



ANEXOS

1 ANEXO I: INTRODUCCIÓN DE DATOS AL CE3X

1.1 MENU INICIAL

En un principio, el programa da a elegir al usuario el tipo de edificio sobre el que se va a hacer el estudio: residencial o terciario (administrativos, comerciales, hoteles, centros de ocio, centros sanitarios, etc.). La diferencia se dará a la hora de definir las instalaciones.

En el caso del presente proyecto se trata de un edificio residencial:



Figura 1-1: Tipo de Edificio (Fuente: CE3X)

1.2 DATOS ADMINISTRATIVOS

La introducción de datos comienza por los aspectos administrativos. Tras acudir al catastro se obtienen los datos de la referencia catastral, la dirección exacta y los metros cuadrados registrados. El resto de datos se introducen aunque en el caso del presente proyecto no sería necesario ya que el programa no acepta ningún campo en blanco en datos administrativos.

Se dividen en:

- Localización e identificación de edificio: mediante datos como la identificación del edificio, dirección, provincia/comunidad autónoma y localidad define las características del emplazamiento y la denominación.
- Datos del cliente: se define quién realiza el encargo
- Datos del certificador: datos de la persona o empresa que, tras tomar las medidas, introduce los datos para obtener la certificación.

Localización e identificación del edificio			
Nombre del edificio	CHALET CARRETERA TORRELAGUNA		
Dirección	FLUMACAR, Polígono 8, Parcela 8		
Provincia/Ciudad autónoma	Madrid	Localidad	Otro
Referencia Catastral	28151A008000080000BI		TORRELAGUNA
Código Postal	28180		

Datos del cliente			
Nombre o razón social	E.U.I.T.I.Z.		
Dirección	Edificio Betancourt, Campus Río Ebro		
Provincia/Ciudad autónoma	Zaragoza	Localidad	Zaragoza
Teléfono	976760000	E-mail	ellera@unizar.es
Código Postal	50018		

Datos del técnico certificador			
Nombre y Apellidos	Tomás Virgós Navarro	NIF	16608947A
Razón social	TOMASVIRGOS	CIF	
Dirección	Gertrudis Gómez de Avellaneda 57, 5ºE		
Provincia/Ciudad autónoma	Zaragoza	Localidad	Zaragoza
Teléfono	625488592	E-mail	tomasvirgos.info@gmail.com
Titulación habilitante según normativa vigente	Ingeniero Técnico Mecánico		
Código Postal	50015		

Figura 1-2: Datos Administrativos (Fuente: CE3X)

1.3 DATOS GENERALES

Los datos generales son imprescindibles para obtener la calificación y se dividen en datos generales y definición del edificio:

- **Datos generales:** determinan la normativa vigente en el momento de construcción del edificio (anterior a la entrada en vigor de la NBE CT-79 (antes de 1981), durante la vigencia de la NBE CT-79 (1981-2008) y a partir de la entrada en vigor del DB HE1 del CTE (después de 2008)), el tipo de edificio (vivienda unifamiliar, bloque de vivienda y vivienda individual), el perfil de uso (sólo en caso de edificio terciario), y la zona climática detallada a continuación:

Se elige la normativa vigente durante la construcción del edificio Anterior a NBE CT-79. Es el dato que por defecto dará valores de transmitancia térmica de los materiales empleados.

Se acude al Documento Básico de Ahorro de Energía del RITE de abril de 2009, que, en su apéndice “D” referido a las “Zonas climáticas” y en su “Sección HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente” define diversas zonas climáticas en función de las diferentes capitales de provincia.

Al no tratarse de una capital de provincia, se tiene que buscar el valor de la zona climática acudiendo al documento básico HE:

Zonas climáticas Península Ibérica																		
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1
Albacete	D3	677										h < 450			h < 950			h ≥ 950
Alicante/Alacant	B4	7					h < 250					h < 700			h ≥ 700			
Almería	A4	0	h < 100				h < 250	h < 400				h < 800			h ≥ 800			
Ávila	E1	1054														h < 550	h < 850	h ≥ 850
Badajoz	C4	168									h < 400	h < 450			h ≥ 450			
Barcelona	C2	1											h < 250		h < 450	h < 750	h ≥ 750	
Bilbao/Bilbo	C1	214												h < 250		h ≥ 250		
Burgos	E1	861														h < 600		h ≥ 600
Cáceres	C4	385									h < 600				h < 1050			h ≥ 1050
Cádiz	A3	0		h < 150				h < 450				h < 600	h < 850			h ≥ 850		h ≥ 1000
Castellón/Castelló	B3	18						h < 50				h < 500			h < 600	h < 1000		h ≥ 1000
Ceuta	B3	0						h < 50										
Ciudad Real	D3	630									h < 450	h < 500			h ≥ 500			
Córdoba	B4	113					h < 150				h < 550							
Coruña, La/ A Coruña	C1	0												h < 200		h ≥ 200		
Cuenca	D2	975													h < 800	h < 1050		h ≥ 1050
Gerona/Girona	D2	143											h < 100		h < 600			h ≥ 600
Granada	C3	754	h < 50				h < 350				h < 600	h < 800			h < 1300			h ≥ 1300
Guadalajara	D3	708													h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Huelva	A4	50	h < 50				h < 150	h < 350				h < 800			h ≥ 800			
Huesca	D2	432										h < 200			h < 400	h < 700		h ≥ 700
Jaén	C4	436					h < 350				h < 750				h < 1250			h ≥ 1250
León	E1	346																h < 1250
Lérida/Leida	D3	131										h < 100			h < 600			h < 600
Logroño	D2	379											h < 200		h < 700			h ≥ 700
Lugo	D1	412													h < 500		h < 500	h ≥ 500
Madrid	D3	589										h < 500			h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Málaga	A3	0						h < 300				h < 700						
Melilla	A3	130																
Murcia	B3	25					h < 100					h < 550			h ≥ 550			
Orense/Ourense	D2	327										h < 150	h < 300		h < 800			h ≥ 800
Oviedo	D1	214												h < 50			h < 550	h ≥ 550
Palencia	D1	722														h < 800	h < 800	h ≥ 800
Palma de Mallorca	B3	1					h < 250					h ≥ 250						
Pamplona/Iruña	D1	456										h < 100			h < 300	h < 600	h ≥ 600	
Pontevedra	C1	77											h < 350		h ≥ 350			
Salamanca	D2	770													h < 800			h ≥ 800
San Sebastián/Donostia	D1	5														h < 400	h < 400	h ≥ 400
Santander	C1	1												h < 150		h < 650	h < 650	h ≥ 650
Segovia	D2	1013													h < 1000			h ≥ 1000
Sevilla	B4	9					h < 200				h ≥ 200							
Soria	E1	984														h < 750	h < 800	h ≥ 800
Tarragona	B3	1						h < 50				h < 500			h ≥ 500			
Teruel	D2	995										h < 450	h < 500			h < 1000		h ≥ 1000
Toledo	C4	445										h < 500			h ≥ 500			
Valencia/València	B3	8					h < 50					h < 500			h < 950			h ≥ 950
Valladolid	D2	704													h < 800			h ≥ 800
Vitoria/Gasteiz	D1	512														h < 500		h ≥ 500
Zamora	D2	617													h < 800			h ≥ 800
Zaragoza	D3	207										h < 200			h < 650			h ≥ 650

Figura 1-3: Zona climática por provincia y altura (Fuente: Documento básico HE, tabla B1)

Ahora se busca la zona climática en el documento de apoyo al anterior:

Documento de Apoyo al DB HE DA DB HE / 1

Provincia	Municipio	Código INE	Zona Climática
MADRID	Torrelaguna	28151	IV
	Torrejón	28152	IV
	Torrejón de Ardoz	28153	IV
	Torrejón de la Alameda	28154	IV
	Valdaracete	28155	IV
	Valdeavero	28156	IV
	Valdelaguna	28157	IV

Figura 1-4: Zona climática por municipio (Fuente: Documento de apoyo al DB HE)

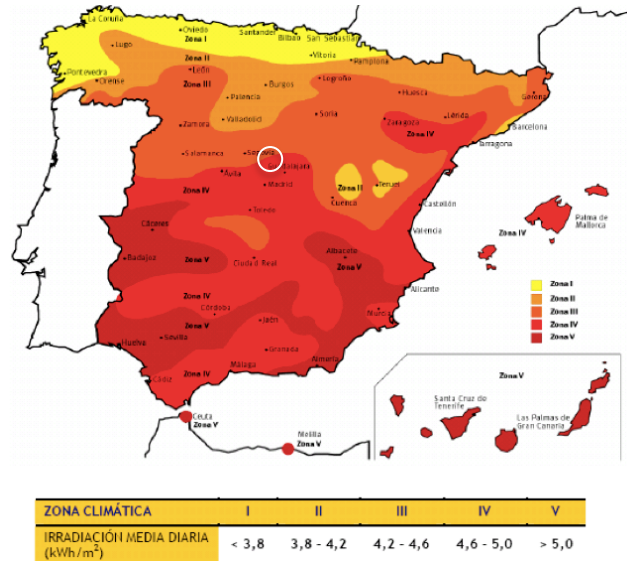


Figura 1-5: Mapa de las zonas climáticas (Fuente: HE-4)

Se obtiene que HE-1 = D3 y HE-4 = IV.

- **Definición del edificio:** se define la superficie útil habitable, la altura libre de planta (de la cara superior del suelo a la cara inferior del falso techo), número de plantas habitables, masa de las particiones (en el caso a estudio masa media ya que están compuestas por ladrillo hueco).

Se introducen los valores de tipo de vivienda, superficie útil, altura libre de planta, masa media de particiones (ladrillo hueco)...

Datos generales

Normativa vigente: Anterior ? Año construcción: 1968

Tipo de edificio: Vivienda Individual

Provincia/Ciudad autónoma: Madrid Localidad: Otro Zona climática: HE-1 D3 HE-4 IV
TORRELAGUNA

Definición edificio

Superficie útil habitable: 160,26 m²

Altura libre de planta: 2,56 m

Número de plantas habitables: 1

Masa de las particiones: Media

Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Figura 1-6: Datos Generales (Fuente: CE3X)

1.4 ENVOLVENTE TÉRMICA

Se procede a introducir todos los elementos que componen la envolvente térmica sin tener en cuenta las particiones interiores entre estancias climatizadas que están a la misma temperatura y, por tanto, no hay transmisión de calor. La envolvente está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire, terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior.

Todos los tipos de elementos vienen reflejados en el siguiente gráfico:

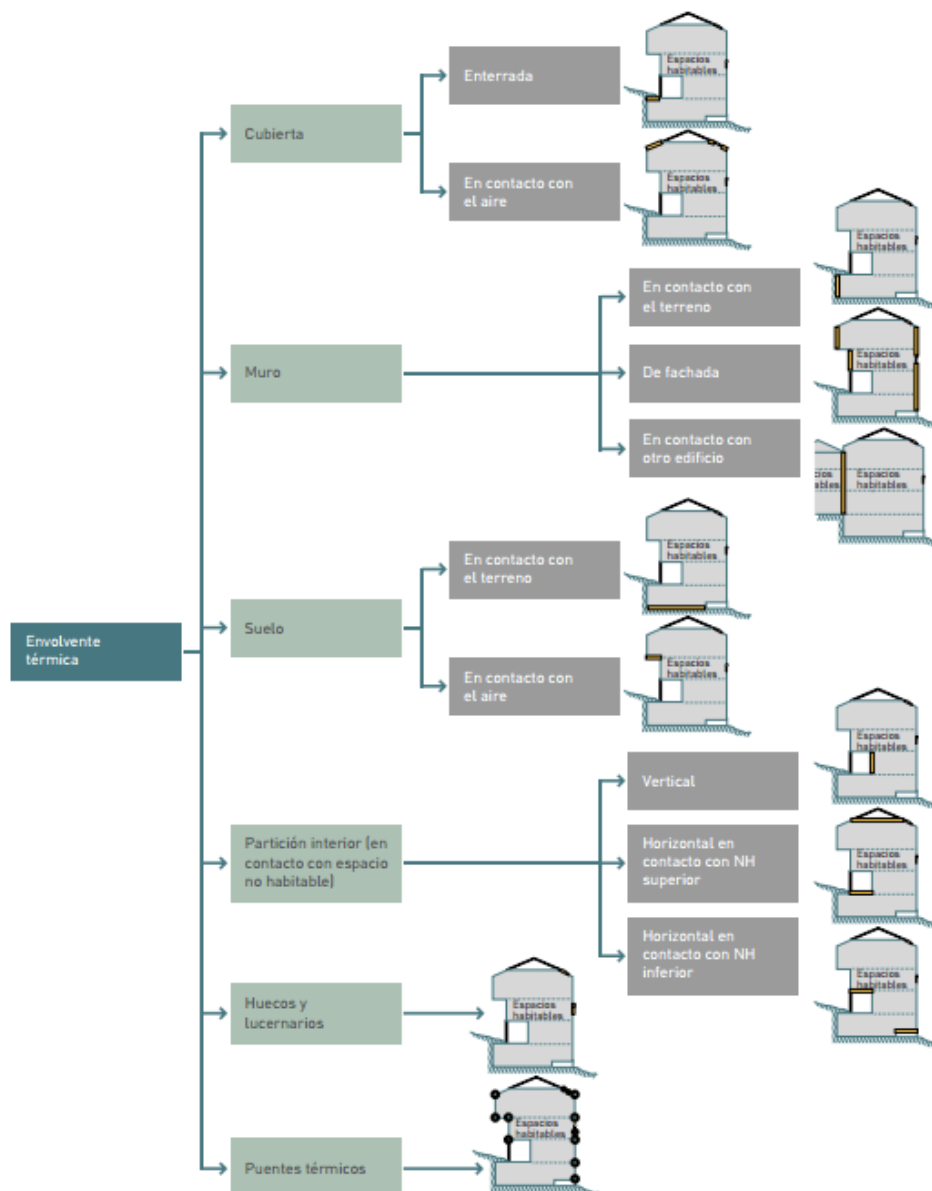


Figura 1-7: Envolvente térmica (Fuente: Manual CE3X)

La envolvente térmica del edificio a estudio quedará definida por los siguientes elementos:

1.1.1 CERRAMIENTOS

Se realiza un desglose de los cerramientos: partición superior, dos inferiores diferenciadas y los muros de fachada. Se emplea como guía el volumen equivalente de la memoria. El resumen de los datos introducidos es el siguiente:

	Nombre	Tipo de cerramiento	Superficie (m ²)	U (W/m ² K)	Peso/m ² (kg/m ²)	Posición
1	PARTICION SUPERIOR	Partición Interior	160.26	1.36	120.0	Espacio bajo cubierta inc
2	PARTICION INFERIOR/CÁMARA SANITARIA	Partición Interior	111.26	2.0	333.0	Cámara Sanitaria
3	PARTICION INFERIOR/GARAJE	Partición Interior	49	2.17	50.0	Garaje/espacio enterrad
4	FACHADA NORTE	Fachada	41.5	1.08	267.5	Norte
5	FACHADA ESTE	Fachada	34	1.08	267.5	Este
6	FACHADA SUR	Fachada	41.5	1.08	267.5	Sur
7	FACHADA OESTE	Fachada	26.63	1.08	267.5	Oeste

Figura 1-8: Cerramientos (Fuente: CE3X)

Y el desglose consta de los siguientes elementos:

1.4.1.1 PARTICIÓN SUPERIOR

Introducimos la partición horizontal que da a la cámara (no habitable) de la cubierta. Los valores se escogen por defecto (frente a conocidos o estimados).

