

1	.....	- 4 -
2	.....	- 6 -
	2.1 SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA ZONA DE PARKING.....	- 6 -
	2.2. SISTEMA DE VENTILACIÓN GRUPO ELECTROGÉNO.....	- 6 -
3	.....	- 7 -
	3.1. INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN.....	- 7 -
	3.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.	- 7 -
	3.3. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	- 8 -
	3.3.1. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.	- 8 -
	3.3.2. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.	- 9 -
	3.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.....	- 9 -
	3.4.1. Comprobación por densidad de corriente.....	- 9 -
	3.4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.	- 9 -
	3.4.3. Cálculo por sollicitación térmica. Sobreintensidad térmica admisible.....	- 10 -
	3.5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN. .-	- 11 -
	3.5.1. Selección de protecciones en alta tensión.....	- 11 -
	3.5.2. Selección de protecciones en baja tensión.....	- 12 -
	3.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.	- 12 -
	3.7. DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS.	- 13 -
	3.8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.....	- 13 -
	3.8.1. Investigación de las características del suelo.	- 13 -
	3.8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.	- 13 -
	3.8.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.	- 14 -
	3.8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.	- 16 -
	3.8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la Instalación. -	- 16 -
	3.8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación. -	- 17 -
	3.8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.	- 17 -
	3.8.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.	- 19 -
	3.9. CONSIDERACIONES.....	- 19 -
4	.....	- 20 -
	4.1. CÁLCULO HORAS DE MÁXIMA RADIACIÓN.....	- 21 -
	4.2. CÁLCULO SUPERFICIE DE OCUPACIÓN DE CADA MÓDULO FOTOVOLTACIO	- 21 -
	4.3. CÁLCULO NÚMERO DE MÓDULOS FOTOVOLTACIOS.....	- 22 -
	4.4. CÁLCULO DE SOMBRAS	- 22 -
	4.5. CÁLCULO SUPERFICIE TOTAL INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	- 23 -
	4.6 CÁLCULO DE SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES	- 23 -
5	.....	- 25 -
CÁLCULOS ACS	.....	- 25 -
	5.1. DIMENSIONADO BÁSICO	- 26 -
	5.2. CÁLCULO DE LA DEMANDA	- 27 -
	5.3. CÁLCULO CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA	- 28 -

5.4. CÁLCULO SUPERFICIE DE OCUPACIÓN DE CADA MÓDULO FOTOTÉRMICO.....	- 28 -
5.5. CÁLCULO DE SOMBRAS.....	- 29 -
5.6. CÁLCULO NECESIDADES ENERGÉTICAS Y AHORROS.....	- 30 -

1

CÁLCULOS PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra del edificio se calculará en base a la ITC-BT 18, del presente RBT.

La resistividad del terreno, es de 1000Vxm.

Dadas las características de la instalación y del tipo de protecciones que se colocarán (interruptores diferenciales, 40A/30mA), para evitar tensiones superiores a 50V, la resistencia máxima del conjunto de elementos totales será de 1667V.

$$Ra = \frac{50}{0,03} = 1667\Omega$$

Una vez obtenida la resistencia total (es la suma de la resistencia de la toma de tierra y de los conductores de las masas), pasaremos a calcular la resistencia del cable:

$$R_{cable} = \frac{2 \cdot \rho}{L}$$

Siendo:

r: Resistividad del terreno, hemos dicho anteriormente que era de 1000Vxm.

L: Perímetro del edificio expresado en (m), para nuestro caso hemos cogido 320m sobredimensionando para que la seguridad en el perímetro del edificio quede más que asegurada.

Aplicando la fórmula anterior, obtenemos la resistencia del cable.

$$R_{cable} = \frac{2 \cdot 1000}{320} = 6,25\Omega$$

Y ahora pasaremos a calcular el número de picas necesarias para nuestra instalación.

Primero calcularemos la resistencia total de las picas, teniendo en cuenta que para la naturaleza de nuestra instalación (instalación con pararrayos), la resistencia por pica tiene que ser de 15Ω . En el caso de no dispusiéramos de pararrayos sería de $37V$.

Aplicando la fórmula siguiente, obtenemos la resistencia total de las picas.

$$R_{totaldepicas} = \frac{1}{\frac{1}{R_p} - \frac{1}{R_{cable}}}$$

Que según nuestros datos:

$$R_{totaldepicas} = \frac{1}{\frac{1}{6,25} - \frac{1}{15}} = 10,75$$

Una vez tenemos la resistencia total de las picas, podemos calcular las picas a instalar según la fórmula siguiente:

$$N^{\circ} \text{ picas} = \frac{\rho}{L_{pica} \cdot R_{totaldelaspicas}}$$

Siendo la longitud de la pica a instalar de $2m$.

