

## **ANEXO 2; CÁLCULOS SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR**

Índice;

- 2.1 Normativa
- 2.2 Instalaciones de energía auxiliar.
- 2.3 Datos de partida.
- 2.4 Cálculo del depósito acumulador y la caldera.
- 2.5 Cálculo del intercambiador.
- 2.6 Cálculos de los circuitos.
  - 2.6.1 Circuito primario.
  - 2.6.2 Circuito secundario.
- 2.7 Cálculos de bombas.
  - 2.7.1 Cálculo de bomba del circuito primario del sistema auxiliar.
  - 2.7.2 Cálculo de bomba del circuito secundario del sistema auxiliar.
- 2.8 Aislamientos de tuberías.
- 2.9 Volumen de expansión.
- 2.10 Cálculo de chimenea.
- 2.11 Sistema de control.

## **2.1 Normativa**

Esta memoria ha sido redactada y los cálculos realizados en estricto cumplimiento de la normativa vigente en la fecha en que se produce la redacción, pasando a continuación a citar todas aquellas a que nos referimos:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Térmicas Complementarias, aprobadas por el Real Decreto 1207/2007 de 20 de Julio.
- Código Técnico de la Edificación y sus documentos básicos.
- Todas las Normas UNE de aplicación en este tipo de instalaciones.

## **2.2 Instalaciones de energía auxiliar**

A continuación se expresan los cálculos necesarios para el dimensionamiento de la caldera que proporcionará la energía necesaria para la producción total de agua caliente, de forma totalmente independiente al sistema solar. De esta manera en caso de algún déficit de agua caliente o un fallo en el sistema solar, el sistema de energía auxiliar mediante la caldera, proporcionará total continuidad en el suministro de agua caliente sanitaria. Todo esto dicho anteriormente nos lo indica así el Reglamento de Instalaciones Térmicas en su ITE 10.1.2, y el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico HE 4 apartado 3.3.6.

La caldera, además de su función principal de suministro de agua caliente sanitaria, también tiene una función muy importante que es respecto a la prevención de la propagación de la legionela.

La legionela, bacteria que vive en medio acuoso, y sobre todo si esa agua se encuentra en reposo. La más común de todas ellas es la neumófila. Suele encontrarse en depósitos sobredimensionados, aljibes, fuentes, torres de refrigeración, etc. Afecta al ser humano solo y exclusivamente si penetra en el aparato respiratorio.

El rango de temperaturas en el que se mueve es:

- Suele vivir entre 35 y 45° C
- Por debajo de esa temperatura es un durmiente y no afecta.
- Por encima de los 70° C empieza a morir (90% en 2 horas).
- Por encima de los 80° C no sobrevive el 90% en 2 minutos.
- Por encima de los 100° C mueren al instante.

Por este motivo, la caldera tendrá que proporcionar la energía necesaria para elevar la temperatura del agua hasta los 70° C o más para la desinfección de todo el circuito de agua caliente sanitaria.

## **2.3 Datos de partida**

El edificio se encuentra en Medina Sidonia (Cádiz), en dicha ciudad se consideran los siguientes datos geográficos y climatológicos:

- Latitud: 36,5 °
- Altitud: 305 m
- Temperatura máxima en verano: 37,2° C
- Temperatura mínima en invierno: -3

Mensualmente los datos que vamos a considerar para los cálculos son los siguientes:

<b>CÁDIZ</b>	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Tª amb. media	13°C	15°C	17°C	19°C	21°C	24°C	27°C	27°C	25°C	22°C	18°C	15°C
Tª agua media	8°C	9°C	11°C	13°C	14°C	15°C	16°C	15°C	14°C	13°C	11°C	8°C

De acuerdo con el consumo calculado en la memoria, tenemos 2840 l/día a 45°C consumidos por el gimnasio.

## 2.4 Cálculo del depósito acumulador y caldera

Se toma un depósito 1000 (aproximadamente 1/3 del consumo diario), en el que debe de haber agua a 60° C, como mínimo, para poder cumplir la Norma UNE 100030:2001. Luego la energía necesaria para calentar 1000 l a 60° C, va a ser;

$$E = 1000 \times C_e \times (60-8) = 52000 \text{ kcal.}$$

Si suponemos que se quiere calentar esta cantidad de agua en 3 horas, la potencia que se necesitará será de:

$$P = 52000 / 3 = 17334 \text{ kcal/h} = 20156 \text{ W} = 20,156 \text{ kW.}$$

Se ha seleccionado una caldera de baja temperatura a gas de la casa Viessmann mod. Vitogas 200-F 22 kW, con quemador de premezcla para gas natural.