Envolvente térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
- Suelo
- Partición interior
 - Vertical
 - Horizontal en contacto con espacio NH superior
 - Hueco/Lucernario
 - Horizontal en contacto con espacio NH inferior
- Puente térmico



Partición interior horizontal en contacto con espacio NH superior

Nombre: Zona:

Parámetros generales

Superficie de la partición: m²

Tipo de espacio no habitable:



Parámetros característicos para el cálculo de la U global

Propiedades térmicas: Uglobal Transmitancia térmica: W/m²K

Figura 1-9: Partición superior (Fuente: CE3X)

1.4.1.2 PARTICIÓN INFERIOR/GARAJE

Se introducen los datos de la partición horizontal que da a la sección central de la planta inferior. Como en el anterior caso, en éste valdrá con la superficie y la naturaleza del elemento de la envolvente térmica.

Envolvente térmica del edificio

Cubierta
 Muro
 Suelo
 Partición interior
 Vertical
 Horizontal en contacto con espacio NH superior
 Horizontal en contacto con espacio NH inferior
 Hueco/Lucernario
 Puente térmico



Partición interior horizontal en contacto con espacio NH inferior

Nombre: PARTICION INFERIOR/GARAJE Zona: Edificio Objeto

Parámetros generales

Superficie de la partición: 49 m²

Tipo de espacio no habitable: Garaje/espacio enterrado

Parámetros característicos para el cálculo de la U global

Propiedades térmicas: Uglobal: Por defecto Transmitancia térmica: 2.17 W/m²K

Figura 1-10: Partición Inferior / Garaje (Fuente: CE3X)

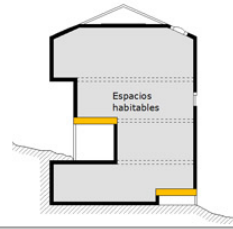
1.4.1.3 PARTICIÓN INFERIOR/CÁMARA SANITARIA

Se añade el resto de la planta, que se sitúa sobre la cámara sanitaria. Las características son exactamente las mismas que en la partición anterior solo que el tipo de espacio no habitable no es de garaje sino de cámara sanitaria.



Envolvente térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
- Suelo
- Partición interior
 - Vertical
 - Horizontal en contacto con espacio NH superior
 - Horizontal en contacto con espacio NH inferior
- Puente térmico



Partición interior horizontal en contacto con espacio NH inferior

Nombre	PARTICION INFERIOR/CÁMARA SA	Zona	Edificio Objeto
<i>Parámetros generales</i>			
Superficie de la partición	111.26 m ²		
Tipo de espacio no habitable	Cámara Sanitaria		
<i>Parámetros característicos para el cálculo de la U global</i>			
Propiedades térmicas: Uglobal	Por defecto	Transmitancia térmica	2.0 W/m ² K

Figura 1-11: Partición Inferior / Cámara Sanitaria (Fuente: CE3X)

1.4.1.4 MURO DE FACHADA

Se comienza por la fachada norte. Los datos en las otras 3 fachadas son idénticos salvo por la orientación y la superficie. En esta sección, además hay que definir el cerramiento.

Se definen las capas del cerramiento (ladrillo de ½ pie, cámara de aire, tabique sencillo, enlucido de yeso) desde el exterior hacia el interior en la librería:

Librería de cerramientos

Nombre: FACHADA

Características del cerramiento
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m ² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	μ03C1...	Cp (J/kgK)
1/2 pie LP métrico o c...	Fábricas de ladrillo	0.469	0.240	0.512	900	1000
Cámara de aire sin ve...	Cámaras de aire	0.18	-	-	-	-
Tabique de LH sencillo...	Fábricas de ladrillo	0.09	0.04	0.445	1000	1000
Enlucido de yeso 100...	Enlucidos	0.018	0.01	0.57	1150	1000

R1+...+Rn
0.76 m²K/W



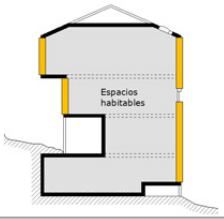
Figura 1-12: Librería de cerramientos (Fuente: CE3X)

El programa calcula el valor de transmitancia total del muro que aplicará por igual en los cuatro muros de fachada a la hora de hacer los cálculos.

Ahora se completa, empleando el cerramiento definido, el menú de cerramientos añadiendo superficie y orientación de cada muro de fachada.

Envoltura térmica del edificio

Cubierta
 Muro En contacto con el terreno
 Suelo De fachada Medianería
 Partición interior
 Hueco/Lucernario
 Puente térmico



Muro de fachada

Nombre: FACHADA NORTE Zona: Edificio Objeto

Dimensiones
Superficie: 41.5 m²
Longitud: m
Altura: m

Características
Orientación: Norte
Patrón de sombras: Sin patrón

Parámetros característicos del cerramiento
Propiedades térmicas: Conocidas Transmitancia térmica: 1.08 W/m²K
 Transmitancia térmica W/m² Masa/m² kg/m²
 Librería cerramientos: FACHADA

Figura 1-13: Muro de Fachada (Fuente: CE3X)

1.1.2 HUECOS

Se introducen los datos de los huecos (ventanas y puertas) asociándolas al cerramiento correspondiente:

	Nombre	Cerramiento asociado	Longitud (m)	Altura (m)	Multiplicador	Superficie (m ²)	U vidrio (W/m ² K)	g vidrio
1	HUECO VENTANA NORTE COCINA	FACHADA NORTE			1	1	3.3	0.75
2	HUECO VENTANA BAÑO 1	FACHADA NORTE			1	1	3.3	0.75
3	HUECO VENTANA HAB 1	FACHADA NORTE			1	1.7	3.3	0.75
4	HUECO PUERTA PRINCIPAL	FACHADA NORTE			1	2.06	0.0	0.0
5	HUECO VENTANA EST 1	FACHADA ESTE			1	1.7	3.3	0.75
6	HUECO VENTANA HAB 2	FACHADA ESTE			1	1.7	3.3	0.75
7	HUECO VENTANA BAÑO 2	FACHADA ESTE			1	1	3.3	0.75
8	HUECO VENTANA EST 2	FACHADA SUR			1	1.7	3.3	0.75
9	HUECO VENTANA HAB 3	FACHADA SUR			1	1.7	3.3	0.75
10	HUECO PUERTA SALON	FACHADA SUR			1	1.7	3.3	0.75
11	HUECO VENTANA OESTE HAB 3	FACHADA OESTE			1	1.25	3.3	0.75
12	HUECO VENTANA SALON	FACHADA OESTE			1	2.64	3.3	0.75
13	HUECO VENTANA OESTE COCINA	FACHADA OESTE			1	1.71	3.3	0.75

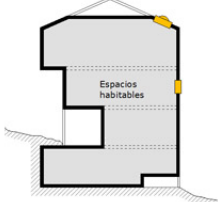
Figura 1-14: Resumen huecos (Fuente: CE3X)

1.4.1.5 VENTANAS

Las ventanas del edificio a estudio fueron renovadas hace pocos años instalando unas con doble vidrio y marco metálico. La absorptividad del marco lo define el color, en este caso, blanco. Todas las ventanas responden a un mismo perfil así que solo se incluye la captura de una de ellas:

Envoltura térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
- Suelo
- Partición interior
- Hueco/Lucernario
- Puente térmico



Hueco/Lucernario

Nombre: HUECO VENTANA NORTE COCINA
 Cerramiento asociado: FACHADA NORTE
 Orientación: Norte

Dimensiones

Longitud: m
 Altura: m
 Multiplicador:
 Superficie: m²
 Porcentaje de marco: %

Características

Permeabilidad del hueco: m³/hm²
 Absorptividad del marco:
 Dispositivo de protección solar:
 Patrón de sombras:
 Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas Estimadas

Tipo de vidrio: U vidrio: W/m²K
 Tipo de marco: g vidrio:
 U marco: W/m²K

Figura 1-15: Ventana tipo de la vivienda (Fuente: CE3X)

1.4.1.6 ELEMENTOS DE SOMBREAMIENTO

Además será necesario definir los elementos de sombreado. En el caso de las ventanas del edificio: voladizo (superficie horizontal saliente del edificio por encima del hueco) y retranqueo (alejamiento del hueco respecto del plano exterior de la fachada). El voladizo ya se ha definido al principio del proyecto.

Los diversos tipos de elementos de sombreado son los siguientes:

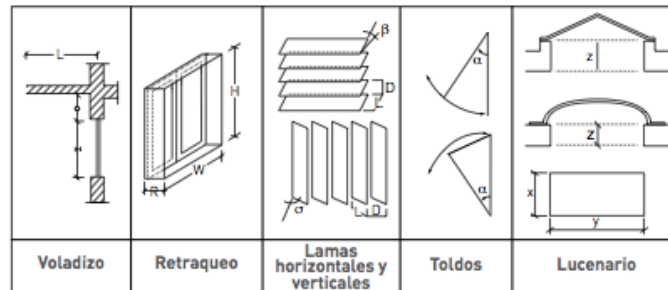


Figura 1-16: Elementos de sombreado (Fuente: Manual CE3X)

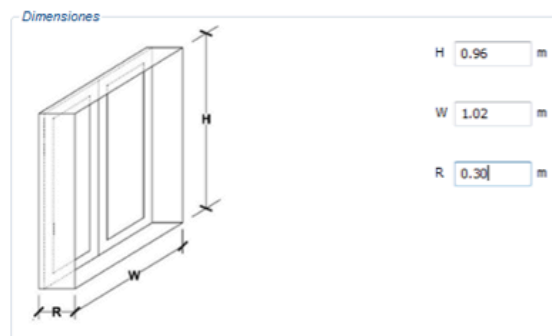
Elementos de sombreado

Seleccionar los elementos de sombreados correspondientes

<input checked="" type="checkbox"/> Voladizo	Definir
<input checked="" type="checkbox"/> Retranqueo	Definir
<input type="checkbox"/> Lamas horizontales	Definir
<input type="checkbox"/> Lamas verticales	Definir
<input type="checkbox"/> Toldos	Definir
<input type="checkbox"/> Lucernarios	Definir
<input type="checkbox"/> Corrector del factor solar	

Figura 1-17: Elementos de sombreado (Fuente: CE3X)

Retranqueos



Voladizos

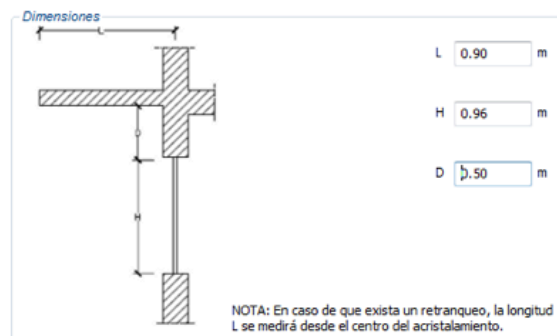


Figura 1-18: Retranqueos y Voladizos (Fuente: CE3X)

Las dimensiones H, W y D variarán de una ventana a otra; R = 0,30 y L = 0,90 permanecerán constantes en todas las ventanas.

1.4.1.7 PUERTA PRINCIPAL

Para introducir una puerta se toma un 100% de porcentaje de marco manteniendo el resto de propiedades respecto a las ventanas. Su transmitancia térmica será la correspondiente a la de la composición de la puerta.

