los sistemas.

Con las directrices establecidas abordaremos el diseño de la instalación. Vendrá condicionado por la ecuación fundamental de la termodinámica, que establece el consumo de energía, tanto para quemadores de gas, cómo para acumuladores de gas y eléctricos. Tratados en el apartado 1.3 Principios físicos. Termodinámica en calentadores domésticos.

El estudio de estas tres formulas, en realidad nos indican que se rigen por el mismo principio físico, en donde el consumo final de energía se condiciona principalmente por dos factores determinantes que son: consumo de agua, número de litros y salto térmico, entre el agua entrante y saliente del calentador. Para cada uno adoptaremos configuraciones diferentes.

2.3 Sistema de realimentación propia.

2.3.1 Disminución en litros del consumo de ACS.

Si intentamos incidir sobre el volumen de litros de consumo desde el calentador directamente, la solución pasaría por intentar el doble aprovechamiento térmico del ACS domestico. Esto lo conseguiremos generando un sistema de placas, por el momento placa primaria y placa secundaria.

Este sistema intercambiara el calor entre el circuito primario, el desagüe propio del aparato, y la salida a la bajante. Mientras que el circuito secundario, recibirá una conexión a red general de agua fría y expedirá otra con agua precalentada, que se destinará al punto de consumo. Además, al punto de consumo, llegara la toma tradicional de ACS, directa desde el calentador tipo instalado.

A continuación resulta interesante explicar el funcionamiento de los hidromezcladores. Estos toman agua en función del giro del monomando, es decir, cuando mas a la izquierda están, el abastecimiento del sistema de agua directa del calentador es mayor, por el contrario la del agua fría es menor.

Dicho esto, la idea es intentar desplazar lo máximo el monomando hacia la derecha, con una temperatura de agua de confort, por descontado. Esto lo conseguimos, precalentando el agua fría con el intercambiador de calor.

Consiguiendo de este modo que las proporciones de agua de fría-caliente cambien.

Como ejemplo explicativo consideraremos una situación, en la cual el intercambiador de calor situado en la ducha es capaz de calentar el agua de red de los 4 ° a los 20°. Veremos como varían las proporciones de agua utilizada en detrimento del agua de ACS directo.

Denominaremos el sistema, sistema de realimentación propio.

2.3.2 Proceso de cálculo.

Para el cálculo de la reducción del volumen de litros de ACS utilizada, cabe destacar que incidiremos sobre el volumen de litros de ACS proveniente del calentador, no en el volumen total del consumo de agua.

Para el cálculo del ahorro de agua proveniente del ACS, separaremos el cálculo en los diferentes aparatos de consumo doméstico. Estableciendo las proporciones entre volúmenes de agua , que vamos a suponer constantes inicialmente.

Esto supone un rendimiento del intercambiador de calor constante para los diferentes aparatos.

A. Desarrollo cálculo general aplicado a baño y ducha.

Tipos de instalación ducha/bañera	Volumen total agua	Temperatura requerida de consumo	Temperatura abastecimiento	Temperatura agua precalentada	Temperatura del agua del calentador
Convencional	80 l	39°	4°	-	45°
Realimentación propio	80 l	39°	4°	20	45°

Figura 27. Datos para sistema de realimentación propio.

Para el desarrollo del cálculo de la instalación, vamos a establecer dos tipos de aguas. El agua de red, que será la que utilice el hidromezclador para disminuir la temperatura, y el agua directa de calentador. El cálculo de las proporciones de los caudales quedará de la siguiente forma.

$$\begin{array}{r}
 \mu \quad x \quad \%_{.1} \\
 \hline
 \sum \% = T_{fc} \\
 \hline
 v \quad x \quad \%_{.2}
 \end{array}$$

$$\underline{\underline{\%_{.1} + \%_{.2} = 1}}$$

Figura 28. Sistemas de ecuaciones para la realimentación propia.

En donde:

μ = Es la temperatura del agua del calentador.

v = Es la temperatura de abastecimiento de red.

$\%_{.1}$ = Es el % de aportación de la temperatura del agua del calentador.

$\%_{.2}$ = Es el % de aportación de la temperatura del agua de abastecimiento de red.

T_{fc} = Es la temperatura de consumo de agua.

Aplicado a baño y ducha obtenemos:

$$45^{\circ} \times \%_{.1} + 4^{\circ} \times \%_{.2} = 39^{\circ}$$

$$\%_{.1} + \%_{.2} = 1$$

$$\%_{.1} = 1 - \%_{.2}$$

$$45^{\circ} \times (1 - \%_{.2}) + 4^{\circ} \times \%_{.2} = 39^{\circ}$$

$$\%_{.2} \times (-45 + 4) = -6$$

$$\%_{.2} = 14,7 \%$$

$$\%_{.1} = 85,3 \%$$

El total de litros vendrá determinado por aplicar este % al total de tiros de uso (80 l).

$$80 \times \%_{.1} \approx \mathbf{68.2 \text{ l}}$$

$$80 \times \%_{.2} \approx \mathbf{11.8 \text{ l}}$$

B. Aplicación a Fregadero y lavabo.

Tipos de instalación fregadero	Volume n total agua	Temperatura requerida de consumo	Temperatura abastecimiento	Temperatura agua precalentada	Temperatura del agua del calentador
Convencional	45 l	39°	4°	-	45°
Realimentación propio	45 l	39°	4°	20	45°

Figura 29 .Datos de partida fregadero y lavabo.

Como podemos observar con estos datos, en lo referente a cálculo de volúmenes y proporciones de agua, solo nos afecta en la parte final del mismo, es decir, los porcentajes $\%_{.1}\%_{.2}$ son los mismos.

$$45 \times \%_{.1} \approx \mathbf{6.61 \text{ l}}$$

$$45 \times \%_{.2} \approx \mathbf{38.39 \text{ l}}$$

Cálculo de las proporciones de agua consumidas, estableciendo un aumento de temperatura de agua precalentada a 20°.

C. Aplicación a baño y ducha.

$$45^{\circ} \times \%_{.3} + 20^{\circ} \times \%_{.4} = 39^{\circ}$$

$$\%_{.3} + \%_{.4} = 1$$

$$\%_{.3} = 1 - \%_{.4}$$

$$45^{\circ} \times (1 - \%_{.4}) + 20^{\circ} \times \%_{.4} = 39^{\circ}$$

$$\%_{.4} \times (- + 20) - 6 =$$

$$\%_{.4} = 24 \%$$

$$\%_{.4} = 76 \%$$

El total de litros vendrá determinado por aplicar este % al total de tiros de uso (80 l).

$$80 \times \%_{.3} \approx 60.8 \text{ l}$$

$$80 \times \%_{.4} \approx 19.2 \text{ l}$$

D. Aplicado a fregadero y lavabo.

Las proporciones no variaran respecto al cálculo de ahorro en el sistema de ducha y baño, por la hipótesis de misma eficiencia de intercambiadores.

$$45 \times \%_{.3} \approx 34.2 \text{ l}$$

$$45 \times \%_{.4} \approx 10.8 \text{ l}$$

2.3.3 Representación gráfica de las proporciones de consumo.

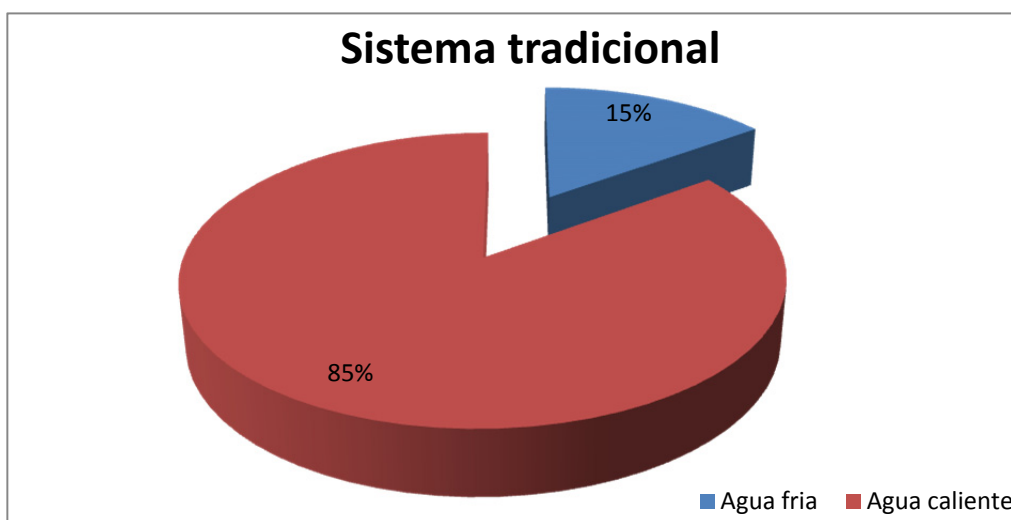


Figura 30. Proporciones de consumo del ACS sistema tradicional.

Como observamos el consumo de agua directa desde el calentador no es el 100% del volumen total de agua consumida. En el sistema conocido de instalación de ACS las proporciones son aproximadamente, de un 85-15 a favor del agua caliente directa desde el calentador

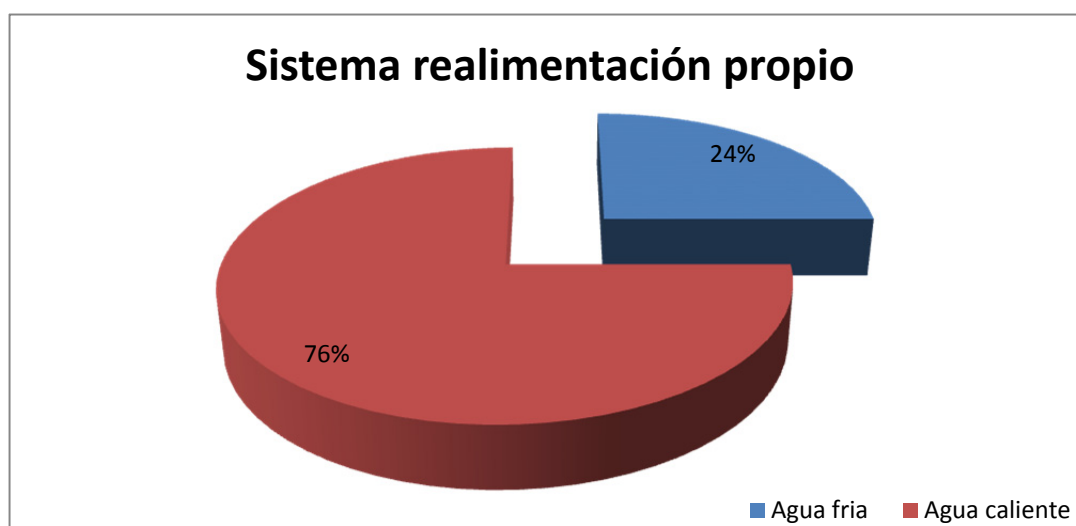


Figura 31. Proporciones de consumo del ACS modelo propuesto.

Con el sistema propuesto, las proporciones de agua varían de 85-15 a 76-24, el impacto definitivo de estos datos se estudiarán en el apartado correspondiente de estudio de resultados. De todas formas, a priori podemos intuir ya, que respecto al sistema tradicional, tendremos un 10% menos de consumo de agua directa desde el calentador, lo que implicara un ahorro importante.

La determinación de estos resultados, nos dirán si el sistema aporta suficientes ventajas respecto al tradicional, para posterior implantación.

Si comparamos ambas instalaciones, observamos las diferencias introducidas por el sistema propuesto. Diferencia aplicada sobre el volumen de litros que necesitamos directamente desde el calentador, entendiéndolo que en ningún caso estamos reduciendo el volumen de litros total de uso del aparato.

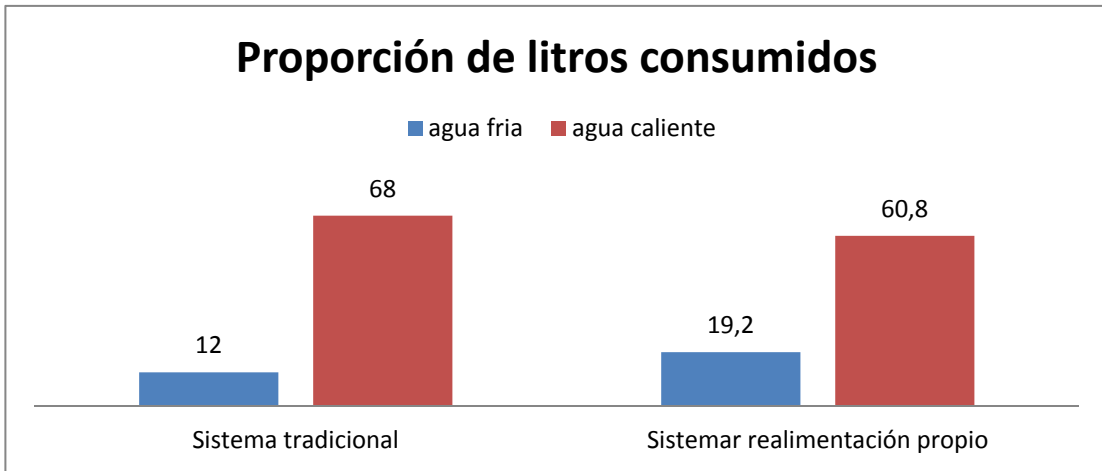


Figura 32. Datos de consumo baño/ducha.

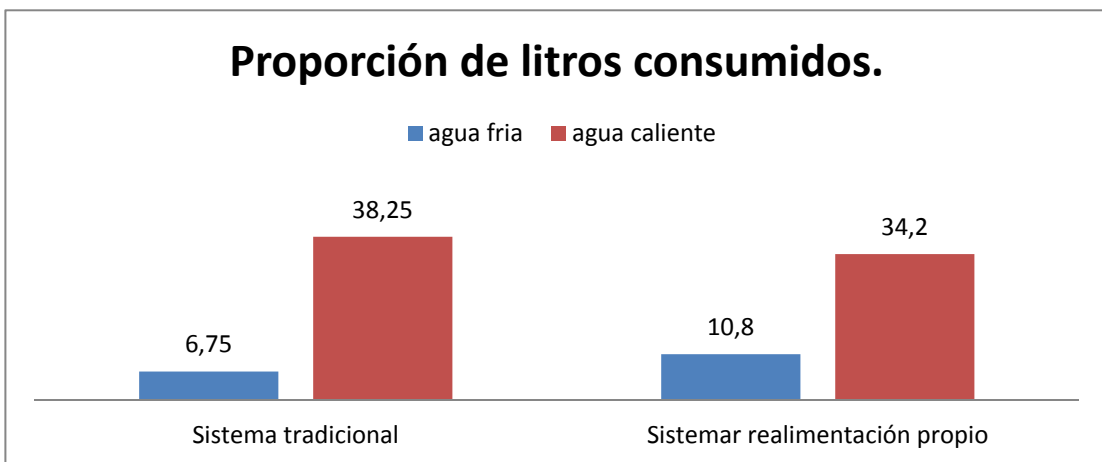


Figura 33. Datos de consumo fregadero /lavabo.

Para mejorar la compresión del sistema, seguiremos con las definiciones mencionadas anteriormente, con la salvedad de que estos estarán interconectados entre si.

Además, la red de agua fría de abastecimiento, necesariamente abastecerá a los aparatos de consumo directa e indirectamente. Es decir, la comprensión del sistema nos fuerza a abastecer los aparatos con agua fría de red directa, idéntica forma a la convencional, y además, abastecer al calentador, previo paso por los intercambiadores de los aparatos en funcionamiento.

En resumen, el gran cambio introducido en este tipo de instalación, es que en vez de abastecer el sistema de producción de ACS, con una derivación directa de la red de agua fría, haremos pasar previamente a esta por el sistema de intercambiadores de calor.

Este sistema lo denominaremos, sistema de realimentación común.

El comportamiento esperado de la instalación se puede dividir en dos tipos de comportamientos. El primero, es que solo funcione un aparato con el sistema integrado, es decir, si solo nos estamos bañando. En este caso, el agua de abastecimiento del sistema de producción de ACS, solo pasará por el intercambiador de calor de dicho aparato.

Ahora bien, si se produce una simultaneidad de uso entre aparatos, será objeto de estudio la “ayuda térmica” recibida entre los aparatos de consumo y si siempre serán positivos las mezclas de los mismos. Para el trabajo de estos sistemas en conjunto, se estudiará la posibilidad de acumular dicha agua precalentada, para intentar aprovechar al máximo la inercia térmica de las mismas.

2.4.2 Proceso de cálculo.

En el proceso de cálculo de esta tipología, a diferencia de la anterior, debe tenerse en cuenta el funcionamiento simultáneo de la instalación, ya que se crea una red, el funcionamiento de la cual es resultado de diferentes factores intervinientes. Por este motivo, el análisis del sistema lo vamos a separar en varios supuestos, observando el comportamiento del mismo en dada uno de ellos, además del funcionamiento en conjunto. Esto nos determinará la eficacia del sistema conjunto, frete al sistema por separado. A estos nuevos sub-sistemas los denominaremos, sistemas de realimentación común separativos.



Figura 35. Esquema resumen de los sistemas.

En principio, determinaremos unos supuestos de funcionamiento, con unos sistemas de intercambiadores de carcasa y tubo, con un rendimiento determinado. Aprovechando los ejemplos anteriores supondremos que tendremos intercambiadores de calor en el baño o ducha y en el fregadero y lavabo. Los cuales serán capaces de intercambiar el calor con unos resultados de: t^a llegada del agua 4°C , t^a salida 20°C . Salto térmico producido de 16°C .

A. Sistemas de realimentación común separativos. Duchas o bañera.

Tipos de instalación ducha/bañera	Temperatura requerida de consumo	Temperatura abastecimiento	Temperatura agua precalentada	Temperatura del agua del calentador	Salto térmico
Convencional	39°	4°	-	45°	41°
Realimentación común separativo	39°	4°	20	45°	25°

Figura 36. Datos de partida fregadero y lavabo.

Con estos datos de partida, con el supuesto del rendimiento de intercambiador de calor fijo establecido, obtenemos una reducción en el salto térmico del calentador de 20°. Esto supone una disminución del 60.97 %.

Ahora bien, si estudiamos el sistema con detenimiento, el comportamiento del mismo no es lineal, es decir, los primeros litros de agua requerirán un salto térmico igual al del sistema convencional, mientras que a medida que el intercambio de calor avance y consiga precalentar el agua, esta irá disminuyendo el salto térmico en el productor de calor.

Por tanto estableceremos dos tipos de comportamiento, uno inicial que denominaremos: régimen creciente de llenado, en el cual el aumento de temperatura del agua precalentada irá creciendo. Y un segundo régimen, que denominaremos estable, el comportamiento del cual hemos calculado inicialmente y que será constante.

Se efectuará el cambio de régimen, cuando se llene la carcasa del intercambiador. Este tiempo de llenado lo estimaremos en 3 minutos ($0,9\text{m} \times 0,9\text{m} \times 0,04\text{m} = 0,0324 \text{ m}^3$ es decir 32 litros de agua, para un caudal de 10l/min).

Para determinar el comportamiento exacto durante este periodo, será necesario un estudio en laboratorio, el cual no realizaremos. Por tanto supondremos un ascenso de temperatura lineal en los tres primeros minutos. Para el régimen estable estableceremos un salto térmico de 16 °C.

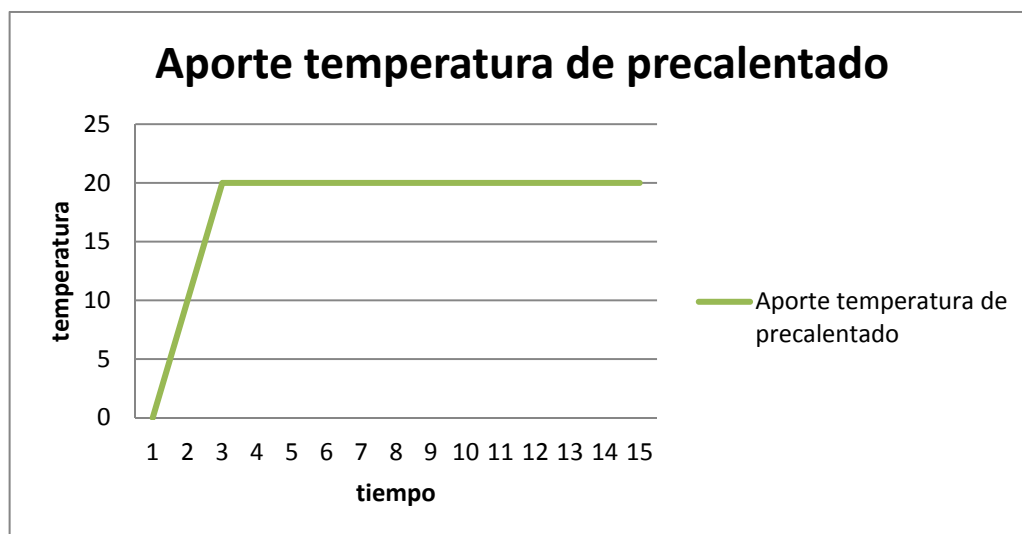


Figura 37. Comportamiento del intercambiador de calor.

Con estos supuestos, estamos en torno a una reducción del 60% del consumo de energía. A raíz de estos alentadores resultados, realizaremos un estudio detallado del intercambiador, para determinar: diseño, materiales y rendimientos finales para conseguir este salto térmico.

B. Sistemas de realimentación común separativo. Fregadero lavabo.

El comportamiento del sistema será el mismo, con la salvedad de que los usos de estos aparatos son repetidos y espontáneos, a diferencia de la ducha o bañera, con lo cual se genera un inconveniente de gran peso.

A pesar de existir la posibilidad de realización y después de diversas consideraciones, como el tiempo de uso de estos aparatos, estimamos que no es conveniente su estudio ni posterior implantación.

C. Comportamiento en conjunto de los sub-sistemas.

Por otra parte, cuando el sistema trabaja conjuntamente, requerirá de especial tratamiento de la zona que denominaremos caliente-común.

Esta zona recibirá aguas a diferentes temperaturas, en los casos de simultaneidad de uso del sistema. Esto nos plantea varios problemas a la hora de determinar el comportamiento del sistema a priori.

Cabría la posibilidad, de incorporar un sistema de almacenamiento de agua precalentada, que se encargase de almacenar dicha agua antes de calentarla definitivamente con el sistema del calentador.

También, es un punto que dejamos abierto para posibles consideraciones futuras. Una de las posibles líneas de estudio serían, por una parte, como interactúan los fluidos con más de un aparato en servicio, así como la variación de las temperaturas.

Otra línea futura de estudio sería, la posible incorporación de un acumulador antes del calentador, lo que sería totalmente novedoso en las instalaciones de ACS doméstico.

2.4.3 Esquema del sistema

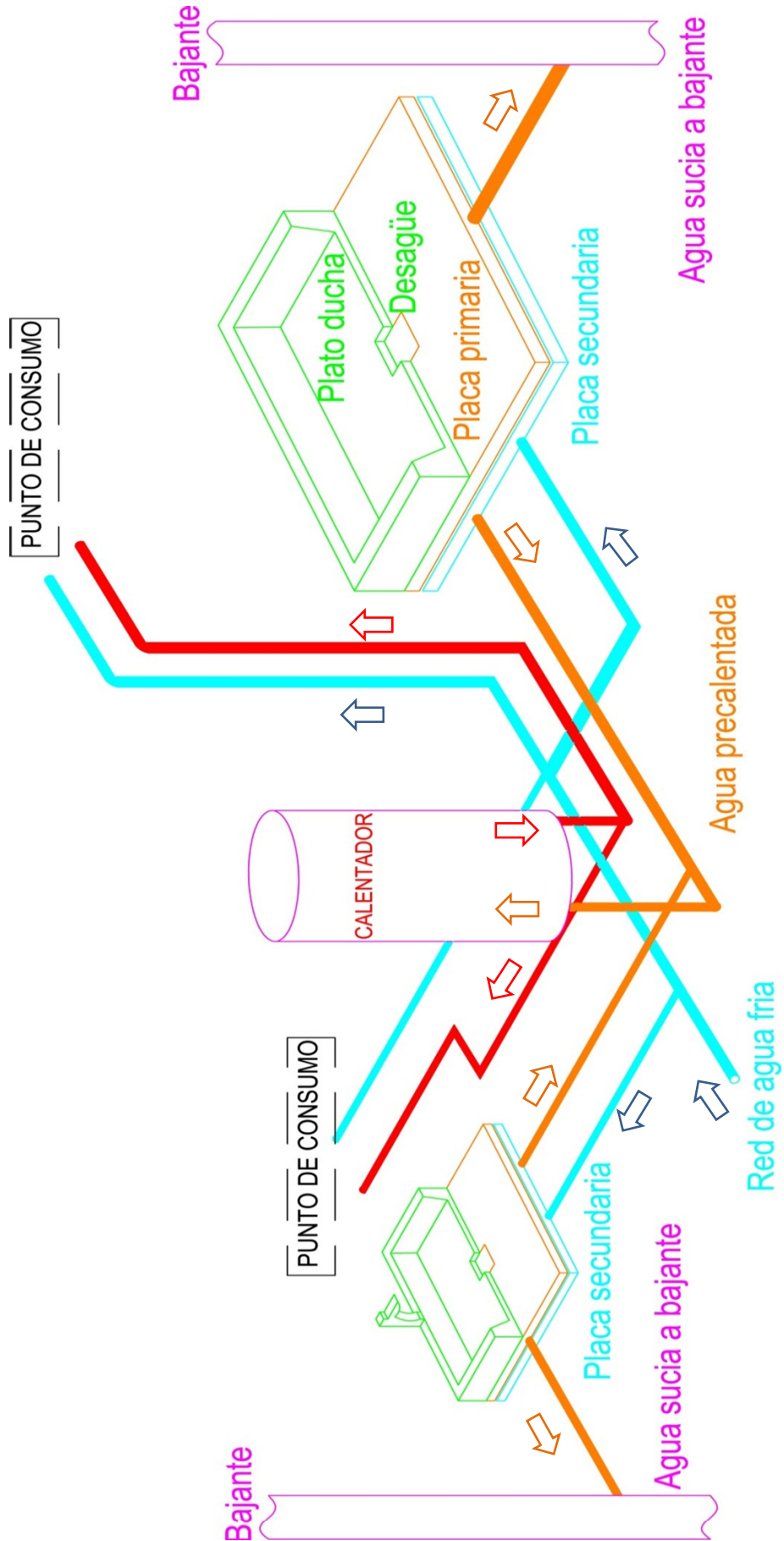


Figura 38. Esquema sistema de realimentación común.