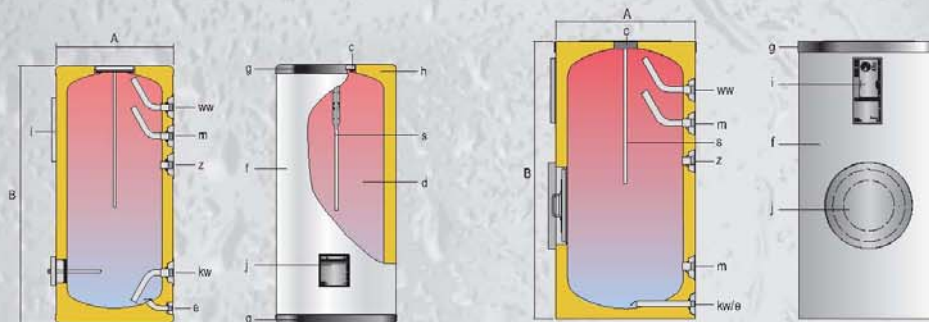
## Datos técnicos Vitogas

### Datos técnicos

Caldera a gas, modelo B<sub>11</sub>/B<sub>11</sub> BS, categoría II<sub>2ELL3 P</sub>, (A): II<sub>2H3 B/P</sub>

Potencia térmica útil	kW	11	15	18	22	29	35	42	48	60
Carga térmica nominal	kW	12,1	16,6	19,9	24,3	32,0	38,6	46,4	53,0	66,2
Superficie de transmisión	m <sup>2</sup>	1,04	1,04	1,51	1,51	1,99	2,46	2,93	3,40	4,35
Valor U del aislamiento térmico	W/m <sup>2</sup> · K	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Nº de distintivo de homologación	CE 0085 AS 0297									
(A): Nº de registro ÖVGW	G 2.614									
Presión de alimentación de gas										
(presión nominal)										
Gas natural	mbar	20	20	20	20	20	20	20	20	20
GLP	mbar	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Presión de alimentación de gas máx. adm.										
Gas natural	mbar	25	25	25	25	25	25	25	25	25
GLP	mbar	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5
Dimensiones totales (indicaciones relativas a la altura con soportes regulables de 13 mm)										
Longitud	mm	580	580	580	580	580	580	580	580	580
Longitud total c	mm	760	760	760	760	760	780	780	780	780
Anchura a	mm	446	446	526	526	596	706	796	886	1076
Anchura total b	mm	500	500	580	580	650	760	850	940	1130
Altura sin regulación	mm	788	788	788	788	788	788	788	788	788
Altura con regulación	mm	890	890	890	890	890	890	890	890	890
Altura con tubo acodado de salida de humos d	mm	950	980	1005	1005	1025	1025	1025	1095	1095
Altura del bastidor	mm	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Peso total	kg	101	101	124	124	148	170	194	218	264
Caldera con aislamiento térmico, quemador y regulación de caldera										
Volumen de agua de la caldera	litros	7,6	7,6	9,7	9,7	11,7	13,8	15,9	17,9	21,9
Presión de servicio adm.	bar	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Conexiones de la caldera										
Impulsión y retorno de caldera	G	1½	1½	1½	1½	1½	1½	1½	1½	1½
Impulsión de seguridad	G	1½	1½	1½	1½	1½	1½	1½	1½	1½
Conexión de vaciado	R	¾	¾	¾	¾	¾	¾	¾	¾	¾
Conexión de gas	R	½	½	½	½	½	½	½	½	½
Valores de conexión referidos a la carga máx.										
Gas natural	m <sup>3</sup> /h	1,28	1,76	2,11	2,57	3,39	4,09	4,91	5,61	7,01
Gas natural	m <sup>3</sup> /h	1,49	2,04	2,45	2,99	3,94	4,75	5,71	6,52	8,15
GLP	kg/h	0,95	1,30	1,56	1,90	2,50	3,02	3,62	4,14	5,17
Índices de humos (valores de cálculo para el dimensionado del sistema de salida de humos según la norma EN 13384)										
Temperaturas de humos (valores brutos, medidos a una temperatura del aire de combustión de 20 °C)										
50 °C de temperatura de caldera	°C	80	95	90	97	102	101	114	114	109
(valores determinantes para el dimensionado del sistema de salida de humos)										
80 °C de temperatura de caldera	°C	90	104	102	106	118	113	130	130	122
(valores para determinar el campo de aplicación de los tubos de salida de humos con temperaturas de servicio máx. admisibles)										
Caudal máximo										
Gas natural	kg/h	32	48	58	73	92	107	105	127	160
Con un contenido de CO <sub>2</sub>	%	5,5	5,0	5,0	4,8	5,0	5,2	6,5	6,1	6,0
GLP	kg/h	30	48	54	67	84	95	101	126	153
Con un contenido de CO <sub>2</sub>	%	6,6	5,6	6,0	5,9	6,2	6,7	7,6	6,9	7,1
Tiro necesario	Pa	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	mbar	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Conexión de humos	Ø mm	90	110	130	130	150	150	150	180	180

5828 392 E



Mod. GX-200...1000-R

Mod. GX-800/1000-RB

- c- Boca superior
- d- Depósito acumulador A.C.S.
- f- Forro externo
- g- Cubiertas
- h- Aislamiento térmico
- i- Panel de control
- j- Boca lateral
- s- Sonda sensores
- e- Desagüe