Hueco/Lucernario

Nombre: HUECO PUERTA PRINCIPAL
 Cerramiento asociado: FACHADA NORTE
 Orientación: Norte

Dimensiones

Longitud: [] m
 Altura: [] m
 Multiplicador: 1
 Superficie: 2.06 m²
 Porcentaje de marco: 100 %

Características

Permeabilidad del hueco: Estanco 50 m³/hm²
 Absorbididad del marco: 0.75
 Dispositivo de protección solar
 Patrón de sombras: Sin patrón
 Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas: Estimadas
 Tipo de vidrio: []
 Tipo de marco: Metálico sin RPT

U vidrio [] W/m²K
g vidrio []
U marco 5.7 W/m²K

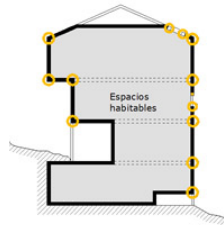
Figura 1-19: Puerta principal (Fuente: CE3X)

1.1.3 PUENTES TÉRMICOS

Los puentes térmicos son calculados por el propio programa eligiendo previamente el tipo de puente que se dará:

Envolvente térmica del edificio

Cubierta
 Muro
 Suelo
 Partición interior
 Hueco/Lucernario
 Puente térmico Definidos por usuario



Puente térmico por defecto

Definir puentes térmicos por defecto

Pilar integrado en fachada
 Pilar en esquina
 Contorno de hueco
 Caja de persiana
 Encuentro de fachada con forjado
 Encuentro de fachada con cubierta
 Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire
 Encuentro de fachada con solera

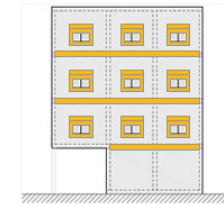


Figura 1-20: Puentes térmicos (Fuente: CE3X)

No habrá pilar integrado en fachada ni pilares en esquina ya que sólo se emplean muros de carga. Se eligen contorno de hueco, caja de persiana y encuentro de fachada con forjado como puentes térmicos.

El programa nos devuelve la siguiente lista:

	Nombre	Cerramiento asociado	Tipo de puente térmico
1	PT Encuentro de fachada con forjado-FACHADA NORTE	FACHADA NORTE	Encuentro de fachada con forjado
2	PT Encuentro de fachada con forjado-FACHADA ESTE	FACHADA ESTE	Encuentro de fachada con forjado
3	PT Encuentro de fachada con forjado-FACHADA SUR	FACHADA SUR	Encuentro de fachada con forjado
4	PT Encuentro de fachada con forjado-FACHADA OESTE	FACHADA OESTE	Encuentro de fachada con forjado
5	PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA NORTE COCINA	FACHADA NORTE	Contorno de hueco
6	PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA NORTE COCINA	FACHADA NORTE	Caja de Persiana
7	PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA BAÑO 1	FACHADA NORTE	Contorno de hueco
8	PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA BAÑO 1	FACHADA NORTE	Caja de Persiana
9	PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA HAB 1	FACHADA NORTE	Contorno de hueco
10	PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA HAB 1	FACHADA NORTE	Caja de Persiana
11	PT Contorno de hueco-HUECO PUERTA PRINCIPAL	FACHADA NORTE	Contorno de hueco
12	PT Caja de Persiana-HUECO PUERTA PRINCIPAL	FACHADA NORTE	Caja de Persiana
13	PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA EST 1	FACHADA ESTE	Contorno de hueco
14	PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA EST 1	FACHADA ESTE	Caja de Persiana
15	PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA HAB 2	FACHADA ESTE	Contorno de hueco
16	PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA HAB 2	FACHADA ESTE	Caja de Persiana
17	PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA BAÑO 2	FACHADA ESTE	Contorno de hueco
18	PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA BAÑO 2	FACHADA ESTE	Caja de Persiana
19	PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA EST 2	FACHADA SUR	Contorno de hueco
20	PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA EST 2	FACHADA SUR	Caja de Persiana
21	PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA HAB 3	FACHADA SUR	Contorno de hueco
22	PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA HAB 3	FACHADA SUR	Caja de Persiana
23	PT Contorno de hueco-HUECO PUERTA SALON	FACHADA SUR	Contorno de hueco
24	PT Caja de Persiana-HUECO PUERTA SALON	FACHADA SUR	Caja de Persiana
25	PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA OESTE HAB 3	FACHADA OESTE	Contorno de hueco
26	PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA OESTE HAB 3	FACHADA OESTE	Caja de Persiana
27	PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA SALON	FACHADA OESTE	Contorno de hueco
28	PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA SALON	FACHADA OESTE	Caja de Persiana
29	PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA OESTE COCINA	FACHADA OESTE	Contorno de hueco
30	PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA OESTE COCINA	FACHADA OESTE	Caja de Persiana

Figura 1-21: Lista puentes térmicos (Fuente: CE3X)

1.5 INSTALACIONES

En este apartado el programa demanda el tipo de energía, de generador y de combustible existente en la vivienda, la superficie y proporción de la demanda cubierta tanto en calefacción como en ACS, el rendimiento medio estacional (se elige 'estimado según instalación), antigüedad del equipo y una serie de datos obtenidos del manual como el rendimiento o la potencia nominal y, por último, se define si este sistema cuenta con acumulación y sus características. Todos los datos aparecen reflejados en la siguiente captura:

Instalaciones del edificio

Equipo de ACS Contribuciones energéticas
 Equipo de sólo calefacción
 Equipo de sólo refrigeración
 Equipo de calefacción y refrigeración
 Equipo mixto de calefacción y ACS
 Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Equipo mixto de calefacción y ACS

Nombre: Zona:

Características		Demanda cubierta	
Tipo de generador	<input type="text" value="Caldera Estándar"/>	ACS	Calefacción
Tipo de combustible	<input type="text" value="GLP"/>	Superficie (m2)	<input type="text" value="160,25"/> <input type="text" value="160,25"/>
		Porcentaje (%)	<input type="text" value="100"/> <input type="text" value="100"/>

Rendimiento medio estacional

Rendimiento medio estacional (ACS y Calefacción) %
 Potencia nominal kW
 Carga media real (comb)
 Rendimiento de combustión %
 Aislamiento de la caldera

Con Acumulación

Valor UA	<input type="text" value="Por defecto"/>	UA	<input type="text" value="4,7"/> W/K
Volumen de un depósito	<input type="text" value="150"/> l	Tª alta	<input type="text" value="80"/> °C
		Tª baja	<input type="text" value="60"/> °C

Figura 1-22: Instalaciones del edificio (Fuente: CE3X)

2 ANEXO II: DIMENSIONADO CALEFACCIÓN

Para dimensionar la potencia de la calefacción se obtienen los datos en las condiciones más desfavorables con el fin de garantizar que la calefacción sea capaz de proporcionar la energía demandada teniendo en cuenta además las pérdidas en la instalación y los coeficientes de seguridad.

Se emplea la siguiente fórmula desglosando los elementos generales de la envolvente térmica del edificio:

$$Q_t = S \cdot U \cdot V_t [W]$$

Siendo:

V_t : Variación de temperaturas = $(T_{INT} - T_{EXT})$

S : Superficie del elemento (m^2)

U : Coeficiente de transmitancia del elemento (W/m^2K). Se obtienen de los calculados en CE3X.

T^a_{ext} : Temperatura del exterior. Se toma $-5,5^{\circ}C$, dato obtenido de Aemet. Temperatura mínima. Dato del percentil 99,6. Cuando la diferencia se calcule con espacios de la vivienda no habitables pero en contacto con el exterior (T^a garaje, cámara sanitaria, cámara cubierta), se asumirán $4,5^{\circ}C$.

Datos de la estación

Provincia: Estación: Indicativo:

a.s.n.m. (m): Latitud (º): Longitud (º): Temperatura seca: Humedad Relativa: N° observaciones:

Condiciones de proyecto (Para todos los datos de la estación, no se utilizan los intervalos definidos)

CONDICIONES PROYECTO CALEFACCION (Temperatura seca exterior mínima)

TSMIN(°C)	TS_99,6(°C)	TS_99(°C)	HUMcoim(%)	OMA(°C)	OminDC(°C)	OMDC(°C)
-12,0	-5,5	-3,7	75,3	37,9	4,7	15,1

CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACION (Temperatura seca exterior máxima)

TSMAX(°C)	TS_0,4(°C)	THC_0,4(°C)	TS_1(°C)	THC_1(°C)	TS_2(°C)	THC_2(°C)	OMDR(°C)
36,6	32,4	19,0	31,1	18,7	29,7	18,3	19,3

CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACION (Temperatura húmeda exterior máxima)

TH_0,4(°C)	TSC_0,4(°C)	TH_1(°C)	TSC_1(°C)	TH_2(°C)	TSC_2(°C)
19,4	31,9	18,6	31,1	17,9	30,4

Figura 2-1: Programa de análisis de datos climáticos (Fuente: AEMET)

T^a_{int} : Temperatura interior, se toma $21^{\circ}C$

A continuación se incluye una tabla en la que figuran todos los cerramientos de la vivienda así como sus transmitancias (extraídas de CE3X), su superficie total y la variación de temperaturas respecto al exterior, ya sea la temperatura ambiente o una intermedia:

Elemento	Superficie Neta (m ²)	U (W/m ² K)	V _t (K)	Q _t = S · U · V _t (W)
Muro Exterior	147,80	1,080	26,500	4.230,04
Puertas y lucernarios	20,86	3,300	26,500	1.824,21
Suelo cámara sanitaria	111,26	2,000	16,500	3.671,58
Suelo garaje	49,00	2,170	16,500	1.754,45
Techo	160,26	1,360	16,500	3.596,23
SUMA PÉRDIDAS				15.076,50

		Q (W)
Necesidades Nominales		15076,50
Pérdidas en tuberías	0,15%	2.261,48
Coeficiente de Seguridad	0,2%	3.015,30
POTENCIA MINIMA DE LA CALDERA		21.353,28
Coeficiente de intermitencia	0,15%	3510,9
POTENCIA MINIMA RECOMENDADA		23.406,36

Otro método, éste partiendo del consumo anual estimado por CE3X, utiliza la siguiente ecuación:

$$D_{calef} = Potencia \cdot \frac{Horas}{Día} \cdot \frac{Días}{Año} \cdot Coef_{Intermtencia}$$

$$Potencia = \frac{D_{cal}}{\frac{Horas}{Día} \cdot \frac{Días}{Año} \cdot Coef_{Intermtencia}}$$

$$D_{\text{CAL}} = 34931.25 \text{ kWh}$$

Se toman los siguientes valores estimados:

$$\text{núm. horas/día} = 9$$

$$\text{núm. días/año} = 200$$

$$\text{coef intermitencia} = 0,85$$

$$Potencia = \frac{34931.25 \text{ kWh}}{9 \text{ Horas/Día} \cdot 200 \text{ Días/Año} \cdot 0,85}$$

$$Potencia = 38734,65 / (10 \cdot 200 \cdot 0,85) = \mathbf{22,83 \text{ kW}}$$

Se escoge el dato más desfavorable de los dos:

$$P_{\text{CAL}} = \mathbf{23,4 \text{ kW}}$$

3 ANEXO III: DIMENSIONADO ACS

No existe una norma de obligado cumplimiento, sin embargo se empleará, a modo de referencia, la siguiente expresión para el cálculo del caudal necesario de ACS extraída de la Guía técnica Agua caliente Sanitaria Central:

$$Q_C = A \cdot (Q_T)^B + C$$

Siendo:

Q_C : Caudal simultáneo de cálculo (l/s).

$(Q_T$: Caudal total, suma de todos los aparatos del edificio (l/s).

A, B y C: Coeficientes que dependen del tipo de edificio, de los caudales totales del edificio y de los caudales máximos por aparatos.

Para calcular Q_T se realiza un desglose de los aparatos domésticos que consumen agua caliente sanitaria:

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo (l/s)	
	AFCH	ACS
Urinario con cisterna (c/u)	0,04	–
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo, Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	–
Urinario con grifo temporizado	0,15	–
Grifo aislado	0,15	0,10
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Ducha	0,20	0,10
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Grifo garaje	0,20	–
Vertedero	0,20	–
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Fregadero NO doméstico	0,30	0,20
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Inodoro con fluxor	1,25	–

(Tabla 2.1 HS4)

Figura 3-1: Tabla 2.1 HS4 (Fuente: Guía Técnica ACS)

En la vivienda a estudio:

Tipo de aparato	Nº	Caudal instantáneo mínimo de ACS (l/s) por aparato	Caudal instantáneo mínimo de ACS (l/s)
Urinario con cisterna	2	/	/
Lavabo	2	0,065	0,13
Bidé	2	0,065	0,13
Lavavajillas doméstico	1	0,1	0,1
Fregadero doméstico	1	0,1	0,1
Ducha	1	0,1	0,1
Bañera < 1,40 m	1	0,15	0,15
Lavadora	1	0,15	0,15
Grifo garaje	1	/	/
TOTAL CONSUMO DE ACS	9		0,86

Ahora se acude a la guía técnica de ACS

Tipo de edificio	Caudales (l/s)		Coeficientes		
	Q_c	Q_T	A	B	C
Viviendas	<0,5	≤20	0,682	0,450	-0,140
	≥0,5	≤1	1,000	1,000	0,000
	≥0,5	≤20	1,700	0,210	-0,700
	→ Sin límite	>20	1,700	0,210	-0,700

Figura 3-2: coeficientes para el dimensionado de ACS (Fuente: Guía Técnica Agua Sanitaria Central)

Por lo tanto,

$$Q_c = A \cdot (Q_T)^B + C$$

$$Q_c = 0,682 \cdot (0,86)^{0,45} - 0,14$$

$$Q_c = 0,5 \text{ l/s}$$

Ahora se estudia la potencia necesaria para abastecer la vivienda con la demanda instantánea calculada en el punto más desfavorable del año:

$$P(W) = Q_c \left(\frac{l}{s} \right) \cdot 3600 \left(\frac{s}{h} \right) \cdot V_t (^\circ C) \cdot 1,16 \left(\frac{Wh}{l \cdot ^\circ C} \right)$$

Siendo:

T_{ACS} : Temperatura de uso de agua caliente = 60°C

T_{AFCH} : Temperatura del agua de red = 8°C

Temperatura del agua de la red (°C)													Media
Mínimas	5	6	7	9	11	13	15	2	14	11	7	6	10
Máximas	15	15	16	16	17	19	21	21	20	18	17	16	17
Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Lérida	7	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	7	13
Logroño	7	8	10	11	13	16	18	18	16	13	10	8	12
Lugo	7	8	9	10	11	13	15	15	14	12	9	8	11
Madrid	8	8	10	12	14	17	20	19	17	13	10	8	13

Figura 3-3: Temperaturas del Agua de Red (Fuente: UNE 94.002/95)

V_t : Variación de temperatura entre ambas = 52°C

Q_c : Caudal instantáneo demandado = 0,5 l/s

$$P(W) = 0,5 \left(\frac{l}{s} \right) \cdot 3600 \left(\frac{s}{h} \right) \cdot 52(°C) \cdot 1,16 \left(\frac{Wh}{l \cdot °C} \right) = 108576 W$$

$$P = 108,576 kW$$

Obviamente esta potencia está muy por encima de la que una caldera doméstica puede producir. Esto viene dado porque no se ha tenido en cuenta la presencia del acumulador. Estudiaremos el caso en el que contamos con acumulador:

$$P_{cald} = [Q_{punta} \cdot (T_{ACS} - T_{AFCH}) - V_{ACUM} \cdot (T_{ACUM} - T_{AFCH}) \cdot F_{USO ACUM}] \cdot 1,16 / \eta_{prdACS}$$

$$Q_{punta} = 50\% \text{ del consumo medio diario} = 120 \times 0,5 = 60 l$$

$$T_{ACS} = 60 °C$$

$$T_{AFCH} = \text{Temperatura del agua de la red} = 8 °C$$

$$V_{acumulación} = \text{Volumen total de los depósitos (acumulación o interacumuladores)} = 150 l$$

$T_{\text{acumulación}}$ = Temperatura de acumulación del agua, puede ser igual o superior a la de uso (TACS) = 60 °C

$F_{\text{uso acumulación}}$ = Es el factor de uso del volumen acumulado, depende de la geometría (esbeltez) y del número de depósitos de acumulación = $0,63 + 0,14 \cdot H/D$

Alto=1256 mm. Diámetro = 505 mm.

$$F_{\text{uso acumulación}} = 0,63 + 0,14 \cdot 1,256 \text{ m} / 0,505 \text{ m}$$

$$F_{\text{uso acumulación}} = 0,98$$

η_{prdACS} = Rendimiento del sistema de producción de ACS, incluye las pérdidas por intercambio, acumulación, distribución y recirculación. Tomamos una estimación del 0'75

$$P_{\text{calderas}} = [Q_{\text{punta}} \cdot (T_{\text{ACS}} - T_{\text{AFCH}}) - V_{\text{acumulación}} \cdot (T_{\text{acumulación}} - T_{\text{AFCH}}) \cdot F_{\text{uso acumulación}}] \cdot 1,16 / \eta_{\text{prdACS}}$$

$$P_{\text{calderas}} = [60 \cdot (60 - 8) - 150 \cdot (60 - 8) \cdot 0,98] \cdot 1,16 / 0,75 = -6997 \text{ W} = 6,997 \text{ kW}$$

4 ANEXO IV: DIMENSIONADO COLECTORES F-CHART

Mediante una hoja Excel diseñada para el dimensionado de instalaciones solares, se realizará el de la planteada.

4.1 CALEFACCIÓN

1.1.4 DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS

En este apartado se introduce el dato de la Provincia (de este dato, a través de una base de datos proveniente del "Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura" / "Radiación Solar sobre superficies inclinadas" extrae valores como latitud, zona climática, temperatura mínima en invierno, valores de radiación media mensuales, temperaturas medias mensuales... necesarios para el cálculo energético posterior:

Provincia:	Madrid
Latitud de la capital [°]:	40,40
Zona climática de la capital (CTE-06	IV
Altitud de la capital [m]:	667,00
Humedad relativa media [%]:	42,00
Velocidad media del viento [Km/h]:	10,00
Temperatura máxima en verano [°C]:	34,00
Temperatura mínima en invierno [°C]:	-3,00
Variación diurna:	15,00
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	1260(Periodo Noviembre/Marzo)
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	1405 (Todo el año)

Tabla 4-1: Datos geográficos y climatológicos (Fuente: Excel F-Chart)

En términos de evolución anual y empleando las tablas de datos promedios con las que cuenta la hoja:

Meses	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tª. med amb. [°C]:	6,30	8,10	11,10	13,40	17,70	23,60	26,40	26,30	22,20	16,40	10,40	6,80	15,7
Tª. media agua red [°C]:	6,00	7,00	9,00	11,00	12,00	13,00	14,00	13,00	12,00	11,00	9,00	6,00	10,3
Rad. horiz. [kJ/m ² /día]:	6.700	10.600	13.600	18.800	20.900	23.500	26.000	23.100	16.900	11.400	7.500	5.900	15.408
Rad. inclin. [kJ/m ² /día]:	11.761	16.155	16.838	19.376	18.907	20.005	22.594	22.511	19.567	13.648	12.600	10.839	17.067

Tabla 4-2: Evolución anual de temperaturas y radiación en la zona (Fuente: Excel F-Chart)

1.1.5 DATOS RELATIVOS A LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS DEL SISTEMA

Ahora se introducen los datos que afectan a la demanda energética que son:

Porcentaje de ocupación, dónde se asume que en los meses de ocupación 0%, en realidad se desconecta la calefacción (de mayo a octubre) a pesar de seguir ocupada la vivienda.

Meses	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
% de ocupación:	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	100	100	50

Tabla 4-3: Porcentaje de ocupación (Fuente: Excel F-Chart)

En cuanto a la temperatura de utilización tomamos 80° ya que se va a emplear el circuito de emisores térmicos presente en la vivienda y a la temperatura interior 21°. La superficie a calefactar será la superficie útil.

Superficie a calefactar [m ²]:	160,26
Temperatura interior del local [°C]:	21
Temperatura de utilización [°C]:	80
KG del edificio [Kcal/(h · m ² · °C)]:	0,99

Tabla 4-4: Necesidades de calefacción (Fuente: Excel F-Chart)

K_G es la medida ponderada de los coeficientes de transmisión de calor de los distintos elementos de separación del edificio definidos anteriormente. Se calcula por medio de la expresión siguiente:

$$K_G = \frac{\Sigma K_E S_E + 0,5 \cdot \Sigma K_N S_N + 0,8 \cdot \Sigma K_Q S_Q + 0,5 \cdot \Sigma K_S S_S}{\Sigma S_E + \Sigma S_N + \Sigma S_Q + \Sigma S_S}$$

Siendo:

- K : Coeficiente de transmisión térmica del cerramiento ($\text{Kcal}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$)
- S : Superficie del cerramiento (m^2)
- E : Cerramientos en contacto con el ambiente exterior
- N : Cerramientos de separación con otros edificios o locales no calefactados
- Q : Cerramientos de techo o cubierta
- S : Cerramientos de separación con el terreno

Desglosando:

Elemento	Sup (m^2)	U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	U ($\text{kCal}/\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}$)
Muro Exterior	147,8	1,08	0,93
Puertas y lucernarios	20,86	3,3	2,84
Suelo cámara sanitaria	111,26	2	1,72
Suelo garaje	49	2,17	1,86
Techo	160,26	1,36	1,17

Tabla 4-5: Cerramientos, superficie y transmitancia (Fuente: Excel F-Chart)

Por tanto:

$$K_G = \frac{0,93 \cdot 147,8 + 2,84 \cdot 20,86 + 0,5(1,72 \cdot 111,26 + 1,86 \cdot 49) + 0,8 \cdot 1,17 \cdot 160,26}{147,80 + 20,86 + 111,26 + 49 + 160,26}$$

$$K_G = \mathbf{0,99}$$

1.1.6 DATOS RELATIVOS AL SISTEMA

En este apartado se introducen datos relativos a los colectores elegidos (superficie del colector, factor de eficiencia, parámetros de la curva de rendimiento, coeficiente global de pérdida...), datos relativos al depósito de acumulación como su volumen y datos de caudal del circuito principal y del secundario.

Respecto a la curva de rendimiento se plantea un problema: la ecuación empleada en la Excel de F-Chart es de primer grado, mientras que la suministrada por el fabricante es de segundo grado (tiene un factor de corrección cuadrático). Se realiza una simplificación de dicha curva omitiendo dicho factor:

$$\eta_{colector} = 0,832 - \frac{1,14 \cdot \Delta T}{I}$$

Siendo

ΔT : Variación de temperaturas $T_m - T_{amb}$

T_m : Temperatura media del fluido caloportador (°C)

T_{amb} : Temperatura ambiente (°C)

I : Irradiancia (W/m²)

El resto de valores necesarios se extraen de la ficha técnica del colector, de la del intercambiador y de la del fluido caloportador:

Superficie útil del colector [m ²]:	3,228
Factor de eficiencia del colector:	0,832
Coefficiente global de pérdida [W/(m ² ·°C)]:	1,14
Volumen de acumulación [L/m ²]:	150
Caudal en circuito primario [(L/h)/m ²] - [(Kg/h)/m ²]:	50
Caudal en circuito secundario [(L/h)/m ²] - [(Kg/h)/m ²]:	46
Calor específico en circuito primario [Kcal/(Kg·°C)]:	0,9
Calor específico en circuito secundario [Kcal/(Kg·°C)]:	1
Eficiencia del intercambiador:	0,95
Energía de apoyo:	GLP

Tabla 4-6: Datos de la instalación (Fuente: Excel F-Chart)

La hoja devuelve el cálculo energético realizado:

MESES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
° día [°C]:	393,7	305,2	244,9	168,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	258,0	378,2	1748,0
Ener. Nec. [Kcal·1000]:	4.419	3.426	2.749	1.886	0	0	0	0	0	0	2.896	4.245	19.621

Tabla 4-7: Necesidades energéticas anuales (Fuente: Excel F-Chart)

1.1.7 DATOS DE SALIDA

Una vez introducidos todos los datos, la hoja de Excel calcula los resultados dejando abiertas dos variables para poder modificarlas y comprobar el efecto que sobre los valores de ahorro energético y excedente tienen.

En el caso a estudio se incrementa el número de colectores hasta 31 y así poder garantizar el 100% del suministro calorífico en los meses más desfavorables obteniendo los siguientes datos:

Número de colectores:	31
Area colectores [m ²]:	100,07
Inclinación óptima (CTE-06) [°]:	51
Volumen de acumulación [L]:	8.005
Emisiones CO ₂ evitadas [kg CO ₂]:	6186,6

Tabla 4-8: Datos de salida (Fuente: Excel F-Chart)

Además, el programa calcula el dato de volumen de acumulación necesario, en este caso unos 8 m³.

El valor mensual de energía necesaria, ahorro energético, ahorro energético en porcentaje y excedentes viene reflejado en la siguiente tabla:

Meses	ENE-	FEB-	MAR-	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Ener. Nec. [Kcal·1000]:	4.419	3.426	2.749	1.886	0	0	0	0	0	0	2.896	4.245	19.621
Ahorros [Kcal·1000]:	4.419	3.426	2.749	1.886	0	0	0	0	0	0	2.896	4.245	19.621
Ahorros [%]:	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Excedentes [%]:	3,3	28,2	37,6	62,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,4	0,8	158,3

Tabla 4-9: Evolución anual de demanda, ahorros y excedentes (Fuente: Excel F-Chart)

Se comprueba mediante los datos de excedentes, un 158,3% anual, lo ineficiente de este sistema.

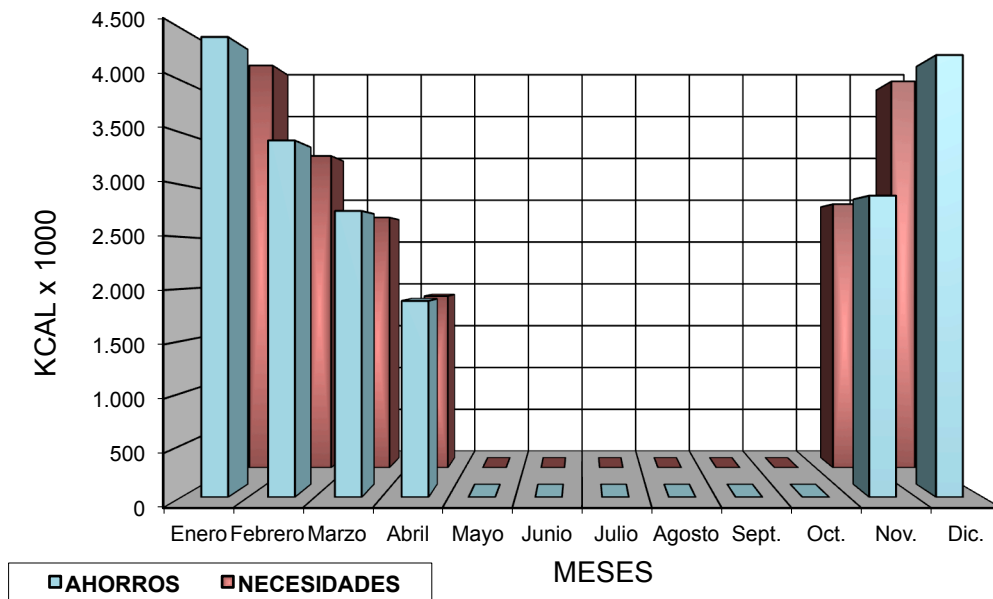


Figura 4-1: Gráfica de ahorros frente a necesidades (Fuente: Excel F-Chart)

4.2 AGUA CALIENTE SANITARIA

Para el dimensionado de ACS, se mantienen los datos geográficos y climatológicos y los datos relativos al sistema, que coinciden para ambas demandas.