Aplicamos la fórmula y obtenemos el número de picas a instalar.

$$N^{\circ} \text{ picas} = \frac{1000}{2 \cdot 10,75} = 46,5 \text{ picas}$$

Por lo tanto habrá que instalar un total de 47 picas para ya que con 46 no llegaríamos a la norma establecida, distribuidas uniformemente por el perímetro del edificio, para que toda la superficie del mismo quede protegida.

2

Cálculos Ventilación

2.1 SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA ZONA DE PARKING

Se realiza un estudio para determinar la carga eléctrica a destinar a la ventilación de la zona parking.

El recinto a ventilar ocupa una superficie de 697 m² con una altura de 3 m a lo largo de ella. Por lo tanto el volumen de aire a renovar será de:

$$\text{Volumen} = 697\text{m}^2 \cdot 3\text{m} = 2091\text{m}^3$$

Para garantizar una buena calidad del aire respirable en la nave se renovará 6 veces el volumen total cada hora. Por tanto el caudal de aire por hora será de:

$$\begin{aligned} \text{Caudal} &= 6 \cdot 2091\text{m}^3 / \text{h} = 12546\text{m}^3 / \text{h}, \\ \text{Caudal} &= 2091\text{m}^3 \cdot 6\text{ren} / \text{h} = 12546\text{m}^3 / \text{h}; \end{aligned}$$

Se ventilarán 12546m³/h, nos quedamos con el mayor de ellos, esto incluye tanto un sistema de aspiración, que será el encargado de introducir ese caudal de aire limpio a la nave, y otro de expulsión, que se encargará de sacar al exterior el aire contaminado causado por el movimiento de vehículos.

2.2. SISTEMA DE VENTILACIÓN GRUPO ELECTROGÉNO

Se realiza un estudio para determinar la carga eléctrica a destinar a la ventilación del grupo electrógeno.

El recinto a ventilar ocupa una superficie de 59,5 m² con una altura de 3 m a lo largo de ella. Por lo tanto el volumen de aire a renovar será de:

$$\text{Volumen} = 59,5\text{m}^2 \cdot 3\text{m} = 178,5\text{m}^3$$

Para garantizar una buena calidad del aire respirable en la nave se renovará 7 veces el volumen total cada hora. Por tanto el caudal de aire por hora será de:

$$\text{Caudal} = 178,5\text{m}^3 \cdot 30\text{ren} / \text{h} = 5355\text{m}^3/\text{h};$$

Se ventilarán 5355m³/h, esto incluye tanto un sistema de aspiración, que será el encargado de introducir ese caudal de aire limpio a la nave, y otro de expulsión, que se encargará de sacar al exterior el aire contaminado causado por la actividad industrial.

3

Cálculos Transformador

3.1. INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN.

En un sistema trifásico, la intensidad primaria I_p viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = 37,5\text{A}$$

Siendo:

S: Potencia del transformador = 1000kVA

U: Tension compuesta primaria = 15.4 kV.

I_p : Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador 1000 (kVA) I_p (A) 37,5.

3.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.

En un sistema trifásico la intensidad secundaria I_s viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{Fe} - W_{Cu}}{\sqrt{3} \cdot U} = 1425,8A$$

Siendo:

S: Potencia del transformador en kVA.

W_{Fe} : Perdidas en el hierro = 2600 W

W_{cu} = Perdidas en los arrollamientos =17000 W

U = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios; 0.4kV.

I_s = Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador 2000 (kVA) I_s 1425,8 (A)

3.3. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tension:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

S_{cc} : Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

U: Tensión primaria en kV.

I_{ccp} : Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{cc}}{100} \cdot U_s}$$

Siendo:

S: Potencia del transformador en kVA.

U_{cc} : Tension porcentual de cortocircuito del transformador.

U_s : Tension secundaria en carga en voltios.

I_{ccs} : Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3.1. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando la formula expuesta anteriormente con:

S_{cc} 350 MVA
U 15,4 Kv
I_{ccp} 13,12 kA

3.3.2. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente y sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador [kVA] 1000 U_{cc} 4 [%] I_{ccs} 5,77 [kA]

3.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

El embarrado de los conjuntos compactos RM6 está constituido por tramos en forma omega de 390 mm de longitud, de barra cilíndrica de cobre semiduro F20.

La separación entre las barras y entre aisladores en un conjunto compacto (separación entre fases) es de 70 mm.

Características del embarrado:

- Intensidad nominal 400 A.
- Límite térmico 1 seg. 16 kA ef.
- Límite electrodinámico 40 kA cresta.

Por tanto, hay que asegurar que el límite térmico es superior al valor eficaz máximo que puede alcanzar la intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

3.4.1. Comprobación por densidad de corriente.

Para la intensidad nominal de 400 A, el embarrado de las celdas RM6 es cilíndrico de tubo de cobre macizo de diámetro de 16 mm. que equivale a una sección de 201mm².