Características / Conexiones / Dimensiones		GX-200-R	GX-300-R	GX-500-R	GX-800-R/RB*	GX-1000-R/RB*
Capacidad de ACS	litros	200	300	500	800	1000
Peso en vacío (aprox.)	Kg.	50	64	102	147	170
kw: Entrada agua fría	"GAS/M	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2	1-1/2
ww: Salida de ACS	"GAS/M	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2	1-1/2
z: Recirculación	"GAS/M	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2	1-1/2
e: Desagüe	"GAS/M	1	1	1	1-1/4	1-1/4
m: Conexión lateral	"GAS/M	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2	1-1/2
Cota A: Diámetro exterior	mm.	620	620	770	950	950
Cota B: Longitud total	mm.	1205	1685	1690	1840	2250

\* Modelos RB, con boca de hombre lateral DN 400  
Modelos R, con boca de inspección lateral DN 90

## 2.5 Cálculo del intercambiador.

La potencia del intercambiador será igual a la potencia útil de la caldera:

$$P = 22 \text{ kW} = 18920 \text{ kcal/h}$$

Teniendo en cuenta un salto térmico de  $10^{\circ}\text{C}$ , tenemos que:

$$P = C \times C_e \times (\Delta t) \Rightarrow 18920 = C \times 10, \text{ por tanto, el caudal será } C = 1892 \text{ l/h.}$$

Partiendo de esa potencia y ese caudal, el programa de la Sedical nos da el siguiente resultado;

- Fluido: Agua
- Caudal del circuito caliente: 1938.7 l/h
- Caudal del circuito frío: 1930.4 l/h
- $T^a$  entrada circuito caliente:  $80^{\circ}\text{C}$
- $T^a$  salida circuito caliente:  $70^{\circ}\text{C}$
- $T^a$  entrada circuito frío:  $60^{\circ}\text{C}$
- $T^a$  salida circuito frío:  $70^{\circ}\text{C}$

El intercambiador calculado es UFP-32/11H-C-PN10

Fecha :02/05/2008  
 Oferta :  
 Proyecto :  
 Referencia :  
 Posición :

Empresa :  
 A la atención de :  
 Dirección :  
 Localidad :

Hoja nº :

## SEDICAL - INTERCAMBIADOR DE PLACAS UFP-32 / 11 H - C - PN10

Datos Generales		Caliente	Frio
Fluido		Agua	Agua
Potencia de intercambio	kW		22.0
Caudal	l/h	1938.7	1930.4
Temperatura entrada	°C	80.0	60.0
Temperatura salida	°C	70.0	70.0
Perdida de carga	kPa	18.7	18.6
Propiedades termodinámicas		Caliente	Frio
Peso específico	kg/m³	975.10	980.84
Calor específico	kJ/kg×°K	4.19	4.18
Conductividad térmica	W/m×°K	0.66	0.66
Viscosidad media	mPa×s	0.40	0.46
Viscosidad pared	mPa×s	0.46	0.40
Datos técnicos del intercambiador			
Dif. temperatura logarítmica media	°C	10.00	
Numero de placas		11	
Agrupamiento		1 x 5 / 1 x 5	
Tipo / porcentaje		H	
Superficie de intercambio efectiva	m²	0.37	
Coef. global de transmisión (sucio / limpio)	W/m²×°K	5820.1 / 6073.5	
Sobredimensionamiento	%	4.35	
Factor de ensuciamiento	m²×°K/kW	0.0071	
Presión de trabajo / prueba	bar	10.0 / 14.3	
Temperatura máxima de trabajo	°C	110	
Materiales, dimensiones y pesos			
Material de las placas / grosor	mm	AISI 316 / 0.5 mm	
Material de las juntas		Nitrilo HT ( sin pegamento )	
Material de las conexiones circ. caliente		AISI 316	
Material de las conexiones circuito frio		AISI 316	
Diámetro de las conexiones		R 1 1/4 "	
Situación de las conexiones (Caliente / frio)		F1 - F4 / F3 - F2	
Tipo de bastidor		C - PN10	
Largo, alto y ancho del bastidor	mm	227 / 480 / 194	
Peso vacío	kg	37	
Precios y plazos			
Precio unitario tarifa 2008	Euros	532.00	
Cantidad	Unidades	1	
Precio total tarifa 2008	Euros	532.00	
Plazo de entrega		De 3 a 8 semanas a confirmar	
Transporte		Excluido	
Forma de pago		La habitual con Vds.	
Validez de la oferta		2 semanas	
Fecha máxima para recepción del pedido		30/06/2008	(versión 01/08)

## 2.6 Cálculos circuitos.

Para el sistema auxiliar se van a considerar dos circuitos. Uno primario que será el circuito que hay entre la caldera y el intercambiador y otro secundario que hay entre el intercambiador y el acumulador.

### 2.6.1 Circuito primario.

Son las tuberías que van desde la caldera hasta el intercambiador. Estas tuberías serán de cobre.

En la siguiente tabla está realizado todos los cálculos necesarios, en los que se han tenido en cuenta las perdidas de carga por codos, válvulas, válvulas de retención, derivaciones, etc.