2.5 Diseño y cálculo del intercambiador de calor.

Lo primero para realizar el diseño y cálculo de los intercambiadores será empezar por la elección del tipo de intercambio a realizar. Esto nos condiciona posteriormente el cálculo del mismo.

Como hemos comentado anteriormente en el apartado, *2.1 Consideraciones y criterios*, nos influye en gran medida, la posibilidad de integrar el sistema en el fondo de las duchas o bajos de fregaderos. Por ello se encaminará la búsqueda del diseño a cuerpos que tiendan a ser planos. Además es de relevante importancia considerar que el agua usada en el sistema contendrá residuos e impurezas, los cuales no serán capaces de circular por sistemas tipo placas.

Un último aspecto a tener en cuenta será la posibilidad de montarlos y producirlos con sencillez y de forma económica.

Todo esto nos lleva a pensar que un sistema de “carcasa y tubo” puede funcionar perfectamente teniendo en cuenta estas consideraciones. Además sabemos también que será un sistema contracorriente por la mayor cedencia de calor entre fluidos.

2.5.1 Diseño.

Como se comentó anteriormente, el sistema elegido es de “carcasa y tubos”, con un paso por carcasa y dos tubos. Dicha elección responde a las necesidades específicas del sistema que queremos implantar.

Por una parte, soluciona el problema del ensuciamiento del agua y la dificultad de esta de circular por un sistema de tubos incluso el sistema de placas. La forma de solucionarlo, es recogiendo esta agua en la carcasa del sistema, lugar donde no encuentra especial inconveniente de circulación incluso de embozo.

La carcasa contendría el agua usada en el punto de consumo correspondiente. Esta será la que cederá el calor, recogido por la tubería de agua de precalentado.

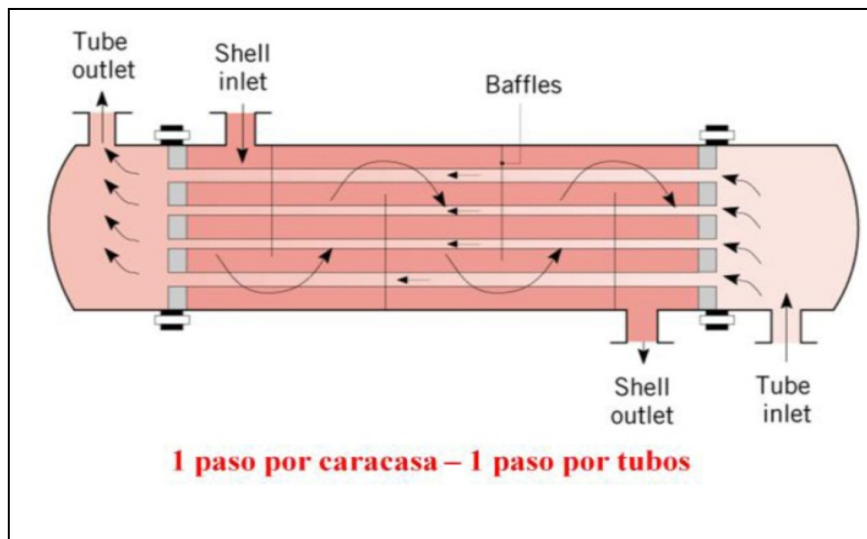


Figura 39. Esquema intercambiador de calor carcasa y tubos.

Como observamos en la figura 39, el fluido que discurre por la carcasa tiene libertad de circulación, cualidad indispensable para el sistema a realizar. Esta libertad de movimiento, está cuartada por aletas dispuestas de tal forma, que el agua discurra por la carcasa de forma controlada.

Por otra parte, el agua de red directa circularía por los tubos, los cuales pueden coincidir perfectamente con los de la propia instalación, teniendo en cuenta que el material con el cual estarán realizados será el de mayor conductividad térmica, normalmente metálico.

El otro aspecto importante es, el espacio que ocuparía, es decir, la integración del sistema debajo de la ducha o bañera actual. Como observamos en la imagen el sistema diseñado sería difícilmente integrable en una ducha convencional.

Para rediseñar el sistema, necesitamos conocer que elemento es más influyente en el cálculo de efectividad del intercambiador. Para ello, es preceptivo conocer a fondo las leyes físicas que rigen el comportamiento del intercambiador. Así como realizar un estudio detallado del cálculo necesario para determinar la cesión de calor del sistema.

Con la finalidad de obtener la solución de mayor interés, desarrollaremos la parte de cálculo de intercambio de calor (ver apartado *2.5.2 Cálculos del intercambiador*).

Tras el estudio y conocimiento del mismo, mediante la bibliografía, determinamos, que la altura de almacenamiento en la carcasa no es determinante en la efectividad del intercambiador. Dato importantísimo en el diseño del mismo y que es condicionante de primer orden. Con esta conclusión, podemos conseguir alturas de carcasa mínimas, esto quiere decir que solo con cubrir el diámetro de la tubería que pasara por el intercambiador satisfacemos las necesidades del intercambiador.

Para instalaciones de este tipo, solemos trabajar con diámetros que oscilan entre 28 x 26 mm exterior-interior, y 22 x 20 mm respectivamente.

Este diámetro es el que más nos va a determinar que altura requeriremos para el sistema, pero en principio no deberíamos necesitar más de 70 mm de altura intentando ajustar siempre al máximo este factor.

El factor que nos queda por determinar, es la ubicación de las entradas y salidas del fluido. Para ello elegiremos un sistema contracorriente, que consigue una mayor elevación de la temperatura del fluido frío (ver apartado 1.4).

Establecidos los sentidos, la altura del sistema y las entradas, solo nos falta plantearnos donde situar las salidas de los fluidos, así como, la velocidad de circulación del fluido en la carcasa y su control.

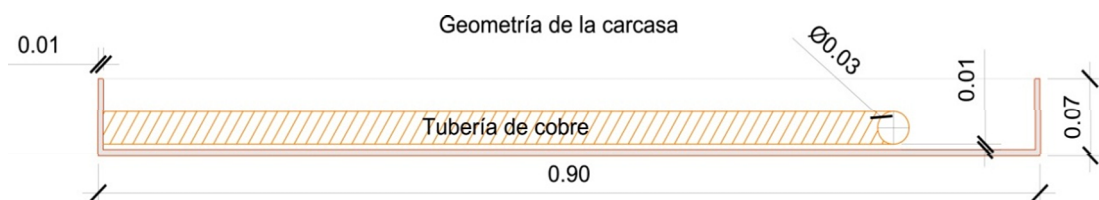


Figura 40. Sección de la carcasa del intercambiador.

A continuación detallaremos los condicionantes para determinar el diseño de las entradas y salidas. También trataremos cómo ejercer el control del fluido en la carcasa del intercambiador:

A. Situación del intercambiador.

El intercambiador está situado en la parte baja del aparato sanitario al que pertenezca. Esto nos condiciona que la entrada del fluido caliente, (agua usada) accederá a la carcasa por la parte superior. Por tanto, la salida del mismo estará en la parte inferior. Este punto conectará directamente a la bajante o al bote sifónico del cuarto húmedo correspondiente.

B. Abastecimiento del agua precalentada.

Este factor es poco determinante, debido a que las instalaciones de fontanería varían en función de los edificios y de sus distribuciones. Por tanto, el diseño de la situación del circuito secundario del sistema, (circuito de tubos) tiene cierta libertad.

C. Control de circulación del fluido en la carcasa.

La necesidad de controlar el recorrido seguido por el fluido en la carcasa es fundamental. Al tratarse de un sistema con gran libertad de circulación, podríamos encontrarnos ante la situación de que el agua circulase de forma lineal, perdiendo efectividad el sistema, al no llenar la carcasa.

Para solucionar este problema, incorporaremos en la carcasa un sistema de aletas fijas que obligaran a todo el fluido a circular con cierto control. Consiguiendo con esto la circulación de todo el fluido por la mayor parte de la carcasa. Además conseguiremos mayor rapidez de llenado de la carcasa.

La disposición de las mismas estará geométricamente repartida en función de las dimensiones del aparato a servir. Como ejemplo tomaremos un plato de ducha de 90 x 90 cm. El estudio de la disposición de las mismas, no lleva a la determinación de crear dos semi-circuitos interiores, los cuales tienen el mismo punto de entrada y salida. El sistema de aletas encauzará el caudal recogido en la carcasa y lo retrasará en su recorrido a través de la misma.

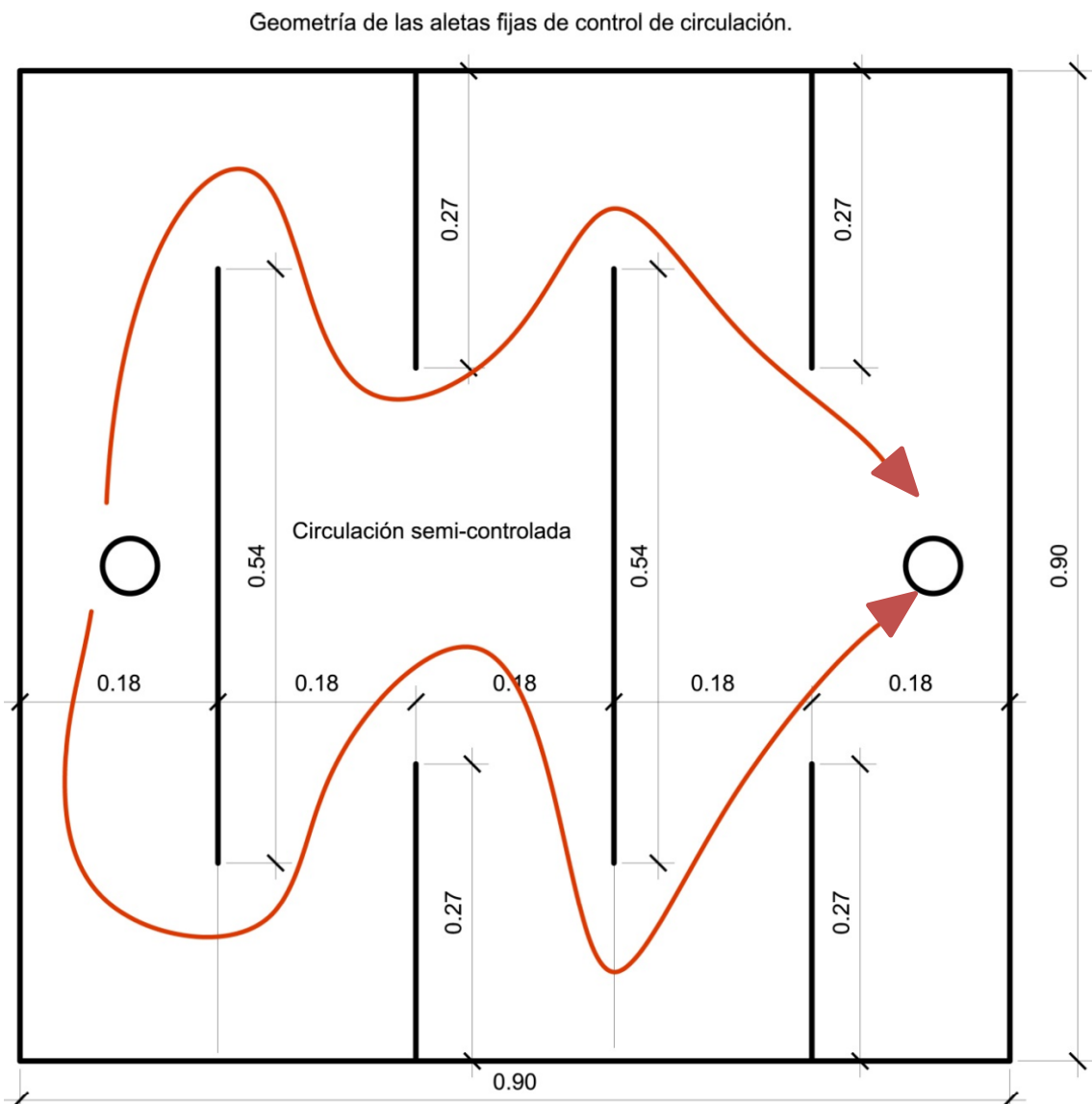


Figura 41. Planta de la carcasa del intercambiador.

D. Llenado de la carcasa.

El intercambio de calor entre los fluidos del tubo y la carcasa, necesita que la tubería que transcurre dentro de la carcasa este inmersa en el fluido que contiene la misma.

Al no tratarse de un sistema industrial, el funcionamiento del cual es continuo, ha de tenerse en cuenta el tiempo en el cual la carcasa esta llenándose de agua. La temperatura de uso del agua es de 37 °C.

Esto nos condiciona el diseño en la carcasa en cuanto a la salida del fluido. Además nos indica que la salida de la misma, tiene que ser regulada y con un caudal de salida inferior al de entrada.

Este echo, necesariamente requiere de la instalación de un rebosadero. Con lo cual estaríamos hablando de dos salidas del fluido, una principal que permita la acumulación en la carcasa, con un caudal de evacuación menor al de entrada y otra para el rebosadero.

La incorporación de una ligera pendiente, hará que el agua en la carcasa no se estanque, y por tanto no permanezca en esta hasta el siguiente uso. Con esto conseguimos: por una parte aumentar la eficiencia en los siguientes usos y por otra disminuir el ensuciamiento de la carcasa, lo que al final puede revertir en una disminución de la eficiencia.

Finalmete se opta por la incorporación de una ligera pendiente, la cual nos permita la evacuación del agua de la carcasa sin problemas.

En resumen buscamos, retener el agua durante el uso del aparato, y evacuarla al final del uso del mismo.

Esquema entrada salida de la carcasa.

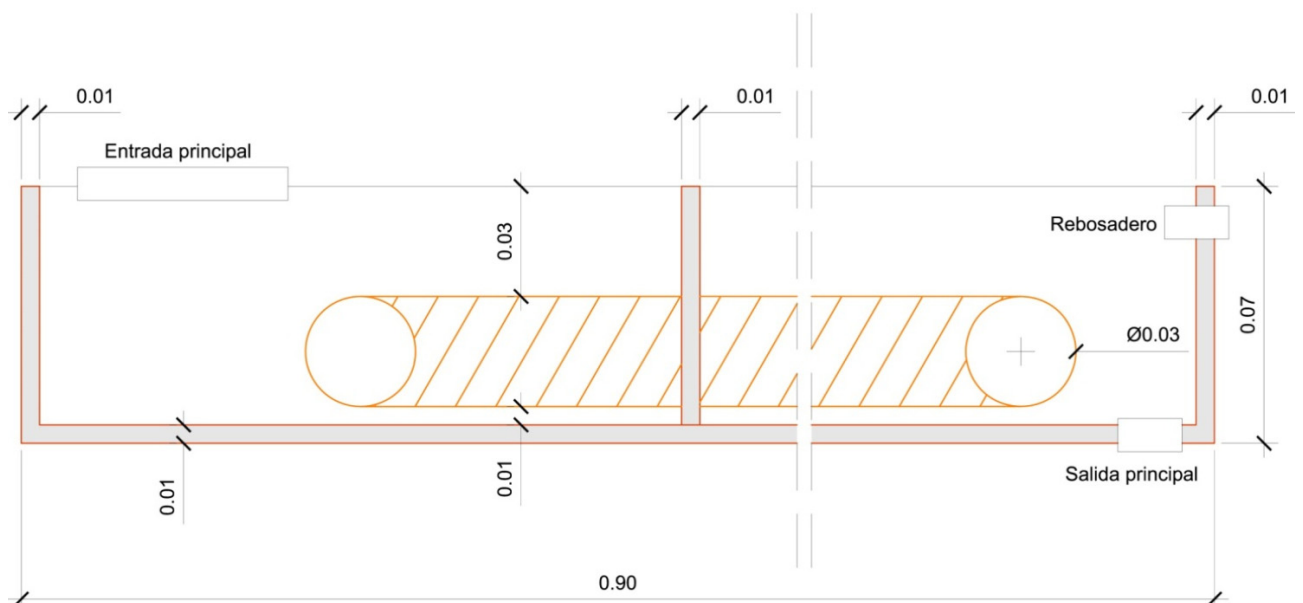


Figura 42. Sección carcasa con rebosadero.

E. Tubo de circulación.

El intercambiador constará de carcasa y tubo. Con dos pasos por carcasa del tubo. Es decir, el circuito descrito por el sistema secundario receptor de calor hará un recorrido de ida y vuelta dentro de la carcasa y sorteando las 6 aletas fijas colocadas anteriormente.

La pérdida de presión en el tubo, generada por la diferente sucesión de codos para sortear las 6 aletas colocadas, no son determinantes el total de presión de la instalación de fontanería. Las pérdidas de presión generadas las trataremos en el apartado de cálculo del intercambiador, (ver apartado 2.5 cálculos del intercambiador).

Frente al pequeño inconveniente de la pérdida de presión, la lógica nos llevaría a pensar que con un paso de tubo por carcasa el sistema funcionaría mejor, pero al ser la ganancia de calor mucho mayor, con el doble paso por carcasa, esta condición prevalece sobre la de las pérdidas de presión. Por tanto, el diseño adoptado incorporar dos pasos de tubo por carcasa.

Se tendrá en cuenta, que el tubo debe tener una separación con el fondo de la carcasa, es decir, el tubo no debe entorpecer el paso del agua, (esta función la desempeñan las 6 aletas colocadas). A la vez el tubo debe ser colmado lo antes posible por el fluido contenido en la carcasa.

Teniendo en cuenta todo lo descrito, la solución a adoptar pasará por separar el tubo del fondo de la carcasa, lo mínimo posible, para conseguir que el agua contenida en la carcasa sumerja lo antes posible el tubo en el fluido caliente.

Esta situación del tubo totalmente sumergido será la que más se acerque al cálculo que realizaremos respecto al intercambiador de calor. Dicho cálculo está pensado para procesos industriales de uso continuo.

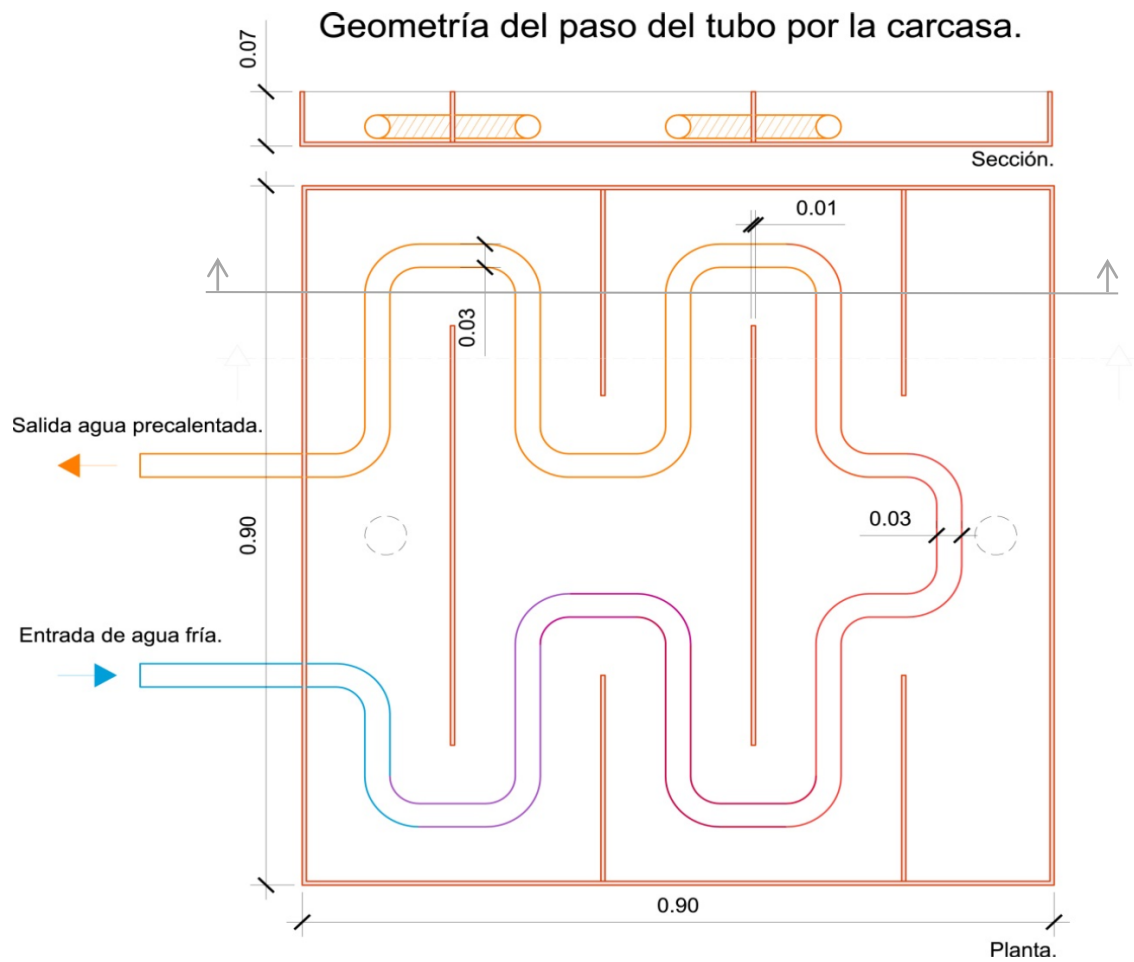


Figura 43. Esquema de paso de tubo por carcasa, planta.

F. Funcionamiento del sistema.

Con los criterios de diseño en base a las necesidades y a las expresiones físicas que rigen el comportamiento del intercambiador de calor de carcasa y tubo, llegamos a la primera idea de diseño formal. Esta incorporará, una carcasa de la dimensión del aparato a servir, 6 aletas fijas de control de la circulación del flujo del sistema primario (fluido que cede calor) y un tubo del circuito secundario (absorbe el calor). El funcionamiento del mismo está descrito en las figuras 43 y 44.

Funcionamiento general del sistema.

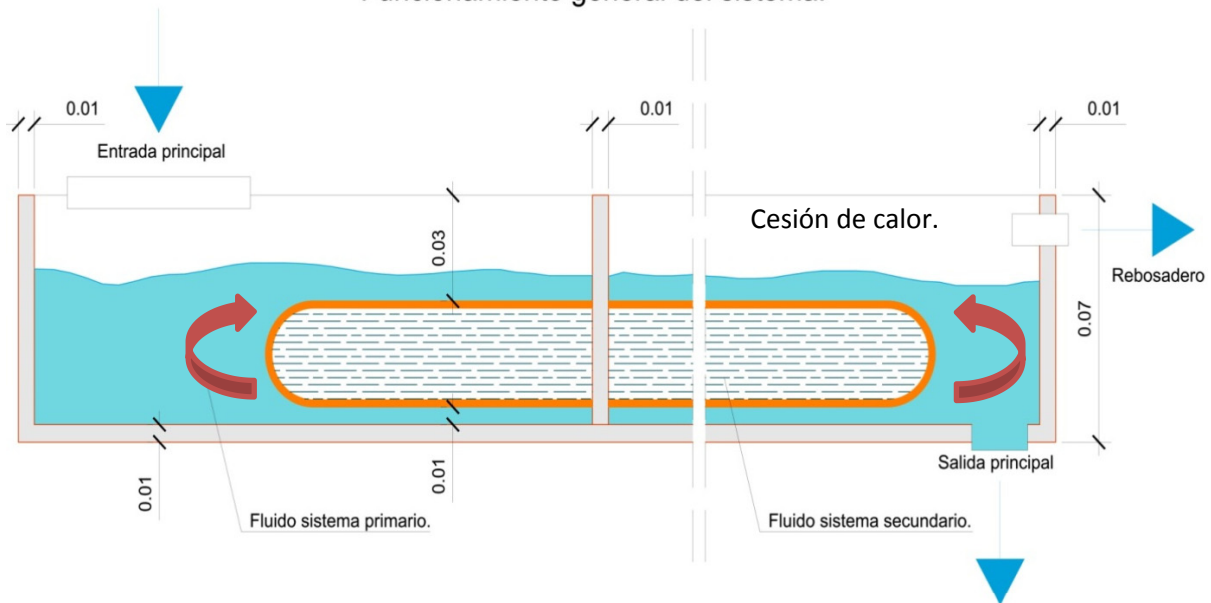


Figura 44. Esquema de paso de tubo por carcasa, sección.

G. Diseño definitivo.

En el anexo de planos, encontraremos toda la información detallada del sistema propuesto. Así como información referente a su instalación.

2.5.2 Cálculos del intercambiador.

La herramienta informática de calculo será la tabla de Excel, la finalidad de esta herramienta es crear una tabla en la que solo con variar cualquier temperatura de entrada, te devuelva la temperatura de salida después del intercambio. La idea es generar una herramienta la aplicación que sea útil y de fácil manejo.

En función de lo descrito en el apartado “1.4. Intercambiadores de calor”, el proceso del cálculo de dicho intercambio se regirá por el método de la eficiencia en intercambiadores contracorriente. Este método contempla el cálculo tanto de la eficiencia del intercambiador como del número de unidades de transmisión y del numero de unidades de transmisión, NTU. Veámoslo.