La densidad de corriente es:

$$d = \frac{400}{201} = 1,99 \text{ A/mm}^2$$

Según normativa DIN se tiene que para una temperatura ambiente de 35°C y del embarrado a 65°C, la intensidad máxima admisible en régimen permanente para un diámetro de 16 mm. es de 464 A, lo cual corresponde a la densidad máxima de 2,31 A/mm² superior a la calculada (1,99 A/mm²).

Con estos datos se garantiza el embarrado de 400 A y un calentamiento inferior de 30°C sobre la temperatura ambiente.

3.4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

En un cortocircuito bifásico de 40 kA, entre dos fases contiguas, sobre los tramos horizontales se produce un esfuerzo de:

$$F = 2,04 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{I_{cc}^2 \cdot L}{d}$$

Siendo:

F: Fuerza resultante en kg.

I_{cc}: intensidad cresta de cortocircuito = 40.000 A cresta.

d: separación entre fases = 0,07 metros.

L: longitud tramos embarrado = 0,39 m.

Sustituyendo:

$$F = 2,04 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{4000^2 \cdot 0,39}{0,07} = 181,8 \text{ kg}$$

El esfuerzo se transmite a los apoyos de la barra como en una viga empotrada en un extremo y una fuerza F/2 en el otro extremo.

$$M_{MAX} = \frac{F}{2} \cdot 60 = 90 \cdot 60 = 5455 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

El modulo resistente de la barra de 1,6 cm. es:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 1,6^3}{32} = 0,402 \text{ cm}^3 = 402 \text{ mm}^3$$

La fatiga máxima es:

$$r_{m\acute{a}x} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{5455}{402} = 13,57 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

Para el cobre semiduro la fatiga de rotura es de 28 kg/mm² y de 19 kg/mm² para una deformación permanente de valor 0,2 %, por lo que esta no se producirá.

Como el momento flector máximo se produce en los extremos de las barras atornilladas con tornillos M 12, estos tornillos deben ser capaces de soportar dicho momento.

Los tornillos M 12 de 80 kg. (8 G) admiten un par de apriete de 7 mKg, valor muy superior al momento flector.

3.4.3. Cálculo por solicitud térmica. Sobreintensidad térmica admisible.

La sobreintensidad máxima admisible durante 1 segundo se determina de acuerdo con CEI 298 de 1981 por la expresión:

$$S = \frac{I}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{t}{\delta}}$$

Siendo:

S: sección de cobre en mm² = 201 mm²

α: 13 para el cobre.

t: tiempo de duración del cortocircuito en segundos.

I: Intensidad eficaz en Amperios.

δ : 180° para conductores inicialmente a ta ambiente.

Si reducimos el valor de δ en 30°C, por considerar que el cortocircuito se produce después del paso permanente de la intensidad nominal, y para t = 1 seg.

$$I = S \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{\delta}{t}}$$

Siendo:

δ : 180° para conductores inicialmente a ta ambiente

Sustituyendo:

$$I = 201 \cdot 13 \cdot \sqrt{\frac{150}{1}} = 32002A$$

Por tanto Ith > 16 kA eficaces durante 1 segundo.

3.5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

3.5.1. Selección de protecciones en alta tensión

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla practica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede

verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger.

Potencia del transformador [kVA]	I _N del fusible de A.T. [A]
1000	40

3.5.2. Selección de protecciones en baja tensión

En el circuito de baja tensión del transformador se instalara un Cuadro de Distribución modelo CBT-4S, acorde con la norma RU 6302 A, con posibilidad de ampliación, que se equipara con los fusibles adecuados para la protección de cada una de las líneas de salida previstas, en función de la potencia demandada para cada una de ellas. Dicho cuadro estará homologado por la Compañía Suministradora.

Potencia del transformador [kVA]	I _N del fusible de A.T. [A]
1000	

3.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire utilizaremos la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{Fe}}{0,24 \cdot K \cdot \sqrt{h \cdot \Delta t^3}}$$

Siendo:

W_{cu}: Perdidas en cortocircuito del transformador en kW.

W_{Fe}: Perdidas en vacío del transformador en kW.

h: Distancia vertical entre centros de rejillas = 2 m.

Δt: Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, considerándose en este caso un valor de 15°C.

K: Coeficiente en función de la reja de entrada de aire, considerándose su valor como 0.6.

S_r: Superficie mínima de la reja de entrada de ventilación del transformador.

Sustituyendo valores tendremos:

Potencia del transformador [kVA]	$W_{cu}+W_{Fe}$ [kW]	S_r mínima [m ²]
1000	12,2	1,03

Se dispondrá de 2 rejillas de ventilación para la entrada de aire situadas en la parte lateral inferior, de dimensiones 1000 x 800 mm cada una, consiguiendo así una superficie total de ventilación de 1,6 m². Para la evacuación del aire se dispondrá de una rejilla posterior superior de 1300 x 350 y 2 rejillas laterales superiores de 960 x 350 mm, consiguiendo una superficie total de evacuación de 1,13 m². Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la distancia medida verticalmente de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m, tal como ya se ha tenido en cuenta en el cálculo anterior.