TRAMO	Q (l/s)	V (m/s)	D (m)	L. (m)	Le (m)	Lt (m)	J (mcda)	Pi (mcda)	Pf (mcda)
1a_2a	0,539	0,67	0,032	1	4,76	5,76	0,118	0	0,118
3a_4a	0,539	0,67	0,032	1	6,63	7,63	0,156	0,118	0,275

En los planos correspondientes se pueden ver a que punto corresponden los tramos 1a\_2a y 3a\_4a. Se puede ver que la perdida de carga en el circuito primario del sistema auxiliar es de 0,275 mdca.

### 2.6.2 Circuito secundario.

Son las tuberías que van desde la caldera hasta el intercambiador. Estas tuberías serán de cobre.

En la siguiente tabla está realizado todos los cálculos necesarios, en los que se han tenido en cuenta las perdidas de carga por codos, válvulas, válvulas de retención, derivaciones, etc.

TRAMO	Q (l/s)	V (m/s)	D (m)	L. (m)	Le (m)	Lt (m)	J (mcda)	Pi (mcda)	Pf (mcda)
5a_6a	0,536	0,67	0,032	0,8	4,76	5,56	0,113	0	0,113
7a_8a	0,536	0,67	0,032	0,8	6,63	7,43	0,151	0,113	0,264

En los planos correspondientes se pueden ver a que punto corresponden los tramos 5a\_6a y 7a\_8a. Se puede ver que la perdida de carga en el circuito secundario del sistema auxiliar es de 0,264 mdca.

## 2.7 Cálculo de bombas.

Para la determinación de las bombas necesarias en la instalación haremos uso del programa de cálculo de la casa Wilo, por lo que precisaremos conocer:

- Fluido que circulará por ella
- Caudal que moverá
- Pérdida de carga



### **2.7.1 Cálculo bomba circuito primario del sistema auxiliar**

La bomba deberá tener estas características:

- Fluido; agua
- Caudal; 1938.7 l/h.
- Pérdida de carga: Tal y como se determinó en el apartado 1.4.1 tenemos una pérdida de carga en el circuito de tuberías de 0.275 mdca y en el intercambiador externo tenemos una pérdida de carga de 1.87 mdca, así pues la pérdida de carga total en el circuito primario del sistema auxiliar será de 2.145 mdca.

La bomba seleccionada que cumpla todo los requisitos es el modelo Wilo TOP-S 25/5 1~ PN 10

Bomba circuladora de rotor húmedo para el montaje directo en tubería. Conmutación de 3 velocidades. Aislamiento térmico de serie. Para conexión a corriente 1x230 V/50 Hz (hasta  $P_2 = 180 \text{ W}$ ) o 3x400 V/50 Hz (3x230 V/50 Hz en combinación con enchufe conmutador 3x230V).

Teléfono Telefax	<b>TOP-S 25/5 1~ PN 10</b> Instalación: Bomba estándar	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; display: inline-block; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">WILO</div>
Cliente Nº Cliente Contacto Elaborado por	Proyecto Nº proyecto Nº pos. Lugar	Página 1 / 1 Fecha 03.05.2008

**Datos de trabajo teóricos**

Caudal	1,9	m³/h
Altura de impulsión	2,2	m
Fluido	Agua limpia	
Temperatura fluido	80	°C
Densidad	0,9717	kg/dm³
Viscosidad cinemática	0,3576	mm²/s
Presión de vapor	0,4731	bar

**Datos bomba**

Marca	WILO
Tipo	TOP-S 25/5 1~
Tipo inst.	Bomba simple
Presión nominal máx.	PN10
Temp. mín. fluido	-20 °C
Temp. máx. fluido	130 °C

**Datos hidráulicos (punto de trabajo)**

Caudal	1,96	m³/h
Altura de impulsión	2,34	m
Potencia absorbida P1	0,0911	kW
Velocidad	1640	1/min

**Altura mín. aspiración**

Temperatura	50	95	110	130	°C
Altura mín. aspiración	0,5	5	11	24	m

**Materiales**

Carcasa	EN-GJL 200
Eje	X 40 Cr 13
Rodete	PPO, ref. con fib. de vidrio
Cojinete	Carbón, impre. d. metal

**Medidas** (mm)

b1	50	a1	40				
b2	87,5	a2	70				
b3	92	Pg	2 x 13,5				
l0	180	G	G1 1/2				
l1	150						

Lado aspiración: Rp 1/G 1½ / PN 10  
 Lado impulsión: Rp 1/G 1½ / PN 10  
 Peso: 4,5 kg

**Datos del motor**

Pot. nominal P2	0,05	kW
Potencia absorbida P1	0,136	kW
Velocidad nominal	2320	1/min
Tensión nominal	1~230 V, 50 Hz	
Intensidad máx. absorbida	1,65	A
Tipo de protección	IP 44	
Tolerancia tensión		

Referencia de la versión estándar: 2044009

PE    L    N  
1~230 V, 50 Hz

### **2.7.2 Cálculo bomba circuito secundario del sistema auxiliar**

La bomba deberá tener estas características;

- Fluido; agua
- Caudal; 1930.4 l/h.
- Pérdida de carga: Tal y como se determinó en el apartado 1.4.2 tenemos una pérdida de carga en el circuito de tuberías de 0.264 mdca y en el intercambiador externo tenemos una pérdida de carga de 1.86 mdca, así pues la pérdida de carga total en el circuito primario del sistema auxiliar será de 2.124 mdca.