1. Cálculo eficiencia.

$$E = \frac{T_{s1} - T_{s2}}{T_{e1} - T_{e2}}$$

La eficiencia, relaciona los valores de temperatura de entrada y salida de los fluidos en el intercambiador. Los valores de la eficiencia irán entre cero y uno. El valor cero sería un intercambio nulo de calor y el uno sería un intercambio total de calor. El valor para cada caso de la eficiencia se extrae de una tablas que consideran: el tipo de intercambiador, (contracorriente) el NTU calculado y la relación caudal/caudal máximo.

2. Cálculo de la NTU.

El cálculo de este factor se define por la siguiente expresión:

$$NTU = \frac{U \times A}{4180 \times mF}$$

En donde la **u** es la transmitancia en fluidos, en nuestro caso agua-agua, con un valor de 850 W/m²k, valor que es función de la velocidad de fluidos. Para nuestro caso velocidades de intercambio bajas.

A es el área de contacto o superficie de tubería directamente en contacto con el fluido contenido en la carcasa. Se calcula de la siguiente forma: 2πr x la distancia → 0.075 m²

El factor **4180** J/kg K es el calor específico a presión constante de los fluidos, valor constante para el tipo de instalación ya que la presión del agua es constante. Para terminar el **mF**, es el caudal de agua fría que pasa por el intercambiador expresado en kg/s.

A continuación definiremos todos los valores en la tabla de cálculo. Simulando una Tfe 4°C u una Tce de 37°C.

Cálculo de temperaturas de salida para la realimentación				
Parámetros	Valores	Unidades	Valores partida	Valores salida
Qmax	0,6897	kW		
Tfe	277	K	4 °C	
Tfs	303,4	K	30,4 °C	
Tce	310	K	37 °C	
Tcs	302,666667	K		29,667 °C
mf	0,005	kg/s		
mc	0,018	kg/s		
Q	0,55176	kW		
E	0,8			
NTU	3,06643493			
U	850	(W/m ² K)		
A	0,07539822	m ²		
DH	0,03			
L	0,8			
Volumen llenado	0,0324	m ³		
kilos	32,4			

Figura 45. Tabla de cálculo.

Las conclusiones que se pueden extraer, son muy alentadoras, es decir según cálculos la temperatura de 4°C inicial la podemos aumentar a 29.66°C, esto es un salto térmico de 25. 66°C.

2.6 Sistema de realimentación propia, frente al sistema de realimentación común, cálculo y diferencia.

Para el estudio comparativo de ambos sistemas elaboraremos de forma gráfica lo que denominaremos Ciclos propios del agua de cada sistema.

Esto consistirá, en dos esquemas representativos que describirán el ciclo o circuito que recorrerá el agua durante su recorrido por los dos tipos de instalación.

Sistema de Intercambio de Calor de Realimentación Propio. ICRP

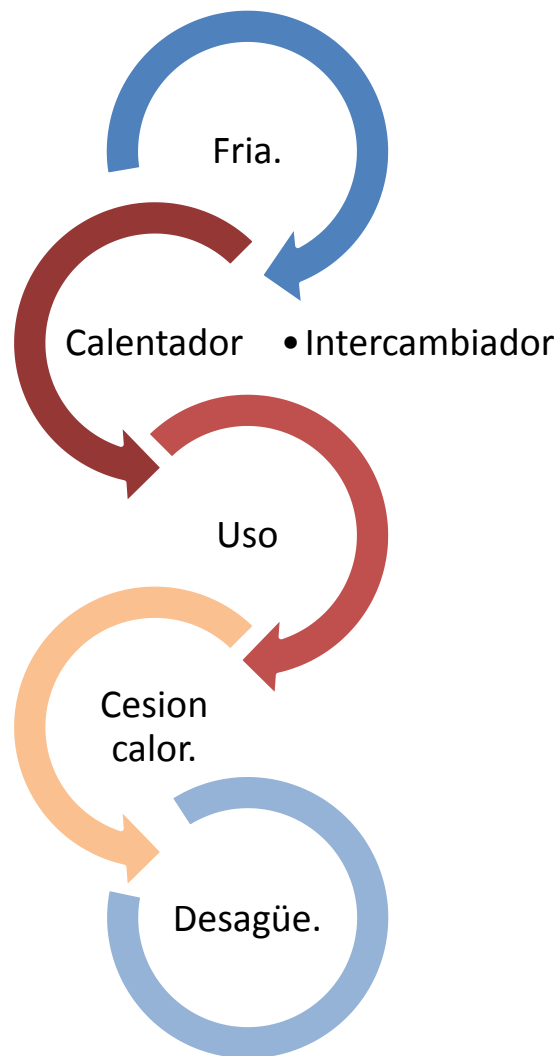


Figura 46. Ciclo ICRP.

Este primer sistema propuesto sigue el orden tradicional de la instalación de ACS. Para la obtención de la temperatura deseada el agua discurre primero por el calentador para posteriormente pasar por el intercambiador.

Análogamente para el sistema de realimentación común tenemos:

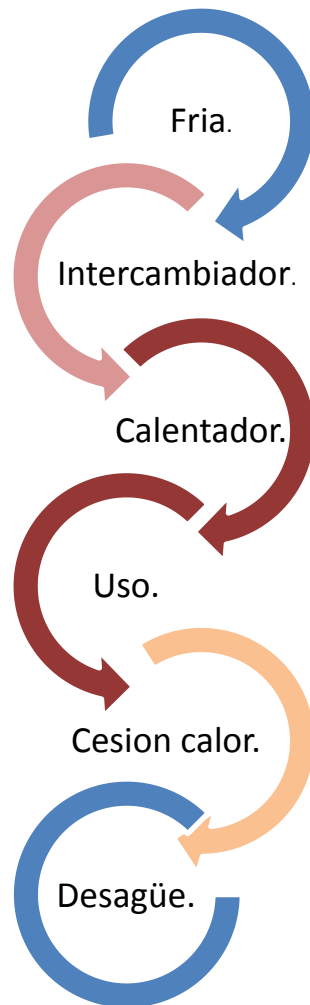


Figura 47. Ciclo ICRC.

Ambos ciclos describen el doble aprovechamiento térmico del ACS de uso doméstico. Para el primer caso la realimentación con agua precalentada es usado en el propio aparato, mientras que en el segundo caso, abastecemos el calentador con el agua precalentada.

Estudiados y definidos los ciclos y recorridos de los caudales de agua de la instalación, vamos a realizar un estudio mas detallado de los sistemas propuestos. Además, finalizaremos con una comparativa entre ellos.

Los resultados nos indican que ambos son mejores que el actual sistema en el que el reaprovechamiento de la energía es nulo. Quedaría elegir entre ambos sistemas para determinar cual de los dos es el más efectivo.

Para ello nos centraremos en un tipo de calentador, que elegido de forma arbitraria será el calentador quemador de gas. Este sistema de calentamiento cómo ya hemos explicado, se rige por la ecuación fundamental de la termodinámica, conocida y citada en el apartado *“1.3.Principios físicos. Termodinámica en calentadores domésticos”*

$$Q = C_e \times P_e \times V \times \Delta t$$

El conocimiento de la misma nos indica que hay dos factores claramente determinantes, que son: el volumen de agua que calienta el calentador, diferente del volumen de agua en el punto de consumo, y el salto térmico al que tiene que someter a dicho volumen.

La finalidad es determinar el consumo de Kcal del calentador quemador de gas. Tanto en el sistema tradicional como en los dos sistemas propuestos para así determinar cual es el de menor consumo

2.6.1 Sistema de realimentación propio.

Este sistema, como su nombre indica, utiliza el agua precalentada como agua de mezcla en el punto de consumo, para así reducir el volumen de agua de consumo directo desde el calentador.

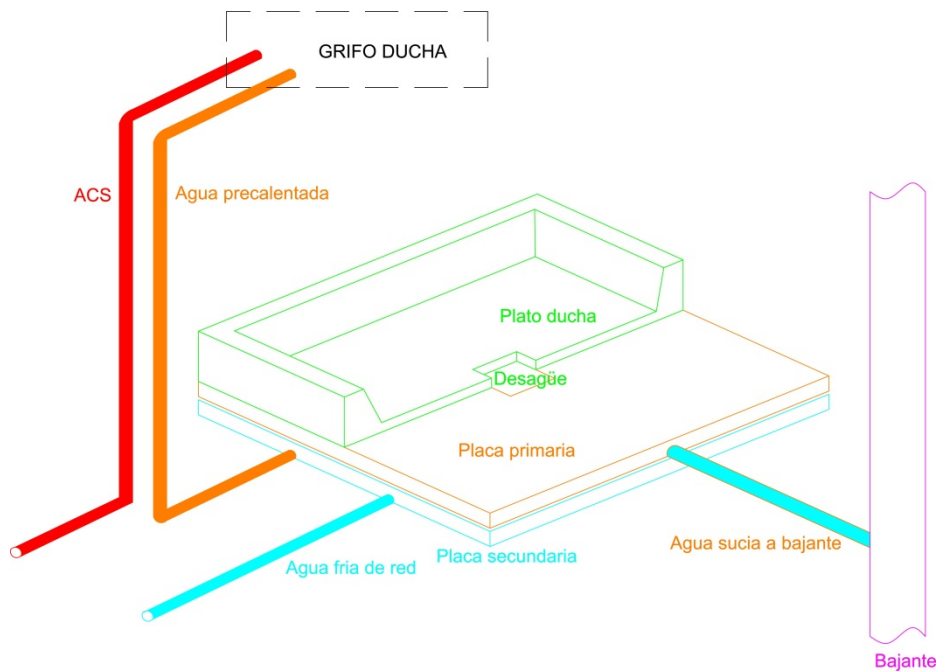


Figura 48. Sistema ICRP.

Este sistema tiene como norma invariable que Δt es constante en el calentador, por ello sabemos que esta parte de la ecuación es fija. A continuación, haremos una variación estadística del volumen de litros necesarios de uso, para así determinar el ahorro real en Kcal en función de la variabilidad del volumen de litros.

Estableceremos para todos los casos del estudio un Δt de 36°C , además de las temperaturas de entrada y salida de agua fijas de 40°C de ACS y 4°C de abastecimiento. Para finalizar el peso específico y el calor específico los simplificaremos a la unidad y también serán constantes.

Cantidad de calor	Kcal
Q	2880
Volumen	litros
V	80
temperatura fría	4
temperatura caliente	40
Δt	36
Peso específico	1
Pe	1
Calor específico	1
Ce	1

Caso 1.

cantidad de calor	Kcal
Q	2340
Volumen	litros
V	65
temperatura fría	4
temperatura caliente	40
Δt	36
Peso específico	1
Pe	1
Calor específico	1
Ce	1

Caso 4.

cantidad de calor	Kcal
Q	2700
Volumen	litros
V	75
temperatura fria	4
temperatura caliente	40
Δt	36
Peso especifico	
Pe	1
Calor especifico	
Ce	1

Caso 2.

cantidad de calor	Kcal
Q	2160
Volumen	litros
V	60
temperatura fria	4
temperatura caliente	40
Δt	36
Peso especifico	
Pe	1
Calor especifico	
Ce	1

Caso 5.

cantidad de calor	Kcal
Q	2520
Volumen	litros
V	70
temperatura fria	4
temperatura caliente	40
Δt	36
Peso especifico	
Pe	1
Calor especifico	
Ce	1

Caso 3.

cantidad de calor	Kcal
Q	1980
Volumen	litros
V	55
temperatura fria	4
temperatura caliente	40
Δt	36
Peso especifico	
Pe	1
Calor especifico	
Ce	1

Caso 6.

Analizados 6 distintos casos con volúmenes de agua que varían de 80 a 55l.

Recogiendo los datos de lo calculado con anterioridad vemos que para una variación de 25 litros sobre 80, reducimos el consumo en Kcal de 2880 a 1980.

La línea de la gráfica describe la reducción del consumo en Kcal por uso de la ducha o bañera.

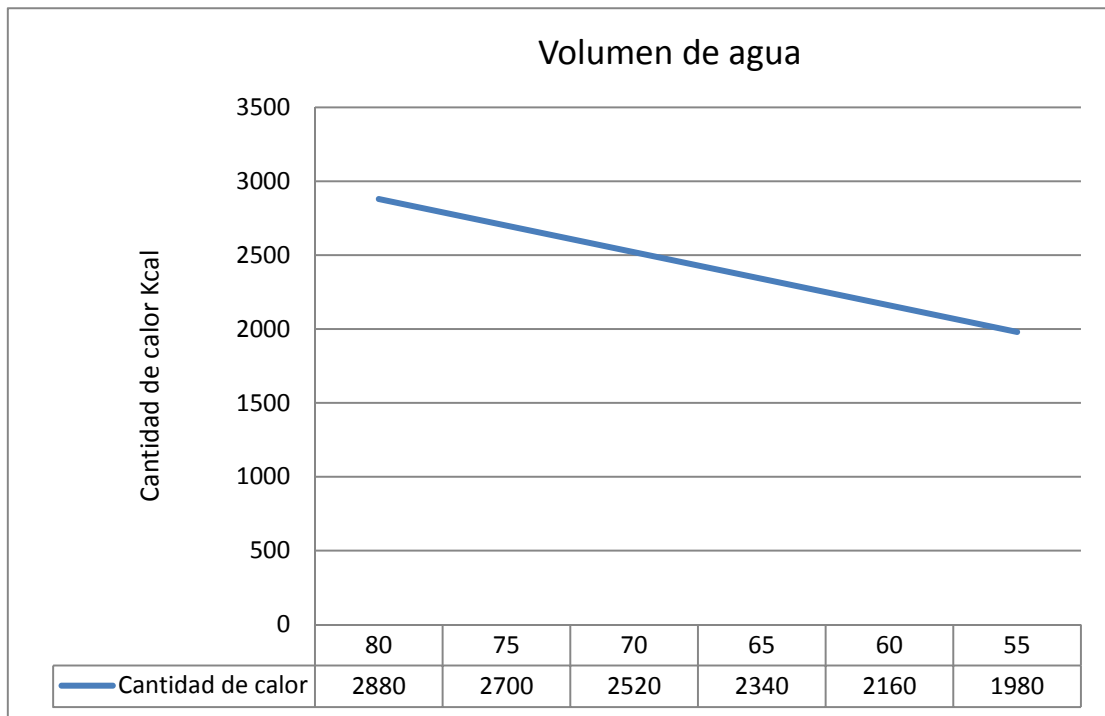


Figura 49. Grafica de consumo, función litros.

2.6.2 Sistema de realimentación común.

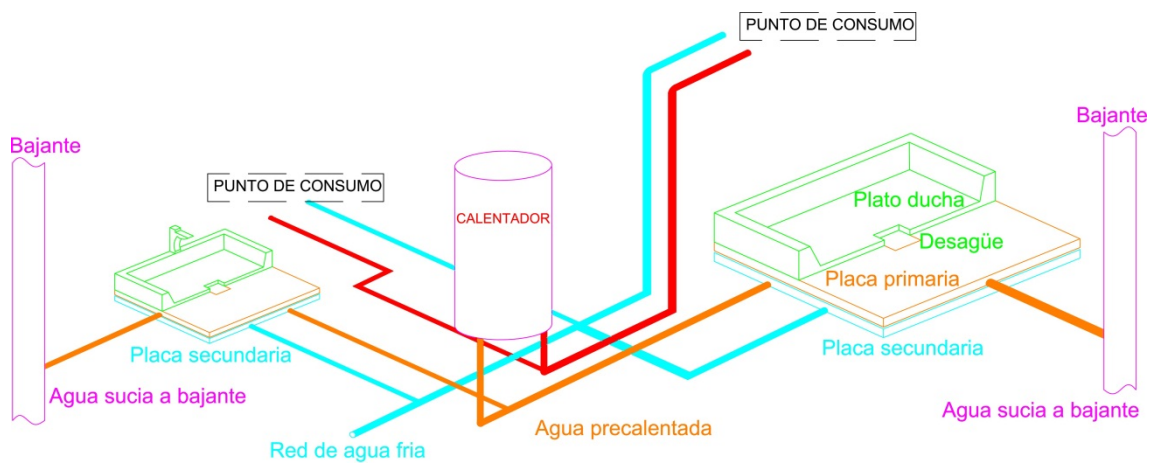


Figura 50. Sistema ICRC.

Este sistema, como su nombre indica, utiliza el agua precalentada para abastecer el calentador quemador de gas, y así reducir el salto térmico que este debe proporcionar al agua.

Este sistema tiene como norma invariable, el volumen de litros de consumo en el calentador, por ello sabemos que esta parte de la ecuación es fija. A continuación haremos una variación estadística del Δt , para así determinar el ahorro real en Kcal en función de la variabilidad del salto térmico que el calentador tiene que proporcionar.

$$Q = C_e \times P_e \times V \times \Delta t$$

El sistema también tiene la opción de que varios aparatos funcionen a la vez. Por consiguiente puede aprovechar la energía térmica de varios puntos de consumo.

Estableceremos para todos los casos del estudio un volumen de agua de consumo de 80 litros. Además de la temperatura de salida de agua que será de 40°C, siendo variable la temperatura del agua de abastecimiento. Para finalizar el peso específico y el calor específico, del agua, los simplificaremos a la unidad y también serán constantes.

En este sistema, sería objeto de estudio la incorporación de un acumulador para el agua precalentada, es decir, no acumular el agua calentada por el calentador sino acumular el agua que viene de los intercambiadores.

Esta modificación es sustanciosa ya que invierte el orden tradicional de los calentadores acumuladores, en los cuales se calentaba y luego se acumulaba. El orden propuesto sería: precalentar, acumular y por último calentar.

Esta modificación tiene numerosos aspectos en los cuales no se incurrirá en este estudio. Puesto que el objeto del estudio es desarrollar el sistema propiamente dicho, no intervendremos en el desarrollo y conocimiento de este apartado.

Los valores estadísticos de nuestro estudio de variabilidad de temperaturas, contemplan datos desde un salto térmico grande, es decir de 36 °C para una ciudad como Huesca en épocas frías, hasta un salto térmico de 11°C, que es aproximadamente lo conseguido con un sistema de carcasa y tubo introducido en la misma ciudad y con las mismas condiciones. Ver apartado: “2.5.Diseño y cálculo del intercambiador de calor.”

De confirmarse estos datos, estamos ante una reducción del consumo de gas nada despreciable y fácilmente amortizable. Estos dos factores son claves para la implantación del sistema que estamos desarrollando.

Veamos a continuación, una representación mediante pequeñas tablas en las cuales el volumen de agua esta constante en 80 litros de consumo y variamos el salto térmico que tiene que proporcionar el calentador. Este variará entre los 36 °C y los 11° C.

cantidad de calor	Kcal
Q	2880
Volumen	litros
V	80
temperatura fria	4
temperatura caliente	40
Δt	36
Peso especifico	
Pe	1
Calor especifico	
Ce	1

Caso 1.

cantidad de calor	Kcal
Q	1680
Volumen	litros
V	80
temperatura fria	4
temperatura caliente	40
Δt	21
Peso especifico	
Pe	1
Calor especifico	
Ce	1

Caso 4.

cantidad de calor	Kcal
Q	2480
Volumen	litros
V	80
temperatura fria	4
temperatura caliente	40
Δt	31
Peso especifico	
Pe	1
Calor especifico	
Ce	1

Caso 2.

cantidad de calor	Kcal
Q	1280
Volumen	litros
V	80
temperatura fria	4
temperatura caliente	40
Δt	16
Peso especifico	
Pe	1
Calor especifico	
Ce	1

Caso 5.

cantidad de calor	Kcal
Q	2080
Volumen	litros
V	80
temperatura fria	4
temperatura caliente	40
Δt	26
Peso especifico	
Pe	1
Calor especifico	
Ce	1

Caso 3.

cantidad de calor	Kcal
Q	880
Volumen	litros
V	80
temperatura fria	4
temperatura caliente	40
Δt	11
Peso especifico	
Pe	1
Calor especifico	
Ce	1

Caso 6.

Recogiendo los datos de lo calculado con anterioridad, vemos que para una variación del salto térmico de 36°C a 11°C, es decir de 25°C, reducimos el consumo inicial de 2880 Kcal a 880 Kcal.

Esta reducción de salto térmico, es posible basándonos en los cálculos realizados con el tipo de intercambiador elegido.

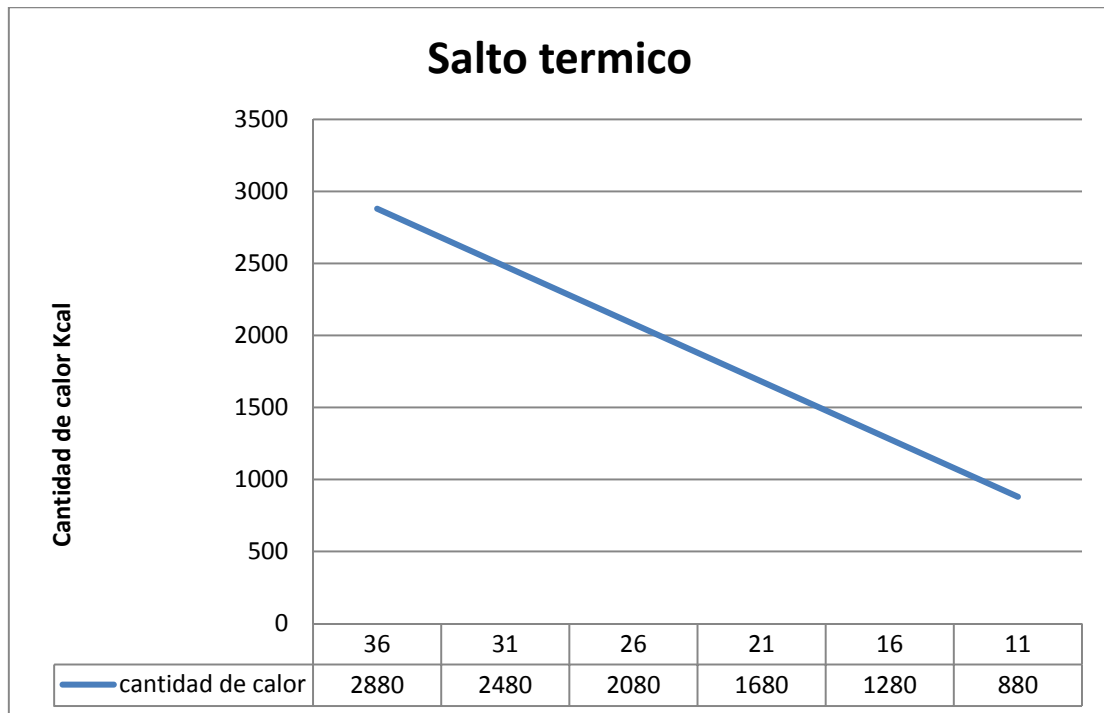


Figura 51. Grafico de consumo, función temperatura.

2.7 Comportamiento del sistema de realimentación común en diferentes zonas geográficas.

El intercambio de calor en el sistema, esta sujeto a las variaciones de temperatura de entrada de agua fría de la red (T_{fe}), según lo especificado en el apartado de cálculo del intercambiador.

Esto, nos impulsa a estudiar en que zonas climáticas será más efectivo el sistema, y si estas son las de mayor consumo energético. Así como conocer detalladamente en que rango de temperaturas de abastecimiento de agua, el funcionamiento del sistema es óptimo.

Para ello, utilizaremos la hoja de cálculo generada en el apartado anterior, como herramienta para realizar dichos cálculos.

Tomaremos como referencia, la tabla de temperaturas medias de abastecimiento de agua, en función de las capitales de provincia. Para cada capital cogemos tres valores, mínimo, máximo y medio

En primer lugar, tomaremos una temperatura de abastecimiento de 8°C, temperatura media anual en capitales de provincia como: Ávila, Cuenca, León, Segovia y Teruel. Todas estas zonas corresponden a la zona A, según CTE.

Cálculo de temperaturas de salida para la realimentación				
Parametros	Valores	unidades	Valores partida	Valores salida
Qmax	0,6061	kW		
Tfe	281	K	8	°C
Tfs	304,2	K	31,2	°C
Tce	310	K	37	°C
Tcs	303,555556	K		30,556
mf	0,005	kg/s		
mc	0,018	kg/s		
Q	0,48488	kW		
E	0,8			
NTU	3,06643493			
U	850	(W/m ² K)		
A	0,07539822	m ²		
DH	0,03			
L	0,8			
Volumen llenado	0,0324	m ³		
kilos	32,4			

Figura 52. Calculo intercambiador a 8°C.

Observamos, que el agua antes del tercer minuto de uso del sistema llegaría al calentador a una temperatura de 30.556°C, es decir, el salto térmico que debería proporcionar el calentador sería de menos de 9.46°C

En segundo lugar, tomaremos una temperatura de abastecimiento de 9°C, temperatura media anual en capitales de provincia como: Albacete, Huesca, Navarra, Palencia y Zaragoza. Todas estas zonas corresponden a la zona A, según CTE.

Cálculo de temperaturas de salida para la realimentación				
Parametros	Valores	unidades	Valores partida	Valores salida
Qmax	0,5852	kW		
Tfe	282	K	9	°C
Tfs	304,4	K	31,4	°C
Tce	310	K	37	°C
Tcs	303,777778	K		30,778
mf	0,005	kg/s		
mc	0,018	kg/s		
Q	0,46816	kW		
E	0,8			
NTU	3,06643493			
U	850	(W/m ² K)		
A	0,07539822	m ²		
DH	0,03			
L	0,8			
Volumen llenado	0,0324	m ³		
kilos	32,4			

Figura 53. Calculo del intercambiador a 9°C.

Observamos, que el agua antes del tercer minuto de uso del sistema llegaría al calentador a una temperatura de 30.778°C, es decir, el salto térmico que debería proporcionar el calentador sería de menos de 9.30°C

En tercer lugar, tomaremos una temperatura de abastecimiento de 10°C, temperatura media anual en capitales de provincia como: Cáceres, Córdoba y Madrid. Todas estas zonas corresponden a la zona A y B, según CTE.