3.7. DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS.

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de agente refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciamiento total.

Potencia del transformador [kVA]	Volumen mínimo del foso [l]
1000	1000

Dado que el foso de recogida de aceite del prefabricado será de 1200 litros, no habrá ninguna limitación en este sentido.

3.8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

3.8.1. Investigación de las características del suelo.

Según la investigación previa del terreno donde se instalara este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial = 25 Ω /m.

3.8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora

(Gas y Electricidad S.A. (GESA)), el tiempo máximo de eliminación del defecto es de 0.5 s. Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

K: 72

N: 1.

Por otra parte, los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro, corresponden:

$$R_n = 0 \Omega$$

$$X_n = 30 \Omega$$

$$Z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2}$$

La intensidad máxima de defecto se producirá en el caso hipotético de que la resistencia de puesta a tierra del Centro de Transformación sea nula. Dicha intensidad será, por tanto igual a:

$$I_{dm\acute{a}x} = \frac{15400 V}{\sqrt{3} \cdot Z_n}$$

Con lo que el valor obtenido es $I_d=296.37$ A, valor que la Compañía redondea a 300 A.

3.8.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.

Tierra de protección

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- Identificación: código 5/32 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:

$$K_r = 0.135 \Omega/(\Omega \cdot m).$$

$$K_p = 0.0252 V/(\Omega \cdot m \cdot A).$$

- Descripción:

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2 m. Se enterraran verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizara con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra danos mecánicos.

Tierra de servicio

Se conectaran a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

- Identificación: código 5/32 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:

$$K_r = 0.135 \Omega / (\Omega * m). \quad K_p = 0.0252 V / (\Omega * m * A).$$

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2 m. Se enterraran verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la ultima será de 6 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizara con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra danos mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA., no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios (=37 x 0,650). Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión.

3.8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.

Tierra de protección

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (R_t), intensidad y tensión de defecto correspondientes (I_d , U_d), utilizaremos las siguientes formulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r * s.$$

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = \frac{U_s V}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

$$U_s = 17,5 \text{ kV}$$

Tension de defecto Siendo:

$$U_d: U_d = I_d * R_t .$$

Se obtienen los siguientes resultados:

$$\sigma = 25 \Omega \cdot \text{m}.$$

$$K_r = 0.135 \Omega / (\Omega \cdot \text{m}).$$

$$R_t = 3.4 \Omega$$

$$I_d = 294.52 \text{ A}.$$

$$U_d = 994 \text{ V}.$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (U_d), por lo que deberá ser como mínimo de 2000 Voltios.

De esta manera se evita que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro, y por ende no afecten a la red de Baja Tensión. Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

Tierra de servicio

$$R_t = K_r * \sigma = 0.135 * 25 = 3.4 \Omega.$$

Vemos que es inferior a 37Ω .

3.8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la Instalación.

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$U_p = K_p * \sigma * I_d = 0.0252 * 150 * 294.52 = 185.5 \text{ V.}$$

3.8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con rondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectara como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, este sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

El edificio prefabricado de hormigón EHC estará construido de tal manera que, una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre si mediante soldadura eléctrica.

Esta armadura equipotencial se conectara al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo. No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$U_p \text{ acceso} = U_d = R_t * I_d = 3.4 * 294.52 = 994 \text{ V}$$

3.8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios, que se puede aceptar,

según el reglamento MIE-RAT, sera:

$$U_{ca} = K / t^n$$

Siendo:

U_{ca} = Tensión máxima de contacto aplicada en Voltios

$K = 72$

$n = 1$

t = Duración de la falta en segundos: 0,5 s

Obtenemos el siguiente resultado:

$$U_{ca} = 144 \text{ V}$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

$$U_{pext} = 10 \cdot \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{6 \cdot \sigma}{1000}\right)$$

$$U_{paccesso} = 10 \cdot \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{3 \cdot \sigma + 3 \cdot \sigma h}{1000}\right)$$

Siendo:

U_p : Tensiones de paso en Voltios.

K : 72.

n : 1.

t : Duración de la falta en segundos: 0.5 s.

σ : Resistividad del terreno.

σh : Resistividad del hormigón = 3.000 Ω .m.

Obtenemos los siguientes resultados:

U_p (exterior) = 1656 V.

U_p (acceso) = 14508 V.

Asi pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los maximos admisibles:

- en el exterior:

$U_p = 185.5 \text{ V.} < U_p$ (exterior) = 1656 V.

- en el acceso al C.T.:

$U_d = 994 \text{ V.} < U_p$ (acceso) = 14508 V.

3.8.8. Investigación de tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima D_{min} , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio. Se dispondrá de puesta a tierra único cuando la resistencia a tierra del electrodo sea igual o inferior a 3Ω y serán separados si es superior a este valor. En este último caso la distancia mínima será de 20m para resistividades del terreno inferiores a $500\Omega m$. Para resistividades superiores se añadirá un metro por cada $25\Omega m$ en que la resistividad supere el umbral de los $500\Omega m$.

3.8.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirían estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del Centro, o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

3.9. CONSIDERACIONES.

Según los datos obtenidos y viendo su cumplimiento se ha optado por la instalación de un transformador de la casa "Cotradis" en baño de aceite. Con unas tensiones de funcionamiento de 15,4/0,4 kV. Para la realización de los cálculos nos hemos basado en los datos extraídos de catálogo.

4

CÁLCULOS

INSTALACIÓN SOLAR

FOTOVOLTAICA

En nuestro caso Hoteles y hostales 100 plazas. Como nuestro hotel lo supera para llevarlo a cabo hay que cumplir la norma DB HE 5:

- Cálculo de la potencia a instalar en función de la zona climática cumpliendo lo establecido en el apartado 2.2;
- Comprobación de que las pérdidas debidas a la orientación e inclinación de las placas y a las sombras sobre ellas no superen los límites establecidos en la tabla 2.2;
- Cumplimiento de las condiciones de cálculo y dimensionado del apartado 3;
- Cumplimiento de las condiciones de mantenimiento del apartado 4.

La potencia pico a instalar

$$P = C \cdot (A \cdot S + B)$$

P la potencia pico a instalar [kWp];

A y B los coeficientes definidos en la tabla 2.1 en función del uso del edificio;

C el coeficiente definido en la tabla 2.2 en función de la zona climática;

S la superficie construida del edificio [m²].

Tabla 2.1

Hoteles y hostales A 0,003516 B -7,81

Tabla 2.2

Zona climática IV C 1,3

De acuerdo a los planos del hotel y sumando cada una de las plantas construidas obtenemos una superficie total construida de 5499 m².

Por consiguiente la potencia pico a instalar será de:

$$P = 1,3 \cdot (0,003516 \cdot 5499 - 7,81) = 14,98 \text{ kWp} \approx 15 \text{ kWp}$$

4.1. CÁLCULO HORAS DE MÁXIMA RADIACIÓN

El modelo de módulo fotovoltaicos seleccionado corresponde al Chaori- de la marca Dahlmann solar.

Todas las características técnicas del módulo ser vistas con más detalle en el ANEXO-1 del volumen de anexos.

Seguidamente se presentan los valores de las características técnicas más relevantes para éste apartado de cálculos:

Potencia nominal del módulo: 180 [W].
Dimensiones: 1580 x 808 x 46 [mm].

El promedio de horas de máxima radiación en la provincia de BALEARES durante los meses de invierno es de 4 horas diarias, mientras que durante los meses de verano es de 6 horas diarias.

Ya que la instalación está diseñada para funcionar durante todo el año se escoge como media un valor de 5 horas diarias de máxima radiación.

4.2. CÁLCULO SUPERFICIE DE OCUPACIÓN DE CADA MÓDULO FOTOVOLTACIO

Al ser la ubicación del hotel en Santa Eulalia del Rio la latitud es de 39,8° Norte, a efectos de cálculos se considerará una latitud igual a 40° Norte.

Conociendo las dimensiones de los módulos y especificando que su colocación será en posición vertical se obtendrá la superficie de ocupación.

Siendo X el valor de la proyección del lado del módulo sobre planta.

$$X = \cos 40^\circ \cdot 1580 = 1210 \text{ mm}$$

$$\text{Superficie de ocupación de cada módulo} = 1210 \cdot 808 = 977680 \text{ mm}^2 = 0.9777 \text{ m}^2 \approx 1 \text{ m}^2$$

4.3. CÁLCULO NÚMERO DE MÓDULOS FOTOVOLTACIOS

N° de módulos = Potencia necesaria / Potencia módulo / N° horas de máxima radiación

La potencia del módulo según su hoja de característica sería de 180 W pero este valor corresponde al valor de potencia que nos proporcionaría el módulo fotovoltaico bajo condiciones de medida estándar.

Para el caso práctico la potencia real que se nos será suministrada se calcula como:

Potencia real del módulo = Tensión nominal · Corriente nominal

La tensión nominal es de 35 Voltios, mientras que la corriente nominal es de 5,15 A.

Potencia real del módulo = 35 · 5.15 = 180,25 W

N° de módulos = 15000 Wp / 180,25 W / 5 = 16,6 ≈ 17 Módulos

4.4. CÁLCULO DE SOMBRAS

La disposición de los módulos se hará de tal manera que las pérdidas debidas a la orientación e inclinación del sistema y a las sombras sobre el mismo sean inferiores a los límites de la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Pérdidas límite

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Se define "d" como la distancia mínima que deberá haber entre las filas de módulos de captación para impedir que se generen sombras entre ellas y afecten así al rendimiento de la instalación.

Para el cálculo de la distancia mínima es preciso definir el concepto de altura mínima solar (Hm), que se define como la altura más baja a la cual se encuentra el sol en la cual genera la mayor sombra posible en el día más desfavorable.

Para BALEARES Hm = 27°.

$d = a \cdot \text{sen} \alpha / \text{tg Hm} + 100 \cdot \text{cos } \alpha$

Siendo:

a: longitud del módulo fotovoltaico

α : inclinación del módulo para recibir máxima radiación.

Hm: altura mínima solar.

$$d = 1580 \cdot \text{sen } 40^\circ / \text{tg } 27^\circ + 100 \cdot \text{cos } 40^\circ = 2086 \text{ mm} \approx 2.1\text{m}$$

4.5. CÁLCULO SUPERFICIE TOTAL INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Se colocarán los módulos en dos filas de 6 y una última de cinco.

Separando cada fila por 2,1m.

$$(17 \text{ módulos} \cdot 1\text{m}^2) + (2,1\text{m de distancia entre pasillos} \cdot 0,908 \cdot 6) \cdot 2 + (2,1\text{m de distancia entre pasillos} \cdot 0,908 \cdot 5) \approx 54\text{m}^2$$

4.6 CÁLCULO DE SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

Distinguimos dos tipos de conductores:

- Los que unen los módulos con el inversor.
- Los que unen el inversor con el punto de retorno a red.

Conductores módulos – inversor:

Para el cálculo de sección hay que definir la forma de conexionado de los distintos módulos. Tenemos un total de 17 módulos y la entrada al inversor será de tres líneas monofásicas, por tanto a cada línea le corresponderán $17/3 = 6$ módulos.

Los 6 módulos serán conectados en conjuntos de 6 módulos conectados en serie.

Este tipo de conexionado nos generará una tensión de 210 V (35 Voltios x 6 módulos) y una corriente de entrada por línea al inversor de 5,5 Amperios.

Según el reglamento la caída de tensión máxima será de un 5%, es decir de 10.5 Voltios.

La distancia entre el módulo más alejado y el convertidor será de 6.5 m. Aplicando la fórmula de cálculo de sección:

$$S = 2 \cdot l \cdot I / \sigma \cdot \varepsilon$$

$$S = 2 \cdot 6,5 \cdot 5,5 / 56 \cdot 10,5 = 0,130 \text{ mm}^2$$

Siendo;

l: longitud de la línea.

I: corriente.

σ : conductividad del cobre.

ε : caída de tensión.

La sección normalizada sería de 0.5 mm² pero para este conductor la densidad de corriente es insuficiente, por tanto la sección elegida será de 2,5 mm²

La conexión final al inversor se hará en serie de los tres conductores consiguiendo una tensión de 630 V.

Inversor – punto de retorno:

La potencia de entrada del inversor será:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 630 \cdot 5,5 \cdot 1 = 3465 \text{ W}$$

La retribución a red será a 230 V trifásica por tanto la corriente se calculará a partir de:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \rightarrow 3465 = \sqrt{3} \cdot 230 \cdot I \cdot 1 \rightarrow I \approx 11 \text{ A}$$

Según el reglamento la caída de tensión máxima será de un 5%, es decir de 11.5 Voltios.

El punto de retorno a red se considera la planta sótano del edificio. Al estar el convertidor instalado en la planta cubierta la longitud del cableado será igual a 34 m.

Según la siguiente formula para cálculo de secciones en sistemas trifásicos:

$$S = \sqrt{3} \cdot l \cdot I / \sigma \cdot \varepsilon$$

$$S = \sqrt{3} \cdot 34 \cdot 11 / 56 \cdot 11,5 = 0,9 \text{ mm}^2$$

Siendo;

l: longitud de la línea.

I: corriente.

σ : conductividad del cobre.

ε : caída de tensión.

La sección elegida será e 4 mm² ya que un cable de menor tensión no soportaría la intensidad de paso.

Habrá que tener presente que los conductores que vayan desde el inversor hasta el punto de retorno de red pasarán por un cuadro situado en el cuadro general de contadores donde se encontrará el aparato de medida de la potencia inyectada a la red y las protecciones necesarias para contactos directos e indirectos de la instalación fotovoltaica.

5

CÁLCULOS ACS

Los datos básicos de partida para realizar el dimensionado de la instalación solar térmica para producción de agua caliente son los datos de consumo, que se refieren al volumen de consumo, temperatura de utilización de agua caliente, junto con la temperatura del agua de la red, los datos geográficos y la ocupación prevista. Se consideran los siguientes datos de partida:

Datos geográficos y climatológicos.