1.1.8 DATOS RELATIVOS A LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS

En este caso será necesario asumir una ocupación del 100% a lo largo del año ya que en los meses más cálidos se seguirá demandando agua caliente.

Meses	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
% de ocupación:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 4-10: Porcentaje de ocupación en ACS (Fuente: Excel F-Chart)

En el siguiente menú, se demanda el número de ocupantes, 4 en el caso presente y el consumo de ACS a 60° por ocupante, 30 litros.

Número de ocupantes:	4
Consumo por ocupante a 60°C [L/pers/día]:	30,00
Consumo de agua a max. ocupación a 60°C [L/día]:	120
Temperatura de utilización [°C]:	60
...a 45°C [L/pers/día]:	43,0
...a 45°C [L/día]:	172

Tabla 4-11: Demanda de agua caliente sanitaria (Fuente: Excel F-Chart)

1.1.9 CÁLCULO ENERGÉTICO

En el cálculo energético se tiene en cuenta la temperatura media de red, la temperatura de consumo, la diferencia entre ambas y la demanda de agua caliente en litros al día.

Meses	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Cons. Agua a 60°C [m ³]:	3,7	3,4	3,7	3,6	3,7	3,6	3,7	3,7	3,6	3,7	3,6	3,7	43,8
Incremento T ^a . [°C]:	54,0	53,0	51,0	49,0	48,0	47,0	46,0	47,0	48,0	49,0	51,0	54,0	
Ener. Nec. [Kcal·1000]:	201	178	190	176	179	169	171	175	173	182	184	201	2.178
Cons. Agua a 45°C [m ³]:	5,2	4,7	5,3	5,2	5,4	5,3	5,5	5,5	5,2	5,4	5,1	5,2	62,8

Tabla 4-12: Evolución anual demanda de ACS (Fuente: Excel F-Chart)

Los datos introducidos son los siguientes:

Número de colectores:	2
Area colectores [m ²]:	6,46
Inclinación óptima (CTE-06) [°]:	40
Volumen de acumulación [L]:	172
Emissiones CO ₂ evitadas [kg CO ₂]:	686,8

Tabla 4-13: Datos de la instalación (Fuente: Excel F-Chart)

En este caso, al no contar con apoyo de otro tipo de calefacción, también se ha sobredimensionado. Aunque con un sólo colector incluso se obtendrían excedentes anuales, se debe garantizar que en los meses más desfavorables (en los que la demanda de calefacción también se ajusta a la capacidad de producción) se llegue a la demanda mensual. Se podría recurrir al excedente de energía en la calefacción pero los meses de máxima demanda coinciden y no se tiene garantía de margen suficiente.

Por lo tanto se plantea una instalación con 2 colectores.

El resultado es el siguiente:

Meses	ENE-	FEB-	MAR-	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUA L
Ener. Nec. [Kcal·1000]:	201	178	190	176	179	169	171	175	173	182	184	201	2.178
Ahorros [Kcal·1000]:	201	178	190	176	179	169	171	175	173	182	184	201	2.178
Ahorros [%]:	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Excedentes [%]:	20,3	36,6	39,2	45,1	45,7	50,0	61,1	58,9	48,1	32,1	26,6	15,8	479,5

Tabla 4-14: Demanda, ahorro y excedentes (Fuente: Excel F-Chart)

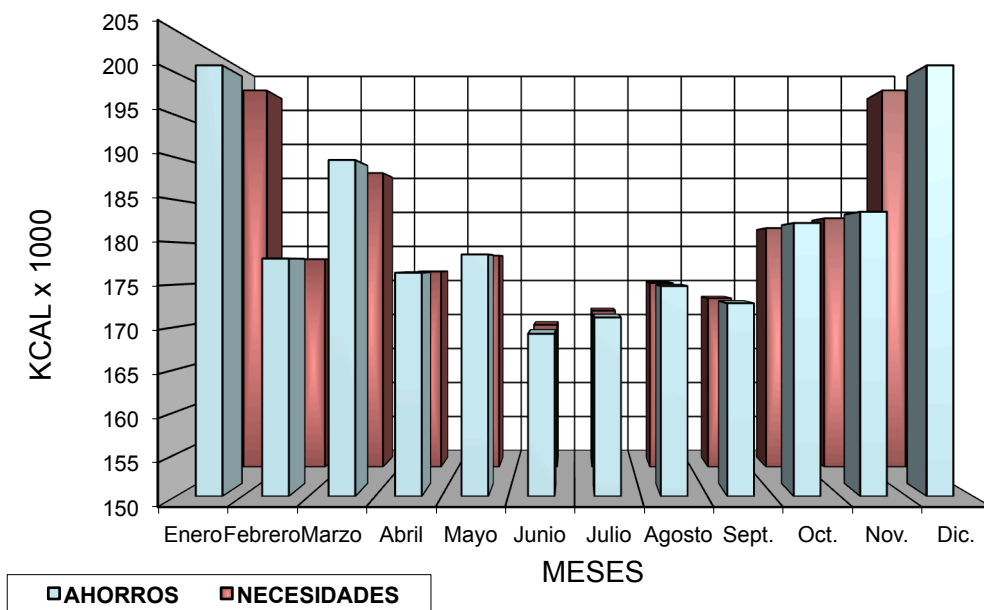


Figura 4-2: Gráfica de ahorros frente a necesidades (Fuente: Excel F-Chart)

Por tanto, a partir del método F-Chart, se estima un número de colectores para la instalación de:

33 COLECTORES = 31 COLECTORES DESTINADOS A CALEFACCIÓN + 2 COLECTORES DESTINADOS A ACS

5 ANEXO V: DIMENSIONADO Y ELECCIÓN ELEMENTOS INSTALACIÓN SOLAR

5.1 COLECTORES DE TUBO DE VACÍO

A continuación, con el fin de seleccionar unos colectores de tubos de vacío, se plantea la siguiente comparativa:

Marca	Modelo	Eficiencia Óptica Basado Sup.Aper tura	a1 (W/m ² K)	a2 (W/m ² K)	Coef. Pérdidas IDAE: a1 + 30a2 (W/m ² K)	Dimensiones Dim (mm)	Sup.bruta (m ²)	Sup.Apert. (m ²)	Pmax (bar)
BAXI ROCA	AR 30	0,832	1,14	0,014	1,56	1996 x 2127 x 97	4,25	3,228	8
BAXI ROCA	AR 20	0,83	1,53	0,006	1,71	1996 x 1418 x 97	2,83	2,153	8
SOLARIS	E-10	0,685	3,281	0,016	3,761	1930 x 1010 x 155	1,95	1,1	8
SOLARIS	E-10	0,685	3,281	0,016	3,761	1930 x 1010 x 155	1,95	1,1	8
SOLARIS	E-10	0,685	3,281	0,016	3,761	1930 x 1010 x 155	1,95	1,1	8
VAILLANT	VTK 570	0,642	0,642	0,001	0,672	700 x 1640 x100	1,15	1	10
	VITOSOL 300								
VISSMANN	T SP 3A 2m2	0,756	1,28	0,0063	1,469	2030 x 1412 x 145	2,886	2,145	6

Tabla 5-1: Comparativa de colectores de tubos de vacío

Tras evaluar parámetros como precio, eficiencia óptica, coeficiente de pérdidas, se opta por los captadores solares que ofrecen un mejor dato de eficiencia óptica, los BAXI AR 30 selectivo de 4,25 m² de superficie bruta, y 3,23 m² de superficie útil de captación, para montaje sobre cubierta plana, cubierta inclinada o en fachada horizontal o vertical. Su ecuación característica es la siguiente:

$$\eta = 0,832 - 1,14 \cdot \Delta T - 0,014 \cdot G \cdot \Delta T^2$$

Según el certificador se trata de un 'colector plano altamente selectivo fabricado en hoja. Tubos unidos por su parte superior a un colector coaxial de cobre aislado y cubierto por una carcasa de aluminio. Coeficiente absorción = 0,95. Tubos fácilmente ajustables para asegurar una óptima orientación. Permite conexiones en serie hasta 120 tubos mediante racores de compresión, según zona climática. Medidas 1996x2127x97 mm. Referencia 144808001.'

5.2 DEPÓSITOS INTERCAMBIADORES

Para el dimensionado de los interacumuladores, se emplea el valor de volumen de acumulación para la instalación proyectada calculado por la hoja Excel F-CHART:

Número de colectores:	31	Número de colectores:	2
Area colectores [m ²]:	100,07	Area colectores [m ²]:	6,46
Inclinación óptima (CTE-06) [°]:	51	Inclinación óptima (CTE-06) [°]:	40
Volumen de acumulación [L]:	8.005	Volumen de acumulación [L]:	172
Emissiones CO ₂ evitadas [kg CO ₂]:	6186,6	Emissiones CO ₂ evitadas [kg CO ₂]:	686,8

Tabla 5-2: Datos de salida de excel F-CHART para Calefacción y ACS (Fuente: Excel F-Chart)

Al tratarse de un gran volumen de acumulación (8177 l) se opta por dos depósitos modelo ASA-4000-1 y ASA-5000-1 de BAXI con un serpentín dispuestos en paralelo:

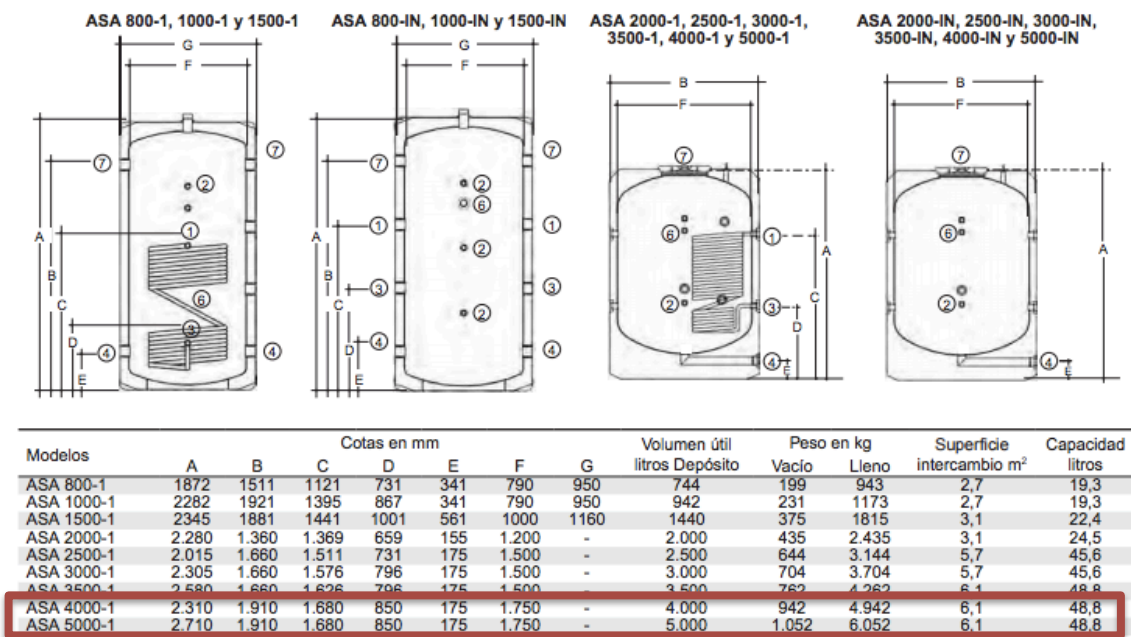


Figura 5-1: Datos técnicos de los interacumuladores ASA (Fuente: Catálogo BAXI)

Estos interacumuladores necesitan un accesorio envolvente tal y como figura en el catálogo de BAXI, se tendrá en cuenta en el apartado económico.

5.3 VASO DE EXPANSIÓN EN CIRCUITO PRIMARIO

Para el dimensionado se emplea una hoja Excel en la cual, mediante la introducción de los datos que definen el circuito, se obtiene el valor del volumen del vaso de expansión. Los datos a introducir son los siguientes:

- Nº colectores: 33
- Volumen unitario de colector: 5,6 l. Dato extraído de la ficha técnica del colector.

	AR 20	AR 30
Superficie total	2,83 m ²	4,25 m ²
Superficie de apertura	2,153 m ²	3,228 m ²
Capacidad	3,8 litros	5,6 litros
Peso vacío	54,8 Kg	61,4 Kg
Peso lleno/sup.total	20,70 Kg/m ²	20,47 Kg/m ²
Presión máxima de trabajo	8 bar	8 bar
Temperatura de estancamiento	286°C	286°C
Tratamiento selectivo TINOX		
Absorbancia	95 % ± 1 %	
Emitancia	5 % ± 2 %	

Figura 5-2: Datos colector AR-20, AR-30 (Fuente: Catálogo BAXI)

- Volumen de agua en el intercambiador: 97,6 l El volumen total de cada serpentín en los intercambiadores será de 48,8 l (dato obtenido de la figura 5.1).
- Longitud tubería para cada diámetro. Se establece un diámetro unitario de dos pulgadas (44mm) para la tubería principal y una pulgada (22 mm) para las ramificaciones de cada batería. Se estima la longitud total a partir del morfología de la instalación solar y de la distancia mínima entre colectores calculada a posteriori (3,68m). Se tomará una longitud de 150 m y 3 m respectivamente.
- Presión mínima en el punto más alto: se toma 1,5 bar = 1,53 kg/cm²
- Presión máxima del circuito primario:

$$P_{max} = P_{min} + \text{Diferencia de altura colector y vaso expansión}$$

- Distancia desde parte superior de captadores hasta vaso de expansión (m): 1 metro
- Coeficiente de expansión del fluido caloportador: 0,05 para el agua, 0,065 para una mezcla de agua con anticongelante.