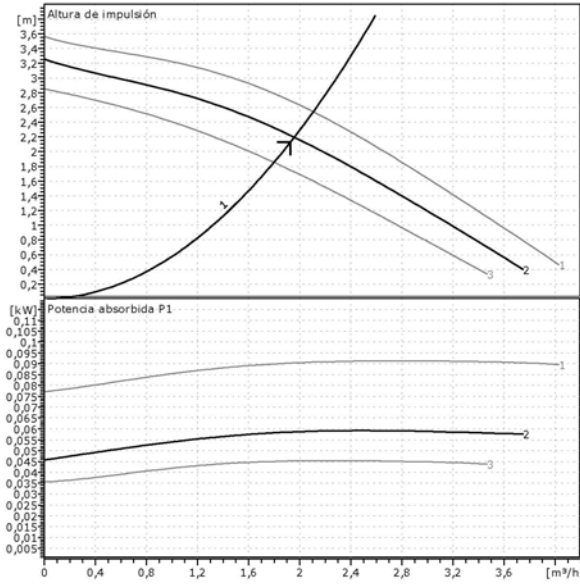
La bomba seleccionada que cumpla todo los requisitos es el modelo Wilo-TOP-Z 20/4 3~ PN 10

Bomba circuladora de rotor húmedo para A.C.S., libre de mantenimiento, para el montaje directo en tubería. Conmutación de 3 velocidades. Aislamiento térmico de serie.

Para conexión a corriente 1x230 V/50 Hz o 3x400 V/50 Hz (3x230 V/50 Hz en combinación con enchufe conmutador 3x230V).

Wilo Ibérica, S.A.  Teléfono +34 95 447 52 80 Telefax +34 95 447 52 82	<b>TOP-Z 20/4 3~ PN 10</b> Instalación: Bomba ACS	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; display: inline-block; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">WILO</div>
Cliente Nº Cliente Contacto Elaborado por	Proyecto Nº proyecto Nº pos. Lugar	Página 1 / 1 Fecha 05.05.2008



Datos de trabajo teóricos		
Caudal	1,93	m³/h
Altura de impulsión	2,13	m
Fluido	Agua limpia	
Temperatura fluido	70	°C
Densidad	0,9777	kg/dm³
Viscosidad cinemática	0,4084	mm²/s
Presión de vapor	0,3121	bar

Datos bomba		
Marca	WILO	
Tipo	TOP-Z 20/4 3~	
Tipo inst.	Bomba simple	
Presión nominal máx.	PN10	
Temp. mín. fluido	-20	°C
Temp. máx. fluido	110	°C

Datos hidráulicos (punto de trabajo)		
Caudal	1,96	m³/h
Altura de impulsión	2,19	m
Potencia absorbida P1	0,0586	kW
Velocidad	2650	1/min

Altura mín. aspiración					
Temperatura	50	80	110		°C
Altura mín. aspiración	5	8	20		m

Materiales	
Carcasa	Acero inox.
Eje	Cerámica
Rodete	PPO, ref. con fib. de vidrio
Cojinete	Carbón, impre. d. resina

Medidas						mm	
Pg	1 x 13,5	b2	70				
l0	150	b3	92				
a2	54	l1	162				
a1	30	G	G 1 1/4				
b1	50						

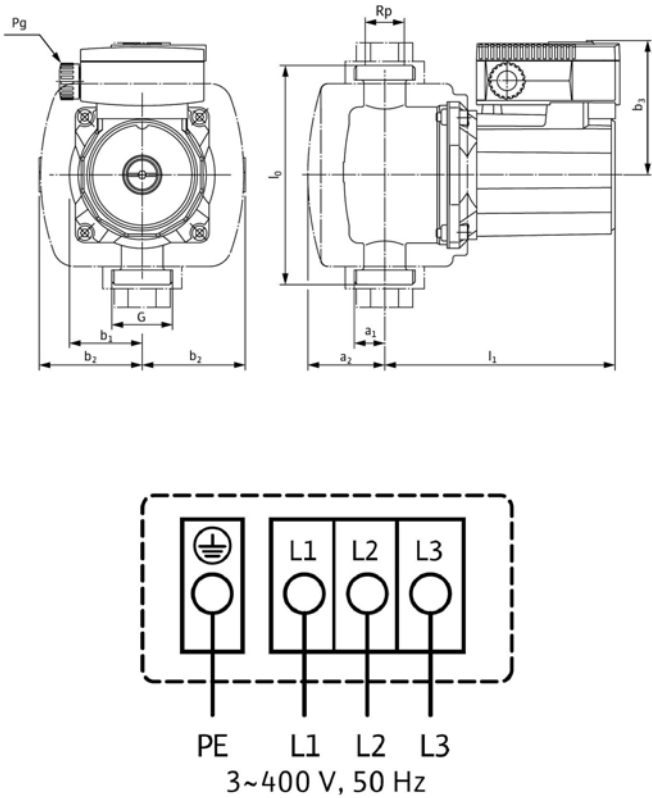
Lado aspiración	Rp 3/4/G 1 1/4	/ PN 10
Lado impulsión	Rp 3/4/G 1 1/4	/ PN 10
Peso	3	kg

Datos del motor		
Pot. nominal P2	0,06	kW
Potencia absorbida P1	0,1	kW
Velocidad nominal	2850	1/min
Tensión nominal	3~400 V, 50	Hz
Intensidad máx. absorbida	3,35	A
Tipo de protección	IP 44	
Tolerancia tensión		

Referencia de la versión estándar 2045520



Reservado el derecho a introducir modificaciones
Versión Software 3.1.6 - 16.02.2007 (Build 13)
Grupo de usuarios ES
Estado datos 01.10.2006

## 2.8 Aislamiento de tuberías.

Es un elemento fundamental en la instalación cuya finalidad es disminuir las posibles pérdidas térmicas tanto en los colectores, el acumulador, válvulas, intercambiador y las tuberías.

Para el caso de tuberías, de acuerdo con el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación) el espesor del aislamiento depende del diámetro exterior de la tubería, de la localización de la misma (interior o exterior) y del rango de temperaturas de trabajo del fluido. El material empleado será coquilla elastomérica HT/ARMAFLEX, de espesor según;

Tabla 1.2.4.2.1: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido ( °C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido ( °C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

## 2.9 Volumen del vaso de expansión.

La función de un vaso de expansión es compensar los cambios del volumen del fluido de trabajo ocasionados por la dilatación térmica, influyendo en el cálculo del mismo los siguientes factores;

- Cantidad de fluido de trabajo contenido en el circuito.
- Rango de temperaturas entre los que puede fluctuar el fluido de trabajo.
- Características del fluido de trabajo.
- Localización del vaso de expansión en la instalación.
- Posibilidad de vaporización del fluido contenido en los captadores.

El procedimiento de cálculo para el vaso de expansión se basa en la normativa UNE-100155: Cálculo de vasos de expansión.

Para un vaso de expansión cerrado, sin trasiego de fluido al exterior, el volumen total del vaso se calculará mediante la siguiente ecuación;

$$V_t = V_u \times C_p$$

Donde:

$V_t$  = Volumen total del vaso de expansión.

$V_u$  = Volumen útil del vaso de expansión.

$C_p$  = Coeficiente de presión del gas.

El volumen útil que debe de tener el depósito debe ser al menos de:

$$V_u = V \times C_e$$

Donde:

$V$  = Volumen de agua total de la instalación en litros.

$C_e$  = Coeficiente de dilatación del agua en %.

El volumen total de agua en la instalación es la suma del volumen el generador y emisores más la capacidad de las tuberías:

$$V_t = V_{\text{Intercambiador}} + V_{\text{Caldera}} + V_{\text{Tuberías}}$$

$$V_t = 45.3 + 9.7 + 10.77 = 65.77 \text{ litros.}$$

Tomando un factor de seguridad del 10% se obtiene un volumen total de:

$$V = 65.77 \times 1,1 = 72.35 \text{ litros.}$$

Para una temperatura máxima de 80°C, el  $C_e$  será igual;

$$C_e = (-33.48 + 0.738 \times T^a) \times 10^{-3} = 0.026$$

Por tanto el volumen útil del depósito deber ser de:

$$V_u = 72.35 \times 0.026 = 1.89 \text{ litros.}$$

El coeficiente de presión del gas relaciona la presión máxima de trabajo ( $P_M$ ) y la presión mínima ( $P_m$ ), ambas como presiones absolutas:

$$C_p = P_M / (P_M - P_m)$$

La presión mínima será igual a 0.2 bar para sistemas donde la temperatura de funcionamiento es inferior a 90°C, como es nuestro caso.

Por otra parte la presión máxima de trabajo,  $P_M$ , se obtiene por el menor entre los siguientes valores:

$$1) P_M = 0,9 \times P_{vs} + 1$$

$$2) P_M = P_{vs} + 0,65$$

Donde:

Pvs = Presión de tarado de la válvula de seguridad (6 bar para nuestro caso)

1) PM = 6.4 bar.

2) PM = 6.65 bar.

Nos queda;

$$C_p = 6,65 / (6,65 - 0,2) = 1,031$$

Por tanto la capacidad total del depósito debe ser:

$$V_t = V_u \cdot C_p = 1.89 \times 1,031 = 2 \text{ litros}$$

Se elige un depósito de expansión cerrado que cumpla como mínimo con las siguientes características:

Capacidad total= 2,0 litros

Presión máxima de trabajo= 7,0 bar.

Presión de llenado= 0,2 bar.

Presión de tarado de la válvula de seguridad 6,0 bar.

## 2.10 Cálculo de chimenea

Se van a calcular las chimeneas siguiendo las ITE 2.14 y 3.11 del RITE, que remiten a la norma UNE 123.001.

Para el cálculo de una chimenea de evacuación de los productos de la combustión se procederá de la manera que se describe en la norma UNE 123.001.

### Datos generales

- Potencia del generador: 22 kW
- Combustible: gas natural.
- Para el gas: PCS = 44000 KJ/Nm<sup>3</sup>; PCI = 39600 KJ/Nm<sup>3</sup>; PC = 11.2; PF = 11.9; CO<sub>2max</sub> = 12.1%
- Rendimiento del generador: 93 %
- Contenido CO<sub>2</sub> ≈ 9%.
- Cálculo del exceso de aire, e;

$$e = (CO_{2max} / CO_2 - 1) \times C_c$$

Donde;

CO<sub>2max</sub>; es el contenido máximo teórico de dióxido de carbono en los humos.

CO<sub>2</sub>; es el contenido medio de dióxido de carbono en los humos.

C<sub>c</sub>; es el coeficiente corrector del exceso de aire. (0.91).

Quedando e = 0.313.

- Determinación de la temperatura de los humos a la salida del generador. Aproximadamente 235°C.

- Cálculo del caudal másico de los productos de la combustión, mediante la siguiente expresión:

$$m = 1,2 \times (PF + e \times PC) \times P / (n \times PCI)$$

Donde;

- m; es el caudal másico, expresado en kg/s.
- PF; es el Poder Fumífero (cantidad de gases resultante de la combustión con aire estequiométrico de una unidad de masa o volumen de combustible, referida a las condiciones normalizadas), medido en Nm<sup>3</sup>/kg o Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>, según se trate de combustible líquido o sólido o bien gaseoso, respectivamente.
- PC; es el Poder Comburífero (cantidad estequiométrica de aire seco necesario para la combustión completa de una unidad de masa o volumen de combustible, referida a las condiciones normalizadas), medido en Nm<sup>3</sup>/kg o Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>, según se trate de combustible líquido o sólido o bien gaseoso, respectivamente.
- n; es el rendimiento total del generador, referido al PCI del combustible (adimensional).
- PCI; es el Poder Calorífico Inferior del combustible, medido en kJ/kg o kJ/Nm<sup>3</sup> según se trate de combustible líquido o sólido o bien gaseoso, respectivamente.
- P; es la potencia térmica útil del generador, expresada en kW.
- e; es el exceso de aire.

Para el gas: PCS: 44000 KJ/Nm<sup>3</sup>; PCI: 39600 KJ/Nm<sup>3</sup>; PC: 11.2; PF: 11.9, quedando,  $m = 1.2 \times (11.9 + 0.31 \times 11.2) \times 22 / (0.93 \times 39600) = 0.011 \text{ kg/s}$ .

- El hogar de la caldera está en sobrepresión, por lo que la presión de los humos a la salida de la misma es cero.
- Altura de la chimenea: 3 m, ya que debe sobrepasar la cubierta 1 m.
- Temperatura del aire exterior: 15 °C
- Altitud; 305 m.

#### Cálculo de tramo horizontal y vertical

Los cálculos realizados son a partir de los datos y formulas expuestas en la norma UNE 123000.

Tras diversos cálculos de aproximación, se resuelve la chimenea con un tramo horizontal de 150 mm, y un tramo vertical de 150 mm, ambos de diámetro interior. A continuación se realizará las comprobaciones de pérdidas de presión, que deberán ser inferiores al tiro natural de la chimenea.

Nuestra chimenea va a estar formada por un tramo horizontal de 4.5 m y un tramo vertical de 3 m.

La caída de presión va a ser igual;

$$Ap = ((Phm \times Vm^2 / 2 \times (f \times L/Dhi + \sum \xi) + Apd) \times f_s.$$



Donde;

- Phm; densidad media de los humos

$$Phm = (101325 \times (1 - 0.00012 \times A)) / (R \times Thm)$$

Donde;

A; es la altitud sobre el nivel del mar, expresada en m (305 m).

R; es la constante de elasticidad de los humos, expresada en J/(kg K).

La constante de elasticidad de los humos, definida como relación entre la constante universal de los gases y el peso medio ponderal molecular del gas, es para el gas 300 J/(kg K).

Thm; es la temperatura media de los humos, en K (379 K de acuerdo con el fabricante)

Quedando; Phm = 0.891 kg/m<sup>3</sup>

- Vm; es la velocidad media de los humos en el tramo considerado y se calculará mediante la siguiente ecuación;

$$Vm = m / (Phm \times S)$$

Donde;

S; es el área interior de la sección transversal de la chimenea (m<sup>2</sup>)

Quedando; Vm = 0.011 / (0.891 x 0.0177) = 0.697 m/s

- f; es el factor de fricción, que podrá obtenerse, de forma exacta, de la ecuación de Colebrook o, también, con suficiente precisión, mediante ecuaciones aproximadas de solución directa en función de la rugosidad de la superficie interior r (mm), del diámetro hidráulico D (m) y del número de Reynolds Re (adimensional). Una expresión muy simple, válida para rugosidades (ficticias) entre 0,5 mm y 5 mm y números de Reynolds entre 3000 y 1000000, es la siguiente:

$$f = 0.118 \times r^{0.25} / Dhi^{0.4}$$

Del capítulo C.7 de la norma UNE se toma como rugosidad media (ficticia) para el acero inoxidable que se empleará el valor 0.75 mm.

$$f = 0.118 \times 0.75^{0.25} / 0.150^{0.4} = 0.235$$

- L; longitud del tramo. (7.5 m).
- Dhi; diámetro de la chimenea. (0.150 m).
- $\sum \xi$ ; es la suma de los coeficientes de las pérdidas localizadas y será igual:
  - Tramo horizontal;
    - 2 uds. curvas de gajos; 2 x 0.6 = 1.2
    - 1 ud. te; 0.38
  - Tramo vertical;
    - 1 ud. sombrerete de salida de aire; 1
- Apd; es la variación de presión dinámica desde la entrada a la salida de la chimenea que se halla;

$$Apd = Phm \times (V_{ms}^2 - V_{me}^2) / 2 = 0, \text{ porque } V_{ms} = V_{me}.$$

- $f_s$ ; es un factor de seguridad que es necesario considerar y que su valor es igual a 1.2 para conducciones prefabricadas.

Por tanto, la caída de presión será igual;

$$Ap = (0.891 \times 0.697^2 / 2 \times (0.235 \times 7.5 / 0.150 + 1.58 + 1)) \times 1.2 = 3.73 \text{ Pa.}$$

$$Ap = ((Phm \times Vm^2 / 2 \times (f \times L / Dhi + \sum \xi) + Apd) \times f_s.$$

El tiro térmico (o natural),  $t$ , provocado por la diferencia de densidad entre el gas en el interior de la chimenea y el aire exterior está dado, en Pa, por la siguiente ecuación:

$$t = g \times H \times (p_a - Phm).$$

Donde;

- $H$ ; es la altura eficaz, representa la distancia vertical entre la salida de humos del generador (su eje, si la boca es vertical) y la boca de salida de la chimenea
- $p_a$ ; es la densidad del aire exterior y se calcula;

$$p_a = (101325 \times (1 - 0.00012 \times A)) / (R \times T_a)$$

$$p_a = (101325 \times (1 - 0.00012 \times 305)) / (287 \times (15 + 273)) = 1.181 \text{ kg/m}^3$$

- $Phm$ ; es la densidad de los humos
- $g$ ; es la aceleración de la gravedad:  $9.81 \text{ m/s}^2$ .

$$t = 9.81 \times 3 \times (1.181 - 0.891) = \mathbf{8.5347 \text{ Pa} > 3.73 \text{ Pa}}$$

Como se observa las pérdidas son menores al tiro natural, luego las dimensiones de la chimenea son correctas.

## 2.11 Sistema de control

La regulación solar y del sistema de energía auxiliar se llevará a cabo mediante la centralita de DELTA SOL M., con control sobre todos los parámetros de regulación y actuación del sistema: válvula mezcladora, bombas, caldera, etc.

La estrategia de funcionamiento es la siguiente:

### Arranque de la bomba del circuito primario

-Si el sensor solar es mayor que el umbral y la sonda de temperatura que hay en los colectores marca  $7^\circ \text{C}$  más que la temperatura a la salida del intercambiador de placas.

### Parada de la bomba del circuito primario

- Si el sensor solar es menor que el umbral que se haya establecido.
- Si la temperatura en los colectores es menos o igual de  $4^\circ \text{C}$  superior a la de la salida del intercambiador entonces la bomba de circulación se desconectará.
- Sí la temperatura en el deposito solar es mayor de  $80^\circ \text{C}$  entonces la bomba del primario se desconecta.

#### Bomba del circuito secundario

- Si la temperatura a la salida del intercambiador en el secundario es 5° C mayor que la del acumulador entonces la bomba arranca.
- Sí la temperatura de la salida del intercambiador es menos o igual 2° C superior a la del deposito de acumulación entonces la bomba de circulación se detiene.

#### Circulación desde acumulador solar al acumulador auxiliar

- Si la temperatura en el deposito solar es 5° C superior a la del acumulador secundario y además no hay consumo (detector de flujo) entonces arranca la bomba de circulación entre estos circuitos.
- Si la temperatura del acumulador solar es menos de 3° C superior a la del auxiliar o hay consumo entonces la bomba se desconecta.
- Si la temperatura del acumulador solar es menor a 55° C entonces la bomba se desconecta.
- Sí la temperatura del acumulador auxiliar es mayor de 65° C entonces la bomba de circulación se desconectan.

#### Bomba de recirculación.

- Si hay caudal (detector de flujo) la bomba se detiene
- Si el detector de flujo detecta que no hay caudal entonces la bomba de recirculación arranca.

#### Bomba del circuito primario auxiliar y secundario auxiliar

- Si la temperatura en el acumulador auxiliar es menor a 55° C entonces arranca las bombas de los circuitos primario auxiliar y secundario auxiliar.
- Si la temperatura en el acumulador auxiliar es mayor a 60° C entonces paran las bombas de los circuitos primario auxiliar y secundario auxiliar.