Cálculo de temperaturas de salida para la realimentación				
Parametros	Valores	unidades	Valores partida	Valores salida
Qmax	0,5643	kW		
Tfe	283	K	10 °C	
Tfs	304,6	K	31,6 °C	
Tce	310	K	37 °C	
Tcs	304	K		31,000 °C
mf	0,005	kg/s		
mc	0,018	kg/s		
Q	0,45144	kW		
E	0,8			
NTU	3,06643493			
U	850	(W/m ² K)		
A	0,07539822	m ²		
DH	0,03			
L	0,8			
Volumen llenado	0,0324	m ³		
kilos	32,4			

Figura 54. Calculo del intercambiador a 10°C.

Observamos, que el agua antes del tercer minuto de uso del sistema llegaría al calentador a una temperatura de 31.00°C, es decir, el salto térmico que debería proporcionar el calentador sería de menos de 9.00°C

En cuarto lugar, tomaremos una temperatura de abastecimiento de 12°C, temperatura media anual en capitales de provincia como: Almería, Barcelona, Cantabria, Guipúzcoa, Málaga, Murcia, Las Palmas, Sta Cruz de Tenerife, Sevilla y Valencia. Todas estas zonas corresponden a la zona B y C, según CTE.

Cálculo de temperaturas de salida para la realimentación				
Parametros	Valores	unidades	Valores partida	Valores salida
Qmax	0,5225	kW		
Tfe	285	K	12 °C	
Tfs	305	K	32 °C	
Tce	310	K	37 °C	
Tcs	304,444444	K		31,444 °C
mf	0,005	kg/s		
mc	0,018	kg/s		
Q	0,418	kW		
E	0,8			
NTU	3,06643493			
U	850	(W/m ² K)		
A	0,07539822	m ²		
DH	0,03			
L	0,8			
Volumen llenado	0,0324	m ³		
kilos	32,4			

Figura 55. Calculo del intercambiador a 12°C.

Observamos, que el agua antes del tercer minuto de uso del sistema llegaría al calentador a una temperatura de 31.44°C, es decir, el salto térmico que debería proporcionar el calentador sería de menos de 8.66°C

En quinto lugar, tomaremos una temperatura de abastecimiento de 4°C, temperatura mínima del territorio nacional en meses fríos en la ciudad de Huesca. Todas estas zonas corresponden a la zona A, según CTE. Todas estas zonas corresponden a la zona C, según CTE.

Cálculo de temperaturas de salida para la realimentación				
Parametros	Valores	unidades	Valores partida	Valores salida
Qmax	0,6897	kW		
Tfe	277	K	4	°C
Tfs	303,4	K	30,4	°C
Tce	310	K	37	°C
Tcs	302,666667	K		29,667
mf	0,005	kg/s		
mc	0,018	kg/s		
Q	0,55176	kW		
E	0,8			
NTU	3,06643493			
U	850	(W/m ² K)		
A	0,07539822	m ²		
DH	0,03			
L	0,8			
Volumen llenado	0,0324	m ³		
kilos	32,4			

Figura 56. Calculo del intercambiador a 4°C.

Observamos, que el agua antes del tercer minuto de uso del sistema llegaría al calentador a una temperatura de 29.66°C, es decir, el salto térmico que debería proporcionar el calentador sería de menos de 11.44°C

En sexto lugar, tomaremos una temperatura de abastecimiento de 16°C, temperatura máxima del territorio nacional en meses cálidos en la ciudad de Valencia. Todas estas zonas corresponden a la zona A, según CTE.

Cálculo de temperaturas de salida para la realimentación				
Parametros	Valores	unidades	Valores partida	Valores salida
Qmax	0,4389	kW		
Tfe	289	K	16	°C
Tfs	305,8	K	32,8	°C
Tce	310	K	37	°C
Tcs	305,333333	K		32,333
mf	0,005	kg/s		
mc	0,018	kg/s		
Q	0,35112	kW		
E	0,8			
NTU	3,06643493			
U	850	(W/m2K)		
A	0,07539822	m2		
DH	0,03			
L	0,8			
Volumen llenado	0,0324	m3		
kilos	32,4			

Figura 57. Calculo del intercambiador a 16°C.

Observamos, que el agua antes del tercer minuto de uso del sistema llegaría al calentador a una temperatura de 32.33°C, es decir, el salto térmico que debería proporcionar el calentador sería de menos de 7.66°C

CAPÍTULO 3 APLICACIÓN EN VIVIENDA TIPO.

Capítulo 3. Aplicación en vivienda tipo.

3.1 Diferencias en la instalación.

A la hora de aplicar la instalación del intercambiador de calor, en cualquier tipología de vivienda, surgen problemas que tienen que encontrar rápido solución.

Para apreciar, entender y tratar de solucionar todos los inconvenientes que vayan surgiendo, repasaremos toda la instalación desde la entrada en la vivienda, hasta el punto de consumo final. En cuanto al recorrido tenemos:

La llave general de la vivienda, derivada directamente del montante de acceso a la planta, es exactamente igual que en la instalación convencional. A partir de aquí empiezan las variaciones: la primera que encontramos es que no ejecutamos una derivación directa hacia el calentador. Solo realizaremos el resto de ramificaciones para servir de agua fría a todos los aparatos de la vivienda. Incluso en los puntos donde alojaremos duchas o bañeras que incorporaran el intercambiador de calor.

Una vez ejecutada esta parte de la instalación, localizaremos los puntos donde alojaremos los ICRC. De estos puntos retornaran, con el agua precalentada, al calentador las redes derivadas de los diferentes ICRC. Estos confluirán todos en un punto justo antes del calentador, que denominaremos punto de retorno común.

El calentador se encargará de proporcionar el salto térmico restante al agua previamente precalentada, y posteriormente se distribuirá por la red de ACS. Mantendremos la presión propia de la red, tal y como la conocemos en las instalaciones convencionales.

En cuanto a aspectos mas constructivos sabemos que este tipo de instalación, requiere en ciertos puntos de tres tuberías por el mismo tabique o falso techo. Se hace hincapié que, en el caso de paso por tabiquería puede producirse un condicionante, en cuanto al tamaño de las rozas, el numero de estas y la concentración de las mismas, así cómo los huecos de paso para las tabiquerías secas.

Tradicionalmente, es un aspecto que poco o nada se ha tratado en los proyectos, y que cada vez más coge importancia.

Para una futura instalación, debería considerarse en tabiquería tradicional, si discurren por una sola roza, o por dos diferenciadas. Además de cómo se distribuyen estas entre ambas. La lógica nos lleva a pensar que una roza sería para el agua fría y la otra para la caliente y la precalentada.

Destacar que, fuese el caso que fuese, buscaríamos el máximo recorrido por falsos techos. Este problema de las rozas se ve reducido para las tabiquerías secas. Las cuales provistas de perfilaría metálica (omegas) perforada, ceden espacio para el paso de las instalaciones de forma organizada.

En todo caso, sería un apartado que necesitaría del estudio del mismo, tanto teórico como práctico y es algo que en este proyecto no vamos a tratar.

Por último nos surge otro concepto a tratar, y es el control de la temperatura de consumo con la grifería tradicional.

3.2 Sistema de control en el punto de consumo.

Hay que entender la problemática que generan los seis puntos importantes que gestionar de la instalación.

Estos serán:

1. Entrada agua fría en el serpentín del intercambiador.
2. Salida agua precalentada del serpentín del intercambiador.
3. Entrada de agua en la carcasa del intercambiador.
4. Salida del agua de la carcasa del intercambiador.
5. Salida de agua fría del hidromezclador.
6. Salida de agua caliente del hidromezclador.

La figura 58 un presenta un esquema simplificado de la instalación. Donde se aprecia el trazado que adoptaría la instalación.

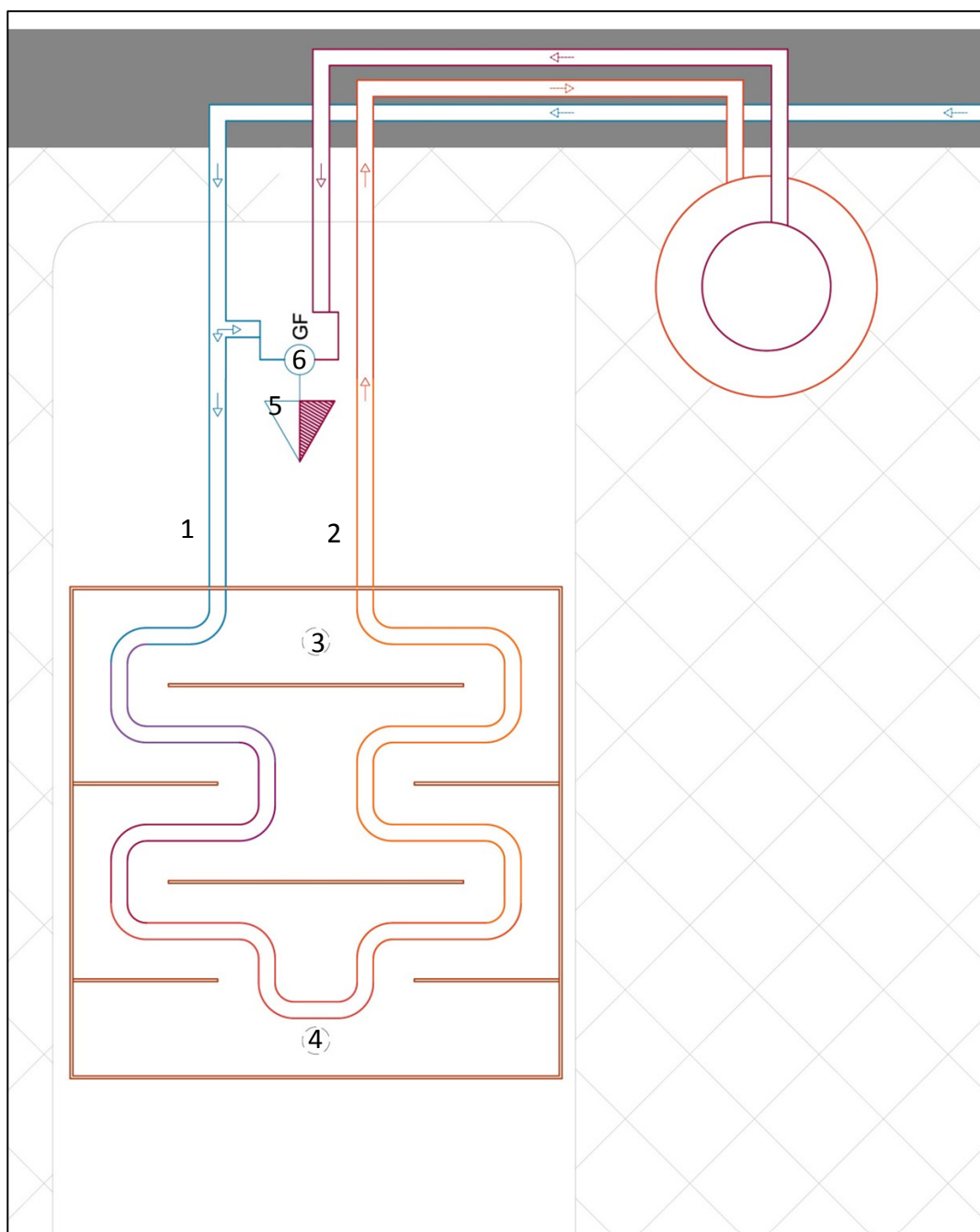


Figura 58. Esquema de puntos representativos. ICRC

Este tipo de instalación, podría introducir cambios en la instalación del sistema de control y regulación de la temperatura del consumo, lo que conocemos como grifo.

Trataremos por separado las nuevas introducciones. Descomponiendo el problema en partes para posteriormente solucionarlo.

Esto nos lleva a tratar cada punto por separado, empezaremos por el primero:

1. Entrada agua fría en el serpentín del intercambiador.

Este punto, es una toma de la red general de abastecimiento de agua fría, general y común en todas las instalaciones. Esta derivada al intercambiador de calor directamente.

2. Salida agua precalentada del tubo del intercambiador.

Este punto, contiene agua precalentada, que según nuestros cálculos será de una temperatura aproximada de 28-29 °C. Este es el ramal que se deriva al calentador.

3. Entrada de agua en la carcasa del intercambiador.

Este punto, recibe el agua de uso en el aparato, y accede a la carcasa del intercambiador por un desagüe del aparato.

4. Salida del agua de la carcasa del intercambiador.

Es la salida de la carcasa del intercambiador, en este punto el agua de uso ya ha sido precalentada por el intercambiador, calentada por el calentador, usada por el usuario y ha servido de fluido caliente en el intercambiador de calor cediendo calor. Es decir ya a terminado el ciclo correspondiente al sistema ICRC.

El punto más delicado es el tratamiento y control de salida del agua, es decir, llegados aquí necesitamos por una parte, que el agua se evacúe a la bajante, por otra, necesitamos que se retenga el tiempo suficiente para llenar la carcasa del intercambiador.

Esto lo regularemos con una rejilla con aberturas que retendrán el agua lo suficiente como para cubrir el tubo del intercambiador.

En función del caudal de llegada y de la dimensión del intercambiador el tiempo de llenado variará. Además, como consideración adicional, necesitaremos un rebosadero, para que en caso de uso prolongado o por cualquier imprevisto la instalación no entre en crisis y colapse.

Para ello adjuntamos un esquema representativo con los principales criterios de diseño representados.

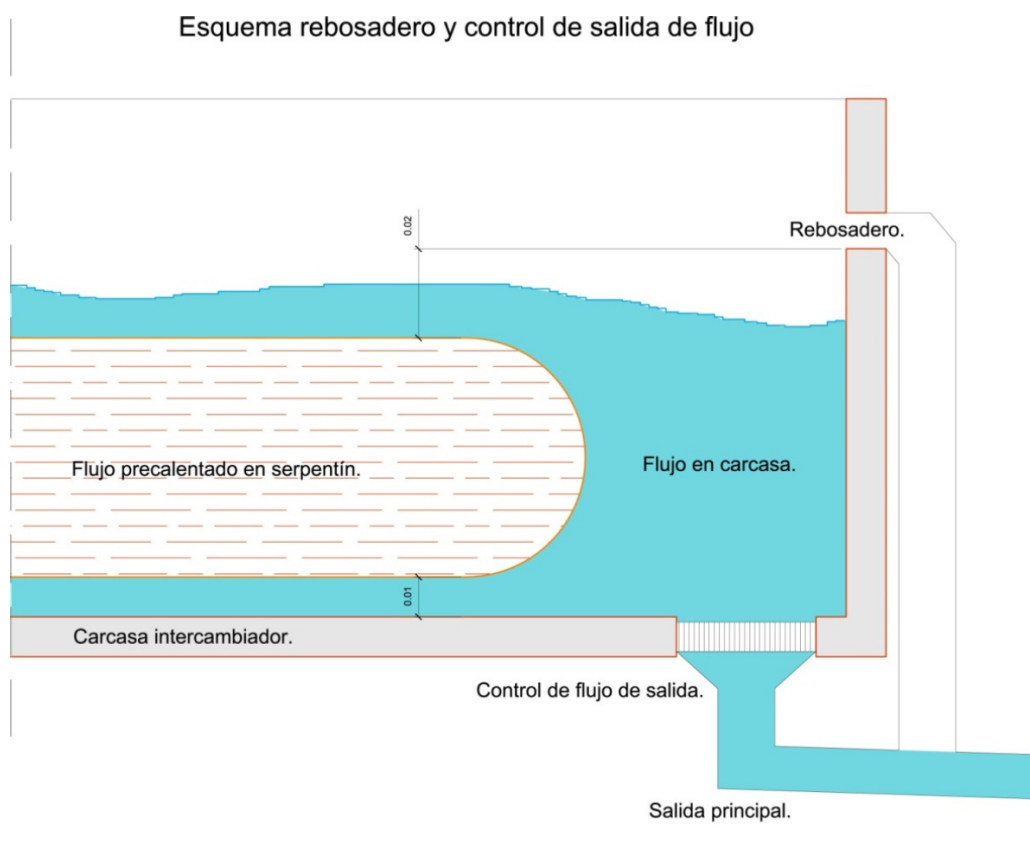


Figura 59. Esquema rebosadero y control de flujo.

5. Salida de agua fría del hidromezclador.

Esta derivación viene directa de la red, de forma igual a las instalaciones tradicionales. La apertura o cierre de esta llave deriva más o menos caudal de entrada en el intercambiador.

Este caudal se utiliza para regular la temperatura del agua, siendo esta menor cuando mayor pasó de agua fría permitamos. El caudal de este ramal representa el 25% del caudal total aproximadamente.

6. Salida de agua caliente del hidromezclador.

En este punto, el agua ha completado todo el ciclo en lo referente a la absorción del calor, es decir, ha pasado por el intercambiador y posteriormente por el calentador, alcanzando así la temperatura de uso.

Mediante el hidromezclador regularemos la salida de este fluido, siendo las proporciones de caudal $\frac{C_{min}}{C_{max}} = 0.25$. Siendo, el C_{min} el caudal de agua fría, y el C_{max} el caudal de agua caliente.

3.3 Prescripciones para el instalador y proceso de montaje.

La instalación del sistema, difiere en parte a la instalación tradicional, por esto creemos conveniente, dar la descripción de un tipo en concreto de instalación con unos materiales específicos y soluciones concretas.

La representación con estos materiales y soluciones no son excluyentes de otras soluciones constructivas, como diferentes pavimentos o revestimientos de tabiques.

A continuación describimos gráficamente el proceso de instalación tipo.

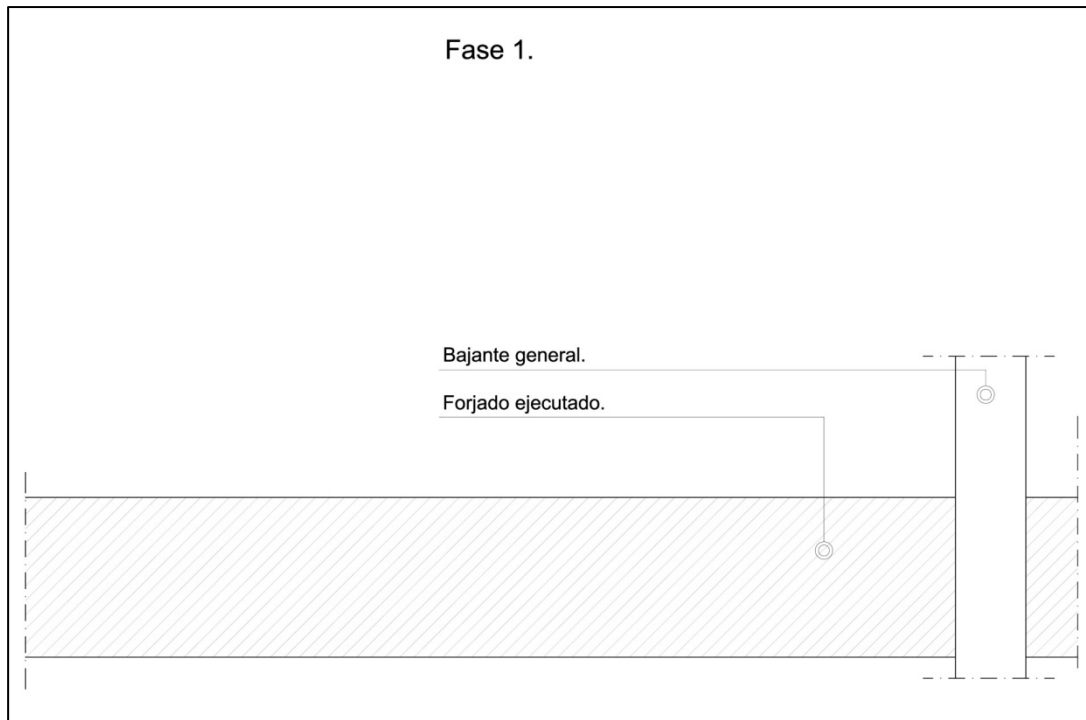


Figura 60. Fase 1 instalación.

La fase inicial parte de la ejecución del forjado, sin ningún tipo de variación a destacar.

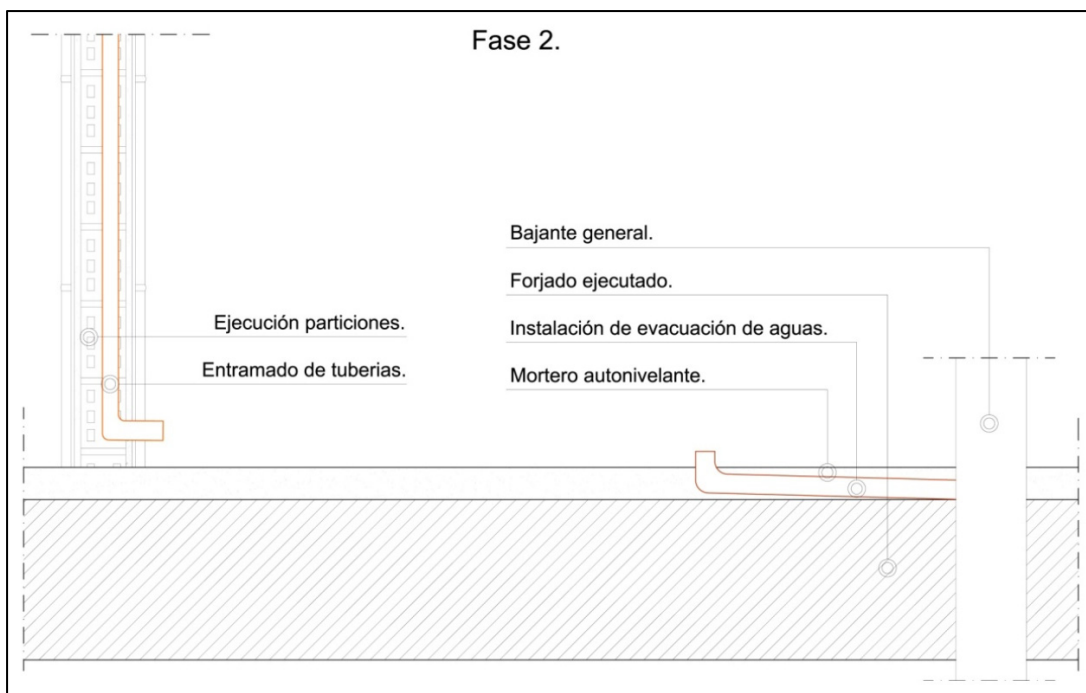


Figura 61. Fase 2 instalación.

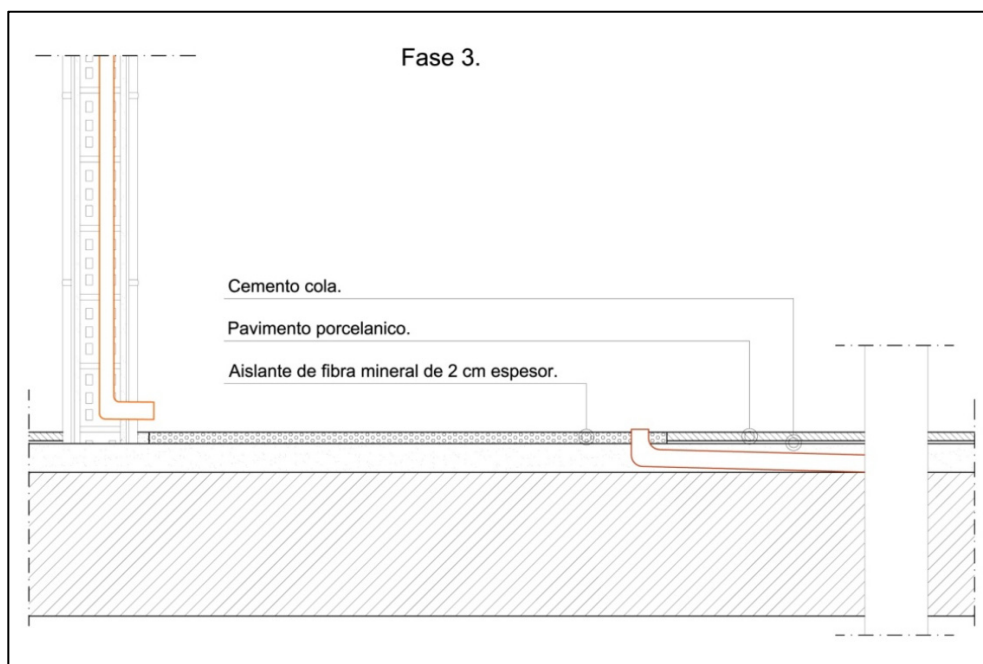


Figura 62. Fase 3 instalación.

En el punto en el que nos encontramos en la ejecución del sistema, apreciamos en las figuras las diferencias introducidas.