Los datos de entrada en la Excel serán los siguientes:

VOLUMEN CIRCUITO HIDRAULICO			
1 Volumen agua colectores		184,8	
Tipo de colector	Volumen unitario (L)	nº colectores	Volumen total (l)
Plano	5,6	33	184,8
2 Volumen agua intercambiadores		97,6	
Dato del fabricante :		97,6	
3 Volumen agua tuberías de cobre		182,763	
Diámetro (mm)	Longitud (m)	Volumen unitario (l/m)	Volumen total (l)
12	0	0,093	0,00
15	0	0,151	0,00
18	0	0,254	0,00
22	33	0,311	10,26
28	0	0,531	0,00
35	0	0,809	0,00
42	150	1,15	172,50
54	0	2,03	0,00
63	0	3,09	0,00
80	0	4,4	0,00
100	0	7,73	0,00
		Total	182,76
Total volumen en circuito (1)			465,16
Presión mínima del circuito primario (kg/cm presión admisión)			1,50
Presión máxima del circuito primario (kg/cm bomba presión impulsión)			2,50
Distancia desde parte superior de captadores hasta vaso de expansión (m)			1
Coeficiente de expansión del fluido caloportador			0,065
Volumen de reserva: Vr (l)			6,97745
Volumen de vaporización: Vvap (l)			0

Tabla 5-3: Datos de entrada Excel para el dimensionado de vasos de expansión (Fuente: Excel dimensionado vaso expansión/bomba)

La hoja de cálculo devuelve el siguiente resultado:

Vaso de expansión cerrado con membrana: **144,7 litros**

Por tanto se escogerá un vaso de expansión de 150 l. Tras realizar una comparativa de productos se opta por el modelo **GERCE 150 de ELBI**.



Figura 5-2: Vasos de Expansión GERCE (Fuente: Catálogo ELBI)

5.4 BOMBA DE RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO PRIMARIO

Para dimensionar la bomba del circuito primario, se emplea la misma hoja de cálculo Excel, en este caso se obtiene la pérdida de carga total en mm de columna de agua. Este es el dato, junto con el caudal necesario con el que se elegirá la bomba. Los datos a introducir en dicha hoja Excel son los siguientes:

- Caudal de diseño para el circuito

Para calcular el caudal, el documento básico HE 4 de la CTE, dice textualmente "*El caudal del fluido portador se determinará de acuerdo con las especificaciones del fabricante como consecuencia del diseño de su producto. En su defecto su valor estará comprendido entre 1,2 l/s y 2 l/s por cada 100 m² de red de captadores*". En el caso de la instalación a estudio, tras acudir al manual del fabricante se obtiene que el caudal óptimo ha de ser:

El caudal recomendado debería estar entre 0,1 y 0,25 l/min/tubo.
Con estos valores de caudal la eficiencia de los colectores oscilará un $\pm 5\%$ con respecto a su capacidad máxima.

AR 20: entre 2 y 5 l/min AR 30: entre 3 y 6 l/min
--

Figura 5-3: Caudal recomendado en colector (Fuente: Catálogo BAXI)

- Superficie útil del colector elegido: 3,228 m
- Número total de colectores que hay en el circuito: 33
- Nº bancadas de colectores en serie: 9 (8 de cuatro colectores en serie y una de un único colector)
- Número de captadores dentro de cada tramo: 4
- Longitud total de cada tramo: 3 m para las baterías en serie y 150 para la principal.
- Diámetro exterior de la tubería para cada tramo. Se itera hasta conseguir que cumpla la normativa. En el caso a estudio, para la tubería principal 44 mm y para las bancadas 22 mm.
- Se introducen el número de válvulas antiretorno, codos, Ts y válvulas de esfera de cada tramo.
- Pérdida de carga en los colectores: 440 mm.c.a. Este dato se obtiene de multiplicar el número de colectores en cada batería por la pérdida de carga facilitada por el fabricante (110 mm.c.a.).
- Pérdida de carga en el intercambiador de calor: se toma 300 mm.c.a.

Se itera el caudal total hasta conseguir el valor de caudal por batería óptimo (será el mismo que el que circule por cada captador):

CALCULO DE PERDIDAS DE CARGA EN CIRCUITOS HIDRAULICOS

Caudal (l/h.m2)	30	Pérdida de carga total por rozamiento	3144	mm.c.a.
Area unitaria captador	3,228	Caudal global	3,20	m ³ /h.
Numero de captadores	33			
Nº baterias en serie	9 (1, si todas en paralelo)			
Caudal global (l/h)	3195,72			
Caudal unitario (l/h)	355,08	5,918		

1 PERDIDAS DE CARGA EN TUBERIAS Y ACCESORIOS

Número tramo	Número captadores	Longitud (m)	Caudal (l/h)	Diámetro exterior (mm)	Velocidad (m/s)	Diámetro interior (mm)	mm.c.a./m	mm.c.a. tramo	mm.c.a. acumulado
COLECTORES	(4)	3	355,08	22	0,31	20	7,62	22,85	22,85
PRINCIPAL	33	150	3195,72	44	0,64	42	12,01	1801,32	1.824,17
Total pérdidas de carga en tuberías (mm.c.a.)									1.824,17

Nº válv. retención	Nº codos	Nº T90	Nº válvulas esfera	Longitud equivalente (m)	Total tramo accesorios (mm.c.a.)
1	2	0	2	4,16	32
1	4	20	2	45,68	549
Total pérdidas de carga en valvulería (mm.c.a.)					580

2 PERDIDAS DE CARGA EN COLECTORES

Pérdidas de carga en colectores (mm.c.a.) **440**

3 PERDIDAS DE CARGA EN INTERCAMBIADOR

De tablas (mm.c.a.) **300**

Tabla 5-4: Datos de entrada en Excel para el cálculo de la pérdida de carga (Fuente: Excel dimensionado vaso expansión/bomba)

La pérdida de carga a compensar por la bomba será de **3144 mm.c.a**

Tras consultar varios catálogos se escoge la bomba de circulación Grundfos UPS 25-55:



Figura 5-4: Bomba de circulación Grundfos UPS (Fuente: Catálogo GRUNDFOS)

En la siguiente tabla proporcionada por el fabricante se especifica el caudal y la pérdida de carga que puede compensar. En el caso a estudio, los valores serán, respectivamente, y 3,19 m³/h y 3,144 m.c.a.

Modelo	Tensión	Caudal Q																	
		m ³ /h →	0	0,4	0,8	1	1,6	2	2,4	3	3,2	4	4,0	5	6	7	8	9	10
UPS 25-25 / 32-25	M	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,3	1,1	0,6	0,4					
UPS 25-55	M	4,7	4,3	4,2	4,2	4,1	4	3,8	3,7	3,3	2,8	2,3	1,5						
UPS 32-55	M	5	4,9	4,8	4,7	4,7	4,5	4,2	3,9	3,8	3,5	3,2	2,5	1,8	1,2	0,5			
UPS 25-80	M	7,2	7,1	6,9	6,8	6,7	6,5	6,2	5,9	5,8	5,5	5,2	4,5	3,5	2,5	1,9			
UPS 32-80/F	M	7,5	7,5	7,3	7,2	7	6,8	6,5	6,4	6,2	6	5,6	5,3	4,6	3,8	3	2,2	1,6	
UPS 25-100	M	10	10	9,8	9,7	9,7	9,5	9,3	9,1	9	9	8,5	8	7,5	7	6	5	4,3	
UPS 32-100/F	M	10	10	9,8	9,7	9,7	9,5	9,3	9,1	9	9	8,5	8	7,5	7	6	5	4,3	
UPS 32-50 F / 40-50 F	M	5,2	5	4,9	4,8	4,6	4,5	4,2	4	3,9	3,6	3,5	2,7	1,9	1,3	0,5			
UPS 80-80 F	M	7,6	7,4	7,3	7,1	7,1	6,9	6,7	6,5	6,4	6,3	6	5,2	4,5	3,8	3	2,2	1,5	
UPS 40-100 F	M	10	10	9,8	9,7	9,7	9,5	9,3	9,1	9	8,5	8	7,5	7	6,3	5,5	4,5		

Tabla 5-5: Caudal y Altura en m.c.a. del modelo UPS (Fuente: Catálogo GRUNDFOS)

Los datos de la bomba son los siguientes:

Modelo	Código	Conexión bomba	Longitud (mm)	Tensión	P _i (W) Velocidad			I _a (A) Velocidad			Clase Energética
					1	2	3	1	2	3	
UPS 25-25	95906400	G 1 1/2	180	1x230 V	25	40	50	0,12	0,18	0,22	C
UPS 32-25	95906401	G 2	180	1x230 V	25	40	50	0,12	0,18	0,22	C
UPS 25-55	95906404	G 1 1/2	180	1x230 V	65	80	85	0,3	0,36	0,38	C
UPS 32-55	95906409	G 2	180	1x230 V	75	100	105	0,32	0,44	0,46	C
UPS 25-80	95906429	G 1 1/2	180	1x230 V	110	155	165	0,5	0,7	0,7	C
UPS 32-80	95906442	G 2	180	1x230 V	135	200	220	0,6	0,9	0,98	C
UPS 25-100	95906480	G 1 1/2	180	1x230 V	280	340	345	1,3	1,5	1,52	C
UPS 32-100	95906500	G 2	180	1x230 V	280	340	345	1,3	1,5	1,52	C
UPS 32-50 F	95906415	DN 32	220	1x230 V	75	100	105	0,32	0,44	0,46	C
UPS 32-80 F	95906458	DN 32	220	1x230 V	135	200	220	0,6	0,9	0,98	C
UPS 32-100 F	95906483	DN 32	220	1x230 V	280	340	345	1,3	1,5	1,52	C
UPS 40-50 F	95906420	DN 40	250	1x230 V	75	100	105	0,32	0,44	0,46	C
UPS 40-80 F	95906462	DN 40	250	1x230 V	135	200	220	0,6	0,9	0,98	C
UPS 40-100 F	95906486	DN 40	250	1x230 V	280	340	345	1,3	1,5	1,5	C

Tabla 5-6: Características técnicas del modelo UPS (Fuente: Catálogo GRUNDFOS)

Según el RITE, 'En instalaciones superiores a 50 m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.'

Por tanto, en el caso a estudio, se incluyen **dos bombas modelo UPS 25-55 de GRUNDFOS**.

5.5 VASO EXPANSIÓN CIRCUITO SECUNDARIO

Para dimensionar el vaso de expansión en el circuito secundario, se empleará la siguiente fórmula:

$$V_{\text{vaso exp}} = V_{\text{instalación}} \cdot C_d \cdot C_p$$

Siendo:

C_p = coeficiente de presión = (válvula seguridad) = 2,10

C_d = coeficiente de dilatación del fluido caloportador

El coeficiente de expansión C_e o C_d es siempre positivo y menor que la unidad y representa la relación entre el volumen útil del vaso de expansión, que debe ser igual al volumen de fluido expansionado, y el volumen de fluido contenido en la instalación:

$$C_d = \frac{V_u}{V}$$

Según el RITE se calcula con la fórmula:

$$C_d = (3,24 \cdot T^2 + 102,13 \cdot T - 2708,3) \cdot 10^{-6}$$

Donde una vez sustituida la T por el valor deseado tenemos los siguientes valores:

Temperatura	Cd	Cd (%)
30 °C	0,00328	0,328
40 °C	0,00656	0,656
50 °C	0,0105	1,05
60 °C	0,0151	1,51
70 °C	0,0204	2,04
80 °C	0,0262	2,623
90 °C	0,0328	3,28
100 °C	0,0400	4

Tabla 5-7: Coeficiente de expansión frente a temperatura

En el caso a estudio, la temperatura será de 80 °C, por tanto se toma $C_e = 0,0262$

Para calcular el volumen de la instalación se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

$$V_{\text{instalación}} = V_{\text{acumulador}} + V_{\text{emisor}} \cdot N_{\text{emisores}} + V_{\text{tuberías}}$$

Siendo:

$$V_{\text{acumulador}} = 9000 \text{ l} (5000 \text{ l} + 4000 \text{ l})$$

$$N_{\text{emisores}} = 15$$

$$V_{\text{emisor}} = 3 \text{ l}$$

Se asumen unos 0,3 l por módulo y una media de 10 módulos por emisor y por tanto:

$$0,3\text{l/módulo} \cdot 10 \text{ módulos} = 3 \text{ l/emisor}$$

$$V_{\text{tuberías}} = 150 \text{ m} \cdot \pi \cdot 0,011 \text{ m}^2 = 0,05 \text{ m}^3 = 50 \text{ l}$$

$$V_{\text{instalación}} = 9000 \text{ l} + 45 \text{ l} + 50 \text{ l} = 9095 \text{ l}$$

Ahora se sustituyen todos los valores en la fórmula inicial:

$$V_{\text{vaso exp}} = V_{\text{instalación}} \cdot C_d \cdot C_p$$

$$V_{\text{vaso exp}} = 9095 \text{ l} \cdot 0,0262 \cdot 2,10 \approx 500 \text{ l}$$

Atendiendo a esta necesidad se escoge el modelo **GERCE 500 de ELBI**.