Provincia	Baleares	
Latitud de cálculo:	40,00	
Latitud [°/min.]:	39,34	
Altitud [m]:	28,00	
Humedad relativa media [%]:	63,00	
Velocidad media del viento [Km/h]:	9,00	
Temperatura máxima en verano [°C]:	28,00	
Temperatura mínima en invierno [°C]:	4,00	
Variación diurna:	8,00	
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	503	(Periodo Noviembre/Marzo)
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	527	(Todo el año)

Temperaturas medias y radiación.

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tª. media ambiente [°C]:	10,50	10,50	12,20	14,50	17,40	21,40	24,10	24,50	22,60	18,40	14,30	11,60	16,8
Tª. media agua red [°C]:	11,0	12,2	13,4	14,6	15,8	17,0	18,2	17,0	15,8	14,6	13,4	12,2	14,6
Rad. horiz. [kJ/m ² /día]:	8.364	12.720	14.462	17.818	22.922	24.902	25.634	22.224	17.606	12.918	8.960	6.472	16.250
Rad. inclin. [kJ/m ² /día]:	15.319	19.928	17.881	18.156	20.603	21.015	22.140	21.465	20.292	15.635	15.481	11.884	18.316

Ocupación hotelera.

<i>Meses</i>	<i>Ocupación</i>
Enero	1 %
Febrero	25 %
Marzo	50 %
Abril	65 %
Mayo	80 %
Junio	90 %
Julio	100 %
Agosto	100 %
Septiembre	80 %
Octubre	60 %
Noviembre	1 %
Diciembre	1 %
<i>Anual</i>	56 %

La instalación encargada pretende satisfacer las necesidades de suministro de agua caliente al hotel, por medio de un sistema de energía solar térmica, sustituyendo parcialmente la utilización de energías convencionales. Para tal efecto, se han diseñado de forma que proporcionan un calentamiento del agua fría de la red, aportando un incremento sobre esta temperatura que varía entre 35 y 57 °C, hasta alcanzar la temperatura de uso 60 °C.

5.1. DIMENSIONADO BÁSICO

El dimensionado básico de la instalación solar térmica para calentamiento de agua consiste en la determinación de la superficie de colectores necesaria y del volumen de acumulación.

El dimensionado se realiza considerando que el campo de captación se orienta al sur. La inclinación de los colectores será de 40° respecto a la horizontal; esta inclinación se elige para aprovechar al máximo la radiación solar incidente a lo largo del año.

El criterio de dimensionado para instalaciones solares en la zona geográfica española considera el uso de sistemas de acumulación de capacidad similar al volumen de consumo diario previsto, de esta forma el sistema solar funciona correctamente con un buen rendimiento. Las especificaciones técnicas proporcionan recomendaciones para fijar las relaciones entre consumo y volumen de acumulación, al igual que especifican los límites en la relación volumen de acumulación y superficie total de captación. Para el dimensionado básico se utiliza un programa informático de cálculo. Dicho método proporciona las aportaciones mensuales de la instalación de energía solar para las necesidades previstas.

El criterio de elección del número de colectores ha sido el cubrimiento de más del 60 % de las necesidades de agua caliente, maximizando la energía solar recibida siempre que no existan excedentes durante los meses de máxima radiación. La elección del número de captadores ha sido realizada

teniendo en cuenta que los captadores son de la marca SOLEVER, con una superficie útil de 2.28 m² y la curva de rendimientos facilitada en la ficha técnica adjuntada en los anexos.

Datos de partida

Los parámetros característicos de la instalación que se consideran son:

- Factor de ganancia del colector: 0.85
- Factor de pérdidas del colector: 5.25 W/m²
- Factor de eficiencia de intercambio: 0.8
- Absorción: 96-98%
- Emisión: 45-55%
- Rendimiento máximo: 85%

5.2. CÁLCULO DE LA DEMANDA

Para el cálculo de la demanda se debe tener presente en primer lugar el tipo de edificio objeto de estudio, en este caso se trata de un hotel de 4 estrellas. Según la siguiente tabla, y de acuerdo a la normativa del Código Técnico de Edificación, los litros de ACS por día a 60° son de 55 por cama.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

El hotel dispone de un total de 117 habitaciones dobles, lo que implica 234 camas y por tanto un total de 12.870 litros de ACS/día .Podemos definir el sistema de almacenamiento

Sistema de acumulación

Para el almacenamiento de la energía solar se han previsto tres depósitos de capacidad 5.000 litros, fabricado en acero y protegido interiormente con pintura Epoxi, y exteriormente con pintura metalizada. Los depósitos se

aislarán con aislamiento térmico tipo Armaflex de 32 mm o con espuma de poliuretano expandida de 50 mm.

5.3. CÁLCULO CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. En la siguiente tabla se indican, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria (ACS) a una temperatura de referencia de 60 °C la contribución solar mínima anual.

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Por tanto, al tratarse de un hotel situado en la provincia de Baleares, que corresponde a la zona climática IV como se verá en el mapa siguiente, y una demanda de ACS superior a 12.500 litros/día, la contribución solar mínima para el calentamiento del agua será de un 70%.

El número de litros que habrá que calentar mediante la instalación fototérmica será de:

$$12870 \cdot 0,7 = 9009 \text{ litros}$$

5.4. CÁLCULO SUPERFICIE DE OCUPACIÓN DE CADA MÓDULO FOTOTÉRMICO

Al ser la ubicación del hotel en la provincia de BALEARES la latitud es de 39,8° Norte, a efectos de cálculos se considerará una latitud igual a 40° Norte.

Conociendo las dimensiones de los módulos, especificando que su colocación será en posición vertical y que su montaje se realizará como mínimo en conjuntos de dos módulos, se obtendrá la superficie de ocupación.

Siendo X el valor de la proyección del lado del módulo sobre planta.

$$X = \cos 40^\circ \cdot 2020 = 1548 \text{ mm} = 1'548$$

Las posibles disposiciones de los módulos fototérmicos serán en filas de 4 y 6 elementos.

Las superficies de ocupación de cada conjunto serán las siguientes:

<i>Número de módulos</i>	<i>Superficie</i>
4	$1548 \cdot 2258 \cdot 2 = 6.99\text{m}^2 \approx 7\text{m}^2$
6	$1548 \cdot 2258 \cdot 3 = 10.49\text{m}^2 \approx 10.5\text{m}^2$

5.5. CÁLCULO DE SOMBRAS

Se define "d" como la distancia mínima que deberá haber entre las filas de módulos de captación para impedir que se generen sombras entre ellas y afecten así al rendimiento de la instalación.

Para el cálculo de la distancia mínima es preciso definir el concepto de altura mínima solar (Hm), que se define como la altura más baja a la cual se encuentra el sol en la cual genera la mayor sombra posible en el día más desfavorable.

Para BALEARES $Hm = 27^\circ$.

$$d = a \cdot \frac{\sin \alpha}{\tan Hm} + 100 \cdot \cos \alpha$$

Siendo:

a: longitud del módulo fotovoltaico

α : inclinación del módulo para recibir máxima radiación.

Hm: altura mínima solar.

$$d = 2020 \cdot \frac{\sin 40^\circ}{\tan 27^\circ} + 100 \cdot \cos 40^\circ \approx 2350 \text{ mm} = 2,35\text{m}$$

5.6. CÁLCULO NECESIDADES ENERGÉTICAS Y AHORROS

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
ACS necesaria	1287	3217,5	6,435	8,3655	10296	11583
ACS solar	1287	3217,5	6435	8365,5	9009	9009
ahorros	100%	100%	100%	100%	87,5%	77%

Meses	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
ACS necesaria	12870	12870	10296	7722	1287	1,287
ACS solar	9009	9009	9009	7722	1287	1287
ahorros	70%	70%	87,5%	100%	100%	100%

50 a 75 litros por m²

$$9009 / 50 = 180,18 \text{ m}^2 \approx 181 \text{ m}^2$$

$$180,18 / 10,5 = 17,16 \approx 17 \cdot 10,5 = 178,5 \text{ m}^2$$

17 módulos con 6 colectores.

1 módulo con 4 colectores.

106 colectores solares

Calentador de gas

Consiste en la colocación a partir de la red de agua fría, de un calentador de gas que se acciona automáticamente cuando se produce una demanda de ACS que no puede ser satisfecha por el sistema solartérmico.

La característica principal de este tipo de aparatos viene dada por su potencia calorífica (Kcal/h o Kw, $\text{Kcal/h} = 0,86 \text{w} = 0,86 \text{Kw} / 1000$) ya que en función de ella se obtendrá un determinado caudal ACS (l/s) al que se habrá aplicado un incremento térmico, siendo estas magnitudes inversamente proporcionales.

Ventajas

Sistema con un buen rendimiento y razonable grado de confort.

Coste económico tanto de instalación como en consumo muy satisfactorio.

Cálculo

3861 litros de ACS tiene que calentar.

Tomamos agua fría a 15° solo tiene que entrar en funcionamiento los meses de mayo a septiembre siempre.

$$60 - 15 = 45^\circ$$

$$45^\circ \cdot 3861l \cdot 1kcal = 173745Kcal = 727435,566kJ$$

$$1kW = 1Kj/s$$

$$1kcal = 4,1868 J$$

$$727435,566kJ / 3600 = 202,06 kW$$

$$202,06kW / (4,1868kJ / 1 kcal * 1h / 3600s) = 173740,33 kcal/h$$