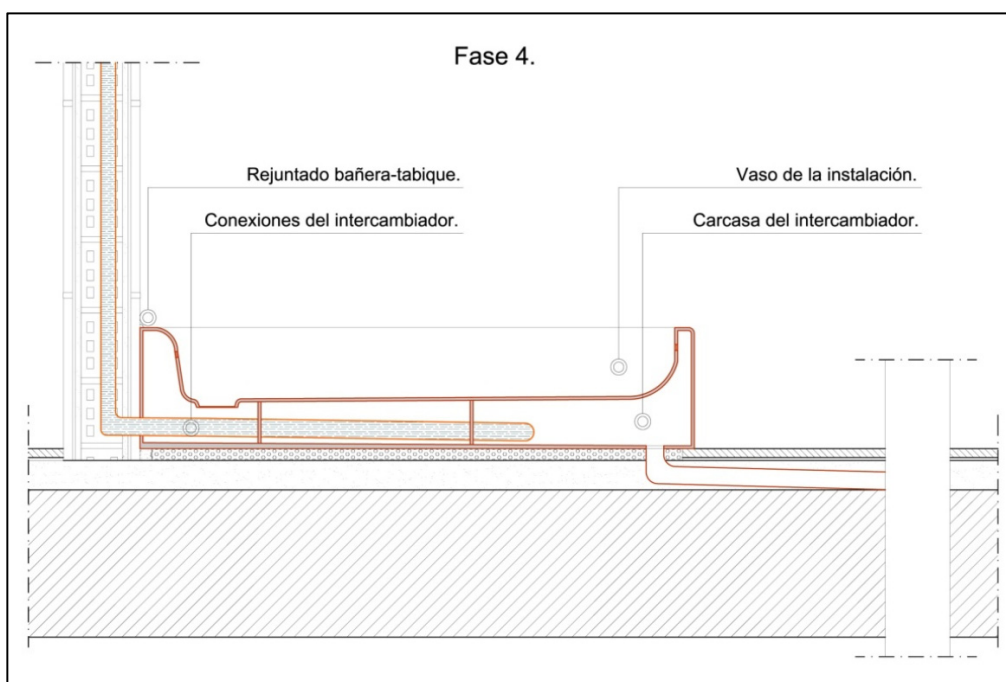


Figura 63. Fase 4 instalación.

3.4 Prescripciones para el usuario. Datos de su interés.

Una de nuestras premisas mencionada en el apartado 2.1. *Consideraciones y criterios*. Es que el usuario final del producto no tenga ningún inconveniente añadido respecto de la instalación convencional. Es más, se tratará de introducir mejoras. En esta línea de trabajo el usuario final no encontrará ningún inconveniente añadido con el diseño e implantación del sistema.

La única consideración a tener en cuenta, que correrá a cargo del usuario final, será la precaución de mantener el circuito de agua fría totalmente cerrado en los instantes iniciales de uso del aparato sanitario. Es decir, que cómo ocurre en las instalaciones actuales, abrir el hidromezclador dando paso completo al caudal de agua caliente, mejora el rendimiento y funcionamiento del sistema.

Veámoslo gráficamente:

En primer lugar, encontramos un esquema en el cual se grafía el punto de consumo. El hidromezclador se encuentra en posición uno. Es decir, dejando paso solo al agua caliente.

Esta agua caliente proviene de un primer paso de entrada del intercambiador de calor, la cual no es derivada al hidromezclador por el cierre del mismo. Recordemos que los hidromezcladores pueden dar paso a un fluido u otro por separado y a ambos en proporciones. Pero no, a ambos fluidos en su totalidad. Así conseguimos regular la temperatura de consumo.

Dicho esto, este fluido continúa su camino por el intercambiador hasta salir del mismo. Se dirige hacia el calentador, donde capta el calor necesario para elevar definitivamente su temperatura. Recordar también, que el sistema siempre funciona con la presión de la red y que en ningún momento necesita de una presión adicional.

Finalmente llega de nuevo al hidromezclador, pero esta vez por el ramal de agua caliente, el cual permite su salida.

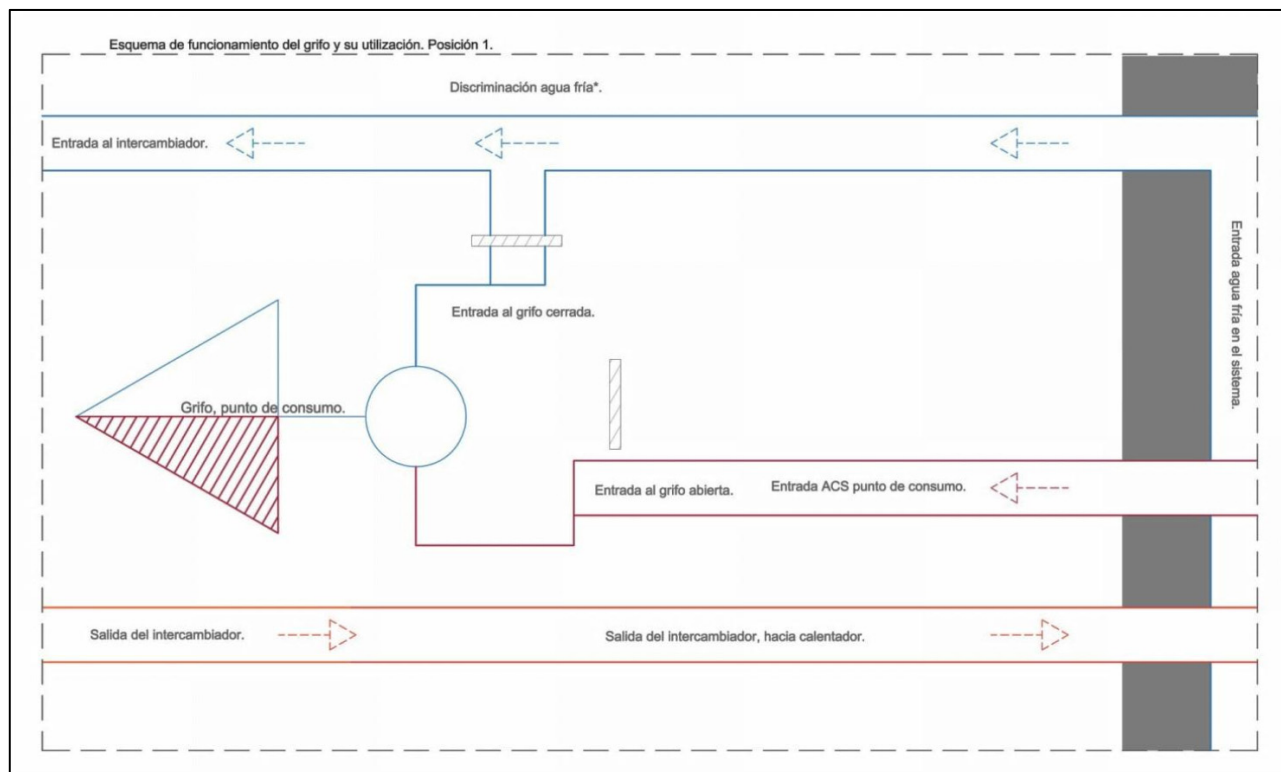


Figura 64. Circulación fluidos, hidromezclador posición 1.

La segunda posición, se produce cuando encontramos el hidromezclador en posición que permita la salida total del fluido frío. Dejando el paso libre al agua directa de red de abastecimiento.

Este caso no será el habitual, ni mucho menos, ya que lo que tratamos con las instalaciones sanitarias de estas características es obtener agua a temperatura de consumo agradable.

La importancia de tratar esta posición del hidromezclador, radica en la comprensión el sistema, así cómo en su funcionamiento.

El funcionamiento del sistema en esta posición, parte del mismo punto que el anterior. Encontramos que el ramal de abastecimiento de agua, tiene una bifurcación en el punto anterior al hidromezclador y el intercambiador. Ahora bien, si cerramos el paso de agua caliente, la primera idea que tenemos, es que esta agua se bifurcara por ambos ramales: hidromezclador e intercambiador. Debido a que los dos tienen barreras físicas, esta primera idea queda descartada. Ya que, ambas bifurcaciones cuentan con barreras físicas que detienen la circulación del fluido.

Por una parte, tenemos el ramal que deriva directamente al hidromezclador, por el cual discurre el caudal y sale por el punto de consumo, cómo esperábamos. Pero, ¿qué ocurre con el otro ramal? A pesar de no encontrarse con una barrera física que detenga el caudal, no circulará por el intercambiador ni accederá al calentador. Debido a que la barrera física en el hidromezclador del agua caliente, esta deteniendo el agua fría antes de discurrir por el intercambiador de calor.

Destacar que este punto es importante, ya que los sistemas de calentamiento se ponen en funcionamiento, es decir, a consumir energía, en cuanto detecta la circulación de los fluidos. Esto nos soluciona un problema de bastante relevancia.

¿Pero por qué no discurre el fluido por este ramal? Porque al estar conectado al ramal de agua caliente y este ser continuo desde el abastecimiento hasta justo antes del punto de consumo, si cerramos el ramal de agua caliente, estaremos cerrando a la vez y sin necesidad de más medios físicos, el abastecimiento de agua al intercambiador y consecuentemente al calentador.

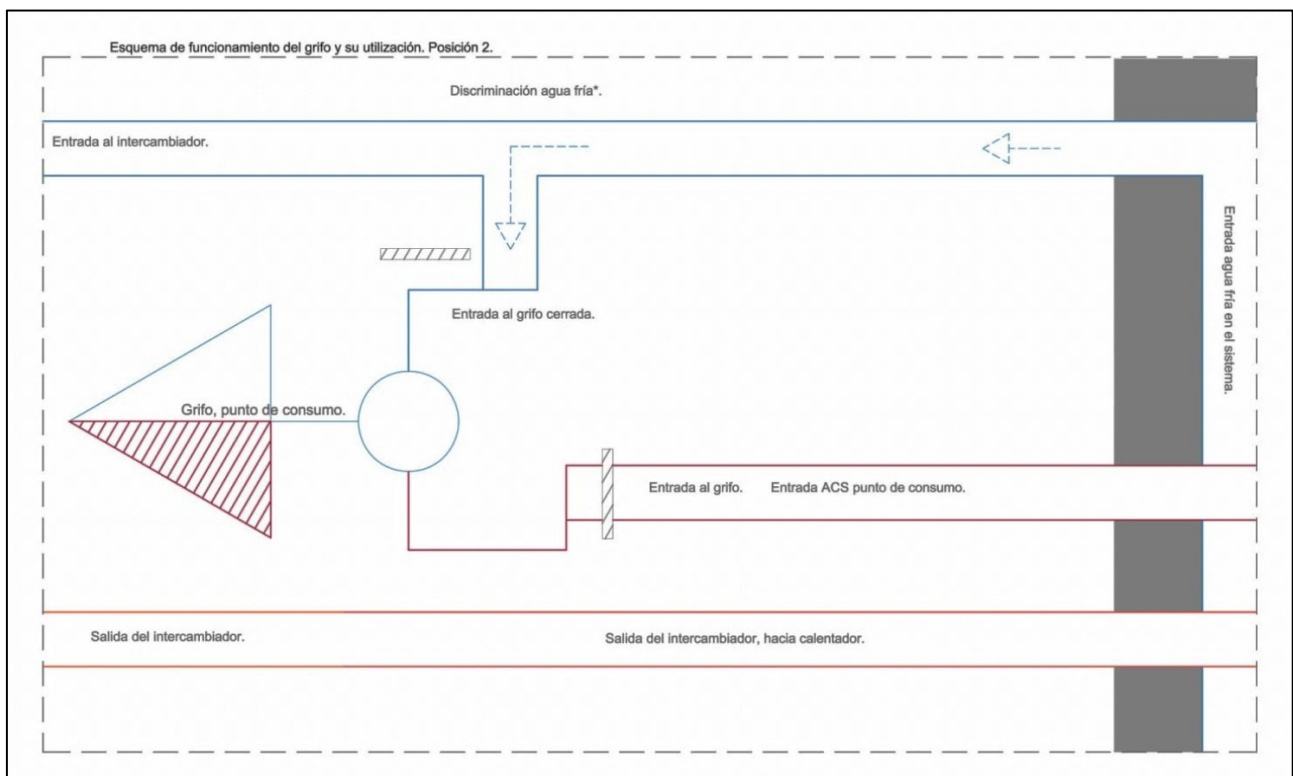


Figura 65. Circulación fluidos, hidromezclador posición 2.

La tercera y última posición del hidromezclador, se dará durante el mayor tiempo de uso del aparato sanitario. Esta será, con los caudales de ambos fluidos abiertos. Es decir, con parte del caudal proveniente del agua fría, aproximadamente el 25% y el resto 75% del caudal proveniente del caudal de agua caliente.

Esto nos permite la regulación de la temperatura, cómo ya hemos mencionado anteriormente.

Cuando al intercambiador llegue agua a temperatura de uso del calentador, denotar que en los momentos iniciales el calentador trabajara como si de un sistema tradicional se tratase. Porque en el intercambiador de calor todavía no se esta produciendo tal intercambio. Como consecuencia de esto trabajaremos con calentadores termostáticos, que adaptan la necesidad de calor en función de la temperatura del agua.

Es importante comprender que, por que nos llegue agua a temperatura de uso, (40°C) esto no implica que el intercambiador este funcionando al 100% de su rendimiento. El proceso de aporte de calor por el intercambiador y consecuentemente la disminución del salto térmico a aportar por el calentador, va por separado de la temperatura de consumo. Para ajustar esta temperatura de consumo final utilizaremos calentadores termostáticos.

Lo que consigue el sistema es, partir del mismo punto que una instalación convencional, calentando agua mediante un calentador. La diferencia de este sistema es, que con el paso del tiempo y el aporte del intercambiador de calor, el salto térmico producido por el calentador disminuye.

En resumen, que el sistema proporciona al usuario agua a temperatura de uso, pero a medida que transcurre un cierto tiempo, unos tres minutos, el aporte de energía calorífica del calentador se reduce. Al tener que generar un salto térmico menor, reducimos el consumo de energía.

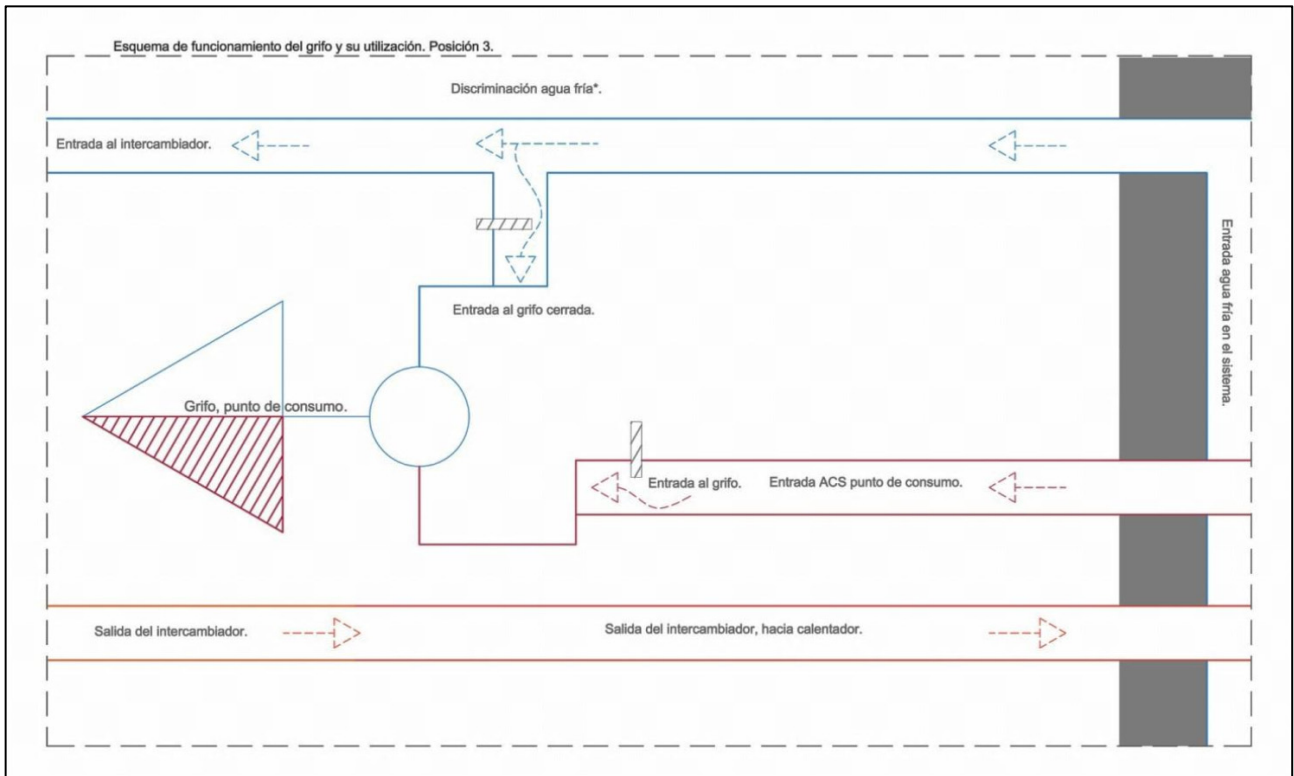


Figura 66. Circulación fluidos, hidromezclador posición 3.

CAPÍTULO 4 RESULTADOS.

Capítulo 4. Resultados.

4.1 Elección del sistema más ventajoso.

En los capítulos anteriores hemos propuesto dos sistemas propuestos son:

- 1) el sistema de realimentación propio, ICRP.
- 2) el sistema de realimentación común, ICRC.

Comprobando los resultados del análisis de ambos sistemas obtenemos, que para un ahorro de 900 Kcal por uso en el sistema ICRP necesitamos reducir el volumen de agua 25 litros.

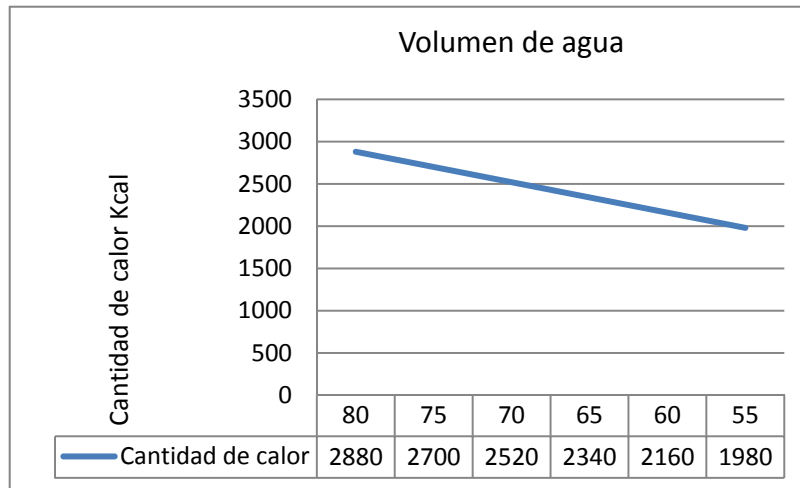


Figura 67. Gráfico consumo, función litros.

Mientras que para el sistema de realimentación común, ICRC, si comprobamos los datos del cálculo obtenemos que para un ahorro de 2000 Kcal, deberíamos aportar un salto térmico de 25°C al agua antes de pasar por el calentador.

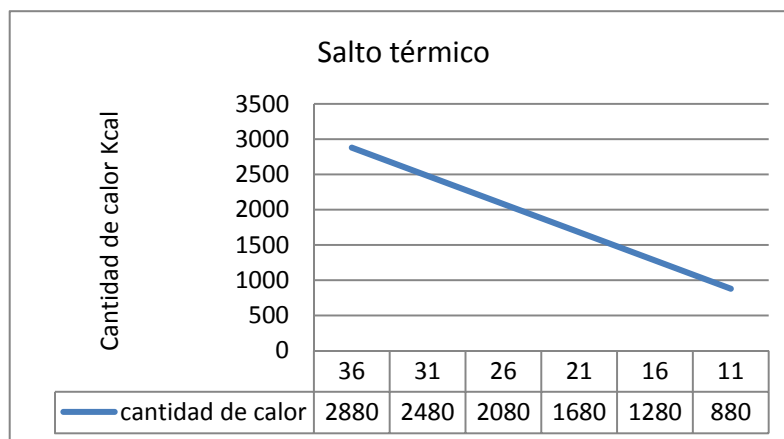


Figura 68. Gráfico consumo, función temperatura.

Según las pendientes de las gráficas, es mucho más efectivo precalentar el agua que abastece al calentador. Así incidimos sobre el salto térmico que este debe generar. Por el contrario precalentar el agua, para reducir las proporciones de caudal necesario directo desde el calentador, será la opción menos efectiva.

Por tanto daremos como modelo elegido el sistema de realimentación común como el mejor entre ambos.

A continuación vemos un esquema del sistema.

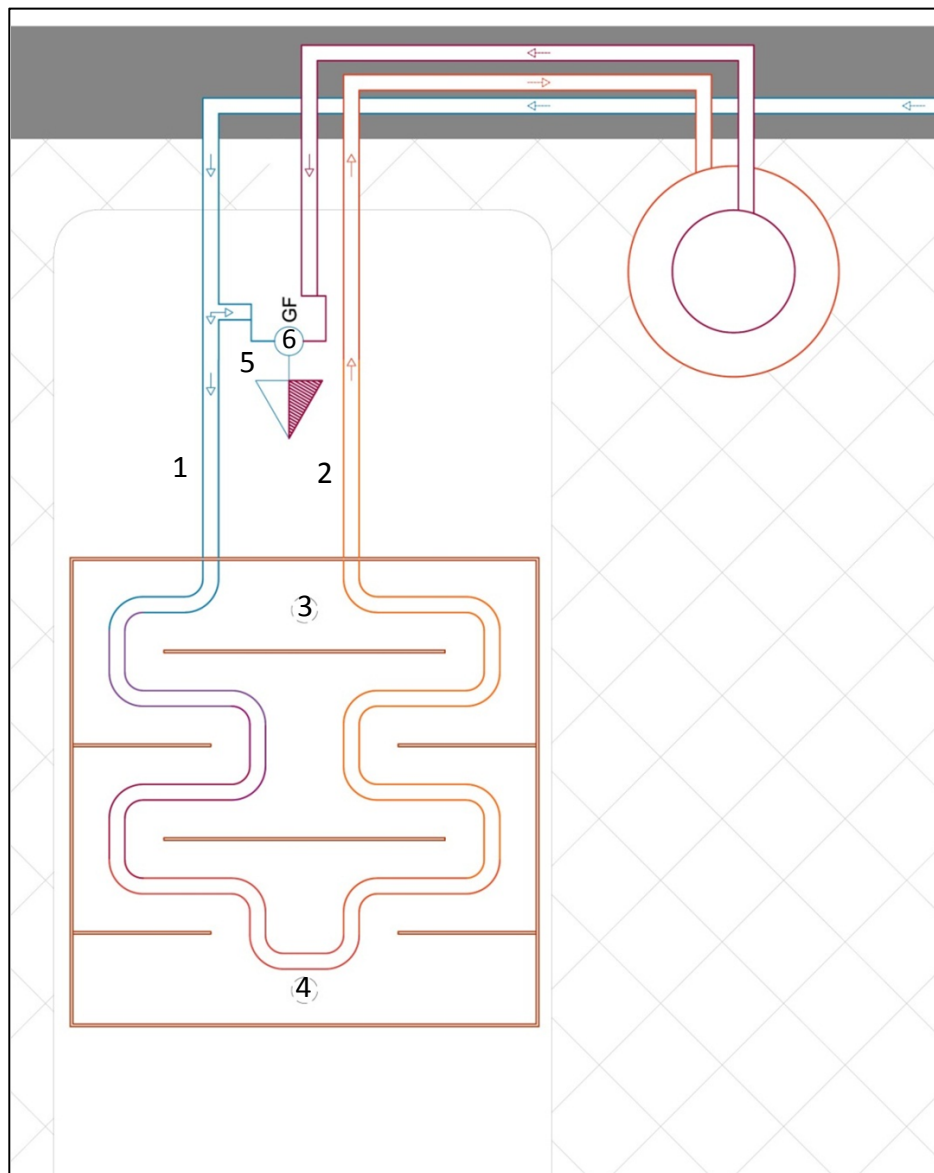


Figura 69. Esquema tipo de la instalación, ICRC.

1. Entrada agua fría en el serpentín del intercambiador.
2. Salida agua precalentada del serpentín del intercambiador.
3. Entrada de agua en la carcasa del intercambiador.
4. Salida del agua de la carcasa del intercambiador.
5. Salida de agua fría del hidromezclador.
6. Salida de agua caliente del hidromezclador.

4.2 Relación de caudales de agua fría-caliente.

Para el cálculo, estimamos una temperatura de uso del agua de 39°C y una temperatura de suministro de red de 4°C.

$$45^{\circ} \times \%_{.1} + 4^{\circ} \times \%_{.2} = 39^{\circ}$$

$$\%_{.1} + \%_{.2} = 1$$

$$\%_{.1} = 1 - \%_{.2}$$

$$45^{\circ} \times (1 - \%_{.2}) + 4^{\circ} \times \%_{.2} = 39^{\circ}$$

$$\%_{.2} \times (-45 + 4) = -6$$

$$\%_{.2} = 14,7 \%$$

$$\%_{.1} = 85,3 \%$$

Figura 70. Sistemas de ecuaciones, proporciones de caudal.

El total de litros vendrá determinado por aplicar este % al total de tiros de uso (80 l).

$$80 \times \%_{.1} \approx 68.2 \text{ l}$$

$$80 \times \%_{.2} \approx 11.8 \text{ l}$$

Los resultados realmente interesantes y de mayor utilidad, son las proporciones en los caudales. Estos porcentajes, para el sistema de realimentación común, nos determinan la curva en la grafica de las NTU que debemos elegir para conocer la eficiencia del intercambiador.

$$\%_{.1} = 14.70 \%$$

$$\%_{.2} = 85.30 \%$$

4.3 *Tiempo de entrada en trabajo máximo del intercambiador.*

Para cualquiera de los sistemas presentados, la carcasa del intercambiador necesita un tiempo de llenado. La eficacia de este, es función del tiempo.

El calculo del apartado "2.2. *Cálculos del intercambiador.*", se estima que el tiempo de llenado de la carcasa, es de 3 minutos. Teniendo en cuenta el volumen de llenado y el caudal de la instalación.

Esto implica que el comportamiento de la instalación responderá a la siguiente grafica:

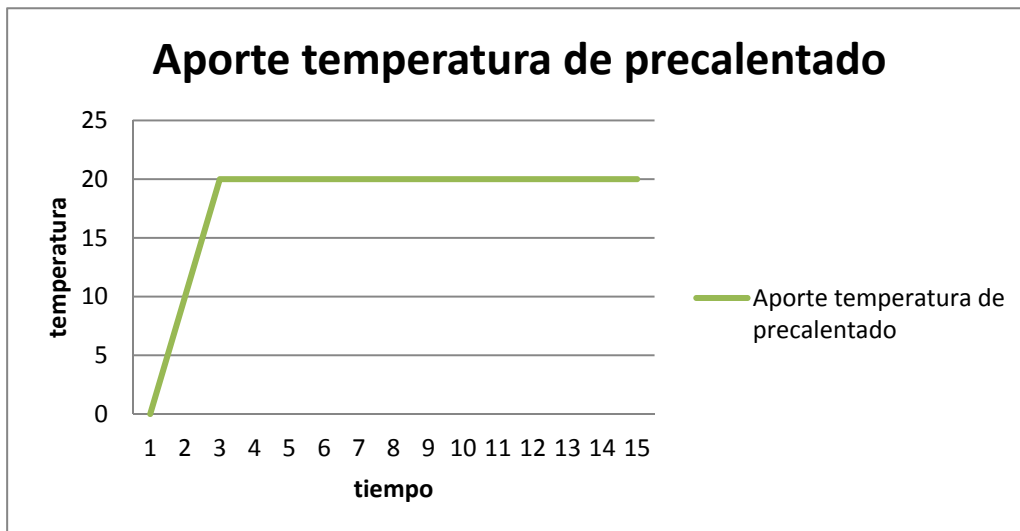


Figura 71. Rendimiento del intercambiador, función tiempo.

Esto implica que el rendimiento del intercambiador de calor, será creciente en los tres primeros minutos. A partir de este periodo será estable y máximo.

No ha sido objeto de estudio el comportamiento durante estos tres minutos de la instalación así como la respuesta exacta de la misma en cuanto a temperatura.

Para determinar un comportamiento aproximado al real determinaremos que el ascenso de temperatura durante estos tres minutos es lineal.

Con esto obtenemos:

Tiempo. (minutos)	1	2	3	4	5	6	7	8	
Temperatura del agua de entrada en el calentador.(°C)	4	13	22	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	
Temperatura de uso del agua. (°C)	40	40	40	40	40	40	40	40	
Δt aportado por el calentador.	36	27	18	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	
Volumen de agua consumido. (80 l en total)	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	
Ce, calor específico (Kcal/°C*Kg)	1	1	1	1	1	1	1	1	
Peso específico (Kg/l)	1	1	1	1	1	1	1	1	
Q(Kcal)	191,88	143,91	95,94	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	

								Total Q ICRC.	Total Q sistema tradicional.
8	9	10	11	12	13	14	15		* igual al consumo del primer minuto por 15
29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66		
40	40	40	40	40	40	40	40		
10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34		
5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33		
1	1	1	1	1	1	1	1		
1	1	1	1	1	1	1	1		
55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	1093,08	2878,20

Figura 72. Consumo calentador a gas con la instalación.

Estos resultados, suponen un 62.03 % de ahorro en cada ducha o baño, donde este instalado el sistema. Lo que supone un ahorro más que considerable, tanto en energía como económicamente.

4.4 Cálculo aplicado al intercambiador, Δ temperaturas.

Para el cálculo del intercambiador, hemos utilizado conceptos como el de la eficiencia y la NTU. Todo ello regido por el método de la eficiencia, en intercambiadores de calor contracorriente. Todo esto está desarrollado en el apartado: "2.5.Cálculos del intercambiador."

Retomando la tabla de Excel elaborada para el cálculo, tenemos los resultados siguientes:

Cálculo de temperaturas de salida para la realimentación				
Parámetros	Valores	Unidades	Valores partida	Valores salida
Qmax	0,6897	kW		
Tfe	277	K	4 °C	
Tfs	303,4	K	30,4 °C	
Tce	310	K	37 °C	
Tcs	302,666667	K		29,667 °C
mf	0,005	kg/s		
mc	0,018	kg/s		
Q	0,55176	kW		
E	0,8			
NTU	3,06643493			
U	850	(W/m ² K)		
A	0,07539822	m ²		
DH	0,03			
L	0,8			
Volumen llenado	0,0324	m ³		
kilos	32,4			

Figura 73. Cálculo de temperatura de realimentación, T_e 4°C.

El análisis es sencillo, para una temperatura de entrada del fluido frío de 4°C, el intercambiador a trabajo máximo, nos proporciona una temperatura de precalentado del mismo de 29.66°C. Es decir, un aumento de la misma de 25.66°C.

Destacar que el rendimiento del intercambiador crece en el tiempo, y que según los cálculos del apartado: “2.5 Cálculos del intercambiador”. Este tiempo es aproximadamente de 3 minutos.

Quedara por analizar, en que zonas geográficas será de mayor aplicación este sistema. Ya que en función de la zona geográfica la temperatura de abastecimiento de la red de agua varían.

4.5 Aplicación del sistema en diferentes zonas geográficas.

Con este análisis, que en principio se centra en el territorio nacional, pero que fácilmente sería extrapolable a otros países, pretendemos comprender donde se comportará de una forma más eficiente.

Para ello, nuestra variable será la temperatura media anual de suministro de red de agua fría. La cual varía en función de la zona geográfica en la que se encuentra.

Para este estudio, contamos con las temperaturas medias anuales de las principales capitales de provincia en España. Así como la media anual de temperatura del agua. Vamos a conocer, que rango de temperaturas es la más favorable para la instalación propuesta. Además tendremos en cuenta las zonas climáticas determinadas en el CTE.

Para ello, reflejaremos en 2 gráficas las temperaturas medias de abastecimiento, además del aporte del calentador y del intercambiador, tanto en la instalación tradicional como en la propuesta. Todo ello considerando el rendimiento del intercambiador al máximo, es decir, después del tercer minuto de utilización del sistema.

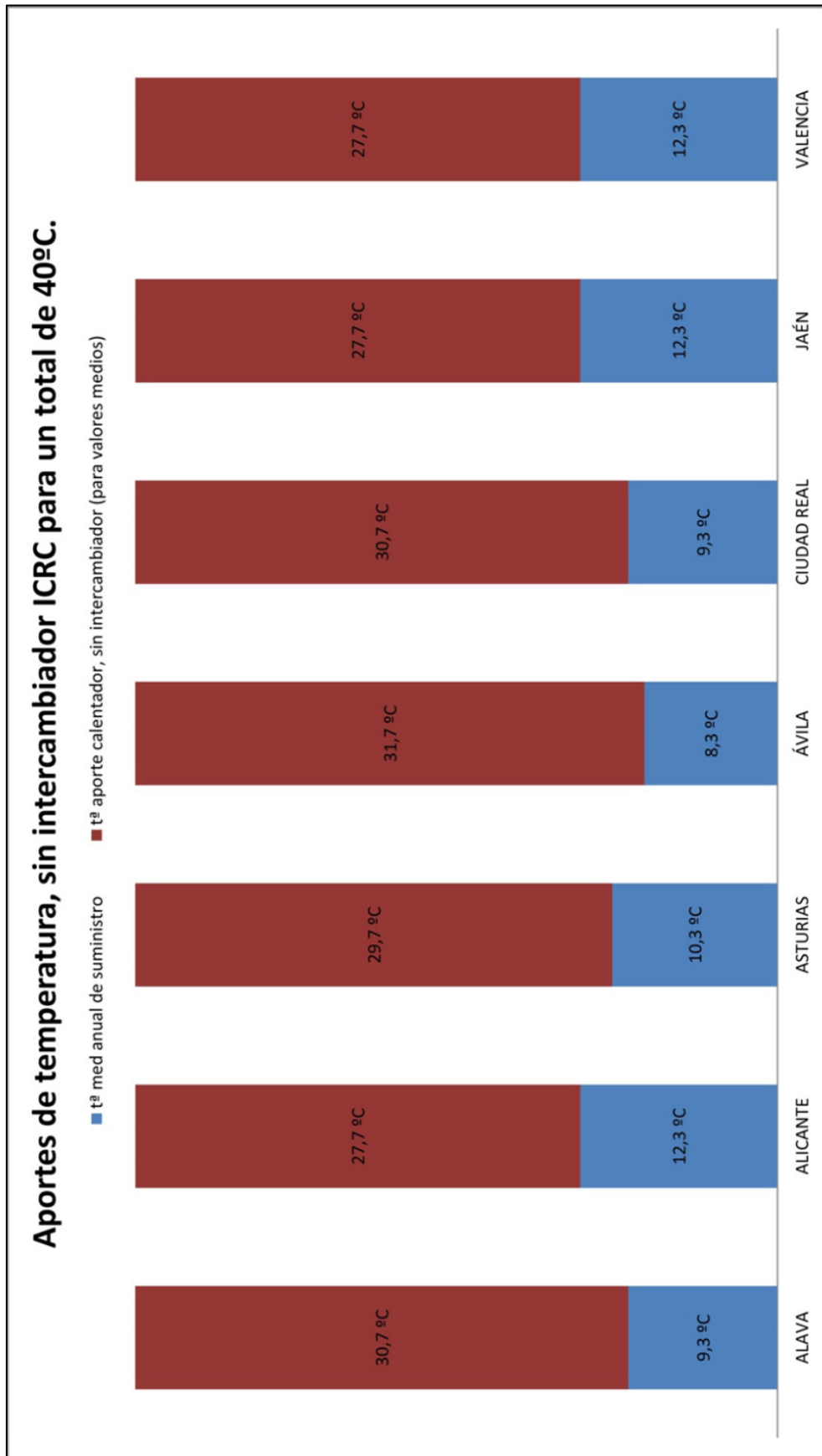


Figura 74. Grafico comparativo capitales de provincia, t³ entrada agua, aporte calentador.

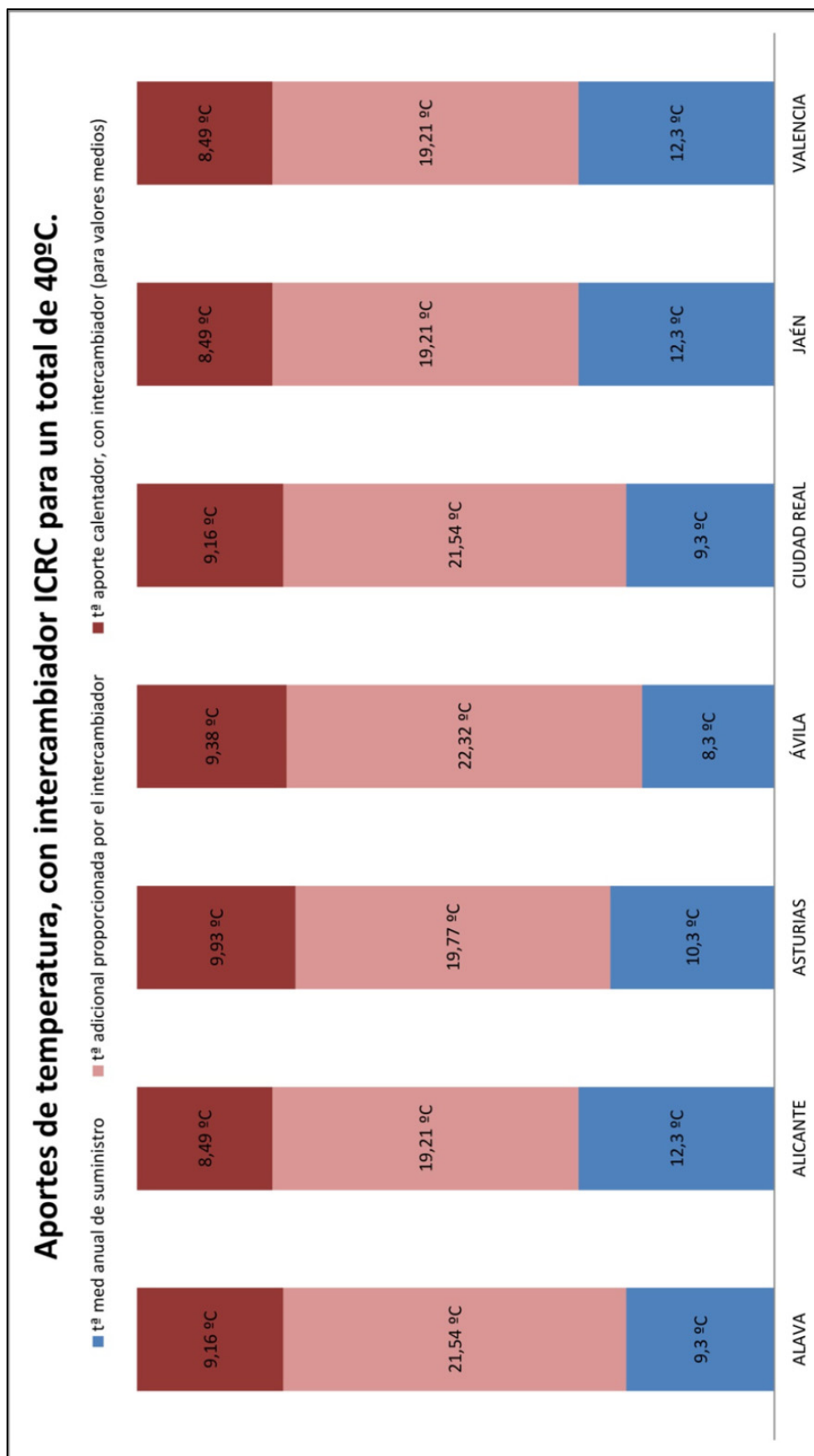


Figura 75. Grafico comparativo capitales de provincia, t³ entrada agua, aporte del intercambiador y calentador.

Cómo podemos observar en las gráficas mostradas, el aporte de temperatura por parte del intercambiador de calor es importantísimo. Recordar que este aporte de energía calorífica surge a partir del tercer minuto de estar funcionando el sistema, y que el ahorro de Kcal al final del un uso, se sitúa en torno al 62%.

En cuanto a la lectura de la gráfica observamos que el intercambiador de calor tiende a unificar el consumo de energía de los sistemas de calentamiento de agua. Esto significa que para un abanico de temperaturas de entrada mayor, el rango de temperaturas de agua precalentada se reduce. O dicho de otra forma, las diferencias se reducen. En términos absolutos, las ciudades que más energía consumían, siguen consumiendo más. Por ejemplo para la ciudad de Ávila, situada en zona fría, con la incorporación o no del intercambiador de calor el consumo de energía es mayor que para capitales como Valencia.

Con esta lectura podemos concluir que nos encontramos ante un sistema generalista que no tiene ningún tipo de inconveniente en función de las temperaturas de entrada de los fluidos, es decir funciona semejantemente en zonas frías y en zonas calientes.

Como punto conflictivo, encontramos la temperatura de abastecimiento de red en torno a los 10 °C, donde encontramos una caída del rendimiento si comparamos los resultados con el resto de capitales estudiadas. En esta situación se encuentra Asturias, donde observamos que la temperatura alcanzada sumando la de red, más la proporcionada por el intercambiador se sitúa en 30.07 °C. Siendo la mas baja de todas. Mientras que sorprendentemente en Álava con una temperatura de abastecimiento de 9.3 °C, más el aporte del intercambiador alcanzamos la cifra de 30.84 °C, lo cual llama clamorosamente la atención.

Capitales.	tª med. anual de suministro.	tª adicional proporcionada por el intercambiador.	tª aporte calentador, con intercambiador (para valores medios).	Total temperatura de servicio
ALAVA	9,3	21,54	9,16	40
ALICANTE	12,3	19,21	8,49	40
ASTURIAS	10,3	19,77	9,93	40
ÁVILA	8,3	22,32	9,38	40
CIUDAD REAL	9,3	21,54	9,16	40
JAÉN	12,3	19,21	8,49	40
VALENCIA	12,3	19,21	8,49	40

Figura 76. Caso específico Asturias.

Cómo vemos en la tabla anterior, el rendimiento del intercambiador de calor en torno a los 10 grados de temperatura de abastecimiento del agua, es menor. Necesitamos un aporte de 9.93 °C por parte de calentador, para llegar a los 40 °C de temperatura. Mientras que en Ávila con una temperatura media de 8,3 °C necesitaremos aportar mediante el calentador una temperatura de 9.38°C.

Este comportamiento no lineal del intercambiador de calor no será objeto de más estudio en este proyecto. Sería de interés su desarrollo para la comprensión completa del sistema.

Como análisis final, vemos de manera porcentual el aporte de temperatura del intercambiador de calor de realimentación común, ICRC.

Relacionaremos el salto térmico original aportado por el calentador, con el salto proporcionado por el mismo incorporando el intercambiador.

Capitales.	tª med. anual de suministro.	tª restante para alcanzar 40°C	tª adicional proporcionada por el intercambiador.	% tª aportado por el intercambiador
ALAVA	9,3	30,7	21,54	70,16%
ALICANTE	12,3	27,7	19,21	69,35%
ASTURIAS	10,3	29,7	19,77	66,57%
ÁVILA	8,3	31,7	22,32	70,41%
CIUDAD REAL	9,3	30,7	21,54	70,16%
JAÉN	12,3	27,7	19,21	69,35%
VALENCIA	12,3	27,7	19,21	69,35%

Cómo vemos en la tabla 77, para Valencia de los 27.7 °C que tiene que aportar el calentador en el sistema tradicional, el intercambiador aporta 19.21 °C. Lo que representa un 69,35% de ahorro, cuando el sistema funciona a pleno rendimiento, es decir, a partir del tercer minuto.

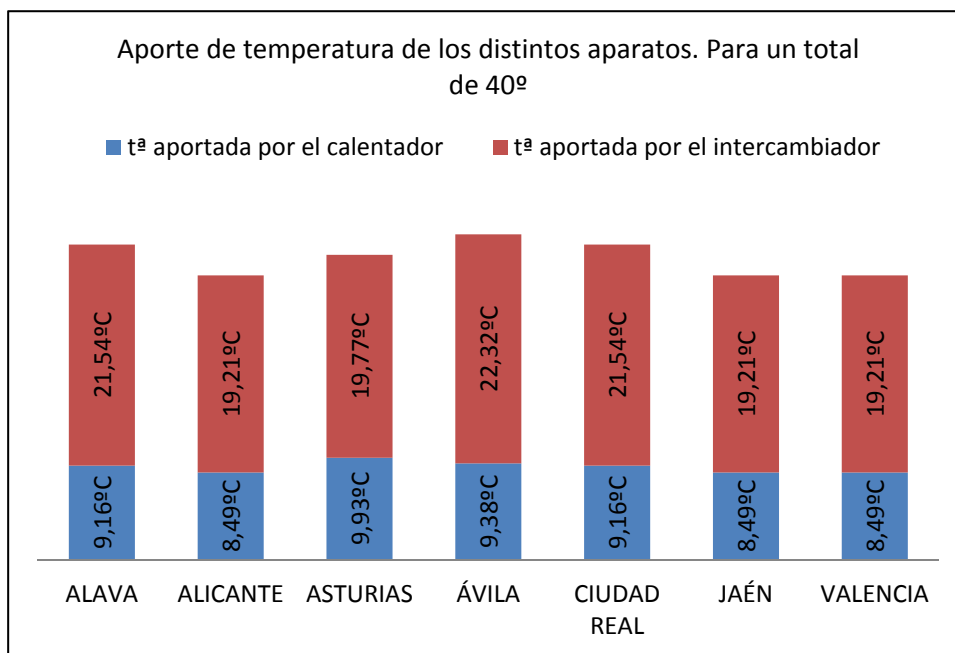


Figura 77. % aporte del intercambiador, máximo rendimiento.

Con esto se nos abren posibilidades de mejora del sistema, respecto a un uso puntual en una vivienda tipo, donde los cálculos situaban la mejora en un 62%, esto es debido al tiempo de llenado de la carcasa.

La mejora vendría dada si diésemos continuidad de uso al sistema. Esto en viviendas es difícil de conseguir, pero se nos presentan posibilidades de instalación en hoteles, gimnasios y lugares similares. Donde los usos son mayores y continuos en horas punta de uso.

Planteado esto, y sabiendo que el sistema es capaz de admitir mas de una conexión de aparatos en servicio, podría ser objeto de estudio el sistema con instalaciones mas complejas. Donde más de un intercambiador se utilizase de forma conjunta. Cediendo calor y acumulándolo en un acumulador previo al calentador, como se ha comentado anteriormente.

El desarrollo de estas ideas y posibilidades no serán objeto de un estudio minucioso, pero en primera instancia, la lógica nos dice, que un trabajo en común de varios intercambiadores reduciría el tiempo de espera de 3 minutos. Siempre, a partir del segundo intercambiador que entrase en uso, debido al apoyo entre ambos.

Cómo hemos mencionado, esto no formara parte de este proyecto de investigación, pero si es una posibilidad interesante a tener en cuenta, ya que podría revolucionar las instalaciones tipo, en hoteles y centros deportivos.

4.6 Comparativa: instalación convencional & ICRC.

4.6.1 Instalación tipo del sistema.

Para la realización de la comparativa de los sistemas de instalación, tradicional y el ICRC, hemos empleado un plano tipo de una vivienda. En la cual hemos seleccionado seis estancias de la misma, para simplificar y esclarecer los resultados.

Destacar que la elección de las estancias, no responde a una intencionalidad que modifique la realidad de las instalaciones a tratar, la motivación de esta decisión responde a necesidades de simplificación de los esquemas.

Dicho esto, mencionar que a todas las magnitudes precios y demás datos a los que haremos referencia están grafiadas en el plano: *"IN_01. Instalación en vivienda tipo."*

Al introducir el intercambiador en la vivienda, generamos un recorrido nuevo de tuberías de la instalación, este irá desde el/los intercambiadores hasta el calentador. Este nuevo tramo esta recogido en el plano mencionado anteriormente.

Calculando los metros de la instalación de agua fría + ACS, para la instalación convencional, y calculando los metros de instalación de agua fría + ACS + Recorrido del agua precalentada; estos difieren en 13.91 m, sobre un total de 58.55 m, lo que supone un 23.75 % de aumento en la instalación.

El precio por metro, para obra nueva, de una instalación tipo de cobre de 2 pulgadas, ronda los 16.37 €. Lo cual supone un sobrecoste en material de 227.7 €.

Estaría por determinar el número de regatas a ejecutar y los rendimientos de los operarios, así como el precio del intercambiador en si. Con esto, determinamos un sobrecoste estimado 500€ por vivienda. En concepto del intercambiador, tuberías adicionales y mano de obra adicional.

Todos estos datos merecen un estudio pormenorizado y concienzudo, el cual no podemos realizar. Ellos son estimativos y aproximados.

Otro factor tratado en la instalación en vivienda tipo, es el tiempo de espera desde el accionamiento del sistema hasta la salida de agua fría por el punto de consumo.

Entendiendo el funcionamiento del sistema sabemos determinar que el tiempo de espera es exactamente igual que en las instalaciones convencionales. Debido a que en el momento en que abrimos el grifo, empieza a discurrir agua por el serpentín del calentador.

No confundir con el concepto, de tiempo de espera para la llegada de agua precalentada al calentador, estimado en 3 minutos.

El tiempo de espera del agua a temperatura de servicio será el mismo. La diferencia es que a medida que transcurre el tiempo y se efectúa el intercambio de calor, el calentador aporta menos salto térmico.

La última diferencia, la encontramos en el abastecimiento del calentador, esta no será directa desde la red de agua fría, cómo era habitual generar una derivación lo antes posible en la distribución convencional. Sino que abasteceremos de agua fría el intercambiador y este abastecerá el calentador.

4.6.2 Comparativa de consumos para la vivienda tipo.

A continuación analizaremos los resultados obtenidos en cuanto a consumos de energía, referenciado el sistema tradicional, y el sistema ICRC.

Para ello, tomaremos como ejemplo la vivienda tipo, utilizada y el análisis por capitales de provincia. Además situaremos la vivienda tipo en la ciudad de Valencia.

Estudiaremos tres temperaturas de abastecimiento en la ciudad de Valencia, estas serán:

1. temperaturas mínimas anuales.
2. temperaturas máximas anuales.
3. temperaturas medias anuales.

Calculando de cada una el consumo en Kcal, así cómo una comparativa gráfica de consumos entre la implantación o no del sistema.

1. Cálculo de consumo en Kcal, para la temperatura mínima anual, de suministro de agua en Valencia.

															Total Q ICRC.	Total Q sistema tradicional.	
Tiempo. (minutos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Temperatura del agua de entrada en el calentador. (°C)	8	15	26	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66		* igual al consumo del primer minuto por 15 minutos de uso
Temperatura de uso del agua. (°C)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40		
Δt aportado por el calentador.	32	25	14	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34		
Volumen de agua consumido. (80 l en total)	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33		
Ce, calor específico (Kcal/°C*Kg)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Peso específico (Kg/l)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Q(Kcal)	170,56	133,25	74,62	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	1039,78	2558,40

Figura 78. Consumo calentador con intercambiador y tª entrada de 8°C.

Además obtenemos una comparativa gráfica, respecto a temperaturas en °C.

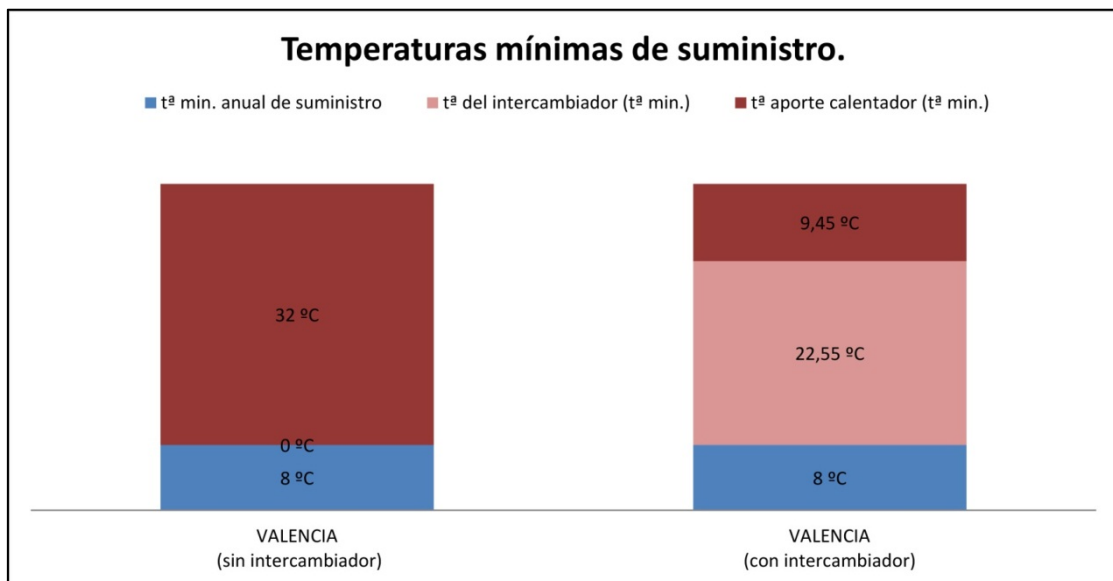


Figura 79. Comparativa de temperaturas mínimas.

2. Cálculo de consumo en Kcal, para la temperatura máxima anual, de suministro de agua en Valencia.

																Total Q ICRC.	Total Q sistema tradicional.
Tiempo. (minutos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Temperatura del agua de entrada en el calentador. (°C)	16	20	27	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66		* igual al consumo del primer minuto por 15 minutos de uso
Temperatura de uso del agua. (°C)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40		
Δt aportado por el calentador.	24	20	13	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34		
Volumen de agua consumido. (80 l en total)	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33		
Ce, calor específico (Kcal/°C*Kg)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Peso específico (Kg/l)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Q(Kcal)	127,92	106,60	69,29	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	965,16	

Figura 80. Consumo calentador con intercambiador y tª entrada de 16°C.

Además obtenemos una comparativa gráfica, respecto a temperaturas en °C.

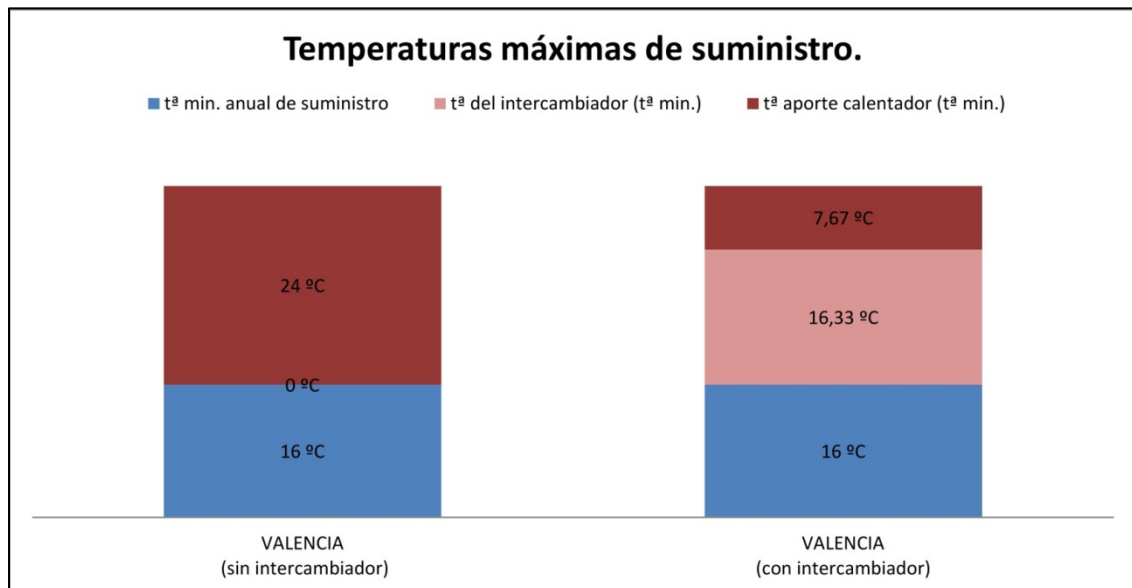


Figura 81. Comparativa de temperaturas máximas.

3. Cálculo de consumo en Kcal, para la temperatura media anual, de suministro de agua en Valencia.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total Q ICRC.	Total Q sistema tradicional.
Tiempo. (minutos)																	
Temperatura del agua de entrada en el calentador. (°C)	12,3	16	26	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66		* igual al consumo del primer minuto por 15 minutos de uso
Temperatura de uso del agua. (°C)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40		
Δt aportado por el calentador.	27,7	24	14	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34		
Volumen de agua consumido. (80 l en total)	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33		
Ce, calor específico (Kcal/°C*Kg)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Peso específico (Kg/l)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Q(Kcal)	147,64	127,92	74,62	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	55,11	1011,53	2214,62

Figura 82. Consumo calentador con intercambiador y t^a entrada de 12,3°C.

Además obtenemos una comparativa gráfica, respecto a temperaturas en °C.

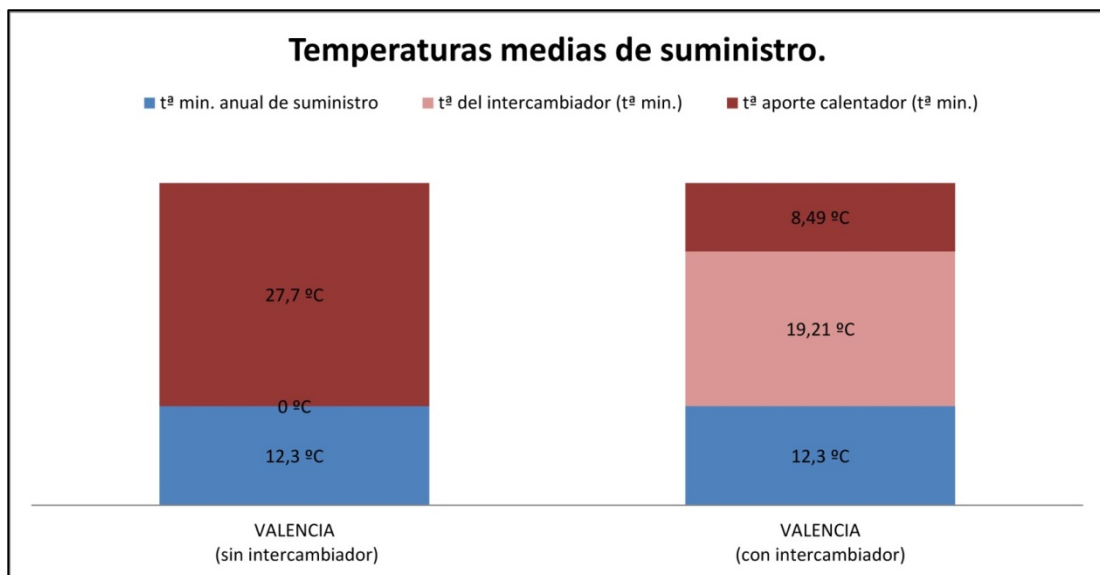


Figura 83. Comparativa de temperaturas medias.

4.7 Ahorro: económico y energético calculado.

Estimado: un sobrecoste de 500 € por vivienda de obra nueva, un consumo medio anual de gas de 200 € según datos estadísticos de la empresa Endesa, y calculado un ahorro en torno al 62% del gas consumido en la instalación del intercambiador. Sabemos que el ahorro total del gas consumido en la vivienda será del 50%, variando mínimamente en función del resto de las instalaciones.

Calculamos un periodo de amortización de la instalación de 5 años, sin ningún tipo de subvención pública, a diferencia de otros sistemas. Los cuales tienen periodos de amortización mayores, incluso con ayudas externas.

Denotar que estos datos son estimativos y pueden variar en función de muchos parámetros desestimados para este cálculo.

Además, si estimamos una vida útil de 40 años de la instalación, tenemos que cada familia a ahorrado un total de 4500€ en las facturas de gas.

El dato más llamativo de todos, es que reducimos entorno a la mitad el consumo de gas en las viviendas. Dato interesante si tenemos en cuenta las próximas directrices europeas que regularan el consumo energético de los edificios.

CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y SOLUCIONES ÓPTIMAS.

Capítulo 5. Conclusiones y soluciones óptimas.

5.1 Sistema desarrollado.

Las conclusiones del sistema desarrollado, vienen dadas por el planteamiento inicial de los objetivos que nos marcábamos alcanzar.

El objetivo era claro y uno, el ahorro de energía, en la producción de ACS. El punto mejorable que encontramos, fué la energía calorífica no aprovechada en el agua de uso sanitario.

Estas fueron las motivaciones iniciales. A partir de aquí y con la incorporación, cálculo y diseño del intercambiador de calor, vinieron los resultados. Los cuales nos indican que si que hemos alcanzado los objetivos.

El sistema final, ICRC, incorpora bastantes novedades respecto a las instalaciones de fontanería tradicionales. Destacar, el abastecimiento del calentador o productor de ACS, no por el ramal directo de agua fría, sino por el ramal proveniente del intercambiador situado debajo del aparato sanitario correspondiente. Otra novedad, sería el discurrir de tres tramos conjuntos en ciertos puntos de la instalación y los inconvenientes de instalación que conlleva. Determinando el numero de rozas para el paso de las mismas.

Aclarar también, que el intento de implantar el sistema en otros aparatos sanitarios tales como lavabos y similares, son totalmente inefectivos. Esta falta de efectividad es visible incluso en la fase de diseño y teórica, ya que como hemos mencionado el factor tiempo es determinante. En definitiva, cómo son aparatos de usos esporádicos y no dilatados en el tiempo, el sistema no tiene cabida alguna, ya que antes de que empiece a intercambiar calor y disminuir el consumo, el uso del mismo ha terminado. El factor tiempo es determinante.

Mencionar que una de las principales líneas de investigación no desarrolladas ni calculadas, es la opción de almacenaje de agua precalentada, así como los rendimientos en cuanto a consumo de los productores de ACS. Con la incorporación de más de un intercambiador en funcionamiento. Es decir, como interactúan los intercambiadores en el supuesto de utilización simultánea, de varios aparatos sanitarios con esta tecnología.

Tras todo el estudio y desarrollo, el dato más significativo es un ahorro de energía en torno al **62%**, del total del consumo del productor de ACS doméstico.

5.2 *Aplicaciones. Producto integrable en la vivienda.*

La aplicabilidad del producto es máxima, tanto para vivienda nueva, cómo para la ya ejecutada. Es decir, debido a su tamaño y solución de diseño cabe fácilmente en la parte inferior de cualquier ducha o bañera. Además permite su instalación sin generar ningún tipo de escalón adicional. Mencionar que en vivienda ya ejecuta habría que instalar la parte del circuito del agua precalentada, lo que aporte mayor dificultad.

Para obra nueva, no supone ningún inconveniente constructivo, ya que el sistema rellena un hueco que tradicionalmente por no ser macizado o relleno, actúa como caja de resonancia cuando utilizabas la ducha o bañera.

Además, con la solución final adoptada, no tenemos que introducir ningún tipo de grifería nueva, y los instaladores solo tendrán que conectar los ramales del grifo, los del intercambiador y por supuesto la evacuación del agua. Que ahora si habrá cedido ese calor que antes no se aprovechaba.

En cuanto al estudio de las zonas donde mejor se comportaba el sistema, los resultados están en la línea de igualar los consumos entre ciudades. Es decir, los consumos en la producción de ACS, vienen determinados por el volumen de agua y la temperatura de entrada de ella. Por tanto, en las poblaciones más frías el consumo seguirá siendo mayor, siendo las diferencias entre ciudades mínimas, comparados con el ahorro proporcionado por esta tecnología.

Con la introducción del sistema, conseguimos reducir las diferencias entre ciudades, dato que nos indica que el sistema funciona de forma similar sea cual sea la temperatura de entrada del agua. En nuestro estudio tenemos temperaturas de entrada de agua de 4°C hasta los 16°C, con lo que tenemos una muestra muy representativa de los valores de entrada del agua.

Cómo conclusión, diremos que el sistema funciona mejor en zonas donde la temperatura de agua es más fría. Esto es por el funcionamiento de los intercambiadores y su mayor facilidad de aumento de temperaturas más distantes. En definitiva genera mayor ahorro, cuanto más fría sea la temperatura del agua.

Denotar que comparando la diferencia de ahorro entre ciudades y el ahorro medio aportado por el sistema, la primera, la diferencia de ahorro entre ciudades es mínima e insignificante. Como datos calculados tenemos que, la variación de aporte de temperatura en °C, por parte del productor de calor, no se desvía más de 1.6 °C, entre ciudades, cuando incorporamos el sistema. Sin el sistema, encontramos diferencias de hasta 4 °C en temperaturas medias anuales de abastecimiento de agua.

Con esto concluimos que el sistema tiende a unificar los consumos entre las diferentes ciudades.

5.3 Conclusiones generales. Producto industrial.

La motivación inicial del proyecto desarrollado, era el ahorro energético en la vivienda a través de la mejora de uso, optimización, del ACS en la vivienda. Concretamente en la energía calorífica del agua desechada en el uso sanitario.

Esta motivación, tomo forma con la incorporación de un intercambiador de calor en el aparato de uso sanitario, en concreto debajo de la bañera o ducha, siendo estos los aparatos sanitarios de mayor uso.

El tiempo, es determinante en casi todas las facetas de desarrollo del proyecto, durante el periodo de llenado, el periodo de intercambio, en el transcurso del uso del aparato sanitario, incluso hasta en el periodo de producción.

Este último factor, el de producción, es importante, porque el objetivo final del proyecto que es obtener un producto industrial a partir del prototipo propuesto.

Este proceso industrial, introduce variables a nivel de diseño y técnicas que junto con las ideas iniciales y con el conjunto de inquietudes y conocimiento aunados, convergen en el producto final desarrollado, el intercambiador de calor de realimentación común, ICRP.

Este sistema es versátil en cuanto a tamaño, sus dimensiones pueden adaptarse a los diseños de los aparatos sanitarios a los que sirven. Destacar que los materiales empleados en la ejecución de los mismos han de ser metálicos. Material que mejora el intercambio de calor y facilitan la limpieza y el mantenimiento del mismo.

El producto final desarrollado, reúne:

- Ahorro, energético y económico.
- Viabilidad, con una amortización en torno a los 5 años.
- Facilidad de utilización, el usuario no tiene ningún inconveniente añadido.



Vista en sección de la instalación terminada.

BIBLIOGRAFIA.

10. Bibliografía.

1. Esplugas, (2005). *Fundamentos de transmisión de calor. Universitat de Barcelona. Barcelona*
2. Pysmenny, Y (2007). *Manual para el cálculo de intercambiadores de calor y bancos de tubos aleteados. Reverté. México.*
3. Kreith, F (2001). *Principios de transferencia de calor. Thomson Learning. México.*
4. Halman, J (1998). *Transferencia de calor. McGraw-Hill. México.*
5. Sigales, B (2003). *Transferencia de calor técnico. Reverté. Barcelona.*
6. Galindo, J (2010). *Análisis de un intercambiador de calor por el método de la eficiencia. UPV. Valencia.*
7. Galindo, J (2010). *Clasificación de los intercambiadores de calor. UPV. Valencia.*
8. Galindo, J (2010). *Dimensionamiento de un intercambiador de calor. UPV. Valencia.*
9. Bon, J (2008). *Estimación coeficiente global de transferencia de calor. UPV. Valencia.*
10. Galindo Lucas, José. *Análisis de un intercambiador de calor por el método de la eficiencia. [on line]. Valencia, s.n.:2009.*

11. Galindo Lucas, José. *Diseño térmico de un intercambiador de calor.*
[on line].Valencia,s.n.:2009.
12. Galindo Lucas, José. *Resolución mediante diferencias finitas de un intercambiador de calor equicorriente.* [on line].Valencia,s.n.:2009.
13. Corberán, J.M. y Royo, R. "Intercambiadores de calor". *Termodinámica de fluidos.* Universidad politécnica Valencia.

ANEXO DE PLANOS.

Anexo de planos.

a. Esquemas del proceso del diseño.

i. EQ_01. Esquema del intercambiador.

ii. EQ_02. Paso de tubo por carcasa.

iii. EQ_03. Control de circulación.

b. *Planos constructivos.*

i. *CN_01. Sección de la instalación.*

ii. *CN_02. Instalación del sistema detalle 1.*

iii. *CN_03. Instalación sistema detalle 2.*

c. Planos de instalación.

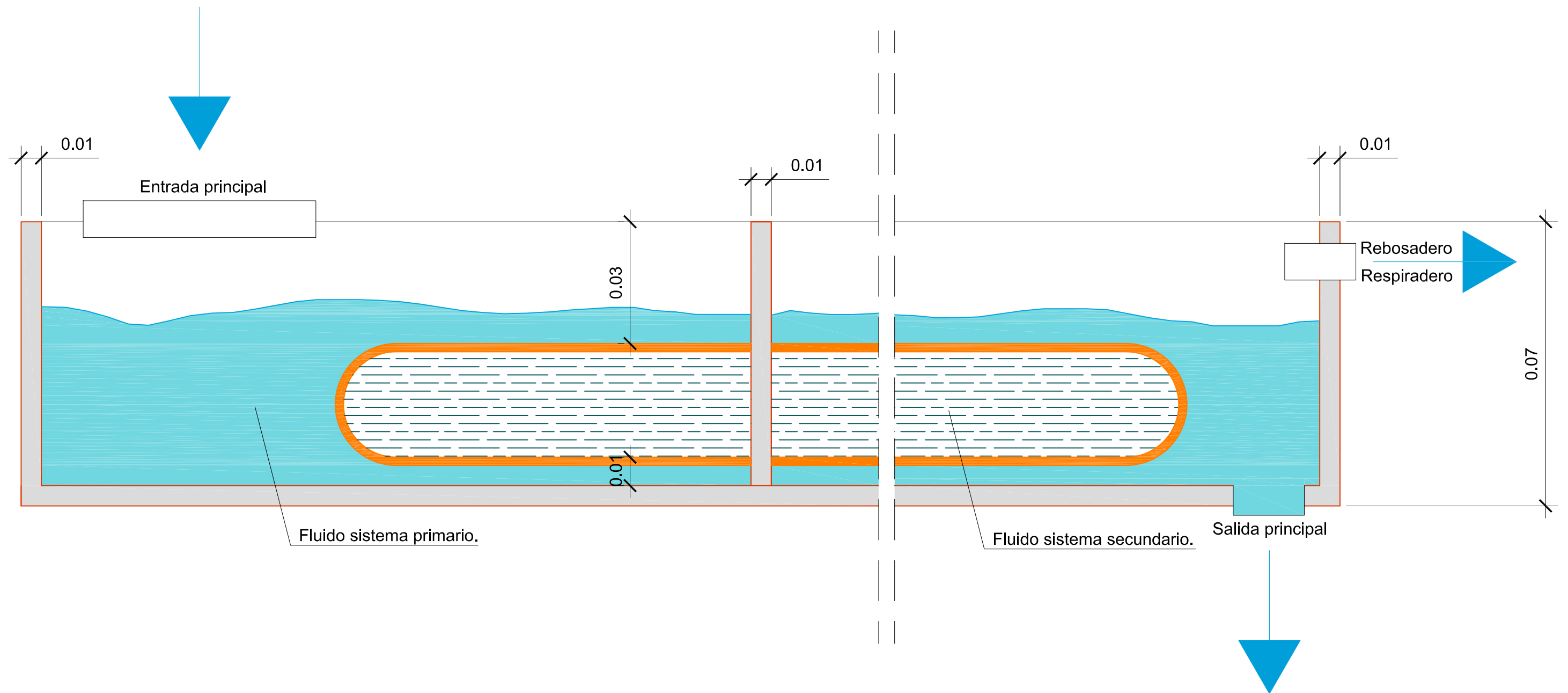
i. *IN_01. Instalación en vivienda tipo.*

ii. *IN_02. Instalación en vivienda tipo, detalle 1.*

iii. *IN_03. Instalación en vivienda tipo, detalle 2.*

Ampliación funcionamiento e instalación del grifo.

Funcionamiento general del sistema.



Proyecto Fin Grado.

ALUMNO:
Todosantos Navarro, Rubén

Curso 2011 / 2012. taller 18.

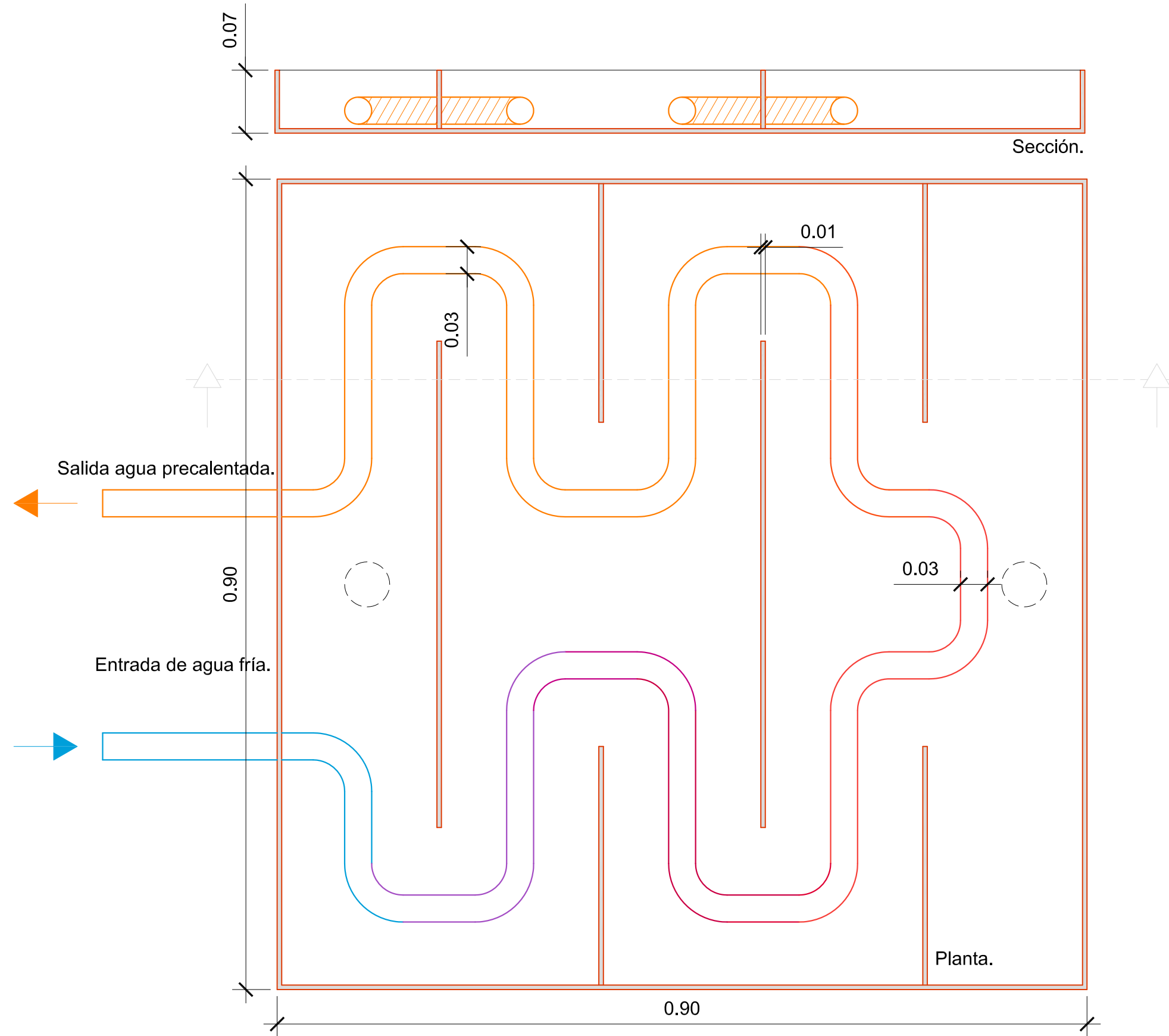
e:1/1

Eficiencia energética.

Intercambiador de Calor, Realimentación Común

EQ_01.Esquema del intercambiador.

Geometría del paso del tubo por la carcasa.



Proyecto Fin Grado.

ALUMNO:
Todosantos Navarro, Rubén

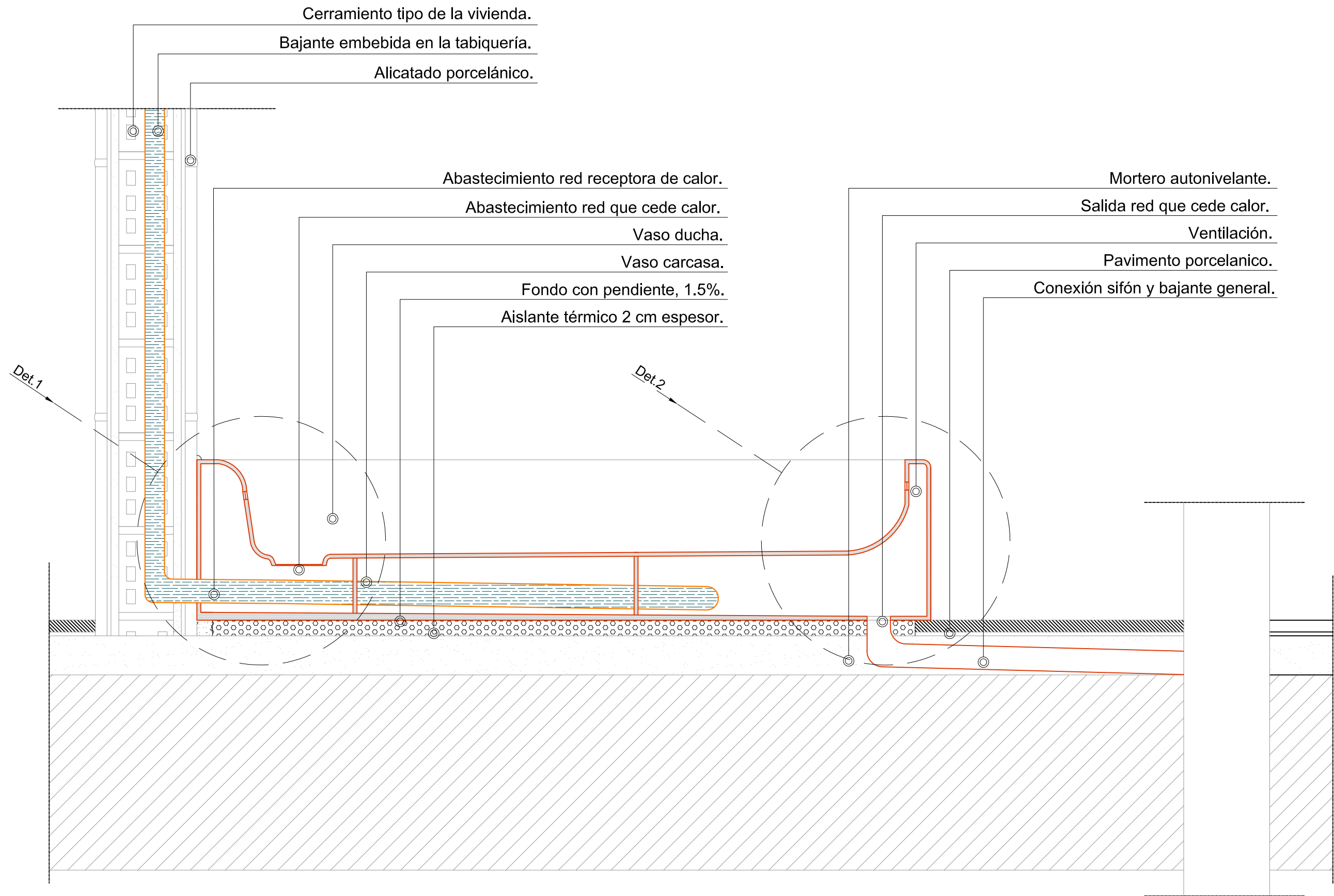
Curso 2011 / 2012. taller 18.

e:1/5

Eficiencia energética.

Intercambiador de Calor, Realimentación Común

EQ_02.Paso de tubo por carcasa.



Proyecto Fin Grado.

ALUMNO:
 Todosantos Navarro, Rubén

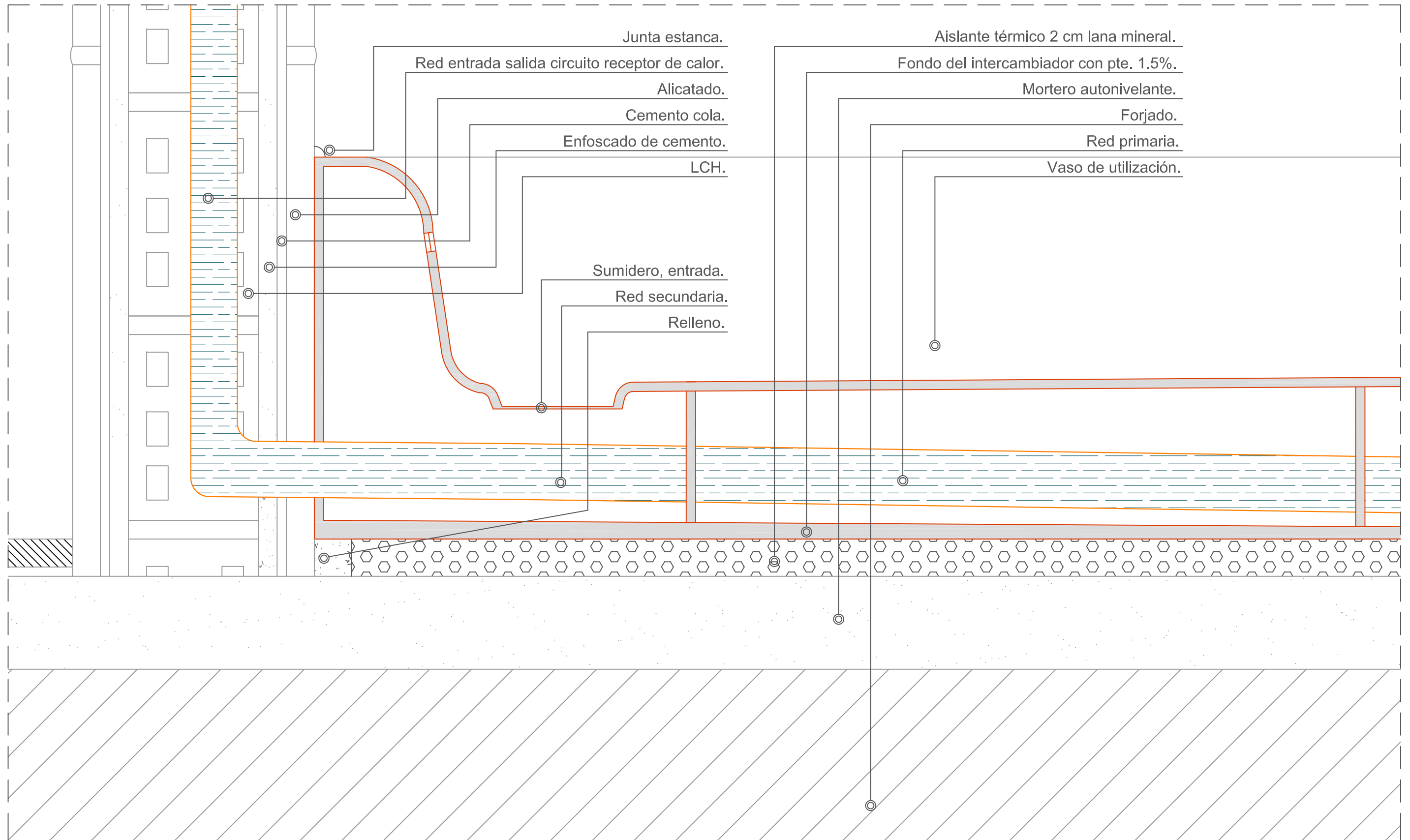
Curso 2011 / 2012. taller 18.

e:1/5

Eficiencia energética.

Intercambiador de Calor, Realimentación Común

CN_01.Sección de la instalación.



Proyecto Fin Grado.

Curso 2011 / 2012. taller 18.

ALUMNO:

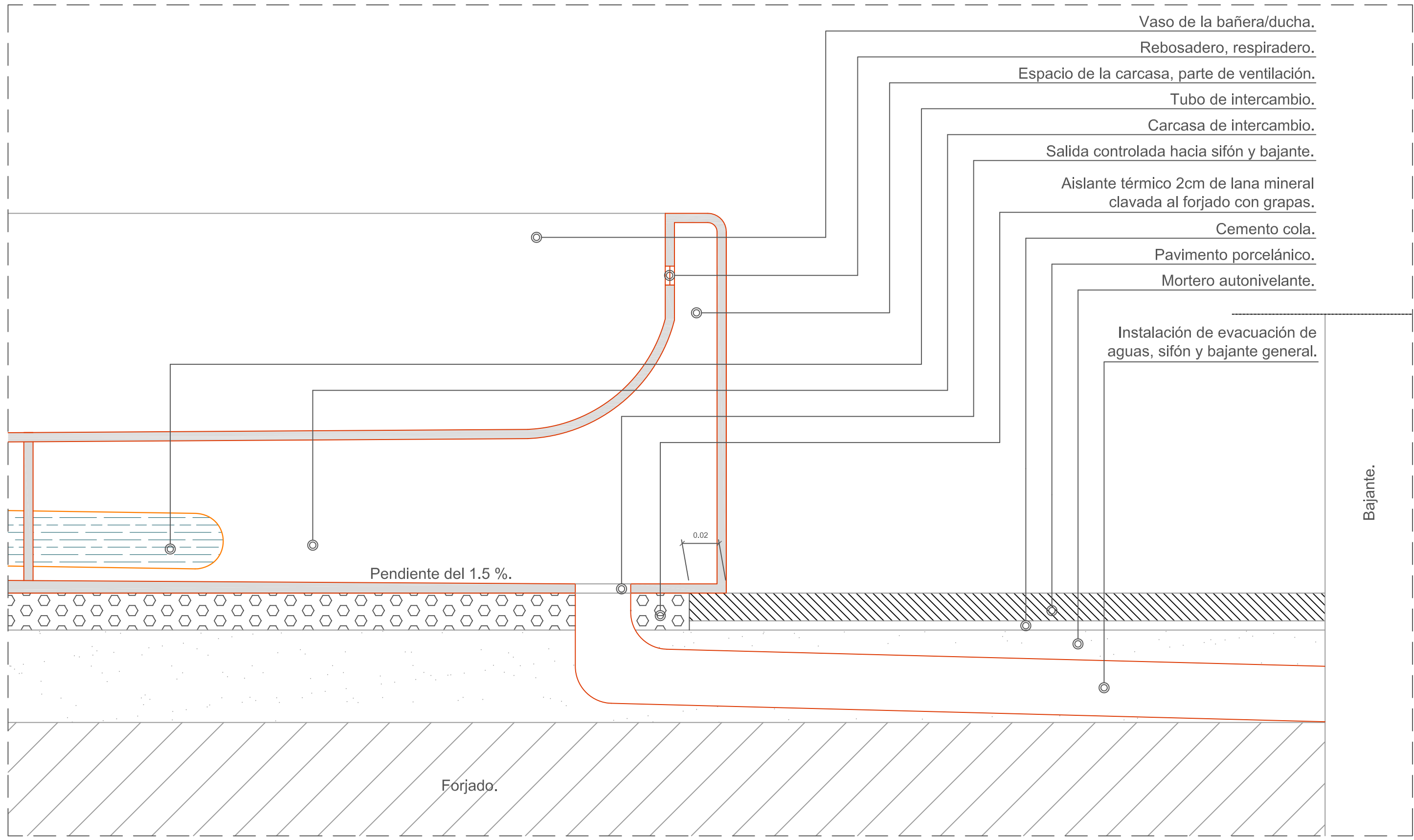
Todosantos Navarro, Rubén

e:1/2

Eficiencia energética.

Intercambiador de Calor, Realimentación Común

CN_02. Instalación sistema Detalle 1.



Vaso de la bañera/ducha.

Rebosadero, respiradero.

Espacio de la carcasa, parte de ventilación.

Tubo de intercambio.

Carcasa de intercambio.

Salida controlada hacia sifón y bajante.

Aislante térmico 2cm de lana mineral clavada al forjado con grapas.

Cemento cola.

Pavimento porcelánico.

Mortero autonivelante.

Instalación de evacuación de aguas, sifón y bajante general.

Bajante.

Pendiente del 1.5 %.

0.02

Forjado.

Proyecto Fin Grado.

ALUMNO:
Todosantos Navarro, Rubén

Curso 2011 / 2012. taller 18.

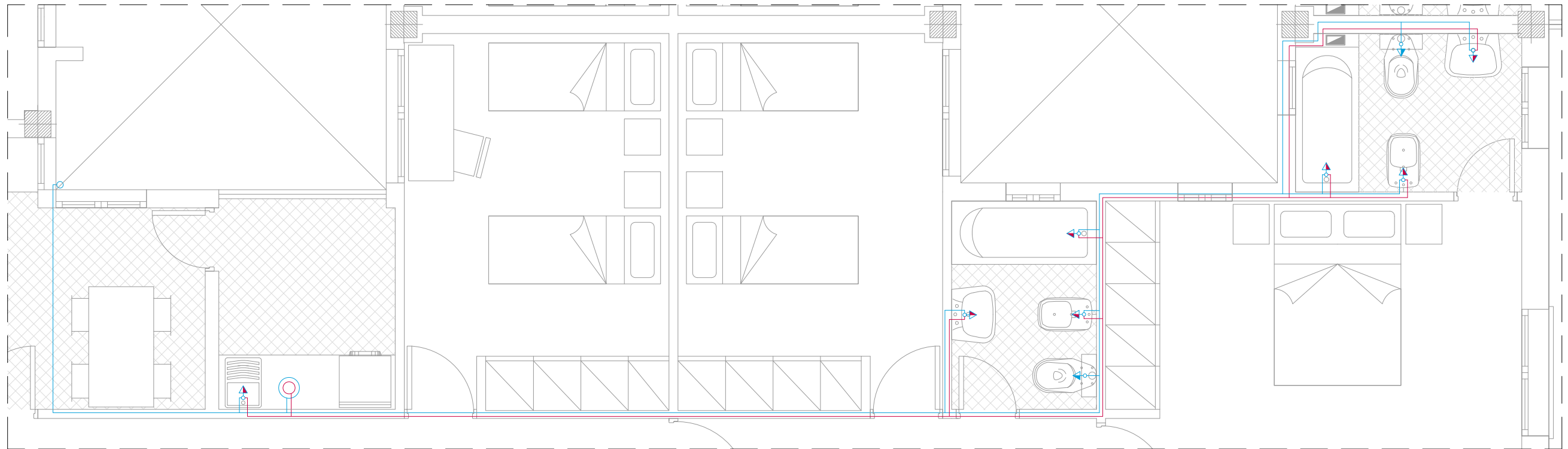
e:1/2

Eficiencia energética.

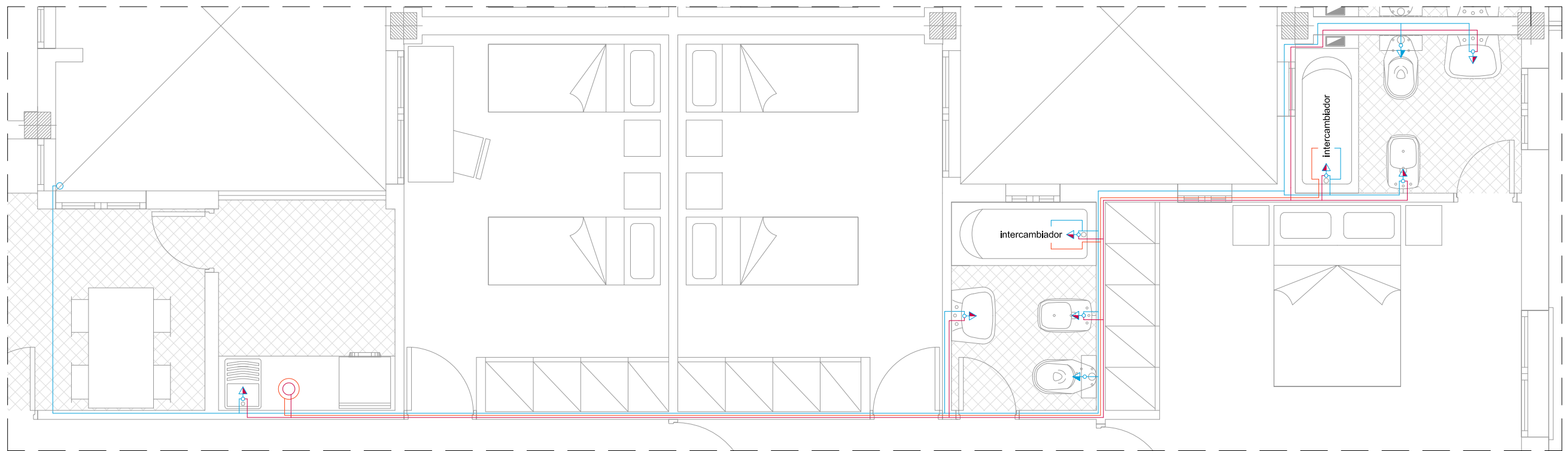
Intercambiador de Calor, Realimentación Común

CN_03. Instalación sistema Detalle 2.

Esquema en vivienda tipo instalación de ACS tradicional.



Esquema en vivienda tipo instalación de ACS sistema reutilización común (ICRC).



Instalación tradicional	Comparativa de instalaciones		ICRC
	Metros de la instalación (f, c, te, T)		
24.87m, 19.77m, -, 44.64m	24.87m, 19.77m, 13.91m, 58.55m		
	Tiempo de espera agua caliente (s)		
El mismo.			El mismo.
	Coste de la instalación (€)		
44.64m x 16.37€ = 730.76 €	58.55m x 16.37€ = 958.46 €		
	Sobrecoste de 227.7 €		

Leyenda	
	Agua fría.
	Agua caliente.
	Agua precalentada.
	Calentador.
	Hidromezclador.
	Hidromezclador con intercambiador.
	Llave agua fría.

Proyecto Fin Grado.

Curso 2011 / 2012. taller 18.

e:1/50

ALUMNO:
Todosantos Navarro, Rubén

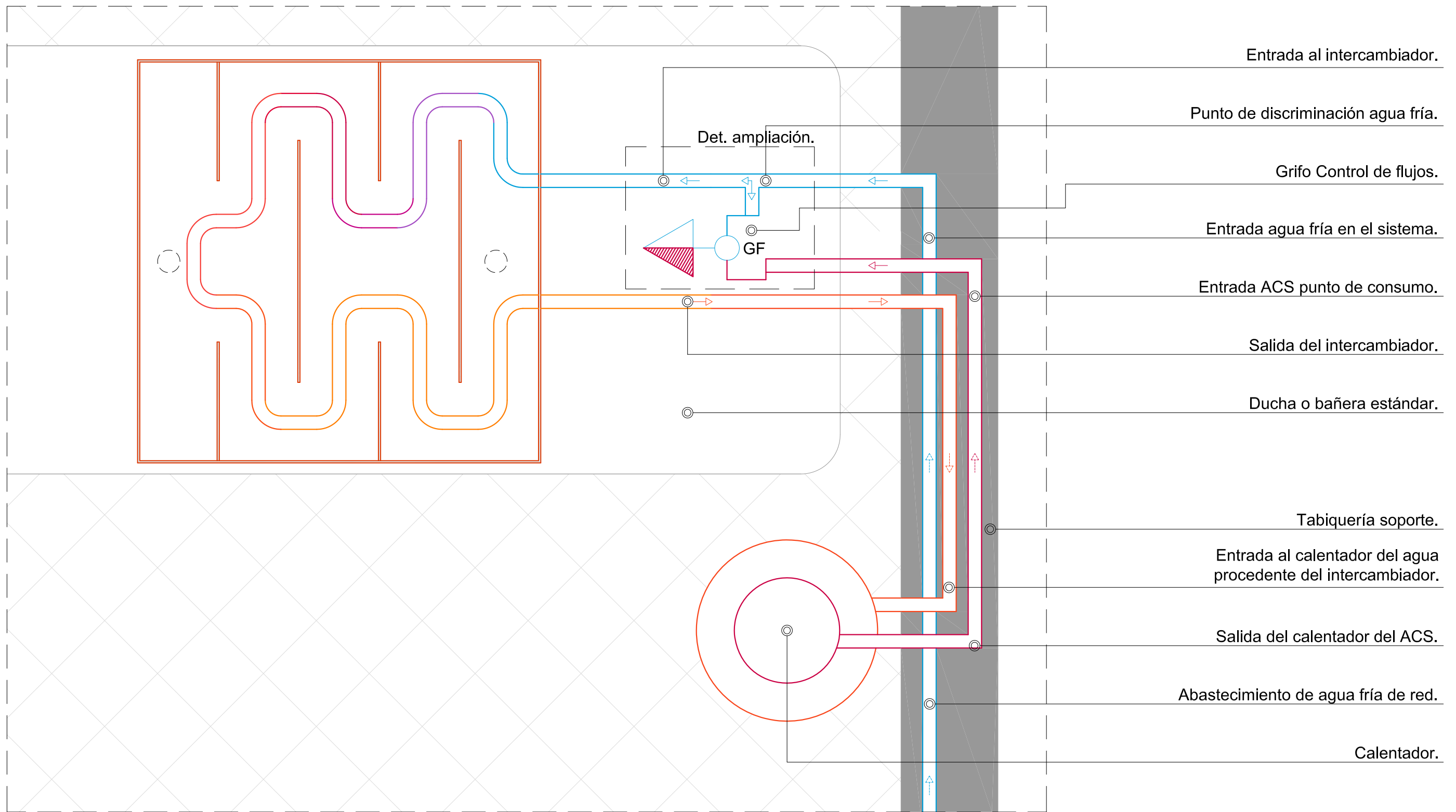
Eficiencia energética.

Intercambiador de Calor, Realimentación Común

IN_01. Instalación en vivienda tipo.

Sin tener en cuenta el precio del intercambiador.

Esquema funcionamiento instalación ICRC.



Entrada al intercambiador.

Punto de discriminación agua fría.

Grifo Control de flujos.

Entrada agua fría en el sistema.

Entrada ACS punto de consumo.

Salida del intercambiador.

Ducha o bañera estándar.

Tabiquería soporte.

Entrada al calentador del agua
procedente del intercambiador.

Salida del calentador del ACS.

Abastecimiento de agua fría de red.

Calentador.

Proyecto Fin Grado.

ALUMNO:
Todosantos Navarro, Rubén

Curso 2011 / 2012. taller 18.

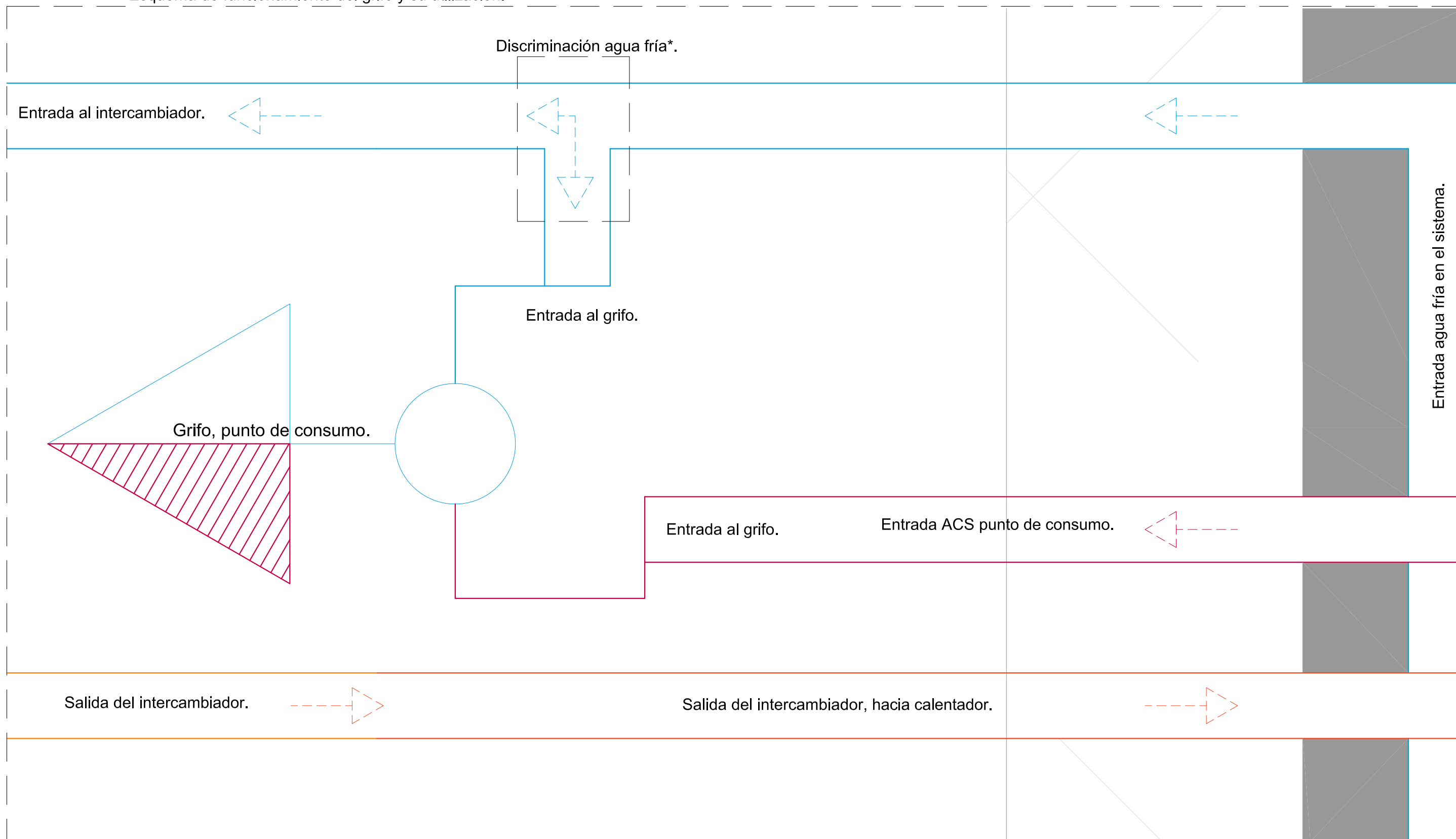
e:1/5

Eficiencia energética.

Intercambiador de Calor, Realimentación Común

IN_02. Instalación vivienda tipo, detalle 1.

Esquema de funcionamiento del grifo y su utilización.



*Las conexiones directas al hidromezclador serán las de agua fría y la de agua caliente, como en el sistema tradicional. Ahora bien, la apertura de monomando del grifo control totalmente hacia el lado del agua caliente, cierra en paso del agua fría, como era de esperar, pero con la salvedad de que en este caso solo cierra el paso de dicha agua para el consumo del usuario. Es decir el flujo o abastecimiento de agua fría al intercambiador solo se interrumpirá cuando cerremos el grifo en su totalidad.

Proyecto Fin Grado.

ALUMNO:
Todosantos Navarro, Rubén

Curso 2011 / 2012. taller 18.

e:1/1

Eficiencia energética.

Intercambiador de Calor, Realimentación Común

IN_03. Instalación en vivienda tipo, detalle 2
ampliación funcionamiento e instalación del grifo.