Figura 5-5: Modelo GERCE (Fuente: Catálogo ELBI)

6 ANEXO VI: DIMENSIONADO Y CÁLCULOS DEL CASO I DE CALEFACCIÓN DE PROPANO CON APOYO SOLAR DEL 10%

6.1 VASO DE EXPANSIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO

Los datos para el dimensionado del caso I son los siguientes:

VOLUMEN CIRCUITO HIDRAULICO			
1 Volumen agua colectores		11,2	
Tipo de colector	Volumen unitario (L)	nº colectores	Volumen total (l)
Plano	5,6	2	11,2
2 Volumen agua intercambiadores		50	
Dato del fabricante :		50	
3 Volumen agua tuberías de cobre		3,732	
Diámetro (mm)	Longitud (m)	Volumen unitario (l/m)	Volumen total (l)
12	0	0,095	0,00
15	0	0,151	0,00
18	0	0,254	0,00
22	12	0,311	3,73
28	0	0,531	0,00
35	0	0,809	0,00
42	0	1,15	0,00
54	0	2,03	0,00
63	0	3,09	0,00
80	0	4,4	0,00
100	0	7,73	0,00
		Total	3,73
Total volumen en circuito (l)			64,93
Presión mínima del circuito primario (kg/cm presión admisión)			1,50
Presión máxima del circuito primario (kg/cm bomba presión impulsión)			2,50
Distancia desde parte superior de captadores hasta vaso de expansión (m)			1
Coeficiente de expansión del fluido caloportador			0,065
Volumen de reserva: Vr (l)			1
Volumen de vaporización: Vvap (l)			0
Coefficiente de presión (Cp)=		3,89	
Vaso de expansión cerrado con membrana :		20,3 litros	

Tabla 6-1: Excel de cálculo de vaso de expansión para los datos del caso I (Fuente: Excel dimensionado vaso expansión/bomba)

Se obtiene una estimación del volumen del vaso de expansión con membrana de 20,3 l. Se elige el vaso de expansión ELBI GERCE 24 para el circuito primario:

ELBI GERCE 24: 48 € sin IVA

6.2 VASO DE EXPANSIÓN DEL CIRCUITO SECUNDARIO

En el ANEXO V se explica la metodología de dimensionado del vaso de expansión del circuito secundario que quedará resumida a continuación:

$$V_{vaso\ exp} = V_{instalación} \cdot C_d \cdot C_p$$

$$V_{instalación} = V_{acumulador} + V_{emisor} \cdot N_{emisores} + V_{tuberías}$$

Siendo:

$$V_{acumulador} = 300\ l \quad N_{emisores} = 15$$

$$V_{emisor} = 3\ l \quad V_{tuberías} = 50\ l$$

$$V_{instalación} = 300\ l + 45\ l + 50\ l = 395\ l$$

Ahora se sustituyen todos los valores en la fórmula inicial:

$$V_{vaso\ exp} = 395\ l \cdot 0,0262 \cdot 2,10 \approx 217\ l$$

Se obtiene un volumen de 217 l que sugiere la elección de un vaso de expansión de 250 l:

ELBI GERCE 250: 410 € sin IVA

6.3 BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE CIRCUITO PRIMARIO

En la misma hoja Excel se introducen los datos del circuito estimado: los caudales necesarios para un óptimo rendimiento de los 2 colectores, los datos relativos a la morfología de la instalación y a los elementos empleados... Se obtienen los siguientes datos:

Caudal (l/h.m2)	30	Pérdida de carga total por rozamiento	476	mm.c.a.
Area unitaria captador	3,228	Caudal global	0,19	m³/h.
Número de captadores	2			
Nº baterías en serie	1 (1, si todas en paralelo)			
Caudal global (l/h)	193,68			
Caudal unitario (l/h)	193,68	3,228		

Tabla 6-2: Pérdida de carga total del circuito primario en la instalación I (Fuente: Excel dimensionado vaso expansión/bomba)

Con los datos de caudal $0,19 \text{ m}^3/\text{h}$ y pérdida de carga de $0,476 \text{ mca.}$ Se acude a la tabla siguiente para determinar el modelo de bomba:

Modelo	Caudal Q																	
	m ³ /h →	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,0	3,2	3,3	4	5	6	7	8	9
UPS 25-40		3,9	3,5	3,0	2,6	2,1	1,7	1,3	0,9	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 25-50		4,7	4,3	3,8	3,3	2,8	2,2	1,8	1,3	1,2	1,0	-	-	-	-	-	-	-
UPS 25-60		5,7	5,2	4,7	4,1	3,5	3,0	2,4	1,8	1,6	1,3	1,2	-	-	-	-	-	-

Tabla 6-3 Tabla de dimensionamiento del modelo UPS (Fuente: Catálogo GRUNDFOS)

Bastaría con el UPS 25-40 que es capaz de compensar una pérdida de altura de entre 3 y $3,5 \text{ m}$ de columna de agua con un caudal de entre $0,4$ y $0,8 \text{ m}^3/\text{h}$.

GRUNDFOS UPS 25-40: 100 € sin IVA

7 ANEXO VII: MATERIALES Y BIBLIOGRAFÍA

7.1 INDICE DE TABLAS

TABLA 1-1: DATOS PROMEDIOS TEMPERATURA (FUENTE: HTTP://ES.CLIMATE-DATA.ORG/).....	4
TABLA 2-1: CUADRO DE SUPERFICIES DE LA VIVIENDA	8
TABLA 3-1: CERRAMIENTOS DEL EDIFICIO (FUENTE: CE3X)	16
TABLA 3-2: HUECOS DEL EDIFICIO (FUENTE: CE3X)	16
TABLA 3-3: PUENTES TÉRMICOS DE LA VIVIENDA (FUENTE: CE3X)	17
TABLA 3-4: CÁLCULO Q_A	19
TABLA 5-1: DATOS DE SALIDA DE EXCEL F-CHART PARA CALEFACCIÓN Y ACS (FUENTE: EXCEL F-CHART)	37
TABLA 5-2: DIMENSIONADO DE LOS 9 CASOS	44
TABLA 5-3: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS 9 CASOS A ESTUDIO (FUENTES: EXCEL F-CHART, CE3X)	45
TABLA 5-4: EMISIONES/AÑO DEL CICLO DE VIDA SEGÚN COMBUSTIBLE (FUENTE: GUÍA PRÁCTICA SISTEMAS DE CALEFACCIÓN CON BIOMASA)	47
TABLA 5-5: EMISIONES Y GENERACIÓN DE EMPLEO (FUENTE: BIOMASA: EDIFICIOS. IDAE)	47
TABLA 5-6: AUTONOMÍA DE LA CALDERA PARA DIVERSOS COMBUSTIBLES	51
TABLA 6-1: PODER CALORÍFICO SUPERIOR E INFERIOR DE DIVERSOS COMBUSTIBLES (FUENTE: PETROMERCADO.COM)	53
TABLA 6-2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CALDERA. RENDIMIENTO SOBRE EL PCI (FUENTE: CATÁLOGO SAUNIER DUVAL)	53
TABLA 6-3: PRECIOS DE VENTA DE VENTA DE PROPANO Y BUTANO (FUENTE: REPSOL.COM)	54
TABLA 6-4: PRESUPUESTO INSTALACIÓN 100% SOLAR TÉRMICA	58
TABLA 6-5 PRECIOS DE COLECTORES Y ACUMULADORES	60
TABLA 6-6: PRECIOS DE VASOS DE EXPANSIÓN Y BOMBAS DE RECIRCULACIÓN DE TODOS LOS CASOS PROPUESTOS ..	61
TABLA 6-7: HORAS Y COSTE DE MANO DE OBRA EN CADA CASO	62
TABLA 6-8: PRESUPUESTOS DE TODOS LOS CASOS INTERMEDIOS	62
TABLA 6-9: GASTO ANUAL DE PROPANO EN TODOS LOS CASOS.....	63
TABLA 6-10: PRESUPUESTO INSTALACIÓN BIOMASA	63
TABLA 6-11: PRECIO DE PELLETS SEGÚN MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN (FUENTE: ÍNDICE DE PRECIOS AVEBIOM)	64
TABLA 6-12: PRECIO DE ASTILLAS Y HUESO DE ACEITUNA SEGÚN MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN (FUENTE: ÍNDICE DE PRECIOS AVEBIOM)	65
TABLA 6-13: RESUMEN INVERSIÓN INICIAL, GASTOS Y AHORROS ANUALES PARA TODOS LOS CASOS.....	67
TABLA 6-14: BENEFICIOS ANUALES (AHORRO) + IPC 0,7%. EN EUROS.....	68
TABLA 6-15: GASTO TOTAL ACUMULADO EN CADA CASO. EN EUROS.....	69
TABLA 6-16: AÑO DE AMORTIZACIÓN DE CADA INVERSIÓN	69
TABLA 6-17: VAN Y TIR A 5, 10, 20 Y 31 AÑOS.....	70
TABLA 6-18: INCREMENTO ANUAL DERIVADO DE LA MEJORA EN LA CERTIFICACIÓN	74
TABLA 6-19: BENEFICIOS ANUALES (INCREMENTO EN EL ALQUILER) + IPC 0,7%	75
TABLA 6-20: GASTO TOTAL ACUMULADO	75

ANEXOS

TABLA 4-1: DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS (FUENTE: EXCEL F-CHART)	99
TABLA 4-2: EVOLUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS Y RADIACIÓN EN LA ZONA (FUENTE: EXCEL F-CHART)	100
TABLA 4-3: PORCENTAJE DE OCUPACIÓN (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	100
TABLA 4-4: NECESIDADES DE CALEFACCIÓN (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	100
TABLA 4-5: CERRAMIENTOS, SUPERFICIE Y TRANSMITANCIA (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	101
TABLA 4-6: DATOS DE LA INSTALACIÓN (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	102
TABLA 4-7: NECESIDADES ENERGÉTICAS ANUALES (FUENTE: EXCEL F-CHART)	102
TABLA 4-8: DATOS DE SALIDA (FUENTE: EXCEL F-CHART)	103
TABLA 4-9: EVOLUCIÓN ANUAL DE DEMANDA, AHORROS Y EXCEDENTES (FUENTE: EXCEL F-CHART)	103
TABLA 4-10: PORCENTAJE DE OCUPACIÓN EN ACS (FUENTE: EXCEL F-CHART)	104

TABLA 4-11: DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	105
TABLA 4-12: EVOLUCIÓN ANUAL DEMANDA DE ACS (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	105
TABLA 4-13: DATOS DE LA INSTALACIÓN (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	105
TABLA 4-14: DEMANDA, AHORRO Y EXCECENTES (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	106
TABLA 5-1: COMPARATIVA DE COLECTORES DE TUBOS DE VACÍO.....	107
TABLA 5-2: DATOS DE SALIDA DE EXCEL F-CHART PARA CALEFACCIÓN Y ACS (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	108
TABLA 5-3: DATOS DE ENTRADA EXCEL PARA EL DIMENSIONADO DE VASOS DE EXPANSIÓN (FUENTE: EXCEL DIMENSIONADO VASO EXPANSIÓN/BOMBA).....	110
TABLA 5-4: DATOS DE ENTRADA EN EXCEL PARA EL CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA (FUENTE: EXCEL DIMENSIONADO VASO EXPANSIÓN/BOMBA).....	112
TABLA 5-5: CAUDAL Y ALTURA EN M.C.A. DEL MODELO UPS (FUENTE: CATÁLOGO GRUNDFOS).....	113
TABLA 5-6: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MODELO UPS (FUENTE: CATÁLOGO GRUNDFOS).....	113
TABLA 5-7: COEFICIENTE DE EXPANSIÓN FRENTE A TEMPERATURA.....	114
TABLA 6-1: EXCEL DE CÁLCULO DE VASO DE EXPANSIÓN PARA LOS DATOS DEL CASO I (FUENTE: EXCEL DIMENSIONADO VASO EXPANSIÓN/BOMBA).....	116
TABLA 6-2: PÉRDIDA DE CARGA TOTAL DEL CIRCUITO PRIMARIO EN LA INSTALACIÓN I (FUENTE: EXCEL DIMENSIONADO VASO EXPANSIÓN/BOMBA).....	117
TABLA 6-3 TABLA DE DIMENSIONAMIENTO DEL MODELO UPS (FUENTE: CATÁLOGO GRUNDFOS).....	118

7.2 ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1: VISTA GENERAL DE TORRELAGUNA (MADRID) (FUENTE: GOOGLE MAPS).....	2
FIGURA 1-2: ORIENTACIÓN DE LA VIVIENDA (FUENTE: GOOGLE MAPS).....	3
FIGURA 1-3: ORIENTACIÓN DE LAS FACHADAS (FUENTE: DOCUMENTO BÁSICO HE).....	3
FIGURA 2-2: VISTA NORTE.....	6
FIGURA 2-3: VISTA OESTE.....	7
FIGURA 2-5: DETALLE DE VUELO Y VENTANA.....	9
FIGURA 2-6: DISTRIBUCIÓN DE LA PRIMERA SUPERIOR DE LA VIVIENDA.....	9
FIGURA 2-7: MEDIDAS TOMADAS EN LA VIVIENDA.....	10
FIGURA 2-8: DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA INFERIOR DE LA VIVIENDA.....	10
FIGURA 2-9: ENVOLVENTE TÉRMICA.....	11
FIGURA 2-10: ESQUEMA BÁSICO DE LA INSTALACIÓN PROPUESTA POR EL FABRICANTE (FUENTE: CATÁLOGO SAUNIER DUVAL).....	12
FIGURA 2-11: ESQUEMA DEL SISTEMA ACTUAL DE CALEFACCIÓN DE LA VIVIENDA.....	13
FIGURA 3-1: CAPTURA DE PANTALLA DE UNA PESTAÑA DEL MENÚ (FUENTE: PROGRAMA CE3X).....	14
FIGURA 3-2: DATOS ADMINISTRATIVOS (FUENTE: CE3X).....	15
FIGURA 3-3: DATOS GENERALES (FUENTE: CE3X).....	16
FIGURA 3-4: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL DEL EDIFICIO (FUENTE: CE3X).....	17
FIGURA 5-1: RADIACIÓN SOLAR EN EUROPA (FUENTE: WWW.ICEDITORIAL.COM).....	22
FIGURA 5-2: SISTEMA DE COLECTORES DE TUBOS DE VACÍO. WWW.GASFRIOCALOR.COM.....	24
FIGURA 5-3: DIAGRAMA FLUJO DIRECTO. WWW.SOLARWEB.NET.....	25
FIGURA 5-4: DIAGRAMA HEAT-PIPE. WWW.APRICUS.COM.....	25
FIGURA 5-5: DIAGRAMA U-PIPE. CATÁLOGO SUNRINE.....	25
FIGURA 5-6: ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN SOLAR.....	27
FIGURA 5-7: ÁNGULO ÓPTIMO DE UNA SUPERFICIE PARA ABSORBER LA MÁXIMA IRRADIACIÓN ANUAL (FUENTE: PV- GIS).....	28
FIGURA 5-8: ESQUEMA ÁNGULO ÓPTIMO Y ÁNGULO DE INCLINACIÓN SOBRE EL TEJADO.....	28
FIGURA 5-9: PORCENTAJE DE ENERGÍA RESPECTO AL MÁXIMO COMO CONSECUENCIA DE PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN (FUENTE: DOCUMENTO BÁSICO HE).....	29
FIGURA 5-10: EJEMPLO DE GRÁFICA DE CURVAS DE F. WWW.IJSER.ORG.....	32
FIGURA 5-11: GRÁFICO AHORRO-NECESIDADES DE CALEFACCIÓN Y DE ACS PARA LA VIVIENDA (FUENTE: EXCEL F- CHART).....	33
FIGURA 5-13: ESQUEMA DE LA DISPOSICIÓN DE LOS COLECTORES.....	35

FIGURA 5-14: DISTANCIA ENTRE COLECTORES (FUENTE: PCT INSTALACIONES DE BAJA TEMPERATURA)	36
FIGURA 5-15: DIMENSIONES COLECTOR (FUENTE: CATÁLOGO BAXI).....	36
FIGURA 5-16: OMICRON 150 (FUENTE: CATÁLOGO BIOSAN)	37
FIGURA 5-17: FUNCIONAMIENTO DE UN VASO DE EXPANSIÓN CERRADO (FUENTE: WWW.SAINCAL.COM)	38
FIGURA 5-18: VASOS DE EXPANSIÓN GERCE (FUENTE: CATÁLOGO ELBI)	39
FIGURA 5-19: BOMBA DE CIRCULACIÓN GRUNDFOS UPS (FUENTE: CATÁLOGO GRUNDFOS).....	39
FIGURA 5-20: MODELO GERCE (FUENTE: CATÁLOGO ELBI)	40
FIGURA 5-21: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN SOLAR (FUENTE: CE3X)	41
FIGURA 5-22: ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN DE PROPANO CON APOYO SOLAR.....	43
FIGURA 5-23: MENÚ CONTRIBUCIONES ENERGÉTICAS DENTRO DE LA SECCIÓN INSTALACIONES DEL EDIFICIO (FUENTE: CE3X)	44
FIGURA 5-24: ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN DE BIOMASA	48
FIGURA 5-25: FICHA TÉCNICA CALDERA BIOSAN GG35K 3205 (FUENTE: CATÁLOGO BIOSAN)	49
FIGURA 5-26: CALDERA BIOSAN GG35K 3205 (FUENTE: CATÁLOGO BIOSAN)	50
FIGURA 5-27: FICHA TÉCNICA INTERACUMULADOR OMICRON 150 L (FUENTE: CATÁLOGO BIOSAN).....	50
FIGURA 5-28: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA CON SISTEMA DE BIOMASA (FUENTE: CE3X).....	51
FIGURA 6-1: CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA A ESTUDIO (FUENTE: CE3X)	52
FIGURA 6-2: COLECTORES SOLARES TUBOS DE VACÍO SELECCIONADOS (FUENTE: CATÁLOGO BAXI)	55
FIGURA 6-3: DEPÓSITOS ACUMULADORES CON UN SERPENTÍN SELECCIONADOS (FUENTE: CATÁLOGO BAXI)	56
FIGURA 6-4: ENVOLVENTES PARA DEPÓSITOS ACUMULADORES (FUENTE: CATÁLOGO BAXI)	56
FIGURA 6-5: COLECTORES SOLARES TUBOS DE VACÍO SELECCIONADOS (FUENTE: CATÁLOGO BAXI).....	59
FIGURA 6-6: DEPÓSITOS ACUMULADORES CON DOS SERPENTINES (FUENTE: CATÁLOGO BAXI).....	59
FIGURA 6-7: DEPÓSITOS ACUMULADORES SIN SERPENTÍN. DEPÓSITOS DE INERCIA (FUENTE: CATÁLOGO BAXI)	60
FIGURA 6-8: ENVOLVENTES PARA DEPÓSITOS ACUMULADORES (FUENTE: CATÁLOGO BAXI)	60
FIGURA 6-9: EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DEL PELLET (FUENTE: ÍNDICE DE PRECIOS AVEBIOM)	64
FIGURA 6-10: EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DEL HUESO. AVEBIOM	65
FIGURA 6-11: EVOLUCIÓN DEL IPC EN ESPAÑA DESDE 1999 (FUENTE: INE.ES)	68
FIGURA 6-12: FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO	69
FIGURA 6-13: AUMENTO DE VALOR DE VIVIENDA Y PRECIO DE ALQUILER POR CADA ASCENSO DE LETRA EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA (FUENTE: DG ENERGY)	71
FIGURA 6-14: AUMENTO DEL PRECIO DE TASACIÓN Y DE ALQUILER POR CADA MEJORA DE UNA LETRA (FUENTE: DG ENERGY)	71
FIGURA 6-15: INCREMENTO DEL VALOR DE LA VIVIENDA EN FUNCIÓN DE QUÉ TIPO DE MEJORA EN LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EXISTE (FUENTE: 'AN INVESTIGATION OF THE EFFECT OF EPC RATINGS ON HOUSE PRICES' DCEC)	73
FIGURA 6-16: EVOLUCIÓN FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO PARA EL ARRENDADOR.....	76

ANEXOS

FIGURA 1-1: TIPO DE EDIFICIO (FUENTE: CE3X)	79
FIGURA 1-2: DATOS ADMINISTRATIVOS (FUENTE: CE3X).....	80
FIGURA 1-3: ZONA CLIMÁTICA POR PROVINCIA Y ALTURA (FUENTE: DOCUMENTO BÁSICO HE, TABLA B1).....	81
FIGURA 1-4: ZONA CLIMÁTICA POR MUNICIPIO (FUENTE: DOCUMENTO DE APOYO AL DB HE).....	81
FIGURA 1-5: MAPA DE LAS ZONAS CLIMÁTICAS (FUENTE: HE-4)	82
FIGURA 1-6: DATOS GENERALES (FUENTE: CE3X)	82
FIGURA 1-7: ENVOLVENTE TÉRMICA (FUENTE: MANUAL CE3X)	83
FIGURA 1-8: CERRAMIENTOS (FUENTE: CE3X)	84
FIGURA 1-9: PARTICIÓN SUPERIOR (FUENTE: CE3X)	84
FIGURA 1-10: PARTICIÓN INFERIOR / GARAJE (FUENTE: CE3X).....	85
FIGURA 1-11: PARTICIÓN INFERIOR / CÁMARA SANITARIA (FUENTE: CE3X).....	86
FIGURA 1-12: LIBRERÍA DE CERRAMIENTOS (FUENTE: CE3X)	87
FIGURA 1-13: MURO DE FACHADA (FUENTE: CE3X)	87
FIGURA 1-14: RESUMEN HUECOS (FUENTE: CE3X)	88
FIGURA 1-15: VENTANA TIPO DE LA VIVIENDA (FUENTE: CE3X).....	88
FIGURA 1-16: ELEMENTOS DE SOMBREAMIENTO (FUENTE: MANUAL CE3X).....	89
FIGURA 1-17: ELEMENTOS DE SOMBREAMIENTO (FUENTE: CE3X)	89
FIGURA 1-18: RETRANQUEOS Y VOLADIZOS (FUENTE: CE3X).....	89
FIGURA 1-19: PUERTA PRINCIPAL (FUENTE: CE3X)	90
FIGURA 1-20: PUENTES TÉRMICOS (FUENTE: CE3X)	90

FIGURA 1-21: LISTA PUENTES TÉRMICOS (FUENTE: CE3X)	91
FIGURA 1-22: INSTALACIONES DEL EDIFICIO (FUENTE: CE3X)	91
FIGURA 2-1: PROGRAMA DE ANÁLISIS DE DATOS CLIMÁTICOS (FUENTE: AEMET)	92
FIGURA 3-1: TABLA 2.1 HS4 (FUENTE: GUÍA TÉCNICA ACS)	95
FIGURA 3-2: COEFICIENTES PARA EL DIMENSIONADO DE ACS (FUENTE: GUÍA TÉCNICA AGUA SANITARIA CENTRAL)	96
FIGURA 3-3: TEMPERATURAS DEL AGUA DE RED (FUENTE: UNE 94.002/95)	97
FIGURA 4-1: GRÁFICA DE AHORROS FRENTE A NECESIDADES (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	104
FIGURA 4-2: GRÁFICA DE AHORROS FRENTE A NECESIDADES (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	106
FIGURA 5-1: DATOS TÉCNICOS DE LOS INTERACUMULADORES ASA (FUENTE: CATÁLOGO BAXI).....	108
FIGURA 5-2: VASOS DE EXPANSIÓN GERCE (FUENTE: CATÁLOGO ELBI).....	110
FIGURA 5-3: CAUDAL RECOMENDADO EN COLECTOR (FUENTE: CATÁLOGO BAXI)	111
FIGURA 5-4: BOMBA DE CIRCULACIÓN GRUNDFOS UPS (FUENTE: CATÁLOGO GRUNDFOS).....	112
FIGURA 5-5: MODELO GERCE (FUENTE: CATÁLOGO ELBI).....	115

7.3 GLOSARIO

Sc:	Superficie construida (m)
Su:	Superficie útil (m)
Q_a :	Carga térmica mensual (J/mes)
Δ_t :	Variación de temperaturas
C_e :	Calor específico del agua = 4187 J/(Kg ^o C)
C:	Caudal (l)
T_{ACS} :	Temperatura ACS (°C)
I:	Irradiancia (W/m ²)
η :	Rendimiento
U:	Coefficiente de transmitancia del elemento (W/m ² K)
P _{CAL} :	Potencia de la calefacción (W)
D ₁ , D ₂ :	Parámetros adimensionales que relacionan energía absorbida y perdida con carga calorífica respectivamente.
Q_a :	Carga calorífica mensual (J/mes)
E_a :	Energía absorbida por el colector (J/colector)
S_c :	Superficie del colector (m ²)
$F'_r(\tau\alpha)$:	Factor de eficacia corregida del captador
$F_r(\tau\alpha)$:	Factor de eficiencia óptica del captador
$\left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}\right]$:	Modificador del ángulo de incidencia
F_{ci} :	Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador
R_1 :	Radiación diaria media mensual (kJ/m ²)
R_2 :	Radiación solar horizontal (J).
F_T :	Factor de corrección
$F'_R U_L$:	Coefficiente global de pérdidas
t_n :	Temperatura media mensual (°C)
K_1 :	Factor de corrección derivado del almacenamiento
K_2 :	Factor de corrección para el agua caliente
E_p :	Energía perdida en el colector (kWh)
C_p :	Coefficiente de presión
C_d :	Coefficiente de dilatación
PCI:	Poder Calorífico Inferior (kWh/kg)
μ_{PCI} :	Rendimiento sobre el Poder Calorífico Inferior

- K_g : Media ponderada de los coeficientes de transmisión de un edificio de calor (W/m^2K)
- Q_C : Caudal simultáneo de cálculo (l/s).

7.4 BIBLIOGRAFÍA

- PROCESOS TÉRMICOS EN ENERGÍA SOLAR. Duffie, John A; Beckman, William A. Editorial Grupo Cero, ISBN:84-85498-07-0 1ª EDICIÓN.
- ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA INSTALADORES. M. Carlos Tobajas; Editorial Cano Pina, S.L. – Ediciones Ceysa. ISBN: 978-84-96960-71-8. D.L: B-4324-2012. 4ª EDICION.
- ENERGÍA SOLAR TÉRMICA. Javier María Méndez Muñiz; Rafael Cuervo García; Bureau Veritas Formación. Editorial Fundación Confemetal. ISBN: 978-84-967743-99-1; DL: M-26606-2009. 2ª Edición.
- SISTEMAS SOLAR-TÉRMICOS: ALGORITMO OPERATIVO PARA APLICAR EL MÉTODO F-CHART EN LA EVALUACIÓN DE COLECTORES SOLARES. Franklin Obaco, Jorge Jaramillo. UTPL 2010
- GUÍA TÉCNICA: AGUA CALIENTE SANITARIA CENTRAL. IDAE
- GUÍA TÉCNICA: INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN INDIVIDUAL. IDAE
- GUÍA: FRECUENCIAS HORARIAS EN REPETICIÓN DE TEMPERATURA (INTERVALO 24H). IDAE
- GUÍA TÉCNICA: INSTALACIONES DE BIOMASA TÉRMICA EN EDIFICIOS. IDAE
- BIOMASA. EDIFICIOS. IDAE
- GUÍA DE RECOMENDACIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. CERTIFICACIÓN DE EDIFICIOS EXISTENTES CE3X. IDAE
- MANUAL DE USUARIO DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS EXISTENTES CE3X. IDAE
- ENERGÍA SOLAR TÉRMICA: MANUAL DEL PROYECTISTA, Edita: Junta de Castilla y León – Consejería de Economía y empleo, Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN). ISBN:84-9718-112-3. 1ª EDICIÓN
- Norma Básica de la edificación “NBE-CT-79” sobre Condiciones Térmicas de los Edificios
- Documento Básico HE Ahorro de la Energía abril 2009
- RITE 2007. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios