



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA CUBIERTA EN  
PAMPLONA

MEMORIA Y CÁLCULOS

Iñaki Goñi Echeverz

Miguel Ángel Pascual Buisan

Pamplona, 20 de Febrero de 2013

# INDICE

<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>6</b>
1.1. ACONDICIONAMIENTO GEOTÉRMICO DE BAJA ENTALPÍA .....	6
1.2. ACONDICIONAMIENTO SOLAR TÉRMICO .....	8
1.3. BOMBA DE CALOR.....	9
1.3.1. Componentes .....	10
1.3.2. Funcionamiento de la bomba de calor .....	10
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
<b>3. ANTECEDENTES .....</b>	<b>14</b>
<b>4. NORMATIVA APLICABLE.....</b>	<b>15</b>
<b>5. CASO DE ESTUDIO Y UBICACION .....</b>	<b>18</b>
5.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	18
5.2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	19
5.3. CTE. AHORRO DE ENERGÍA. HE1 LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA.....	21
5.4. DATOS CLIMATOLÓGICOS .....	23
<b>6. CARACTERIZACION DE LA DEMANDA ENERGETICA .....</b>	<b>29</b>
6.1. DEMANDA REFERIDA AL AGUA DE LA PISCINA.....	29
6.2. CALCULO DE LA DESHUMIDIFICACIÓN DEL AIRE.....	30
6.3. PERDIDAS DE CALOR DEL AGUA DEL VASO DE LA PISCINA .....	31
6.3.1. Perdidas por evaporación del agua del vaso .....	32
6.3.2. Perdidas por radiación de calor de las piscinas .....	32
6.3.3. Perdidas por convección de calor .....	33
6.3.4. Perdidas por transmisión .....	33
6.3.5. Perdidas por renovación del agua del vaso .....	34
6.3.6. Potencia necesaria para la puesta en marcha .....	35
6.4. CALCULO DE CALENTAMIENTO DE ACS .....	36
6.5. ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE (POR EL MÉTODO SIMPLIFICADO) .....	37
6.5.1. Perdidas de calor por cerramientos (paredes) .....	37
6.5.2. Perdidas por ventilación .....	41
6.6. RESUMEN ORIENTATIVO DE CARGAS .....	41

6.7. DETERMINACIÓN PRECISA DE LA CLIMATIZACIÓN PARA EL AIRE DEL RECINTO .....	44
6.7.1. Calculo del caudal de aire .....	44
6.7.2. Humedad especifica de descarga.....	45
6.7.3. Temperatura de mezcla y descarga del aire en invierno.....	45
6.7.4. Temperatura de mezcla y descarga del aire en verano.....	47
6.7.5. Calculo de potencia y energía para el acondicionamiento del aire.....	48
6.8. MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO .....	54
6.8.1. Recuperación de calor del aire expulsado .....	54
<b>7. POSIBLES CONFIGURACIONES .....</b>	<b>58</b>
<b>8. CARACTERIZACION DE DIFERENTES OPCIONES DE SUMINISTRO .....</b>	<b>61</b>
8.1. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA .....	61
8.1.1. Producción mediante sistemas solares activos.....	61
8.1.2. Calculo del aporte energético del agua .....	62
8.1.3. Rendimiento de los captadores .....	62
8.1.4. Perdidas por orientación e inclinación .....	63
8.1.5. Energía aprovechada por el sistema.....	64
8.1.6. Calculo de la superficie de captación .....	64
8.1.7. Radiación solar global .....	65
8.1.8. Criterios generales de diseño .....	65
8.1.9. Sistema de control .....	67
8.1.10. Volumen de acumulación .....	67
8.1.11. Sistema de intercambio .....	68
8.1.12. Caudal del circuito primario .....	68
8.1.13. Dimensionado de la bomba .....	68
8.1.14. Calculo de tuberías .....	68
8.2. INSTALACIÓN GEOTÉRMICA.....	71
8.2.1. Circuito de intercambio geotérmico (UGI).....	74
8.2.2. Bomba de calor .....	79
8.2.3. Sistema de distribución de calor.....	80
8.3. SISTEMA DE APOYO.....	81
8.3.1. Calefacción eléctrica .....	81
8.3.2. Caldera de condensación de gas natural .....	81
8.3.3. Caldera de pellets.....	82
8.3.4. Caldera de biomasa .....	83
8.3.5. Caldera de residuos.....	84
<b>9. DESCRIPCION DE LA INSTALACION SOLAR TERMICA .....</b>	<b>85</b>

<b>10. DESCRIPCION DE LA INSTALACION GEOTERMICA.....</b>	<b>94</b>
10.1. DATOS DE ENTRADA .....	95
10.2. DATOS DE SALIDA .....	103
<b>11. DESCRIPCION DE LA CALDERA DE APOYO .....</b>	<b>110</b>
11.1. CONSUMO DE COMBUSTIBLE ESTIMADO .....	111
11.2. SILO PARA CÁSCARA DE ALMENDRA .....	114
<b>12. DESCRIPCION DE LA BOMBA DE CALOR .....</b>	<b>117</b>
<b>13. ESTUDIO ECONOMICO .....</b>	<b>119</b>
13.1. EVALUACIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA .....	119
13.2. EVALUACIÓN DE LA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA .....	120
13.2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE APOYO.....	121
<b>14. ESQUEMA DE LA INSTALACION .....</b>	<b>122</b>
<b>15. EVALUACION ECONOMICA.....</b>	<b>123</b>
15.1. VIABILIDAD ECONÓMICA .....	123
15.2. ESTUDIO COMPARATIVO .....	126
<b>16. IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>128</b>
16.1. EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	128
16.1.1. Caldera .....	129
16.1.2. Geotermia y solar-térmica .....	129
16.1.2. Aprovechamiento geotérmico .....	130
<b>17. CONCLUSIONES.....</b>	<b>131</b>
<b>18. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>133</b>



## RESUMEN

En el presente proyecto se evaluarán las diferentes alternativas a la hora de climatizar una piscina municipal cubierta a 25°C el agua de la piscina y 27°C y 65% humedad el aire del recinto. Se plantean diversos escenarios técnicos económicos, partiendo de un mix compuesto por una instalación geotérmica, una de solar térmica y para cubrir puntas de demanda energética una caldera biomasa, tras realizar el estudio económico el mix es 40-40-20% respectivamente.

Para poder plantear esas alternativas, en la primera parte del proyecto se calculan las necesidades energéticas del recinto (590kW), tanto del vaso de la piscina (156kW) como el ACS (276kW) y el aire (171kW para calefacción del aire del recinto y 25kW en refrigeración), y caracterizar la demanda energética del mismo. Para ello, se estudian los recursos solares y geotérmicos de una ubicación de referencia.

A continuación se plantea la distribución de las instalaciones, y la de deshumidificación con recuperación de calor. La instalación solar consta de 100 captadores tipo GF-70 NV (Andater) con una inclinación de 40°. La geotermia consta de 148 pozos de 110metros. Y por último, una caldera de cáscara de almendra de 160kW, que cubre el 22% de la energía anual y con un volumen en combustible de 15tn.

Otro aspecto importante de este proyecto, y escogida la mejor opción, es la evaluación económica del mismo. Se plantean diversos escenarios económicos demostrando su viabilidad económica frente a instalaciones con gas natural y eléctrica.

Por último se realiza el impacto ambiental del mismo ya que se emiten 4tn de CO<sub>2</sub> por la combustión de las cáscaras de almendra y supone un ahorro de 82,5tn al no usar G.N. ni electricidad. Además el aprovechamiento geotérmico es de un 75%.

## 1. INTRODUCCION

En este proyecto se realiza un estudio técnico-económico sobre la climatización de una piscina municipal cubierta. Para una piscina cubierta semi-olímpica de uso público media de 25 m x 16 m a una temperatura de 27°C el consumo energético puede ser superior a los **300 MWh** al año, dependiendo del clima del lugar en el que se ubique, según Ciatesa.

Para reducir este uso tan intensivo de energía es preciso incorporar tecnologías que, manteniendo las condiciones de confort, no consuman tanta energía. En este caso, se plantea la posibilidad de incorporar diversas tecnologías como son la solar térmica y la geotermia, reservando tan solo el uso de una caldera, para los picos de demanda energética, como se estudiará posteriormente.

### 1.1. Acondicionamiento geotérmico de baja entalpía

La energía geotérmica es aquella que se puede obtener mediante el aprovechamiento de calor del interior de la Tierra. Existen diferentes tipos de geotermia, como son, las de baja, media o alta entalpía. En esta últimas se puede llegar a obtener electricidad. Este tipo de tecnología se diferencia de varias energías renovables en que es previsible, disponible en casi cualquier lugar y su aporte energético es constante.

Pero en nuestro caso nos centraremos en la geotermia de baja temperatura. Esta se puede aprovechar de forma discrecional, ya que no precisa encontrarse en un enclave geológico de gran actividad. El subsuelo posee la capacidad de mantener una temperatura sensiblemente constante, entre los 10 y 20 m de profundidad, a lo largo de todo el año. A continuación se representa cómo varía la temperatura del subsuelo con la profundidad en diferentes épocas del año, siendo:

- Azul: En invierno, a medida que profundizamos, la temperatura va aumentando hasta alcanzar un valor fijo de 10 °C.
- Roja: En verano ocurre lo contrario; a medida que profundizamos la temperatura desciende hasta los 10 °C.
- Verde y amarilla: En primavera y otoño las variaciones son menores, llegándose a alcanzar, en profundidad, el mismo valor de 10 °C

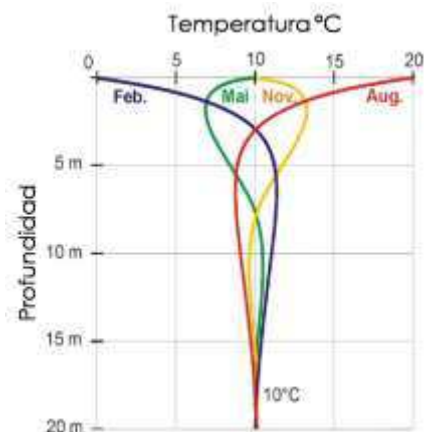


Fig 1. Variación de la temperatura del subsuelo con la profundidad  
[edición: girod-geotermia]

Los recursos geotérmicos de baja entalpía tienen las siguientes aplicaciones:

- producción de agua caliente sanitaria (ACS) en cualquier vivienda, equipamientos, oficina, industria, comercio...
- climatización de edificios, industrias y parques agrarios.

La captación se realiza mediante colectores, por los cuales circula un fluido portador, normalmente agua glicolada que cede o capta calor del subsuelo. También es posible extraer las aguas subterráneas para intercambiar calor.

A continuación expondremos algunas ventajas del empleo de esta tecnología:

- No tiene torres de refrigeración ni aeroventiladores (fan-coils)
- Necesidades de espacio reducidas
- Vida superior del equipo y de los sondeos de mínimo de 50 años
- Robustez y fiabilidad mecánica
- Compatible y adicional a otras EERR
- Bajo coste de mantenimiento
- Bajo coste de operación
- Ahorra un hasta un 70% de la energía de calefacción
- Ahorra un hasta un 50% de la energía de refrigeración
- Trabaja en circuito cerrado evitando un consumo continuado de agua
- Reduce emisiones de CO<sub>2</sub> o de contaminantes
- Bajo nivel de ruido

Ahora expondremos los inconvenientes:

- Elevado inversión inicial: amortización de 5 a 15 años en función de la instalación
- Limitación de la temperatura de uso: 55°C - 65°C
- Ocupación y afección del terreno
- Problemas durante la fase de obras:
  - Enturbiamiento, espumas y lodos
  - Escorrentías
  - Ruidos

## 1.2. Acondicionamiento solar térmico

Debido a que la temperatura a alcanzar no es muy elevada, la situación geográfica y la legislación vigente, el empleo de la tecnología de energía solar térmica para piscinas son actualmente muy utilizadas. Los colectores solares suelen situarse sobre el techo de la piscina y permiten cubrir la demanda de base de la instalación, especialmente en los meses de más calor. Se suele utilizar colectores de polipropileno en los que puede circular el propio agua de la piscina, obteniendo así sistemas directos en los que el agua a calentar es a su vez el fluido de trabajo.

Según datos de IDAE, la climatización supone más de un 60% del consumo energético de edificios en España, por tanto el empleo de energías renovables podrá reducir el consumo así como las emisiones de dióxido de carbono y contaminantes derivados de la combustión de combustibles fósiles, como ahora los NOx entre otros.

Pero no solo se puede aprovechar para calefacción sino también para refrigeración, esta consiste en el aprovechamiento térmico de la radiación solar para generar una potencia frigorífica. Existen varias maneras de obtener refrigeración a través de placas solares térmicas las más conocidas son las de absorción y las de adsorción.

La absorción se basa en la capacidad que tienen algunas sustancias, por ejemplo el bromuro de litio, para absorber, en fase líquida, vapores de otras sustancias como el amoníaco y el agua, respectivamente. La tecnología de adsorción se basa en reacciones

físico-químicas entre un refrigerante y un absorbente, sólo que estas trabajan con un adsorbente sólido (silicagel) y en las máquinas de absorción se utiliza un absorbente líquido.

Normalmente se diseñan sistemas que aprovechan la energía solar para combinaciones de los diferentes sistemas como refrigeración solar, ACS, calefacción agua de la piscina, sacando así mucho más rendimiento de los captadores solares.

El aprovechamiento de esta energía para producir climatización de verano mediante la máquina de absorción y calefacción en invierno, es una de las soluciones más simples en cuanto a diseño y que más se asocia a los objetivos del proyecto, basta con incorporar un circuito que transporte el agua caliente, proveniente de los captadores o del acumulador, (sin que esta pase por la máquina de absorción) hasta los dispositivos terminales (fan-coil o suelo radiante por ejemplo).

Para cubrir las puntas de demanda de calor que la solar térmica no pueda ser cubierta se instala una caldera, tradicionalmente de gas natural. Esta caldera auxiliar puede estar colocada antes o después del acumulador, si se coloca antes del acumulador dará soporte a la calefacción y a la refrigeración, mientras que si se coloca después del acumulador solo dará soporte a la calefacción.

### **1.3. Bomba de calor**

Los fabricantes de bombas de calor geotérmicas dan los datos de potencias, consumos y COP (rendimiento), con estos datos se ajustará el consumos y rendimientos a partir del ciclo real de funcionamiento. La bomba de calor transporta calor de una zona de baja temperatura a otra con temperatura mayor. Según el modo de funcionamiento en que se quiera que funcione (calefacción o refrigeración). Para este proyecto se entiende por fuente de calor el terreno en invierno y como sumidero la vivienda mientras que en verano es al revés. A continuación se describen los componentes y el funcionamiento de la bomba de calor.

### 1.3.1. Componentes

- ✓ Evaporador: El fluido geotermal recibe el calor del foco frio, con este aporte energético el fluido evapora llegando a ser vapor saturado. Este aporte de calor al refrigerante se realiza a temperatura y presión constante (de forma ideal).
- ✓ Compresor: Consumiendo electricidad por medio de un motor el fluido aumenta su presión y temperatura procedente del evaporador para adecuar esas condiciones para poder llegar a pasar de gas a líquido en el condensador.
- ✓ Condensador: Manteniendo una temperatura y presión aproximadamente constante, mediante una pérdida de calor en la condensación del fluido se consigue que el refrigerante pase al estado de liquido saturado. Esta pérdida de calor cede energía al exterior.
- ✓ Válvula de expansión: El fluido pierde presión y temperatura en la válvula de expansión para volver así a su estado inicial y poder repetir el ciclo de nuevo. Por medio de la válvula se consigue cambiar el modo de funcionamiento de la bomba entre verano e invierno por medio de una válvula de 4 vías.
- ✓ Otros componentes: Aparte de esos cuatro componentes principales son necesarios otros elementos como por ejemplo un depósito de inercia que acumula calor, además de un vaso de expansión que se utiliza en el circuito de calefacción para absorber el aumento de volumen que ocurre al expandirse el fluido por el calentamiento. Además también hay bombas de recirculación que permiten el movimiento del fluido por el equipo. También se instalan diversas válvulas caudalímetros y manómetros por motivos de seguridad.

### 1.3.2. Funcionamiento de la bomba de calor

- Ciclo de calefacción:

1. El compresor eleva la presión y temperatura del fluido frigorífico.
2. En el condensador, situado en el interior del edificio a calentar, el fluido cede el calor al medio.
3. El fluido en estado líquido y a alta presión y temperatura se expande en la válvula de expansión reduciendo su presión y temperatura. Se evapora en parte.
4. En el evaporador situado en el exterior, el fluido completa su evaporación absorbiendo calor del exterior.
5. Retorna al compresor a través de una válvula de cuatro vías, iniciando el ciclo de nuevo.

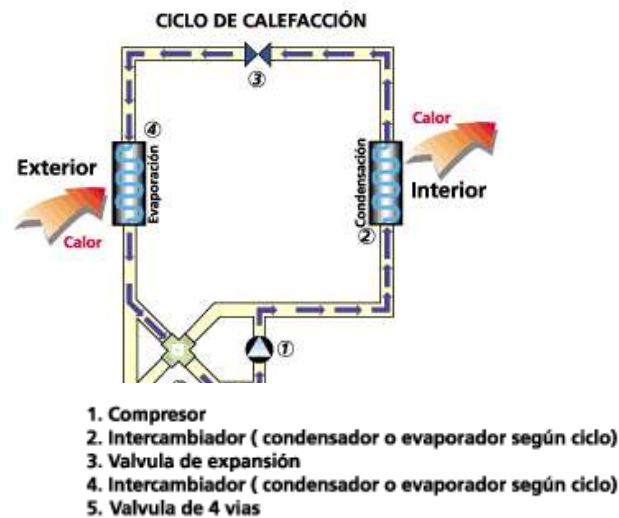


Figura 2: Esquema del ciclo de calefacción.

- Ciclo de refrigeración:

1. El compresor eleva la presión y temperatura del fluido frigorífico tras pasar por la válvula de cuatro vías.
2. En el condensador, situado en el interior del edificio a calentar, el fluido cede el calor al medio.
3. El fluido en estado líquido y a alta presión y temperatura se expande en la válvula de expansión reduciendo su presión y temperatura. Se evapora en parte.
4. En el evaporador situado en el exterior, el fluido completa su evaporación absorbiendo calor del exterior.
5. Retorna al compresor a través de una válvula de cuatro vías, iniciando el ciclo de nuevo.

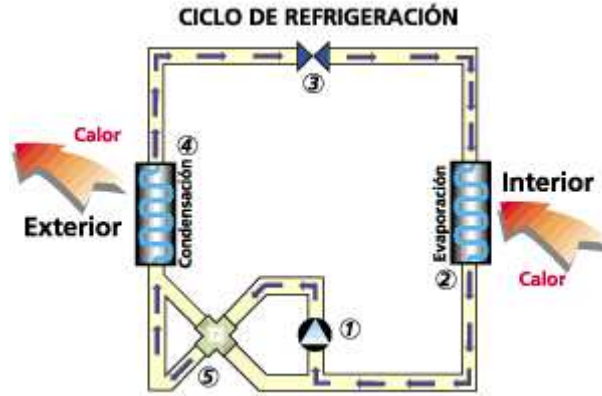


Figura 3: Esquema del ciclo de refrigeración.

Para poder calcular la energía involucrada y el rendimiento (COP) es preciso conocer los balances de energía en cada etapa y viendo el ciclo dentro de un diagrama P-h. Estudiaremos el ciclo ideal en primer lugar:

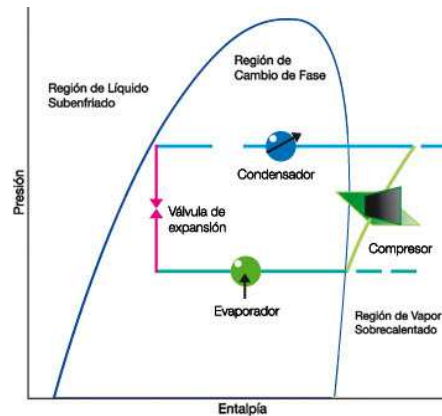


Figura 4: Esquema del ciclo ideal en un diagrama P-h.

Las ecuaciones de cada etapa son:

- Trabajo del compresor:

$$W_{\text{Compresor}} = \dot{m}h_2 - \dot{m}h_1$$

- Calor entregado:

$$\dot{Q}_H = \dot{m}h_2 - \dot{m}h_3$$

- Válvula de expansión:

$$\dot{m}h_2 = \dot{m}h_3$$

$$h_2 = h_3$$

- Calor extraído:

$$\dot{Q}_L = \dot{m}h_1 - \dot{m}h_4$$

- BALANCE:



$$W + \dot{Q}_L = \dot{Q}_H$$

Los calores tanto extraído como absorbido se expresa en kW, la entalpía (h) en kJ/kg y el flujo másico ( ) en kg/s. Por el contrario, el ciclo real se asemeja al siguiente, donde podemos ver diversas pérdidas:

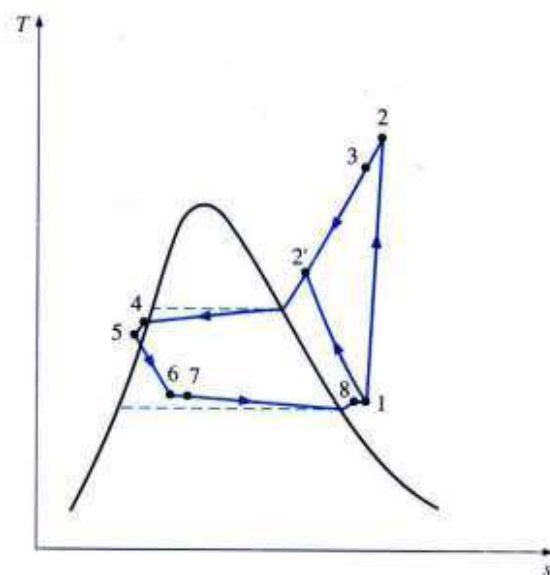


Figura 5: Esquema del ciclo real en un diagrama T-s.

En estas condiciones reales hay que calcular el rendimiento del compresor:

$$\eta_c = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1}$$

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos fundamentales del presente proyecto serán los siguientes:

En primer lugar se expondrá la normativa aplicable, principalmente desde un punto de vista energético. Otro objetivo central será conocer las necesidades energéticas. Dentro de este objetivo se calcularán las cargas térmicas, las necesidades de deshumidificación, de renovación de aire, la potencia necesaria a instalar y la demanda anual de energía.

Una vez conocidas estas necesidades energéticas, se plantearán las diferentes alternativas técnicas profundizando en un mix formado por una instalación geotermia, solar térmica y para cubrir puntas de consumo emplear una caldera.

Por tanto, será preciso conocer los recursos solares y geotérmicos de esa ubicación y plantear diferentes escenarios técnicos de cubrimiento de la demanda.

A partir de ese estudio de recursos se describirán tanto las instalaciones de geotermia como las de solar térmica y de las del combustible para la caldera. También se conocerán las bombas bomba de calor, deshumidificador, caldera, etc.

Conocidas ya las diversas instalaciones se realizará uno de los pilares del presente proyecto como es la evaluación económica del mismo, detallando diversos escenarios económicos y el presupuesto de la opción situada en el óptimo económico. También se detallarán los beneficios, o no, ambientales de esta instalación frente a otras.

Por último y a parte de los diversos anexos con fichas técnicas, planos, diversas tablas, etc. se describirán las conclusiones alcanzadas tras realizar el proyecto analizando los diferentes aspectos técnicos, medio ambientales y económicos.

### **3. ANTECEDENTES**

Dado que las instalaciones a realizar son instalaciones térmicas fijas de climatización en concreto de calefacción, refrigeración y ventilación, y de producción de agua caliente sanitaria, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiénico de las personas y dado que se trata de un edificio de nueva construcción es preceptivo la aplicación del Código Técnico de la Edificación (CTE) así como del reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y todas las normas a las que hacen referencia estos documentos, y se contrata a Iñaki Goñi Echeverz, ingeniero técnico industrial especialidad mecánico, para la realización del siguiente documento.

#### 4. NORMATIVA APLICABLE

La normativa aplicable tiene un amplio abanico de legislación y regulación ya que abarca desde la relativa a piscinas, la geotermia y la solar térmica.

Por tanto, en primer lugar trataremos lo relativo a las piscinas de uso público:

- Decreto 95/2000, de 22 de febrero, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a piscinas de uso público.
- Fichas técnicas de la Secretaria General d'Esports (POC) para piscinas cubiertas (ref. 23).
- Normas NIDE 3 del Consejo Superior de Deportes, actualmente solo es un manual de recomendación, ya que estas normas han sido sustituidas por el RITE.
- Código Técnico de Edificación (Real Decreto 314/2006 del 17 de Marzo.CTE).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (Real Decreto 1027/2007 del 20 de Julio. RITE-ITE 10.2):

Las principales prescripciones del reglamento RITE se relatan a continuación:

1. El consumo de energías convencionales para el calentamiento de piscinas está permitido solamente cuando estén situadas en locales cubiertos.
2. La temperatura del agua del vaso será la que se indica en la tabla que figura a continuación, según el uso principal de la piscina. La temperatura del agua se medirá en el centro de la piscina y a unos 20 cm por debajo de la lámina de agua.

Uso principal		Temperatura del agua (°C)
público	recreo	25
	chapoteo	24
	enseñanza	25
	entrenamiento	26
	competición	24
privado		25-26

Tabla 1: Temperatura del agua de las piscinas

La tolerancia en el espacio, horizontal y verticalmente, de la temperatura del agua no podrá ser mayor que  $\pm 1$  °C. Para el control de la temperatura del agua se dispondrá una sonda de temperatura en el retorno de agua al cambiador de calor y un termostato de seguridad dotado de rearme manual en la impulsión que enclave el sistema de generación de calor. La temperatura de tarado del termostato de seguridad será, como máximo, 10 °C mayor que la temperatura máxima de impulsión.

3. La temperatura seca del aire del local será entre 2 C y 3°C mayor que la del agua, con un mínimo de 26 C y un máximo de 28°C. La humedad relativa del ambiente se mantendrá entre el 55% y el 70%.

Para evitar condensaciones sobre las paredes frías del local de la piscina puede utilizarse el aire exterior. Este aire debe ser calentado antes de ser introducido en el local y el calor del aire expulsado debe ser recuperado por los medios que el proyectista considere oportunos.

Alternativamente, el mantenimiento de la humedad relativa del ambiente dentro de los límites anteriormente indicados puede lograrse por medio de una bomba de calor, enfriando, deshumedeciendo y recalentando el mismo aire del ambiente.

El uso de energías convencionales para estos fines debe restringirse a suplementar el calor necesario para el aire mínimo de ventilación y las pérdidas por transmisión.

El uso de recuperadores o bombas de calor no es obligatorio para piscinas cubiertas con pileta cuya capacidad sea menor que 80 m<sup>3</sup> o cuya superficie de agua sea menor que 50 m<sup>2</sup>.

4. El cálculo de la potencia térmica necesaria a régimen para calentar el agua de la piscina se efectuará teniendo en cuenta las siguientes pérdidas:
  - por transferencia de vapor de agua al ambiente:
    - desde la superficie del agua
    - desde el suelo mojado alrededor de la piscina

- desde el cuerpo de las personas mojadas
- por convección de la superficie de agua del vaso.
- por radiación de la superficie de agua hacia los cerramientos.
- por conducción a través de las paredes del vaso.
- por renovación del agua del vaso.

El equipo productor de calor se dimensionará para las condiciones de régimen de funcionamiento. En consecuencia, para la puesta en régimen de la temperatura del agua al comienzo de la estación se admitirá una duración de varios días, dependiendo de la temperatura al comienzo del arranque.





## 5.2. Descripción de la instalación

El C.R. Guelbenzu fue construido en dos fases entre los años 1952 y 1968. En 1986 fue transferido al Gobierno de Navarra quedando adscrito definitivamente al Instituto Navarro de Deporte y Juventud en 1992 (actualmente Instituto Navarro del Deporte).

Desde esa fecha se han ido realizando diversas reformas, siendo la más importante la realizada en el año 1996 consistente en la división del vaso original, la instalación de la cubierta telescópica, la construcción del graderío para 198 espectadores y del bar restaurante con acceso directo desde la vía pública. En el año 2007 se transformó el recinto del bar restaurante en gimnasio y sala de actividades. La instalación que ocupa una superficie de 5.592 m<sup>2</sup>, consta de edificación con sótano y PB+2 y espacio exterior.

- La distribución del edificio es la siguiente:

Planta sótano: se ubican las salas de instalaciones de depuración de los vasos y los vestuarios de personal.

Planta baja: están las oficinas, recepción, vestuarios de hombres y mujeres, vestuario de discapacitados, vestuarios de equipos (2), aseos, cuarto de limpieza, botiquín, almacenes, local de producción de ACS, climatizadora de la piscina cubierta y vasos de piscina (uno de 25x12 m y otro de 8x12 m), con sus playas correspondientes.

Planta primera: con acceso desde el exterior y desde la zona verde, se sitúan el gimnasio, el graderío para 200 espectadores y una terraza solarium.

Planta segunda: se encuentra la sala de instalaciones de climatización y ventilación y otra terraza solarium.

Espacio exterior: dos frontones, uno cubierto (25x13,3 m) y el otro descubierto (25x14,8m), el vaso de chapoteo (8x6 m), merendero, parque infantil y zona verde.

\*Las superficies útiles del edificio hacen un total de 1623,12 m<sup>2</sup>, a continuación detallamos cada uno:

<b>SUPERFICIES UTILES EDIFICIO</b>		
<b>PLANTA SOTANO</b>		
Sala vasos de expansión	39,87	
Sala filtros y bombas	72,70	
Oficina mantenimiento	15,59	
Vestuario 6	8,41	
Archivo	8,34	
Escalera	8,13	
	<b>Total Sótano</b>	<b>153,04</b>
<b>PLANTA BAJA</b>		
Distribuidor 1	38,61	
Control de acceso	12,19	
Oficina	12,19	
Pasillo	26,89	
Vestuario 1	50,36	
Vestuario 2	52,85	
Distribuidor 2	34,97	
Aseos 1	11,56	
Aseos 2	10,53	
Vestuario 3	15,15	
Vestuario 4	15,24	
Vestuario 5	6,22	
Distribuidor 3	34,19	
Cuarto de limpieza	6,60	
Escalera	9,38	
Sala calderas	15,89	
Sala climatización piscina	40,21	
Control	7,66	
Botiquín	6,33	
Almacén	5,15	
Residuos	4,73	
Recinto piscina	799,85	
	<b>Total Baja</b>	<b>1.216,75</b>
<b>PLANTA PRIMERA</b>		
Gimnasio	137,14	
Escalera-distribuidor 4	21,31	
Distribuidor 5	11,32	
Limpieza	1,50	
Aseos 3	4,00	
Aseos 4	4,44	
Terraza cubierta	47,94	
	<b>Total Primera</b>	<b>227,65</b>
<b>PLANTA SEGUNDA</b>		
Sala climatización	20,40	
Escalera	5,28	
	<b>Total Segunda</b>	<b>25,68</b>
<b>TOTAL EDIFICIO</b>		<b>1.623,12</b>



### 5.3. Cte. Ahorro de energía. HE1 Limitación de demanda energética

La zona climática de cualquier localidad en la que se ubiquen los edificios se obtiene de la tabla D.1 del Documento Básico HE Ahorro de Energía del CTE en función de la diferencia de altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia. Si la diferencia de altura fuese menor de 200 m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se tomará, para dicha localidad, la misma zona climática que la que corresponde a la capital de provincia. Como no es este nuestro caso, tomaremos el valor indicado en la tabla para localidades en las que la diferencia de altura con la capital de provincia está entre 200 m y 400 m.

Tabla de Zonas Climáticas				
Capital de provincia		Zona de la capital		Altura de referencia
Pamplona		D1		456
Desnivel entre la localidad y la capital de provincia (m)				
de 200 a 399	de 400 a 599	de 600 a 799	de 800 a 999	a partir de 1000
E1	E2	E3	E4	E5

Con estos valores de referencia y mediante las tablas incluidas a continuación se pueden establecer los valores límites de transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores y los valores límite de los parámetros característicos medios, tanto de transmitancias como de factor solar modificado.

#### Datos para la zona climática E1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Llim}: 0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$

En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$  sea inferior a 0,43  $W/m^2K$  se podrá tomar como valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis

Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
Carga interna baja			Carga interna alta		
E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	0,54	-	0,56
-	-	-	0,45	0,6	0,49
-	-	-	0,4	0,54	0,43

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim}$ $W/m^2K$			
	N	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,1	3,1	3,1	3,1
de 11 a 20	3,1	3,1	3,1	3,1
de 21 a 30	2,6 (2,9)	3,0 (3,1)	3,1	3,1
de 31 a 40	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,1	3,1
de 41 a 50	2,0 (2,2)	2,4 (2,6)	3,1	3,1
de 51 a 60	1,9 (2,0)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)

Además, para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la tabla siguiente:

Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica $U$ ( $W/m^2K$ )	
Cerramientos y particiones interiores	ZONA E
Muros de fachada y particiones interiores en contacto con espacios no habitables	0,74
Suelos	0,62
Cubiertas	0,46
Vidrios y marcos	3,10
Medianerías	1,00

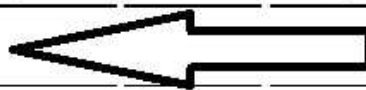
La permeabilidad de las carpinterías de los huecos y lucernarios de los cerramientos que limitan los espacios habitables del ambiente exterior se limita en función del clima de la ubicación.

La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá un valor inferior a 27 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> para la zona climática E1.

La humedad relativa media mensual en superficies interiores de cerramientos que puedan absorber agua y en los puentes térmicos deberá ser inferior al 80%.

#### 5.4. Datos climatológicos:

En primer lugar es importante conocer las temperaturas medias ambientales, las precipitaciones acuosas, el nº de horas diarias de sol y demás valores detallados en las distintas tablas.

Navarra	La Rioja	País Vasco			Ceuta	Melilla	Año
Pamplona (aeropuerto)	Logroño (Agoncillo)	Vitoria (Foronda)	Bilbao (aeropuerto)	San Sebastián (Igueldo)			— Mes
 <b>Temperatura media</b> (grados centígrados)							
13,9	14,7	12,5	15,6	14,4	18,7	19,0	2006
13,2	14,0	11,4	14,6	13,3	18,6	18,7	2007
13,0	13,8	11,5	14,8	13,4	18,5	19,1	2008
13,7	14,6	12,2	15,1	13,5	18,9	19,6	2009
12,6	13,4	11,0	14,5	12,9	18,6	19,5	2010
6,0	6,0	5,2	10,1	8,5	15,7	16,2	Diciembre 2009
4,3	5,2	3,5	8,7	7,0	13,9	14,5	Enero 2010
5,4	6,0	4,8	9,6	7,7	14,6	15,9	Febrero
8,6	9,2	7,5	11,7	10,0	14,6	15,1	Marzo
12,8	13,7	11,5	14,4	12,9	16,8	17,4	Abril
13,3	14,4	11,7	15,1	13,4	18,4	19,5	Mayo
18,0	19,3	15,6	18,2	16,4	21,7	22,8	Junio
22,3	23,6	19,5	21,0	19,3	23,5	26,1	Julio
21,5	22,7	19,0	21,0	19,3	26,2	27,2	Agosto
18,3	19,1	16,1	19,0	17,4	23,2	24,2	Septiembre
13,7	13,8	12,0	15,8	14,5	19,8	20,3	Octubre
8,0	8,5	7,6	11,5	10,2	15,9	16,6	Noviembre
4,9	5,3	3,7	8,6	7,3	15,1	15,0	Diciembre

### Precipitación acuosa (milímetros)

618,5	407,4	529,5	959,4	1.248,9	616,3	390,4	2006
674,6	453,4	704,1	1.089,0	1.536,1	672,7	564,9	2007
808,9	630,4	885,5	1.428,4	1.909,5	1.108,7	768,8	2008
756,7	366,6	729,1	1.170,2	1.700,9	784,9	271,3	2009
684,2	311,9	648,5	1.300,8	1.477,8	1.637,4	482,0	2010
65,1	56,9	65,8	96,9	126,5	339,1	74,0	Diciembre 2009
108,3	30,0	125,2	187,4	197,1	374,8	122,9	Enero 2010
62,7	21,3	40,7	46,9	70,0	347,6	60,0	Febrero
41,9	12,0	27,8	54,0	52,4	276,3	92,4	Marzo
67,9	24,5	10,2	48,1	60,4	42,4	55,0	Abril
41,2	28,0	63,3	92,5	104,4	18,9	0,0	Mayo
62,2	48,2	77,5	239,8	157,8	18,5	1,4	Junio
38,9	29,8	7,8	31,0	76,3	1,9	0,1	Julio
11,7	0,1	7,1	26,5	109,7	8,1	21,6	Agosto
20,5	21,6	24,5	58,2	68,9	8,7	3,2	Septiembre
78,8	41,6	69,5	113,7	128,8	79,7	50,8	Octubre
79,6	29,6	112,5	248,3	310,0	205,6	41,5	Noviembre
70,5	25,2	82,4	154,4	142,0	254,9	33,1	Diciembre

### Número de horas de sol

2.404	2.474	2.007	1.581	1.890	-	2.537	2006
2.277	2.476	1.929	1.453	1.735	-	2.758	2007
2.166	2.393	1.907	1.530	1.817	-	2.697	2008
2.383	2.633	2.011	1.529	1.829	-	2.957	2009
2.192	2.396	1.862	1.475	1.817	-	2.632	2010
77	99	70	58	76	135	183	Diciembre 2009
68	84	58	42	59	100	139	Enero 2010
83	105	91	81	102	-	137	Febrero
177	183	134	105	146	-	128	Marzo
225	243	212	185	224	-	158	Abril
218	223	197	160	168	-	352	Mayo
237	239	198	167	205	-	344	Junio
317	353	241	158	181	-	300	Julio
287	310	237	162	229	-	315	Agosto
223	227	184	180	205	-	223	Septiembre
176	182	145	102	136	-	216	Octubre
71	118	81	54	59	-	195	Noviembre
112	129	84	80	103	-	127	Diciembre



Provincia	Estación	Indicativo
Navarra	Pamplona (Noain)	9263D

#### UBICACIÓN: AEROPUERTO

#### Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO

a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad
452	42 <sup>o</sup> 46'06"	01 <sup>o</sup> 38'21"W	87.600 (1998-2007)	(3) 29.200 (1998-2007)		11.680 (2006-2007)

#### CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)

TSMIN (°C)	TS <sub>99,6</sub> (°C)	TS <sub>99</sub> (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)
-11,6	-3,8	-2,0	10,5	87	38,4

#### CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)

TSMAX (°C)	TS <sub>0,4</sub> (°C)	THC <sub>0,4</sub> (°C)	TS <sub>1</sub> (°C)	THC <sub>1</sub> (°C)	TS <sub>2</sub> (°C)	THC <sub>2</sub> (°C)	OMDR (°C)
39,8	34,6	20,7	32,4	20,6	30,2	20,3	19,2

#### CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)

TH <sub>0,4</sub> (°C)	TSC <sub>0,4</sub> (°C)	TH <sub>1</sub> (°C)	TSC <sub>1</sub> (°C)	TH <sub>2</sub> (°C)	TSC <sub>2</sub> (°C)
22,0	31,7	21,2	31,3	20,4	30,8

#### VALORES MEDIOS MENSUALES

Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD <sub>15</sub> (°C)	GD <sub>20</sub>	GDR <sub>20</sub>	RADH (kWh/m <sup>2</sup> dfa)	TTERR (°C)
Enero	5,4	6,8	299	454	0		
Febrero	5,9	7,6	258	398	0		
Marzo	9,4	11,4	186	329	1		
Abril	11,0	12,9	142	274	4		
Mayo	15,0	17,1	70	178	23		
Junio	19,4	21,6	19	85	66		
Julio	20,4	22,6	8	61	74		
Agosto	21,1	23,4	5	51	85		
Septiembre	18,1	20,5	21	96	39		
Octubre	14,4	16,4	68	182	9		
Noviembre	8,4	10,0	199	347	0		
Diciembre	5,4	7,0	297	452	0		

### Datos relativos a las condiciones de diseño de equipos y cálculo de cargas

Se distinguirá entre datos necesarios para calefacción y refrigeración, utilizando el concepto de nivel percentil (porcentaje de horas anuales en los que la temperatura de la localidad es sobrepasado por un cierto valor, es decir, el valor de la temperatura seca de una localidad con un nivel percentil del 0,4 % supone que un número de horas de  $24 \cdot 365 \cdot 0,4/100 = 35$  h la temperatura de dicha localidad está por encima de este valor).

#### Datos referidos a calefacción:

**TS (99,6%):** temperatura seca (°C) de la localidad con un percentil del 99,6%.

**TS (99%):** temperatura seca (°C) de la localidad con un percentil del 99%.

**TSMIN:** temperatura seca (0C) mínima registrada en la localidad.

**OMDC:** oscilación media diaria (0C) (máxima-mínima diaria) de los días en los que alguna de sus horas están dentro del nivel percentil del 99%.

**HUMcoin:** Humedad relativa media coincidente (%) (se da a la vez que se tiene el nivel percentil del 99% en temperatura seca).

Datos referidos a refrigeración:

**TS (0,4%):** temperatura seca (0C) de la localidad con un percentil del 0,4%.

**THC (0,4%):** temperatura húmeda coincidente (0C) en el mismo instante que se tiene una temperatura seca con el nivel percentil del 0,4%.

**TS (1%):** temperatura seca ( 0C) de la localidad con un percentil del 1%.

**THC (1%):** temperatura húmeda coincidente (0C) en el mismo instante que se tiene una temperatura seca con el nivel percentil del 1%.

**TS (2%):** temperatura seca (0C) de la localidad con un percentil del 2%.

**THC (2%):** temperatura húmeda coincidente (0C) en el mismo instante que se tiene una temperatura seca con el nivel percentil del 2%.

**OMDR:** oscilación media diaria (0C) (máxima-mínima diaria) de los días en los que alguna de sus horas están dentro del nivel percentil del 1%.

**TSMAX:** temperatura seca (0C) máxima registrada en la localidad.

**TH (0,4%):** temperatura húmeda (0C) de la localidad con un percentil del 0,4%.

**TSC (0,4%):** temperatura seca coincidente (0C) cuando se tiene una temperatura húmeda con el nivel percentil del 0,4%.

**TH (1%):** temperatura húmeda (0C) de la localidad con percentil del 1%.

**TSC (1%):** temperatura seca coincidente (0C) cuando se tiene una temperatura húmeda con el nivel percentil del 1%.

**TH (2%):** temperatura húmeda (0C) de la localidad con un percentil del 2%.

**TSC (2%):** temperatura seca coincidente (0C) cuando se tiene una temperatura húmeda con el nivel percentil del 2%.

**OMA:** oscilación media anual de temperatura seca (0C). Se define como la diferencia de la temperatura seca con un nivel percentil del 0,4% respecto a la temperatura seca con un 99,6%, es decir:  $OMA = TSC (0,4\%) - TS (99,6\%)$

Para extrapolar las condiciones de diseño en función de la hora solar y del mes considerado es de aplicación la norma UNE 100014-1984.

- **Datos relativos a cálculos simples de demanda de calefacción y ACS**

**TA:** temperatura seca media mensual (0C).

**TASOL:** temperatura seca media mensual durante las horas de sol (0C).

**TTERR:** temperatura media mensual del terreno ( 0C) a una profundidad de 20 cm. (Se podría establecer una correlación con la anterior, o viceversa; ver anexo 1).

**RADH:** radiación media diaria sobre superficie horizontal en forma mensual (kWh/m2).

**GD15/15:** grados día de calefacción con base 15/15 en forma mensual. Suma mensual del valor horario de la temperatura seca con respecto a 150C dividido por 24 y únicamente contabilizando los valores negativos (se expresa finalmente en número absoluto dicho valor).

**GD20/20C:** grados día de calefacción con base 20/20 en forma mensual. Suma mensual del valor horario de la temperatura seca con respecto a 200C dividido por 24 y

únicamente contabilizando los valores negativos (se expresa finalmente en número absoluto dicho valor).

**GD20/20R:** grados día de refrigeración con base 20/20 en forma mensual. Suma mensual del valor horario de la temperatura seca con respecto a 200C dividido por 24 y únicamente contabilizando los valores positivos.



## 6. CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

En un proyecto de este tipo es preciso tener en cuenta diversos aspectos para poder climatizar adecuadamente el recinto, por ello tendremos en cuenta tres aspectos a acondicionar térmicamente, en primer lugar el agua de las piscinas, después el ACS y por último, la climatización del aire del recinto.

### 6.1. Demanda referida al agua de la piscina

En primer lugar, es necesario tener presente que en el recinto hay una fuerte evaporación. Como consecuencia de ello la obtención de unas condiciones de confort adecuadas evitando condensaciones, que son los dos objetivos de este tipo de instalaciones, para ello se deberá analizar los siguientes aspectos:

- Conseguir la temperatura y humedad ambientales adecuadas.
- El mantenimiento de la temperatura del agua del vaso de piscina.
- Garantizar el aire de ventilación mínimo higiénico.
- Evitar las corrientes de aire en la zona de ocupación y sobre la lámina de agua.
- Evitar que se produzcan condensaciones en los distintos cerramientos como consecuencia de la alta humedad absoluta y relativa del aire ambiente interior.

En cuanto a la temperatura del aire ambiente, la del agua y la humedad ambiental seguiremos la normativa aplicable expuesta en el apartado 4 del presente proyecto. Como los usos de la piscina municipal, son diversos, deportistas en competición, recreo, infantil, mayores de 65 años, embarazadas, etc., por ello se tomarán como condiciones de confort las siguientes:

Condiciones de confort	Temperatura (°C)
Temperatura del agua	25 °C
Temperatura del aire	27 °C
Humedad relativa	65%

Tabla 2: Condiciones de confort.

A continuación se realizarán todos los cálculos necesarios para poder conocer la demanda energética y poder posteriormente dimensionar los equipos mas adecuados:

## 6.2. Cálculo de la deshumidificación del aire

La evaporación en la lámina de agua será mayor cuando la ocupación de la piscina sea mayor. Además si la velocidad del aire es grande, también se favorece este fenómeno, al igual que las paredes y bañistas mojados. También el calor latente de los bañistas y del público así como el aire exterior usado para ventilar ya que puede contener más humedad que el aire interior.

De las diversas ecuaciones aplicables para el cálculo de la deshumidificación, se ha escogido la de Bernier para piscinas cubiertas, ya que contempla la suma de dos términos:

- ❖ piscina sin agitación (coeficiente 16)
- ❖ piscina con ocupación (coeficiente 133·n)

$$M_e = S \cdot [(16 + 133 \cdot n) \cdot (W_e - G_a \cdot W_{as})] + 0,1 \cdot N$$

Donde:

**Me** = masa de agua evaporada (kg/h)

**S** = superficie de piscinas<sup>3</sup> (m<sup>2</sup>): 25x12 + 8x12 = 396 m<sup>2</sup>

**We** = humedad absoluta del aire saturado a la T<sup>a</sup> del agua (kg.agua /kg.aire): a 25°C → 0,0200 kg.agua /kg.aire [tabla 3].

**Was** = humedad absoluta del aire saturado a la T<sup>a</sup> del aire interior (kg.agua /kg.aire): 27°C → 0,0225 kg.agua /kg.aire [tabla 3].

**Ga** = grado de saturación: 65%

**n** = nº de nadadores por m<sup>2</sup> de superficie de lámina de agua<sup>4</sup>: 198 bañ /396 m<sup>2</sup>

**N** = nº total de ocupantes (espectadores): se tomará como 190 si se considerara el llenado del graderío

T °C	Humedad absoluta: W (Kg AGUA / Kg AIRE)
20	0,0147
21	0,0155
22	0,0165
23	0,0177
24	0,0187
25	0,0200
26	0,0213
27	0,0225
28	0,0240
29	0,0255
30	0,0270

Tabla 3: Humedad absoluta del aire saturado.

En nuestro caso, aplicando la ecuación expuesta anteriormente:

$$Me = 396 \text{ m}^2 \times [(16 + 133 \times 198/396) \times (0.02 \text{ kg. agua/kg. aire} - 0,65 \times 0,0025 \text{ kg. agua/kg. aire})] + (0,1 \times 60) = 117,89 \text{ Kg. agua/h}$$

Por tanto, es conveniente que la temperatura del agua no sea excesivamente alta y que la temperatura del aire sea siempre mayor que la del agua para que la evaporación y las condiciones de confort sean las adecuadas. Puesto que cuanto mayor sea la temperatura del agua será mayor su humedad absoluta en la saturación y como consecuencia aumentará la cantidad de agua evaporada, en las mismas condiciones del aire ambiente.

### 6.3. Pérdidas de calor del agua del vaso de la piscina

Para poder mantener la temperatura del vaso es preciso conocer las diferentes pérdidas de calor provocando el siguiente balance de energía:

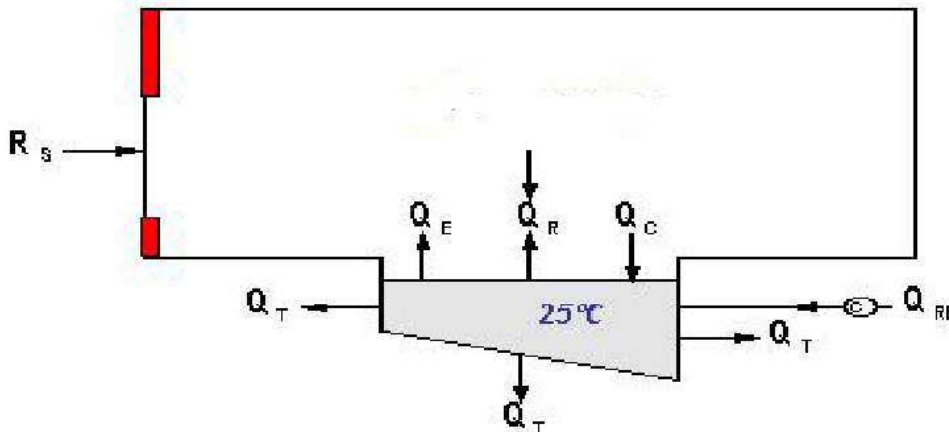


Figura 8: esquema de los aportes de calor y las pérdidas en la piscina.

$Q_E$  = pérdidas por evaporación del agua del vaso

$Q_R$  = pérdidas por radiación de calor

$Q_C$  = pérdidas por convección de calor

$Q_T$  = pérdidas por transmisión

$Q_{RE}$  = pérdidas por renovación del agua del vaso

A continuación se analizan cada uno de estos tipos de pérdidas:

### 6.3.1. Pérdidas por evaporación del agua del vaso

El agua al evaporarse del vaso de la piscina, absorbe calor enfriando el resto del agua y bajando la temperatura del agua del vaso. Por tanto, cuanto mayor sea la evaporación mayor será el enfriamiento del agua del vaso. Estas pérdidas serán las mismas tanto para las cargas de invierno como las de verano. Para calcular las pérdidas por evaporación emplearemos la siguiente ecuación:

$$Q_e = S \cdot (16 + 133 \cdot n) \cdot (W_e - G_a \cdot W_{as}) \cdot C_{vap}$$

\*Siendo el calor de vaporización del agua (para una  $t^a$  de 25/26°C igual a 677,8 Wh/kg)

$$Q_e = 396 \text{ m}^2 \times [16 + 133 \times (198/396)] \times (0.02 \text{ kg. agua/kg. aire} - 0,65 \times 0,025 \text{ kg. agua/kg. aire}) \times 677,8 \text{ Wh/kg} = \mathbf{119.022,53 \text{ W}}$$

### 6.3.2. Pérdidas por radiación de calor de las piscinas

Para calcular las pérdidas que el vaso de la piscina por radiación se utiliza la fórmula de Stefan-Boltzmann. Estas dependen de la diferencia entre la temperatura media del agua y de los cerramientos. En verano las perdidas serán negativas.

$$Q_{rad} = S_{vas} \cdot \varepsilon_a \cdot \sigma \cdot (T_{pisc}^4 - T_{rec}^4)$$

Donde:

$\sigma$ : Constante de Stefan-Boltzmann:  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

$\varepsilon$ : Emisividad del agua: 0,95

$T_{pis}$ : Temperatura del agua: 298K

$T_{rec}$ : Temperatura del recinto ( $t^a$  superficial de los cerramientos) : 296K

$S_{vas}$ : Superficie de los vasos de las piscinas:  $396 \text{ m}^2$

En nuestro caso:

$$Q_{rad} = 396 \text{ m}^2 \times 0,95 \times (5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4) \times (298^4 - 296^4) \text{ K}^4 = \mathbf{4.470,6 \text{ W}}$$

En el caso de las piscinas cubiertas los cerramientos deben encontrarse a muy pocos grados de temperatura por debajo dependiendo del tipo de cerramiento y coeficiente de transmisión de calor, de la del aire ambiente, y por tanto a muy poca diferencia con la del agua, por tanto estas pérdidas por radiación en piscinas cubiertas se consideran generalmente despreciables.

### 6.3.3. Pérdidas por convección de calor

Las pérdidas por convección son también pequeñas por el mismo motivo que en el caso de las de radiación. Además, se da el caso de tener una ganancia en lugar de pérdidas ya que la temperatura del recinto es superior a la del agua. En verano dichas pérdidas serán positivas. Para calcular las pérdidas por convección utilizamos la siguiente ecuación:

$$Q_{conv} = S_{vas} \cdot 0,6246 \cdot (T_{ag} - T_a)^{4/3}$$

$T_{ag}$ : Temperatura del vaso de agua (25°C)

$T_a$ : Temperatura del aire (27°C)

$S_{vas}$ : Superficie de los vasos de las piscinas: 396 m<sup>2</sup>

Las pérdidas por convección son:

$$Q_{conv} = 396 \text{ m}^2 \times 0,6246 \times (25-27)^{4/3} = -623,26 \text{ W}$$

### 6.3.4. Pérdidas por transmisión

Estas pérdidas dependen de la arquitectura de la piscina y del coeficiente de transmisión térmica del material utilizado. Así pues, las pérdidas por transmisión son:

$$Q_{trans} = S_{cerr,vas} \cdot C_t \cdot (T_{ag} - T_{par})$$

Donde:

$C_t(U)$ : Coeficiente de transmisión de las paredes: 1,50 W/m<sup>2</sup>·°C. Para la capa de azulejos y base de hormigón.

$S_{cerr,vas}$ : Superficie de cerramiento del vaso: 799,85 m<sup>2</sup>

**T<sub>ag</sub>**: Temperatura del agua de la piscina (25°C)

**T<sub>par</sub>**: Temperatura paredes (exterior al cerramiento):

$$\mathbf{T_{ag} - T_{par} = \Delta T; \quad \Delta T = (T_i - T_e) \times \frac{e/\lambda}{Rf} \quad (R \approx 1)}$$

Por tanto, estas pérdidas suponen:  $\Delta T_{\text{verano}} = 27 - (-3,8) = 30,8^\circ\text{C}$

$$\Delta T_{\text{invierno}} = 27 - (34,6) = -7,6^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{Q_{\text{trans,verano}} = 799,85 \text{ m}^2 \times 1,5 \text{ W/m}^2\text{°C} \times (30,8)^\circ\text{C} = \mathbf{36.953,07 \text{ W}}}$$

$$\mathbf{Q_{\text{trans,invierno}} = 799,85 \text{ m}^2 \times 1,5 \text{ W/m}^2\text{°C} \times (-7,6)^\circ\text{C} = \mathbf{-9.118,29 \text{ W}}}$$

### 6.3.5. Pérdidas por renovación del agua del vaso

La normativa exige la renovación del agua de la piscina por razones higiénicas (5% volumen del vaso al día), esto provoca una gran pérdida de calor. Es obvio que el tamaño de estas pérdidas depende de la temperatura del agua de la red y de la  $t^a$  del agua de la piscina. Teniendo en cuenta que el volumen de los vasos es de:

$$V: \text{volumen de las piscinas (m}^3\text{): } 8 \cdot 12 \cdot 1,5 + 16 \cdot 25 \cdot 1,9 = 908 \text{ m}^3$$

Se puede calcular el calor cedido por la renovación del agua mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{ren}} = V_{\text{ren}} \cdot \rho_{\text{ag}} \cdot C_e \cdot (T_{\text{ag}} - T_{\text{red}})$$

Donde:

$$V_{\text{ren}}: [5\% \text{ volumen vaso}]: 908 \cdot 0,05 = 45,4 \text{ m}^3$$

$$\rho: \text{Densidad del agua: } 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$C_e: \text{calor específico del agua: } 1,16 \text{ Wh/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ag}}: \text{temperatura agua piscina: } 25^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{red}}: \text{temperatura mínima del agua de red} \rightarrow \text{Verano} = 12^\circ\text{C.}$$

$$\text{Invierno} = 5^\circ\text{C}$$

Las pérdidas por renovación diaria que hemos obtenido son:

$$Q_{\text{rend,ver}} = 45,4 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,16 \text{ Wh/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times (25 - 12)^\circ\text{C} = 684.632 \text{ Wh}$$

$$Q_{rend,día,ver} = 684.632 \text{ Wh} \times 1/24 = \mathbf{28.526,3 \text{ W}}$$

$$Q_{rend,ver} = 45,4 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,16 \text{ Wh/kg}\cdot^\circ\text{C} \times (25 - 5)^\circ\text{C} = 1.053.280 \text{ Wh}$$

$$Q_{rend,día,ver} = 1.053.280 \text{ Wh} \times 1/24 = \mathbf{43.886,66 \text{ W}}$$

### 6.3.6. Potencia necesaria para la puesta en marcha

Para calcular la potencia de puesta a régimen debemos de utilizar la fórmula siguiente:

$$Q_{pr} = \frac{V \cdot \rho_{ag} \cdot C_e \cdot (T_{ag} - T_{red})}{t}$$

Donde:

**V:** volumen de las piscinas (m<sup>3</sup>): 908 m<sup>3</sup>

**ρ:** Densidad del agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>

**C<sub>e</sub>:** calor específico del agua: 1,16 Wh / kg·°C

**T<sub>ag</sub>:** temperatura agua piscina: 25°C

**T<sub>red</sub>:** temperatura agua red invierno: 5°C.

**t:** Tiempo de puesta en régimen (5 días = 120 h). Se toma este tiempo de puesta en régimen para que la potencia que tenemos que utilizar no requiera de equipos auxiliares o de mayor potencia. Además se considera que antes tan solo se hará una vez al año en el mantenimiento anual.

La potencia por este concepto es de:

$$Q_{pr} = [908 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,16 \text{ Wh/kg}\cdot^\circ\text{C} \times (25 - 5)^\circ\text{C}] / 120\text{h}$$
$$= \mathbf{175.546,66 \text{ W/año} = \mathbf{481\text{W/día}}$$

#### 6.4. Cálculo de calentamiento de ACS

Para el cálculo de las necesidades energéticas y de suministro de agua para el agua caliente sanitaria (ACS), se han tomado los valores exigidos por el CTE (Código Técnico de la Edificación) en su apartado destinado a definir la calidad del suministro (DB HS: Salubridad). A continuación se realiza el cálculo a partir de esa norma:

Caudal de agua (ACS):

- lavabo: 0,03 l/s.
- Inodoro: 0,065 l/s.
- Ducha: 0,1 l/s.

Instalación:

- 9 lavabos.
- 7 Inodoros.
- 20 duchas.

Temperatura mínima del agua de red: → Verano = 12°C.  
Invierno = 5°C

Temperatura agua: 60°C.

La transferencia de calor por tanto será:

$$Q_{ACS} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{ac} - T_{red})$$

$$Q_{ACS,verano} = 1,2 \text{ kg/s} \times 4,18 \text{ kJ/kg}\cdot^{\circ}\text{C} (60 - 12) ^{\circ}\text{C} = \mathbf{241,11 \text{ kW}}$$

$$Q_{ACS,invierno} = 1,2 \text{ kg/s} \times 4,18 \text{ kJ/kg}\cdot^{\circ}\text{C} (60 - 5) ^{\circ}\text{C} = \mathbf{276,27 \text{ kW}}$$

#### 6.5. Acondicionamiento del aire (por el método simplificado)

A continuación se calcularán las cargas para el aire mediante un método simplificado. Esto será útil para realizar los cálculos psicrométricos de forma precisa y determinar la demanda para calcular la climatización del aire del recinto.



### 6.5.1. Pérdidas de calor por cerramientos (paredes)

La transmisión de calor por las paredes del edificio. Su expresión de cálculo se obtiene de la ecuación de transferencia de calor por conducción, para el caso unidimensional:

$$Q_{cerr} = K \cdot S \cdot (T_{int} - T_{ex})$$

**K:** coeficiente de conductividad térmica de la pared (W/ m<sup>2</sup>·K)

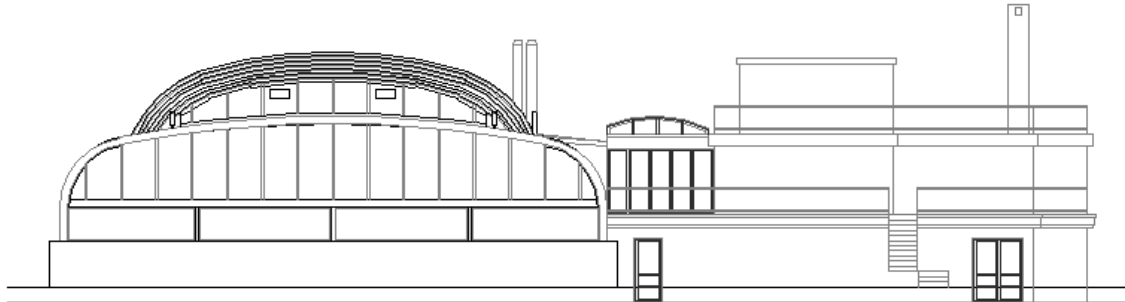
**S:** Superficie del cerramiento (m<sup>2</sup>)

**T<sub>int</sub> -T<sub>ex</sub>:** Diferencia de temperatura (K).

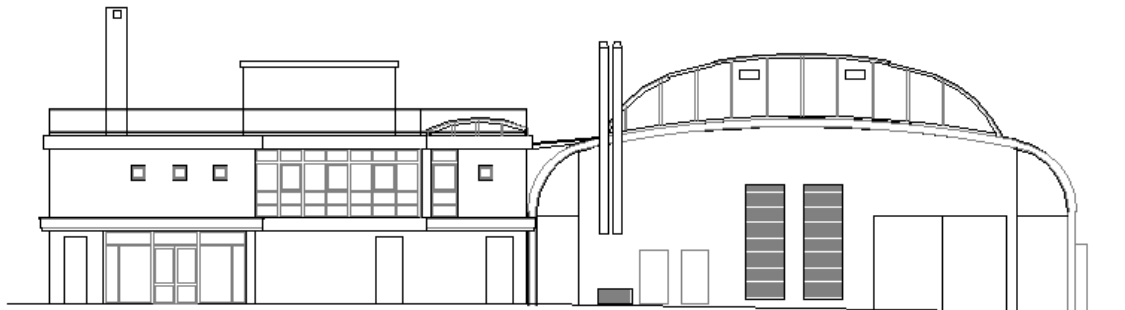
El coeficiente K está en función del material con el que está construida cada pared. En este proyecto, se toman valores tabulados en las diferentes referencias.

Para nuestro caso:

- Fachada E/O:



**ALZADO ESTE**



**ALZADO OESTE**

Las principales características de esta pared son:

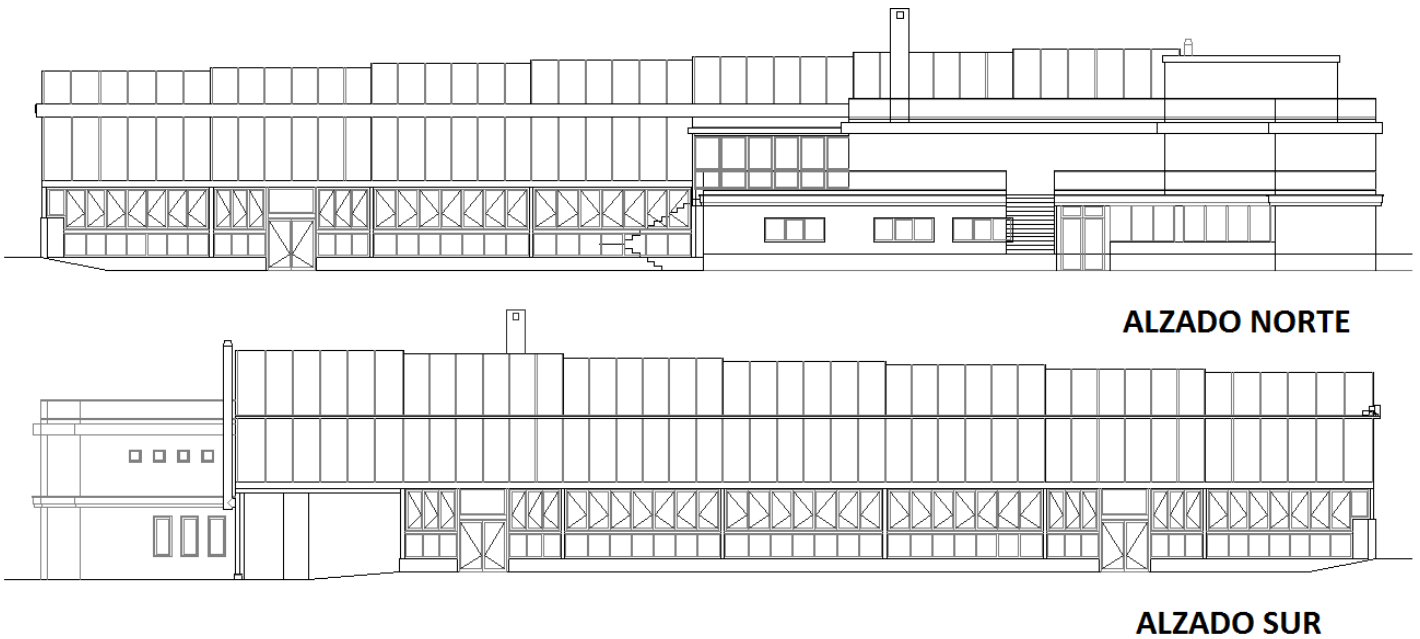
- ✓ Área:  $37,3 \times 71,3 = 268,30 \text{ m}^2$
- ✓ Temperatura interior:  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  (300K)
- ✓ Temperatura exterior:
  - Invierno  $\rightarrow -3,8 \text{ }^\circ\text{C}$  (269,35K)
  - Verano  $\rightarrow 34,6 \text{ }^\circ\text{C}$  (307,75K)
- ✓ K (conductividad térmica) hormigón ligero y lucido:  $1,3423 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$

Por tanto el calor transferido aplicando la fórmula anterior es de:

$$Q_{\text{cerr1, cerr2 (inv)}} = 1,3423 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K} \times 268,30 \text{ m}^2 \times (300 - 269,35) = \mathbf{11038,27 \text{ W}}$$

$$Q_{\text{cerr1, cerr2 (ver)}} = 1,3423 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K} \times 268,30 \text{ m}^2 \times (300 - 269,35) = \mathbf{-2791,07 \text{ W}}$$

- Fachada N/S:



Las principales características de esta pared son:

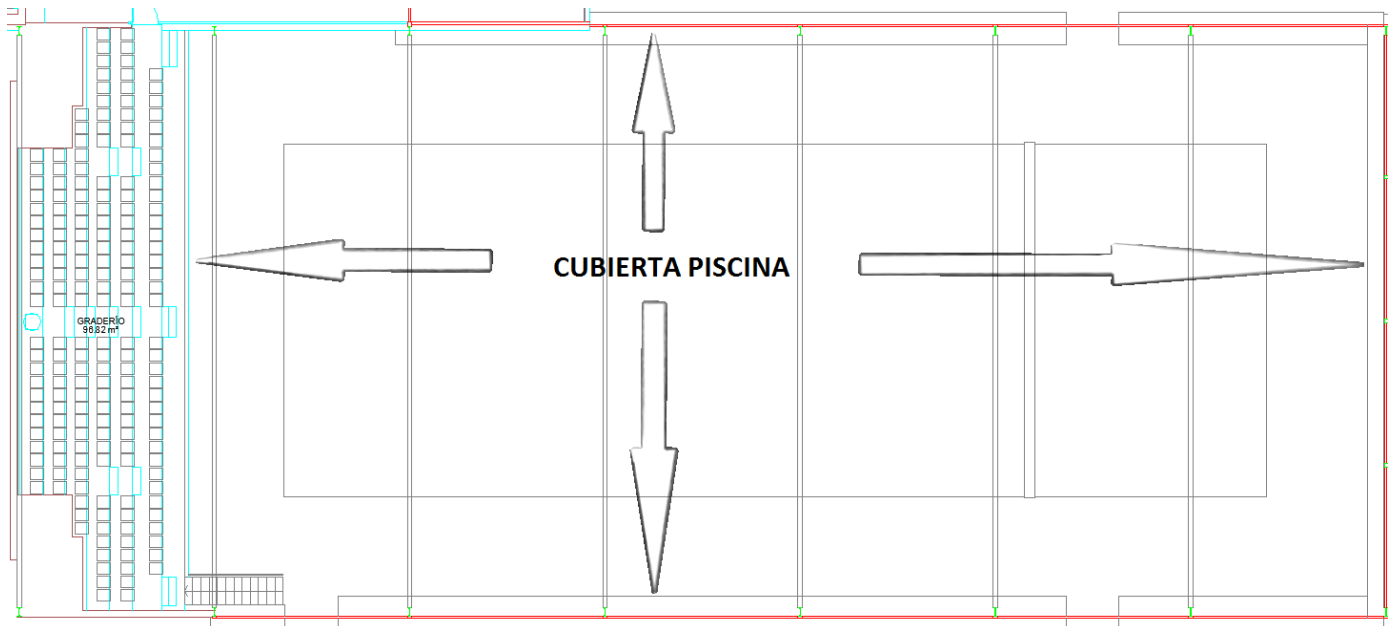
- ✓ Área:  $55 \times 8,28 = 455,4 \text{ m}^2$
- ✓ Temperatura interior:  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  (300K)
- ✓ Temperatura exterior:
  - Invierno  $\rightarrow -3,8 \text{ }^\circ\text{C}$  (269,35K)
  - Verano  $\rightarrow 34,6 \text{ }^\circ\text{C}$  (307,75K)
- ✓ K (conductividad térmica) vidrio (15%), hormigón (85%):  $2,323 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  y  $1,3423 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , respectivamente.

Por tanto el calor transferido aplicando la fórmula anterior es de:

$$Q_{\text{cerr3,4}}(\text{inv}) = 0,15 \times 2,323 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 455,4 \text{ m}^2 \times (300 - 269,35) + 0,85 \times 1,3423 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 455,4 \text{ m}^2 \times (300 - 269,35) = \mathbf{20.789,13 \text{ W}}$$

$$Q_{\text{cerr3,4}}(\text{ver}) = 0,15 \times 2,323 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 455,4 \text{ m}^2 \times (300 - 307,75) + 0,85 \times 1,3423 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 455,4 \text{ m}^2 \times (300 - 307,75) = \mathbf{-5.256,63 \text{ W}}$$

▪ Cubierta:



Las principales características de esta pared son:

- ✓ Área: 950 m<sup>2</sup>
- ✓ Temperatura interior: 27 °C (300K)
- ✓ Temperatura exterior:
  - Invierno → -3,8 °C (269,35K)
  - Verano → 34,6 °C (307,75K)
- ✓ K (conductividad térmica) vidrio (25%), paneles prefabricado aislantes (75%): 2,323 W/ m<sup>2</sup>·K y 0,3162 W/ m<sup>2</sup>·K, respectivamente.

Por tanto el calor transferido aplicando la fórmula anterior es de:

$$Q_{\text{cerr5 (inv)}} = 0,25 \times 2,323 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K} \times 950 \text{ m}^2 \times (300 - 269,35) + 0,75 \times 0,3162 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K} \times 950 \text{ m}^2 \times (300 - 269,35) \text{K} = \mathbf{23.815,2 \text{ W}}$$

$$Q_{\text{cerr5 (ver)}} = 0,25 \times 2,323 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K} \times 950 \text{ m}^2 \times (300 - 269,35) + 0,75 \times 0,3162 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K} \times 950 \text{ m}^2 \times (300 - 269,35) \text{K} = \mathbf{-6.021,78 \text{ W}}$$

## 6.5.2. Pérdidas por ventilación

La ventilación para asegurar que el aire tiene una calidad aceptable, se encarga de introducir el aire del exterior y retirar parte del aire interior, asegurando una recirculación y renovación del aire siempre será desfavorable para el cálculo de cargas, ya que retira aire en condiciones de confort por aire en otras condiciones más desfavorables. Se puede calcular esa pérdida mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{ren,aire}} = Q \cdot \rho_a \cdot C_{e,a} \cdot (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}) \cdot N$$

**Q:** Caudal de aire por persona: 20,77 m<sup>3</sup>/h·persona (referencia Ciatesa).

**N:** Número de personas (bañistas y espectadores): Tomaremos el valor máximo: 190 + 198 = 388 personas.

**T<sub>ext</sub>:** Temperatura del exterior:

- Invierno → -3,8 °C
- Verano → 34,6 °C

**T<sub>int</sub>:** Temperatura del interior la instalación: 27°C

**ρ:** Densidad del aire: 1,2 kg/m<sup>3</sup>

**Ce:** Calor específico del aire: 1010J/kg·K

Aplicando la fórmula obtenemos unas pérdidas por ventilación de:

$$Q_{\text{ren,aire (inv)}} = 20,77 \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1010 \text{ J/kg} \cdot \text{K} \times (27 - (-3,8)) \text{ }^\circ\text{C} \times 388 \times 1 \text{ h} / 3600 \text{ seg} = \mathbf{83.563,97 \text{ W}}$$

$$Q_{\text{ren,aire (ver)}} = 20,77 \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1010 \text{ J/kg} \cdot \text{K} \times (27 - 34,6) \text{ }^\circ\text{C} \times 388 \times 1 \text{ h} / 3600 \text{ seg} = \mathbf{-20.619,68 \text{ W}}$$

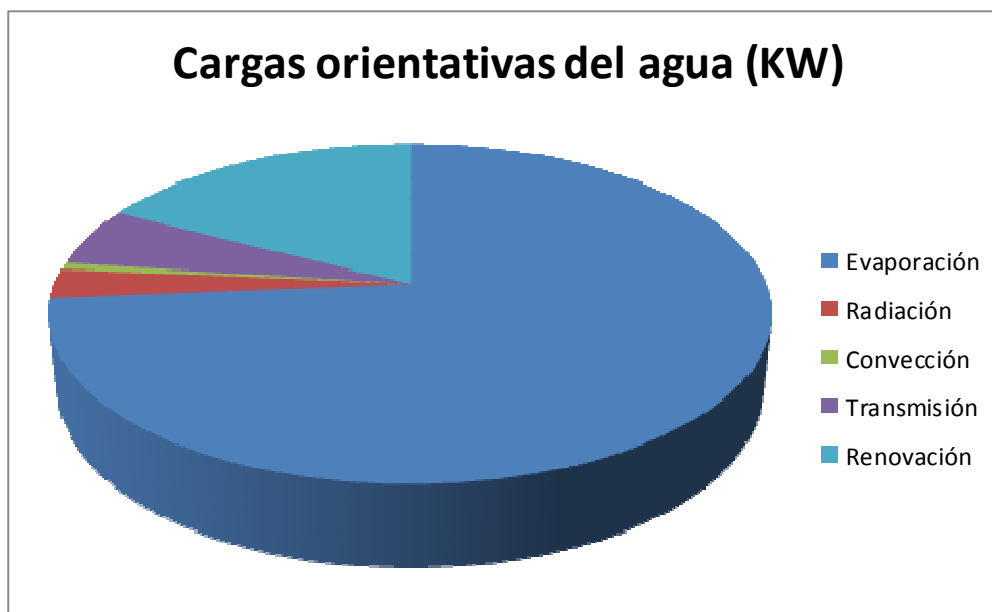
## 6.6. Resumen orientativo de cargas

A continuación resumimos en tablas los valores de potencia, tanto para el invierno como para el verano. Se han tomado los valores extremos en cada caso. Además será útil para dar una idea de los porcentajes de cada carga en el cómputo de la demanda energética.

○ CARGAS ORIENTATIVAS DEL AGUA EN INVIERNO

<u>CARGAS</u>	<u>POTENCIA</u>
Evaporación	119.022,53 W
Radiación	4.470,60 W
Convección	- 623,26 W
Transmisión	-9.118,29 W
Renovación	28.526,3 W
<b>SUBTOTAL AGUA PISCINAS</b>	<b>142.277,88 W</b>
Ventilación	83.563,97 W
Cerramiento 1	11.038,27 W
Cerramiento 2	11.038,27 W
Cerramiento 3	20.789,13 W
Cerramiento 4	20.789,13 W
Cerramiento 5	23.815,2 W
<b>SUBTOTAL AIRE (simplificado)</b>	<b>171.033,97 W</b>
<b>SUBTOTAL ACS</b>	<b>276.270 W</b>
<b>TOTAL AIRE</b>	<b><u>589.581,85 W</u></b>

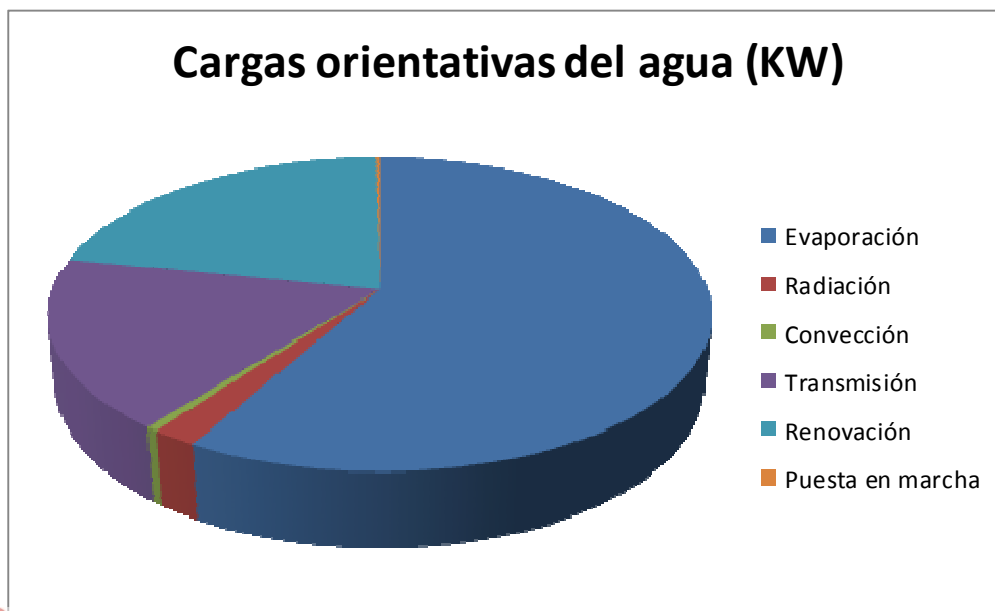
A continuación se enseña con una gráfica las diversas partidas de potencia para los meses invernales:



○ CARGAS ORIENTATIVAS DEL AGUA EN VERANO

<u>CARGAS</u>	<u>POTENCIA</u>
Evaporación	119.022,53 W
Radiación	- 4.470,60 W
Convección	623,26 W
Transmisión	36.953,07 W
Renovación	43.886,66 W
Puesta en marcha	481W/día
<b>SUBTOTAL AGUA PISCINAS</b>	<b>196.495,92 W</b>
Ventilación	-20.619,68 W
Cerramiento 1	-2.791,07 W
Cerramiento 2	-2.791,07 W
Cerramiento 3	-5.256,63 W
Cerramiento 4	-5.256,63 W
Cerramiento 5	- 6.021,78 W
<b>SUBTOTAL AIRE (simplificado)</b>	<b>-42.736,86 W</b>
<b>SUBTOTAL ACS</b>	<b>241.110 W</b>
<b>TOTAL AIRE</b>	<b><u>394.869,06 W</u></b>

A continuación se enseña con una gráfica las diversas partidas de potencia para los meses invernales:



## 6.7. Determinación precisa de la climatización para el aire del recinto

Por último se debe calcular detalladamente la demanda energética referida al aire del recinto de la instalación. Para ello se empleará el método ASHRAE, aceptado por el Ministerio de Industria.

### 6.7.1. Cálculo del caudal de aire

Es preciso determinar la temperatura de descarga del aire impulsado para compensar el enfriamiento provocado por la evaporación del agua teniendo en cuenta las pérdidas y ganancias que se producen en la piscina.

En este caso es necesario diferenciar los aportes de calor tanto en invierno como en verano. Se han empleado las ecuaciones de los apartados anteriores para calcular dicha diferencia.

Es preciso conocer la masa de aire impulsado, siguiendo las exigencias del RITE IT 1.1.4.1.3, para ello realizan los siguientes cálculos:

$$v = \frac{T}{100} - 0,07 = \frac{27}{100} - 0,07 = 0,2m/s$$

Siendo:

V: velocidad del aire

T: temperatura interior del aire.

Además tenemos estos datos:

- temperatura del aire interior de 27°C
- humedad del 65%, (14,56g/kg).
- volumen de vapor ha extraer es de 117,89 Kg.agua/h.
- caudal de aire de circulación (R): 6 ren/h.
- volumen del local (V): 5.592 m<sup>2</sup> x 2 = 11.184 m<sup>3</sup>.
- Temperatura exterior invierno: -3,8°C
- Humedad relativa invierno: 80%, (3,24g/kg).
- Temperatura exterior verano: 34,6°C
- Humedad relativa verano: 40%, (10,54g/kg).

Entonces ya podemos calcular el caudal de aire de circulación (q<sub>a</sub>)



$$q_a = R \times V = 6 \text{ren/h} \times 11.184 \text{ m}^3/\text{h} = \mathbf{67.280 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Y la masa de aire en circulación ( $m_a$ ):

$$m_a = q_a / v = \frac{67.280 \text{ m}^3/\text{h}}{0,833 \text{ m}^3/\text{h}} = \mathbf{80.768,31 \text{ kg/h}}$$

Siendo  $v$  el volumen específico del aire a la temperatura del aire.

### 6.7.2. Humedad específica de descarga

A continuación se calculará la variación de la humedad relativa, calculada de la siguiente manera:

$$A_w = M_e/m_a = 117,89 \text{ Kg. agua/h} \times 10^3 / 80.768,31 \text{ kg/h} = \mathbf{1,4596 \text{ g/Kg}}$$

Entonces la humedad relativa es:

$$W_D = W_p - A_w = 14,56 \text{ g/Kg} - 1,4596 \text{ g/Kg} = \mathbf{13,1004 \text{ g/Kg}}$$

### 6.7.3. Temperatura de mezcla y de descarga del aire en invierno

Se han recalculado cada apartado para las condiciones de verano obteniéndose los siguientes valores:

$$\mathbf{QT, inv = 142.277,88 \text{ W} = 512.197 \text{ kJ/h}}$$

$$\mathbf{QT, ver = 196.495,92 = 707.382 \text{ kJ/h}}$$

Con el dato de carga total en invierno podemos calcular la diferencia de entalpía mediante la siguiente ecuación:

$$Ah = Qt/ma = \frac{512,197}{80.768,31} = 6,34 \text{ kJ/kg}$$

Entonces la entalpía de descarga es:

$$h_D = h_p - \Delta h$$

Siendo:

$h_D$ : Entalpía de descarga

$h_p$ : Entalpía de la piscina

Para conocer el valor de la entalpía de la piscina, se deduce por un método gráfico mediante un psicograma, a modo de explicación indicamos la siguiente figura:

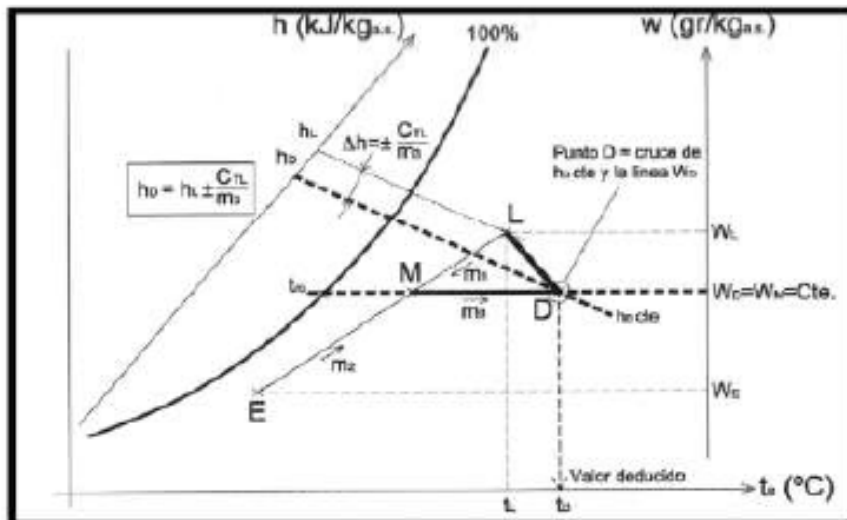


Figura 8: psicograma explicativo del método gráfico para deducir las entalpías y la temperatura de descarga.

Mediante este método se ha obtenido:

$h_p$ : Entalpía de la piscina 65 kJ/kg

Por tanto

$$h_D = h_p - h_D = 65 \text{ kJ/kg} - 6,34 \text{ kJ/kg} = 58,65 \text{ kJ/kg}$$

Sabemos que la humedad en el interior queremos que sea del 65% a la temperatura del aire, por tanto mediante tablas se ha conocido la humedad específica:

- o humedad específica de descarga  $W_M = 12,56 \text{g}_{\text{vapor}}/\text{kg}_{\text{aire}}$

Entonces, con estos dos datos se ha podido conocer el valor de la temperatura de mezcla y de descarga para condiciones invernales utilizando el psicograma:

- ❖ temperatura de mezcla:  $T_M = 20,2^\circ\text{C}$
- ❖ temperatura de descarga:  $T_D = 28,1^\circ\text{C}$

#### 6.7.4. Temperatura de mezcla y de descarga del aire en verano

Con los datos anteriores y recalculando los apartados adecuados se han calculado la temperatura de descarga en verano, teniendo en cuenta las cargas en esta estación. Además se debe tener presente que la temperatura exterior en verano se tomarán como la máxima, de  $35^\circ\text{C}$  y de una humedad de  $10,9 \text{g}_{\text{vapor}}/\text{kg}_{\text{aire}}$ . Con el dato de carga total en invierno podemos calcular la diferencia de entalpía mediante la siguiente ecuación:

$$Ah = Qt/ma = \frac{707.382 \text{ kJ/h}}{80.768,31 \text{ kg/h}} = 8,75 \text{ kJ/kg}$$

Entonces repitiendo la técnica gráfica se ha obtenido estos resultados:

- ❖  $h_P$  : Entalpía de la piscina:  $65 \text{ kJ/kg}$
- ❖  $W_D = W_M$ : humedad específica de descarga:  $12,56 \text{g}_{\text{vapor}}/\text{kg}_{\text{aire}}$
- ❖  $h_D$  : Entalpía de descarga:

$$h_D = h_p - h_D = 65 \text{ kJ/kg} - 8,75 \text{ kJ/kg} = 56,24 \text{ kJ/kg}$$

- ❖ temperatura de mezcla:  $T_M = 34,8^\circ\text{C}$ .
- ❖ temperatura de descarga:  $T_D = 31,2^\circ\text{C}$

### 6.7.5. Cálculo de potencia y energía para el acondicionamiento del aire

Para el cálculo de la potencia se ha empleado la siguiente ecuación:

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_D - T_M)$$

Y para el cálculo de la energía se emplea, siendo  $t$  el tiempo en el que se usa esa potencia:

$$E = Q \cdot t$$

A continuación se exponen los cálculos realizados para cada mes del año siguiendo el procedimiento expuesto anteriormente, hasta alcanzar los valores estimados de demanda energética. Éstos se separarán según sean de ACS, agua de piscinas o de aire.

$$Q_{ACS} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{ac} - T_{resd})$$

## ENERGIA SOLAR TERMICA ACS. ALGORITMO F-CHART

Provincia:	<b>Pamplona</b>
Latitud de cálculo:	42,00
Latitud [°/min.]:	42,00
Altitud [m]:	734,00
Humedad relativa media [%]:	51,00
Velocidad media del viento [Km/h]:	8,00
Temperatura máxima en verano [°C]:	32,00
Temperatura mínima en invierno [°C]:	-5,00
Variación diurna:	12,00
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	1304 (Periodo Noviembre/Marzo)
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	1535 (Todo el año)

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tª. media ambiente [°C]:	7,0	9,0	12,0	14,0	17,0	21,0	24,0	24,0	21,0	16,0	11,0	8,0	15,3
<b>Tª. media agua red [°C]:</b>	<b>5,0</b>	<b>6,0</b>	<b>8,0</b>	<b>10,0</b>	<b>11,0</b>	<b>12,0</b>	<b>13,0</b>	<b>12,0</b>	<b>11,0</b>	<b>10,0</b>	<b>8,0</b>	<b>5,0</b>	<b>9,3</b>
Rad. horiz. [kJ/m <sup>2</sup> /día]:	5.000	7.400	12.300	14.500	17.100	18.900	20.500	18.200	16.200	10.200	6.000	4.500	12.567
Rad. inclin. [kJ/m <sup>2</sup> /día]:	8.583	10.755	15.302	14.534	15.107	15.739	17.426	17.302	18.876	12.179	10.106	8.196	13.675
<b>Rad. Inclín [MJ/m2/día]:</b>	<b>8,58</b>	<b>10,75</b>	<b>15,30</b>	<b>14,53</b>	<b>15,11</b>	<b>15,74</b>	<b>17,43</b>	<b>17,30</b>	<b>18,88</b>	<b>12,18</b>	<b>10,11</b>	<b>8,20</b>	<b>13,68</b>
Irradiación incidente sobre captador {MJ}	113	36.135	190	52.322	186	186	64.823	217	202	144	124	30.489	185.133

### DATOS RELATIVOS A LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS

Número de ocupantes:	<b>388</b>
Consumo por ocupante [L/día]:	<b>20</b>
Consumo de agua a máxima ocupación [L/día]:	5.000
Temperatura de utilización [°C]:	<b>60</b>

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
% de ocupación:	100	100	100	100	100	100	90	80	100	100	100	100	100

## DATOS RELATIVOS AL SISTEMA

Curva de rendimiento del colector:  $r = 1 - 6 * (t_e - t_a) / I_t$

$t_e$ : Temperatura de entrada del fluido al colector  
 $t_a$ : Temperatura media ambiente  
 $I_t$ : Radiación en  $[W/m^2]$

Modelo de captador <b>Torre solarEurotec</b>	<b>Torre</b>
Factor de eficiencia del colector:	1
Coefficiente global de pérdida $[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$ :	6
Volumen de acumulación $[L/m^2]$ :	45
Caudal en circuito primario $[(L/h)/m^2] - [(Kg/h)/m^2]$ :	50
Caudal en circuito secundario $[(L/h)/m^2] - [(Kg/h)/m^2]$ :	50
Calor específico en circuito primario $[Kcal/(Kg \cdot ^\circ C)]$ :	1
Calor específico en circuito secundario $[Kcal/(Kg \cdot ^\circ C)]$ :	1
Eficiencia del intercambiador:	0,9

### ENERGIA SOLAR TERMICA ACS. ALGORITMO F-CHART

## CÁLCULO ENERGÉTICO

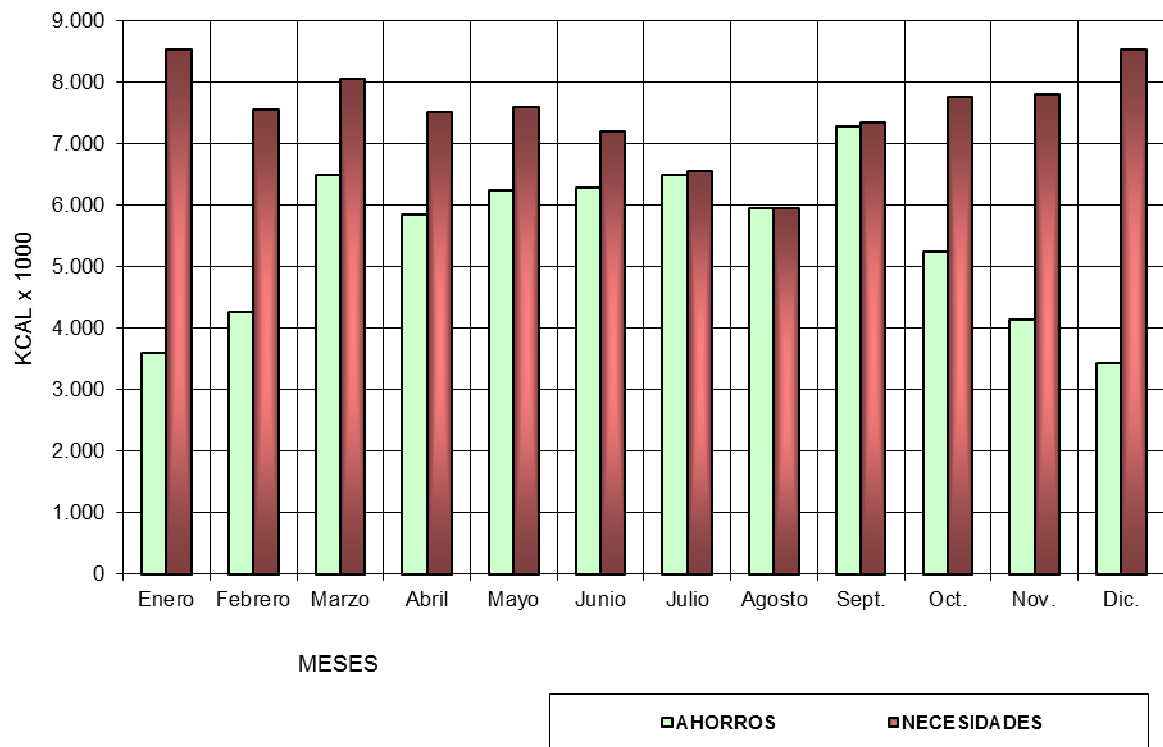
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Consumo de agua $[m^3]$ :	155,0	140,0	155,0	150,0	155,0	150,0	139,5	124,0	150,0	155,0	150,0	155,0	1778,5
<b>Cons. agua (litros/día)</b>	<b>5.000</b>	<b>5.000</b>	<b>5.000</b>	<b>5.000</b>	<b>5.000</b>	<b>5.000</b>	<b>4.500</b>	<b>4.000</b>	<b>5.000</b>	<b>5.000</b>	<b>5.000</b>	<b>5.000</b>	<b>880.000</b>
Incremento $T^a$ . $[^\circ C]$ :	55,0	54,0	52,0	50,0	49,0	48,0	47,0	48,0	49,0	50,0	52,0	55,0	65
Ener. Nec. [Termias]:	8.525	7.560	8.060	7.500	7.595	7.200	6.557	5.952	7.350	7.750	7.800	8.680	90.529
<b>Consumo [Termias/día]</b>	<b>275,0</b>	<b>270,0</b>	<b>260,0</b>	<b>250,0</b>	<b>245,0</b>	<b>240,0</b>	<b>211,5</b>	<b>192,0</b>	<b>245,0</b>	<b>250,0</b>	<b>260,0</b>	<b>280,0</b>	<b>248,2</b>

## DATOS DE SALIDA

Número de colectores:	100
Area colectores $[m^2]$ :	120,00
Inclinación $[^\circ]$ :	45
Volumen de acumulación [L]:	100

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Total consumo [Termias]:	8.525	7.560	8.060	7.500	7.595	7.200	6.557	5.952	7.350	7.750	7.800	8.525	90.374
Ahorros [Termias]:	3.597	4.267	6.496	5.842	6.239	6.284	6.491	5.952	7.278	5.243	4.142	3.436	<b>65.267</b>
Ahorros [MJ]	15.062	17.864	27.200	24.462	26.124	26.311	27.176	24.921	30.473	21.952	17.343	14.385	273.273
<b>Fracción solar [%]:</b>	<b>42,2</b>	<b>56,4</b>	<b>80,6</b>	<b>77,9</b>	<b>82,2</b>	<b>87,3</b>	<b>99,0</b>	<b>100,0</b>	<b>99,0</b>	<b>67,6</b>	<b>53,1</b>	<b>40,3</b>	<b>72,2</b>
Rendimiento medio [%] de la instalación solar	29,6	49,4	18,3	46,8	17,9	17,0	41,9	15,0	15,9	23,4	26,7	47,2	

### NECESIDADES Y AHORROS



**ENERGIA SOLAR TERMICA PISCINA. ALGORITMO F-CHART**

Provincia:	<b>Pamplona</b>	
Latitud de cálculo:	42,00	
Latitud [°/min.]:	42,00	
Altitud [m]:	734,00	
Humedad relativa media [%]:	51,00	
Velocidad media del viento [Km/h]:	8,00	
Temperatura máxima en verano [°C]:	32,00	
Temperatura mínima en invierno [°C]:	-5,00	
Variación diurna:	12,00	
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	1304	(Periodo Noviembre/Marzo)
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	1535	(Todo el año)

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tª. media ambiente [°C]:	7,0	9,0	12,0	14,0	17,0	21,0	24,0	24,0	21,0	16,0	11,0	8,0	15,3
<b>Tª. media agua red [°C]:</b>	<b>5,0</b>	<b>6,0</b>	<b>8,0</b>	<b>10,0</b>	<b>11,0</b>	<b>12,0</b>	<b>13,0</b>	<b>12,0</b>	<b>11,0</b>	<b>10,0</b>	<b>8,0</b>	<b>5,0</b>	<b>9,3</b>
Rad. horiz. [kJ/m <sup>2</sup> /día]:	5.000	7.400	12.300	14.500	17.100	18.900	20.500	18.200	16.200	10.200	6.000	4.500	12.567
Rad. inclin. [kJ/m <sup>2</sup> /día]:	8.583	10.755	15.302	14.534	15.107	15.739	17.426	17.302	18.876	12.179	10.106	8.196	13.675
<b>Rad. Inclin [MJ/m<sup>2</sup>/día]:</b>	<b>8,58</b>	<b>10,75</b>	<b>15,30</b>	<b>14,53</b>	<b>15,11</b>	<b>15,74</b>	<b>17,43</b>	<b>17,30</b>	<b>18,88</b>	<b>12,18</b>	<b>10,11</b>	<b>8,20</b>	<b>13,68</b>
Irradiación incidente sobre captador {MJ}	4.257	4.818	7.590	6.976	7.493	7.555	8.643	8.582	9.060	6.041	4.851	4.065	79.931

**DATOS RELATIVOS A LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS**

Ubicación de la piscina [Interior/Exterior]:	<b>Interior</b>
Superficie de la piscina [m <sup>2</sup> ]:	<b>396</b>
Volumen de la piscina [m <sup>3</sup> ]:	<b>908</b>
Humedad relativa [%]:	<b>60</b>

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. deseada [°C]:	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Temp. ambiente [°C]:	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
% de tiempo sin manta:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



## **DATOS RELATIVOS AL SISTEMA**

Curva de rendimiento del colector:  $r = 1 - 6 * (t_e - t_a) / I_t$

$t_e$ : Temperatura de entrada del fluido al colector  
 $t_a$ : Temperatura media ambiente  
 $I_t$ : Radiación en [W/m<sup>2</sup>]

Modelo de captador Torre solar Eurotec	Torre
Factor de eficiencia del colector:	1
Coefficiente global de pérdida [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:	6
Caudal en circuito primario [(L/h)/m <sup>2</sup> ] - [(Kg/h)/m <sup>2</sup> ]:	50
Caudal en circuito secundario [(L/h)/m <sup>2</sup> ] - [(Kg/h)/m <sup>2</sup> ]:	100
Calor específico en circuito primario [Kcal/(Kg·°C)]:	0,9
Calor específico en circuito secundario [Kcal/(Kg·°C)]:	1
Eficiencia del intercambiador:	0,75

\*El calculo energético de la demanda para el agua de piscina lo hemos detallado previamente (perdidas de convección, radiación etc).

## 6.8. Medidas de ahorro energético

En este apartado se expondrán una medida de ahorro energético asociado a las condiciones de recuperación de calor del aire expulsado. Se procederá a la instalación de un recuperador de calor.

### 6.8.1. Recuperación de calor del aire expulsado

La recuperación del calor del aire expulsado se lleva a cabo para evitar la pérdida excesiva de calor debida a la extracción de aire del interior, tanto si está más frío como más caliente que el exterior. El recuperador es un intercambiador de calor en el que el aire extraído cede calor (en invierno) al aire entrante, que lo absorbe. Este intercambio se produce sin que haya mezcla entre ambos aires.

Este procedimiento es obligatorio como así se recoge en el RITE IT 1.2.4.5.2. El caudal de aire expulsado está en función de las horas de funcionamiento de la piscina, en nuestro caso como el caudal de circulación es de  $15,63 \text{ m}^3/\text{s}$ , como se ha calculado en el apartado anterior, y las horas de funcionamiento de 4284h (14h/día, 6 días/semana); por tanto, la eficiencia mínima del recuperador debe ser del 70% y las pérdidas máximas de presión iguales a 240Pa.

A continuación se expone un esquema de funcionamiento del equipo con el recuperador:

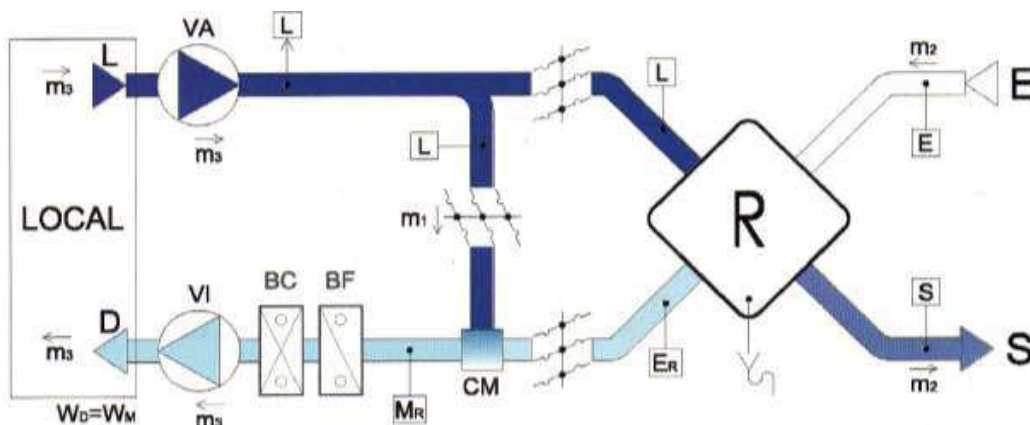


Figura 9: Esquema del funcionamiento del recuperador

Donde:

- L: Condiciones del local.
- S: Condiciones del aire expulsado después de ceder calor.
- E: Condiciones del aire exterior.
- ER: Condiciones del aire exterior después de absorber calor del recuperador.
- MR: Condiciones de la mezcla con calor recuperado.
- R: Recuperador de calor de corrientes cruzadas.
- VA: Ventilador de admisión.
- VI: Ventilador de impulsión.
- CM: Caja de mezcla.

Como el ambiente contiene cloro es recomendable emplear tratamientos anticorrosivos para evitar un deterioro anticipado del equipo. En nuestro caso consideraremos para realizar los cálculos energéticos un recuperador estático de placas de flujos cruzados ya que no se requieren energía eléctrica auxiliar.

Para conocer el caudal de aire es preciso diferenciar las masas de aire exterior y en circulación tanto para invierno como para verano. El caudal mínimo de aire exterior se detalla en el RITE IT 1.1.4.2.4, para la categoría de esta piscina que es IDA 2 (aire de buena calidad); se describe la fórmula para calcularlo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{caudal mínimo} = 2,5 \frac{\text{dm}^3}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \cdot S_m$$

Siendo  $S_m$  la superficie del recinto de la piscina, en nuestro caso de  $799,85 \approx 800 \text{ m}^2$ .

Por tanto,

$$\text{caudal mínimo} = 2,5 \frac{\text{dm}^3}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \cdot 800 \text{ m}^2 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 7.200 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Aparte de garantizar el caudal mínimo caudal, vamos a optimizar esa circulación para conseguir las condiciones óptimas en el interior.

Necesitamos conocer la temperatura de mezcla tanto para condiciones de invierno como de verano. Las condiciones de la mezcla con el calor recuperado (MR), se resuelve como se ha explicado anteriormente, corrigiendo las condiciones del aire exterior.

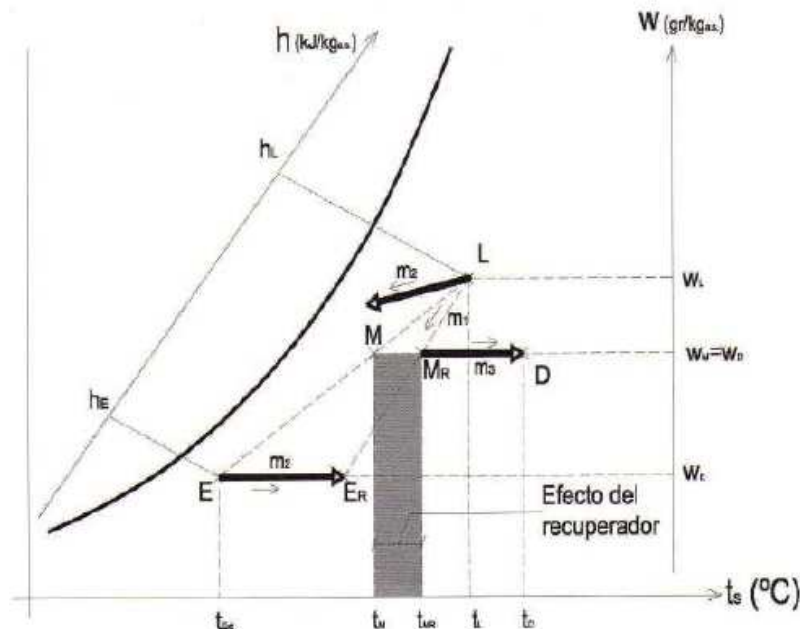


Figura 10: Diagrama explicativo del método gráfico para deducir el aire exterior y de circulación

Como ya se conocen las temperaturas del local y exterior, los caudales de aire en el exterior y de circulación y las humedades tanto de entrada, entonces, las temperaturas corregidas de mezcla son (obtenido por medio del diagrama psicrométrico):

- temperaturas mezcla (INVIERNO) de 26,8°C.
- temperaturas mezcla (VERANO) de 33,0°C.

Ahora ya se puede calcular la potencia real, tras aplicar el efecto del recuperador. Las condiciones del aire de la mezcla se han recalculado y son más próximos a las condiciones de descarga.

Dicho esto:

RESUMEN DE LA POTENCIA DEMANDADA EN INVIERNO

<b>PERDIDAS (ventilación)</b>	<b>POTENCIA(kW)</b>
<b>Sin recuperador</b>	83,56
<b>Recuperación de calor</b>	58,49

El ahorro de energía con el uso del recuperador de calor supone un 70% de la potencia total de las pérdidas de ventilación (calculada en los apartados anteriores) en invierno.

RESUMEN DE LA POTENCIA DEMANDADA EN VERANO

<b>PERDIDAS (ventilación)</b>	<b>POTENCIA(kW)</b>
<b>Sin recuperador</b>	-20,62
<b>Recuperación de calor</b>	-14,434

El ahorro de energía con el uso del recuperador de calor supone un 70% de la potencia total de las pérdidas de ventilación (calculada en los apartados anteriores) en verano.

## 7. POSIBLES CONFIGURACIONES

Son muy diversas las disposiciones que pueden tener los diferentes elementos que conforman la instalación solar térmica. A continuación se expondrá algunas de ellas. Para poder entender los siguientes esquemas exponemos una pequeña leyenda con el significado de los símbolos utilizados:
















	Bomba circuladora		Válvula de tall		Sonda de temperatura
	Central solar (termòstat diferencial)		Válvula antiretorn		Válvula mescladora de 3 vies (termostàtica)
	Termòmetre		Regulador de cabal		Válvula de pressió diferencial
	Manòmetre		Purgador		Detector de flux
	Comptador volumètric		Válvula de seguretat		
	Vas d'expansió		Válvula motoritzada de 3 vies		

Figura11: Leyenda de esquemas

En la siguiente figura se observa una configuración muy utilizada hasta ahora. Esta ya cubre el total de la demanda puesto que cuenta con una caldera de apoyo para las horas punta. Cabe destacar que no incluye aporte geotérmico.

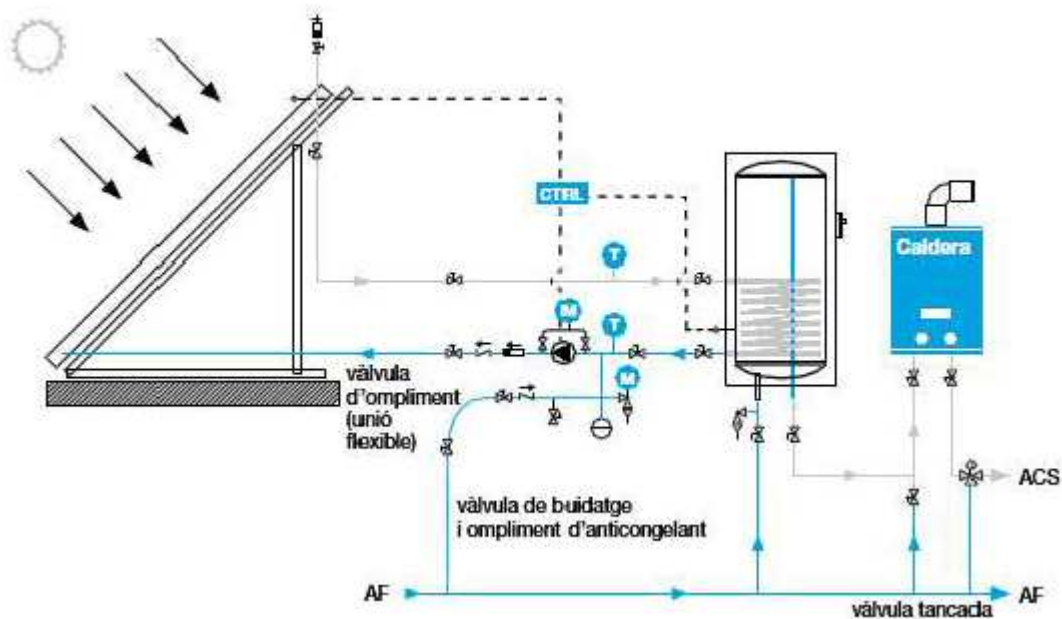


Figura12: Climatización mediante paneles solares con apoyo de caldera de gas natural

Desde esta figura ya se integra una bomba de calor geotérmica combinada con la instalación solar térmica. En el presente proyecto se optará por optimizar alguna de estas distribuciones

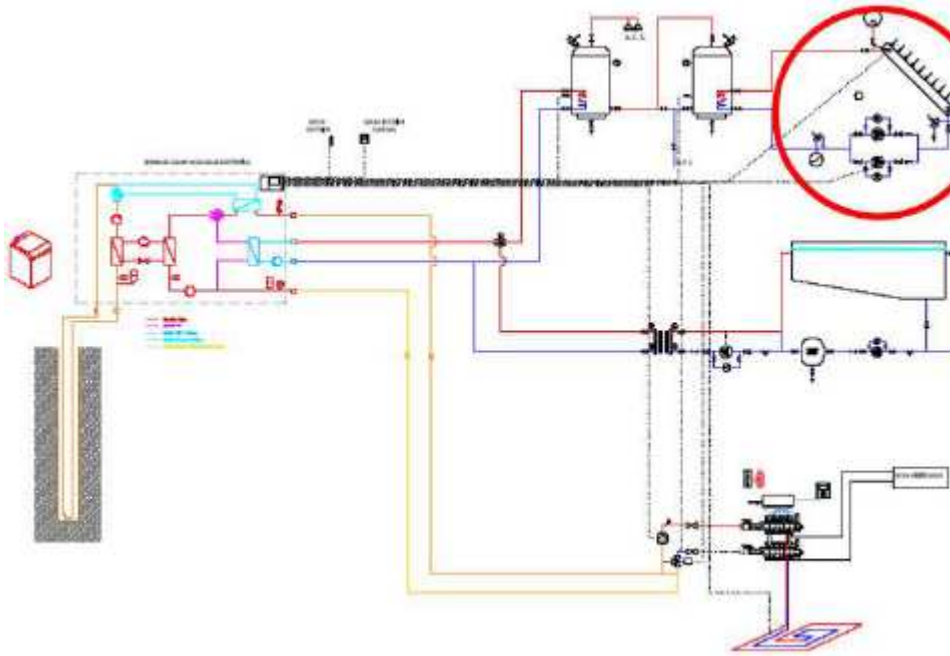


Figura13: Climatización mediante paneles solares con apoyo de bomba de calor geotérmica

En este caso se incorpora una caldera de condensación para las horas punta.

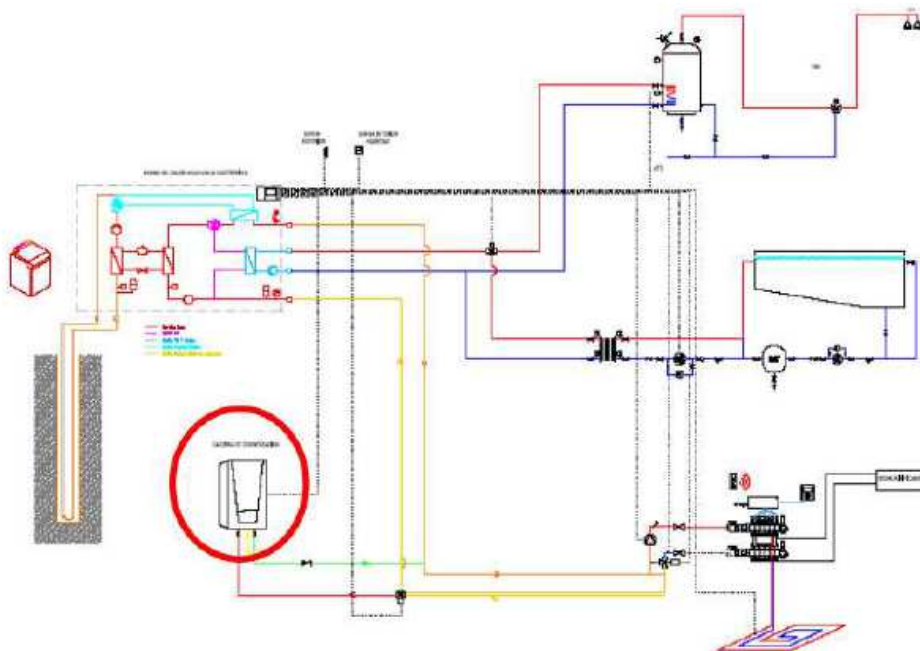


Figura15: Climatización mediante paneles solares con apoyo de bomba de calor geotérmica y caldera de condensación.

Aquí se incorpora en vez de una caldera una bomba de calor aire-agua. Esta opción presenta la ventaja de no consumir combustibles, aunque sí electricidad y se debe dimensionar adecuadamente para asegurar que cubre toda la demanda energética.

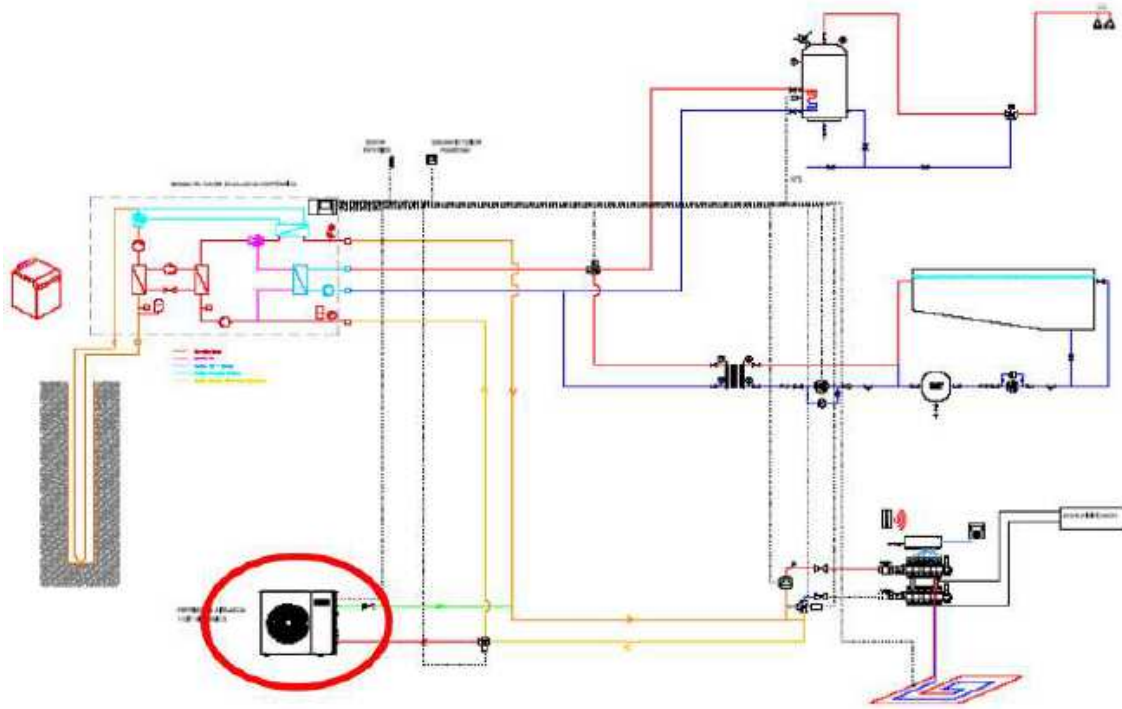


Figura16: Climatización mediante paneles solares con apoyo de bomba de calor geotérmica y bomba de calor aire-agua.



## **8. CARACTERIZACIÓN DE DIFERENTES OPCIONES DE SUMINISTRO**

En este apartado se plantearán las diversas soluciones técnicas para cubrir la demanda energética de climatización de la piscina y el recinto interior. En el presente proyecto se van a estudiar tres tipos de instalación, en primer lugar, una instalación solar térmica, ya que su aportación es obligada por normativa.

La segunda es una instalación geotérmica y por último una caldera auxiliar para cubrir las puntas de demanda en invierno. Cabe destacar, que en la selección de la caldera se estudiarán tanto calderas de gas natural conectadas a la red nacional, como de pellets y similares.

Como uno de los objetivos fundamentales de este proyecto es buscar una solución lo más económicamente rentable, se plantearán a la hora de tomar la decisión de cobertura de cada tipo de instalación, diferentes escenarios, tomando como demanda anual la expuesta anteriormente.

### **8.1. Instalación solar térmica**

Actualmente la normativa ya prevé la instalación de este tipo de equipos para aprovechar la energía solar para cubrir parte de la demanda de ACS. A continuación se expone dicha legislación.

Según el reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), en su instrucción técnica ITE-10, donde se exponen las instalaciones específicas de aprovechamiento de energía solar térmica se definen las siguientes normas:

#### **8.1.1. Producción mediante sistemas solares activos**

La energía captada por los captadores se almacenará en un depósito acumulador de agua caliente. Después de éste se instalar en serie un equipo convencional de apoyo o auxiliar, para cubrir la energía necesaria para la producción de agua caliente.

### 8.1.2. Cálculo del aporte energético del agua.

La cantidad de calor necesaria para calentar el ACS se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$Q = V \rho c_e \Delta t$$

Donde:

**Q:** es la cantidad de calor necesaria (kcal), en unidades del S.I.: 860 kcal/1kWh.

**V:** volumen diario de consumo (l).

**$\rho$ :** es la densidad del agua (1kg/l).

**$c_e$ :** es el calor específico del agua (1 kcal/kg·°C).

**$\Delta t$ :** es el incremento de temperatura (°C),  $\Delta t = T_{\text{consumo}} - T_{\text{red}}$ . Tomaremos la temperatura de consumo como los 45°C, y la de la red la de la tabla expuesta en el apartado de datos climatológicos expresados para cada mes.

Aplicando la fracción solar a cubrir por esta instalación al agua a calentar, nos da una energía de:

$$E_{\text{solar}} = E_{\text{necesaria}} \cdot \frac{F_{\text{solar}} (\%)}{100}$$

### 8.1.3. Rendimiento de los captadores

Del total de la radiación incidente en la superficie de los captadores una parte se perderá por reflexión y absorción del vidrio de la cubierta. El rendimiento del mismo se calcula con la siguiente expresión:

Donde:

$$\eta = \eta_0 - m_1 \cdot \left[ \frac{(T_m - T_a)}{I} \right] - m_2 \cdot \left[ \frac{(T_m - T_a)}{I} \right]^2$$

**$\eta$ :** Rendimiento en tanto por uno.

**$\eta_0$ :** Rendimiento óptico del captador, es un valor adimensional proporcionado por el fabricante.

**$m_1$ ,  $m_2$ :** factor de pérdidas, lo da el fabricante tras haber testado el panel, (W/m<sup>2</sup>·°C).

**$T_m$ :** Temperatura media del captador.

**T<sub>a</sub>** Temperatura ambiental media diurna, durante las horas de sol.

**I:** intensidad de la radiación media durante las horas de sol, en W/m<sup>2</sup>. Se obtiene de dividir la radiación global diaria entre el n<sup>o</sup> de horas de sol.

#### 8.1.4. Pérdidas por orientación e inclinación

La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la siguiente tabla.

PÉRDIDAS LÍMITE (%)			
Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
general	10	10	15
superposición	20	15	30
integración arquitectónica	40	20	50

En todos los casos se han de cumplir las tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores obtenidos con orientación e inclinación óptimas y sin sombra alguna.

Como se determina en el apartado 3.5 del DB HE-4 del CTE, el cálculo de las pérdidas debidas a la orientación y la inclinación viene dado por la siguiente expresión:

$$C_p(\%) = 100 \cdot (1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2)$$

Donde:

**$\beta$**  : Inclinación.

**$\beta_{opt}$**  : Latitud +10°.

**$\alpha$**  : Desviación respecto al sur, positivo hacia el oeste.

Las pérdidas por sombras no se tendrán presente puesto que en el caso que nos ocupa no hay obstáculos.

### 8.1.5. Energía aprovechada por el sistema

Aunque esté calculada la energía generada, es preciso tener en cuenta varias pérdidas debidas a la parte de ACS que no se aprovecha y ese calor residual se pierde por las paredes del acumulador.

Como no existe un cálculo exacto, se tiene tabuladas [fuente ICAEN] estas pérdidas entre:

- ❖ Instalaciones muy eficientes: 0,92.
- ❖ Instalaciones antiguas: 0,80.

Entonces la energía del sistema es:

$$E_{\text{apro, sist}} = E_{\text{gen}} \cdot C_{\text{perdidas}}$$

### 8.1.6. Cálculo de la superficie de captación

La superficie de captación para cubrir la demanda anual prevista se realiza mediante:

$$N_{\text{col}} = E_{\text{necesaria}} \cdot \frac{F_{\text{solar}}}{E_{\text{apro, sist}}}$$

Siendo N el nº de captadores.

Se debe tener presente que como se expuso en la normativa: “ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110 % de la demanda energética y en no más de tres meses el 100 %”.

### 8.1.7. Radiación solar global

La radiación solar global oficial en la zona es la siguiente:

Azimut	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
0°	3.89	4.00	3.95	3.46	2.91	2.64	2.77	3.27	3.82	4.18	3.96	3.79
15°	3.78	3.89	3.86	3.52	3.05	2.77	2.91	3.35	3.81	4.07	3.85	3.68
30°	3.45	3.60	3.73	3.63	3.33	3.12	3.23	3.53	3.77	3.84	3.53	3.36
45°	2.98	3.23	3.54	3.70	3.58	3.46	3.54	3.67	3.67	3.54	3.08	2.88
60°	2.49	2.82	3.29	3.68	3.76	3.72	3.76	3.72	3.49	3.19	2.60	2.37
75°	2.01	2.40	2.98	3.54	3.80	3.84	3.84	3.64	3.23	2.80	2.13	1.88
90°	1.55	1.98	2.63	3.33	3.73	3.84	3.81	3.48	2.92	2.39	1.68	1.42
105°	1.16	1.57	2.24	2.99	3.50	3.67	3.62	3.18	2.53	1.95	1.28	1.04
120°	0.86	1.22	1.84	2.63	3.19	3.40	3.32	2.83	2.13	1.55	0.96	0.75
135°	0.67	0.96	1.49	2.21	2.77	3.01	2.92	2.41	1.75	1.22	0.75	0.59
150°	0.60	0.81	1.22	1.82	2.33	2.56	2.47	1.98	1.42	0.99	0.67	0.55
165°	0.60	0.78	1.07	1.50	1.93	2.15	2.06	1.63	1.19	0.89	0.66	0.55
180°	0.60	0.78	1.03	1.35	1.76	2.00	1.89	1.47	1.11	0.88	0.66	0.55

La temperatura media del agua y la irradiación global diaria se expusieron en el apartado de condiciones climatológicas.

### 8.1.8. Criterios generales de diseño

Los colectores se colocarán en filas paralelas y estar bien alineadas. En cada fila y entre filas se conectarán en paralelo. Como máximo se conectarán en serie 3 colectores, ni más de 3 filas de colectores conectados en paralelo.

La entrada tendrá una pendiente ascendente en el sentido del avance del fluido del 1%. Los colectores se orientarán hacia el sur geográfico, con desviaciones no mayores que 25° con respecto a dicha orientación. El ángulo de inclinación de los colectores sobre un plano horizontal se determinará en función de la latitud geográfica  $\Phi$  y del período de utilización de la instalación.

La separación entre filas de colectores será igual o mayor que el valor obtenido mediante la expresión:

$$d = k \cdot h$$

Siendo:

**d:** la separación entre filas.

**h:** la altura de colector.

**k**: un coeficiente cuyo valor se obtiene en la tabla siguiente a partir de la inclinación de los colectores con respecto a un plano horizontal.

INCLINACIÓN (º)	20	25	30	35	40	45	50	55
COEFICIENTE K	1,532	1,638	1,732	1,813	1,879	1,932	1,97	1,992

La distancia entre la primera fila de colectores y los obstáculos (de altura *a*) que puedan producir sombras sobre las superficies captadoras, por ello debe ser mayor que el valor obtenido mediante la expresión:

$$d = 1,732 \cdot a$$

Los acumuladores se dispondrán verticalmente, para favorecer la estratificación.

El caudal del fluido portador se determinará en función de la superficie total de colectores instalados. Su valor estar comprendido entre 1,2 l/s y 1,6 l/s por cada 100 m<sup>2</sup> de área de colectores.

### 8.1.9. Sistema de control

El control de las bombas debe ser de tipo diferencial y debe actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de colectores y la del depósito de acumulación. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor que 2°C y no están paradas cuando la diferencia sea mayor que 7°C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor que 2°C.

Por su parte el Código Técnico de Edificación (R.D. 19 de octubre (BOE 23/10/2007)), en su documento básico DB HE - 4, sobre ahorro de energía y la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria se exponen las siguientes normas aplicables en este contexto.

### 8.1.10. Volumen de acumulación

La contribución solar mínima anual es la fracción de la demanda energética anual que es cubierta por la energía solar. Pamplona está en la zona climática D1, con lo que la cobertura de demanda de agua caliente para una temperatura de referencia de 60°C de acumulación, para piscinas cubiertas es del 30% como mínimo.

Además la cobertura de agua caliente sanitaria (ACS) es de 20 l/día por servicio, sea de baño o de ducha en los vestuarios, como recomienda el ICAEN. Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Siendo

**A:** la suma de las áreas de los captadores [m<sup>2</sup>];

**V:** el volumen del depósito de acumulación solar [litros].

### 8.1.11. Sistema de intercambio

Para el caso de utilizar un intercambiador independiente, la potencia mínima del intercambiador P, se determinará para las condiciones de trabajo en las horas centrales del día suponiendo una radiación solar de 1000 W/m<sup>2</sup> y un rendimiento de la conversión de energía solar a calor del 50 %, cumpliéndose la condición:

$$P \geq 500 \cdot A$$

Siendo

**P:** potencia mínima del intercambiador [W];

**A:** el área de captadores [m<sup>2</sup>].

Para el caso de intercambiador incorporado al acumulador, la relación entre la superficie útil de intercambio y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

### 8.1.12. Caudal del circuito primario

Se recomienda un caudal de 1 l/min por cada m<sup>2</sup> de captador.

### 8.1.13. Dimensionado de la bomba

La bomba de circulación será de un 1 % de la potencia térmica del intercambiador.

### 8.1.14. Cálculo de tuberías

El cálculo de tuberías se basa en las ecuaciones de Colebrook. Se fija una velocidad máxima y una pendiente máxima y así ya se puede determinar el diámetro adecuado. Las pérdidas de presión se calculan posteriormente. Hay tres cálculos de pérdidas, la de los accesorios, el de las tuberías y la de la maquinaria.

Para simplificar el cálculo se agrupará por zonas de igual caudal e igual diámetro como se detalla a continuación:



Zona 1: del circuito de captadores al acumulador.

Zona 2: del acumulador al emisor.

Zona 3: circuito emisor.

- Pérdidas por accesorios

Como accesorios se entienden derivaciones y codos, para ello se calculará mediante:

$$h_{ac} = K \cdot \left( \frac{V^2}{2 \cdot g} \right)$$

Donde:

$h_{ac}$ : Pérdida de carga por accesorio (m.c.a.).

K: constante de singularidad.

V: velocidad del fluido (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

El coeficiente K se define según sea el accesorio como:

ACCESORIO	K
T cerrada	0,4
T abierta	1
Codo 90°	1
Reducción de sección	0,5
Válvula abierta	0,2
Válvula de seguridad	2,5
Válvula de retención	2

- Pérdidas por tramos rectos

En este caso se emplea esta ecuación:

$$h_c = f \cdot \left( \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2g} \right)$$

Siendo:

**f**: Coeficiente de fricción de Darcy.

**h<sub>c</sub>**: pérdida de carga, en m.

Para determinar el coeficiente de fricción de Darcy se emplea el diagrama de MOODY. Para conocerlo es preciso el número de Reynolds y la rugosidad relativa, donde las tuberías de polietileno utilizadas tienen una rugosidad absoluta de 0,007 mm, mientras que las de cobre la tienen de 0,0015 mm.

El factor de fricción representa la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas en la tubería. Si las primeras son predominantes (Re bajos), el fluido va de forma laminar. Cuando las fuerzas de inercia predominan (Re elevados), el fluido se mueve en régimen turbulento.

Cuando el régimen es laminar, la rugosidad importa menos pero la influencia de la rugosidad es mayor. El coeficiente de fricción se calcula con la ecuación de Swamee-Jain:

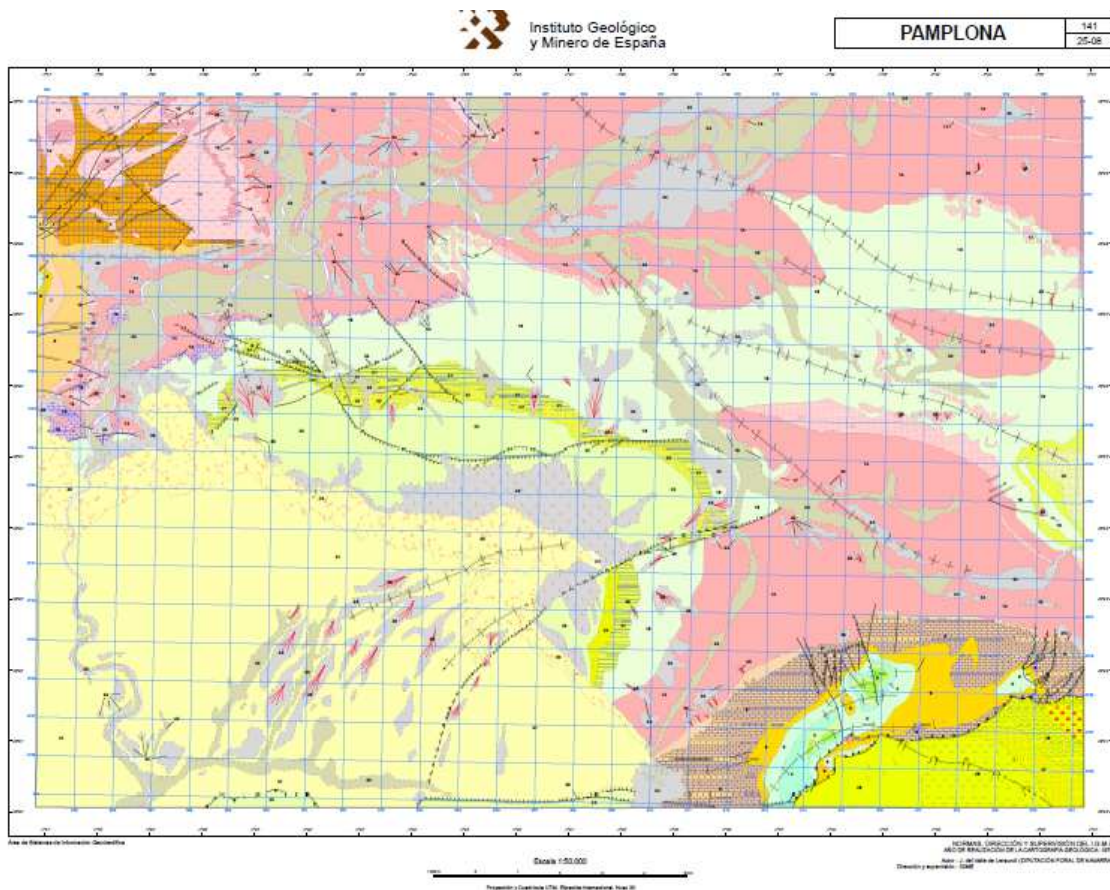
$$f = \frac{1,325}{\left[ \ln \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

- Pérdidas por la maquinaria

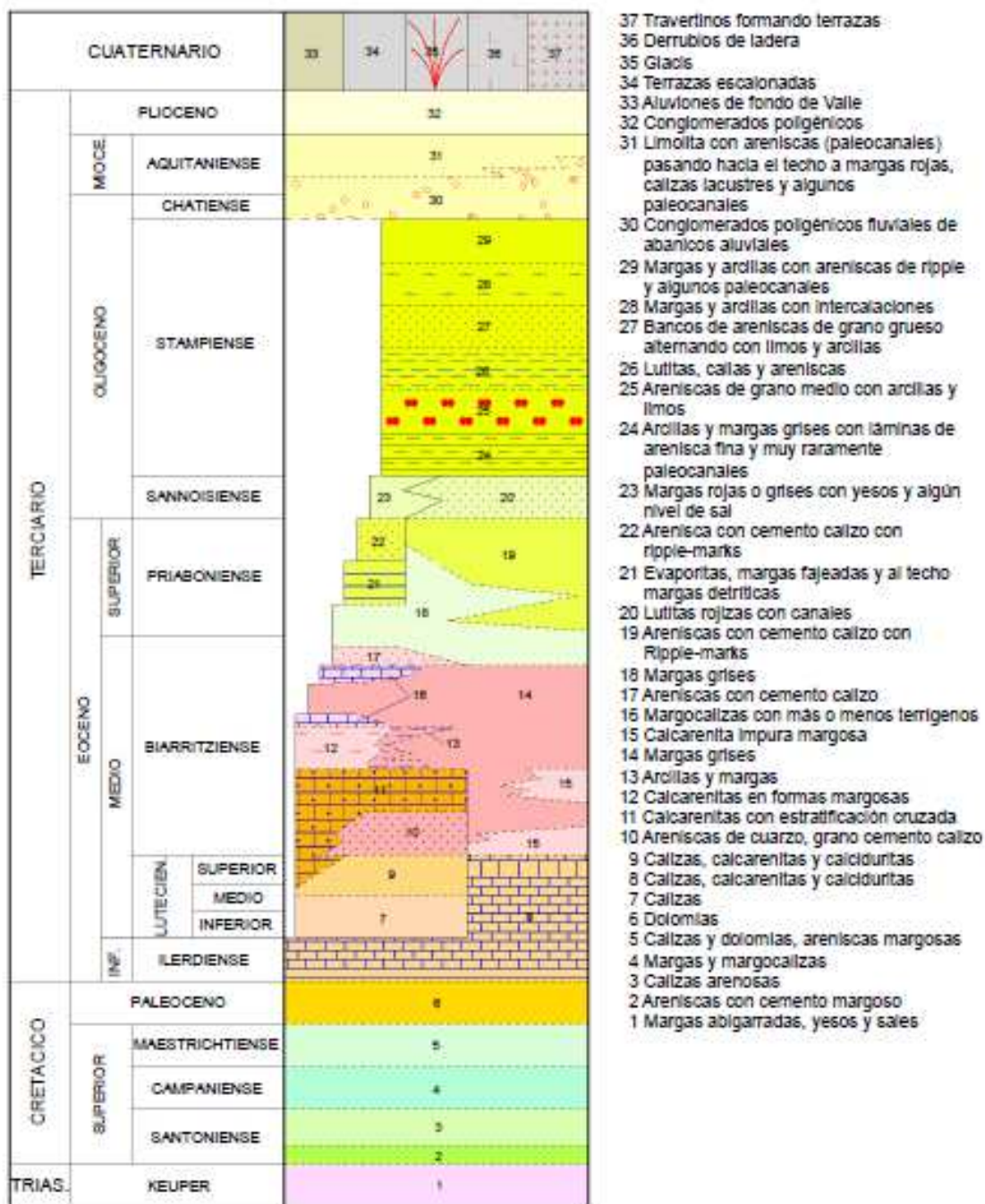
Éstas vienen dadas por el fabricante mediante ensayos normalizados.

## 8.2. Instalación geotérmica

En primer lugar es imprescindible caracterizar geológicamente el terreno de la instalación para posteriormente poder evaluar su dimensionado. Por tanto, el emplazamiento se cataloga según como Qg, lo cual indica que es pie de monte debido al transporte de material de zonas de más altitud.



## LEYENDA



A continuación se expone una tabla facilitada por IDAE sobre las conductividades térmicas para cada tipo de terreno.

Tipo de roca	Conductividad térmica (W/mK)			Capacidad térmica volumétrica
	Mín.	Valor típico	Máx.	(MJ/m <sup>3</sup> K)
<b>Rocas magmáticas</b>				
Basalto	1,3	1,7	2,3	2,3-2,6
Diorita	2	2,6	2,9	2,9
Grabo	1,7	1,9	2,5	2,6
Granito	2,1	3,4	4,1	2,1-3,0
Peridotita	3,8	4	5,3	2,7
Riolita	3,1	3,3	3,4	2,1
<b>Rocas metamórficas</b>				
Gneis	1,9	2,9	4	1,8-2,4
Mármol	1,3	2,1	3,1	2
Metacuarcita		aprox. 5,8		2,1
Micasquistos	1,5	2	3,1	2,2
Esquistos arcillosos	1,5	2,1	2,1	2,2-2,5
<b>Rocas sedimentarias</b>				
Caliza	2,5	2,8	4	2,1-2,4
Marga	1,5	2,1	3,5	2,2-2,3
Cuarcita	3,6	6	6,6	2,1-2,2
Sal	5,3	5,4	6,4	1,2
Arenisca	1,3	2,3	5,1	1,6-2,8
Limollitas y argilitas	1,1	2,2	3,5	2,1-2,4
<b>Rocas no consolidadas</b>				
Grava, seca	0,4	0,4	0,5	1,4-1,6
Grava, saturada de agua		aprox. 1,8		aprox. 2,4
Arena, seca	0,3	0,4	0,8	1,3-1,6
Arena, saturada de agua	1,7	2,4	5	2,2-2,9
Arcilla/limo, seco	0,4	0,5	1	1,5-1,6
Arcilla/limo, saturado de agua	0,9	1,7	2,3	1,6-3,4
Turba	0,2	0,4	0,7	0,5-3,8
<b>Otros materiales</b>				
Bentonita	0,5	0,6	0,8	aprox. 3,9
Hormigón	0,9	1,6	2	aprox. 1,8
Hielo (-10°C)		2,32		1,87
Plástico (PE)		0,39		
Aire (0 - 20 °C, seco)		0,02		0,0012
Acero		60		3,12
Agua (+ 10 °C)		0,58		4,19

Como se observa en la tabla, la conductividad térmica típica es de 1,7W/m·K y una conductividad térmica volumétrica de entorno a 2,5MJ/m<sup>3</sup>·K.

La eficiencia del sistema geotérmico en el proceso de calefacción puede representar un ahorro aproximado de más del 75%, mientras que en el proceso de refrigeración representa un ahorro de entorno al 80%. Esta eficiencia puede llegar a ser



un 50% mayor que en los sistemas tradicionales de refrigeración con bombas de calor no geotérmicas.

La instalación geotérmica está compuesta fundamentalmente por dos equipos que son:

1. Circuito de intercambio geotérmico (UGI).
2. Bomba de calor.

A continuación detallaremos cada uno de ellos.

### **8.2.1. Circuito de intercambio geotérmico (UGI).**

Aunque existen diferentes tipologías de captación, como son las de contacto de agua superficial o la de pantallas, en nuestro país se suelen diseñar las de captación vertical u horizontal.

La captación vertical consiste en de una o varias perforaciones en las cuales se introducen los captadores de energía. La profundidad está comprendida entre los 50 y los 200 m. Tienen la ventaja de que ocupan poco espacio y proporcionan una gran estabilidad de las temperaturas. Por el contrario, su ejecución es más cara el sistema horizontal.

Éste último, consiste en una serie de zanjas en las cuales se colocan los colectores. Su profundidad está comprendida entre los 0,6 m a 1,5 m aprox. Se trata de un sistema más económico que las perforaciones pero presenta el inconveniente que necesita bastante superficie de terreno, el cual no podrá ser utilizado para plantar árboles o construir estructuras sobre él.

Para realizar el dimensionado se empleará la publicación de ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers): “Comercial / Institucional GSHP Engineering Manual (1995)”. Debido a la ubicación de la piscina y puesto que no existe superficie libre a su alrededor como para instalar una captación horizontal, se tomará como mejor opción la captación vertical mediante perforación. Pero se debe tener presente que el emplazamiento se encuentra a 450m

sobre el nivel del mar. A e deberá tener en cuenta a la hora de conocer la capacidad calorífica del terreno.

Conocido el tipo de terreno y las necesidades energéticas del edificio, necesitaremos una serie de datos, como son:

- la temperatura de confort a climatizar: 40°C.
- conductividad térmica del terreno: 1,7 W/m·K
- conductividad térmica del tubo de polietileno: 0,47W/m·K
- conductividad térmica del etilenglicol: 0,26 W/m·K
- conductividad térmica del agua: 0,60 W/m·K
- conductividad térmica fluido: 0,498 W/m·K
- la temperatura del subsuelo: 15°C (pero cada 100m aumenta entre 1,5 y 3°C).
- Fluido geotérmico: Tyfocor (mezcla de etilenglicol al 30% (70% agua)).
- Calor Específico a 15 °C del etilenglicol: 2,185 kJ/Kg·K
- la potencia de la bomba de calor: la potencia que no podamos extraer del subsuelo.
- su COP y su ciclo de trabajo.

ASHRAE propone la siguiente ecuación para conocer la longitud aproximada, posteriormente se realiza unos cálculos para dimensionar la longitud de los colectores con exactitud, para ello, es preciso conocer el coeficiente de convección del fluido con el subsuelo.

$$L = 0,05506 \cdot \frac{E_{extraída}}{(T_e - T_s)}$$

Dónde:

L: longitud de sondeo (m)

Eextraída : energía extraída del terreno (MJ)

Ts: temperatura del terreno (°C)

Te: temperatura de entrada (°C)

Para hacerlo se realizará un procedimiento iterativo mediante hoja de cálculo para poder conocer los parámetros necesarios para llegar a conocer el coeficiente de convección.

En primer lugar se debe calcular el Reynolds, que se recomienda sea mayor a 2.300, para que asegure una turbulencia adecuada:

$$Re = \frac{u \cdot D}{\nu}$$

Donde:

Re: número de Reynolds

u: velocidad del fluido (m/s):

D: el diámetro interno del tubo (m)

$\nu$ : La viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s) a la temperatura media del conducto (T<sub>c</sub>),

$$\nu = \mu/\rho$$

$\rho$ : viscosidad (kg/s·m)

$\mu$ : densidad (kg/m<sup>3</sup>)

$$T_c = \frac{T_e + T_s}{2}$$

T<sub>e</sub>: T<sup>a</sup> entrada del fluido.

T<sub>s</sub>: T<sup>a</sup> salida del fluido.

La variación de la temperatura a lo largo del conducto sigue una distribución logarítmica, mientras que se considera constante la temperatura del subsuelo, así calcularemos la variación logarítmica media de la temperatura ( ):

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

A continuación exponemos la ecuación del calor obtenido del terreno:

$$Q = UA \cdot F \cdot \Delta T_{lm}$$

Donde:

Q: Potencia calorífica obtenida del terreno.

F: coeficiente de corrección en función de la forma del intercambiador.

UA: inverso de las resistencias térmicas:

$$UA = \frac{1}{h_{int}} + \frac{1}{R_{cond}} + \frac{1}{R_{suelo}}$$



Siendo:

$$h_{int} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot h_c \cdot L}$$
$$R_{Cond} = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2 \cdot \pi \cdot k_{tubo} \cdot L}$$
$$R_{suelo} = \frac{\ln \frac{2 \cdot h}{r_{media}}}{2 \cdot \pi \cdot k_{suelo} \cdot L}$$

r1: Radio interior conducto polietileno (m).

r2: Radio exterior conducto polietileno (m).

r med: Radio medio conducto polietileno (m).

k tubo: Coeficiente conductividad termica polietileno (W/m·°C).

k suelo → [W/m·°C]. Coeficiente conductividad termica subsuelo (W/m·°C).

L: Longitud tubo (m).

h: Distancia que separa unos conductos de otros: 5m.

hc: Coeficiente convección (W/m<sup>2</sup>·°C).

A continuación se calculará el Prandtl:

$$Pr = \frac{\mu \cdot C_p}{k}$$

Donde:

Cp: Calor específico a presión constante es de 2,185 kJ/Kg·K.

k: Conductividad térmica = 1,7+0,47+0,498 = 3,58 W/m·K

A través de la ecuación de Gnielinski se calcula el número de Nusselt y así calcular el coeficiente de convección. Para poder aplicar esta fórmula al fluido han de cumplir las siguientes condiciones:

$$0,5 \leq Pr \leq 2000 \text{ y } 3000 \leq Re \leq 5 \cdot 10^6$$

Después de confirmar esto, ya se puede calcular el Nusselt.

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr^n$$

Siendo  $n$  un coeficiente que vale 0,3 si el fluido se enfría y 0,4 si se calienta.

Ahora ya se puede obtener el coeficiente de convección:

$$h_c = \frac{Nu \cdot k}{D}$$

Conocidos los datos ya podemos ratificar la longitud de los colectores con precisión. Conociendo la potencia que necesitamos absorber o ceder, se determinará la superficie necesaria de contacto y por tanto con las tablas del fabricante de colectores, se determinará el diámetro.

Además conocidos estos datos se puede conocer el caudal másico del fluido geotérmico, mediante:

$$P_g = \dot{m} \cdot c_e \cdot (t_{G,e} - t_{G,s})$$

### 8.2.2. Bomba de calor

Es el fabricante el encargado de proporcionar su rendimiento, y de las diversas bombas de calor se seleccionará la que tenga mayor eficiencia mediante el COP (coefficient of performance), este se define como:

$$COP = \frac{Q_H}{W}$$

Otro ratio importante es el EER (Energy Efficiency Ratio), que es la relación entre la capacidad de refrigeración y la electricidad consumida. Como su definición indica se usa para ver la eficiencia de la bomba de calor en su modo de enfriamiento. En el presente proyecto se empleará el concepto de EER que se define de la siguiente manera:

$$EER = \frac{Q_L}{W}$$

Donde  $Q_H$  es el calor extraído del recinto durante verano, mientras que  $Q_L$  es el calor aportado en condiciones calefacción y  $W$  el trabajo eléctrico que necesita el compresor (y las bombas de circulación).

Además se cumple que:

$$COP = EER + 1$$

Existen diferentes tipos de bomba de calor en función de la fuente de donde se obtenga el calor y fluido que lo distribuya. Entre los diferentes tipos se pueden clasificar en bombas aire-aire, aire-agua, agua-aire y agua-agua. En el caso que nos ocupa se emplearán bombas mixtas agua-aire y agua-agua. A veces también se emplea la terminología “bomba tierra-agua o tierra-aire”.

Para poder dimensionar correctamente la bomba de calor a instalar es preciso realizar los siguientes cálculos. En primer lugar conocer el calor a transportar:

$$Q = \eta \cdot \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{g,ent} - T_{g,sal}) = \dot{m} \cdot C_e \cdot (T_2 - T_1) = C_{geo} \cdot UA \cdot \Delta T_{m,log}$$

- Variación del COP

En función de las condiciones de operación de la bomba el rendimiento (COP) en función de la Temperatura del fluido. Esta variación es muy significativa. Después de realizar los cálculos pertinentes se obtiene una gráfica similar a esta:

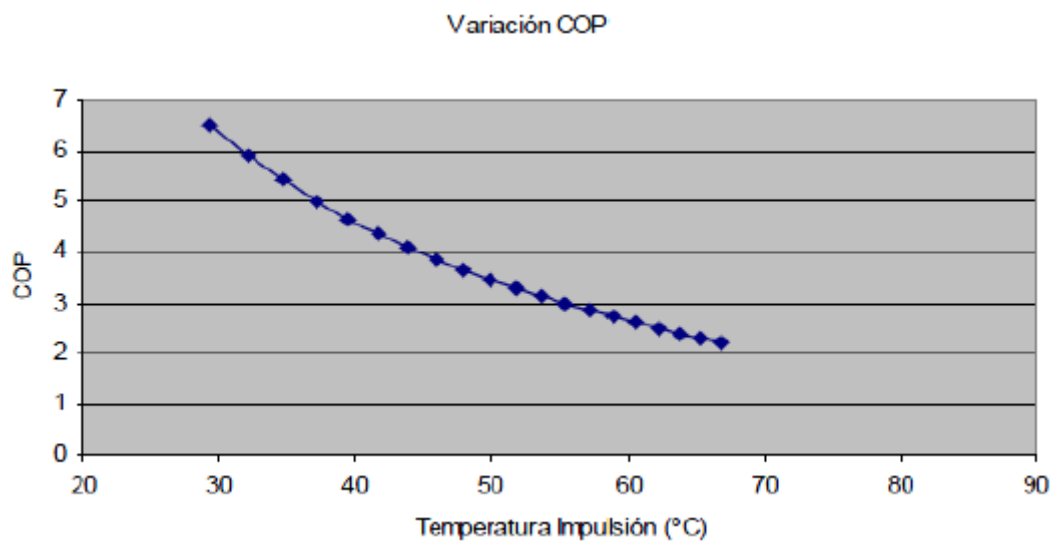


Figura 17: Variación del COP a diferentes temperaturas del fluido

### 8.2.3. Sistema de distribución de calor

El sistema de distribución de calor para el agua de la piscina va a la central de higienización, este no se incluye en el presente proyecto puesto que no está incluido en la climatización. Por su parte, el sistema de distribución del agua de ACS no existe porque se distribuye directamente.

Por último en la climatización del aire está incluida en el deshumidificador mediante “fan-coils” y van integrados en el equipo. Su funcionamiento se describe a continuación.

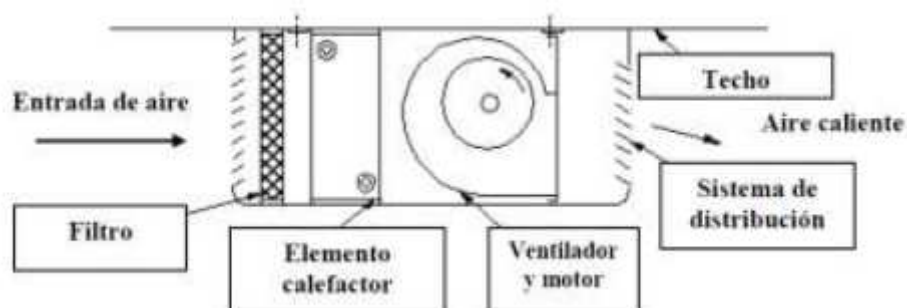


Figura 18: Diagrama de funcionamiento de un fan-coil

El sistema es simple, está formado por un filtro de aire, un sistema de tubos calefactores, que corresponden al circuito secundario de la bomba de calor y un ventilador centrífugo que mueve el aire caliente hacia el recinto. En nuestro caso hay dos, uno para el sistema de calefacción y otro para el de refrigeración.

### **8.3. Sistema de apoyo**

Hay diversas alternativas para cubrir las puntas de demanda. Principalmente diferenciaremos entre dos grandes grupos, los eléctricos y los de combustible. Como esos picos son en invierno, solo nos plantearemos la calefacción. Esta se puede conseguir mediante calefacción eléctrica o mediante caldera. En este último equipo puede alimentarse con diversos combustibles, evaluaremos la posibilidad de instalar tanto caldera de gas natural como procedente de biomasa, de “pellets” o de residuos.

#### **8.3.1. Calefacción eléctrica**

Este equipo presenta varias ventajas, en primer lugar la comodidad en su uso, puesto que está conectado a red y no precisa de aporte de combustible. Tampoco es necesario realizar obras ni se emiten gases. Además su rendimiento, con equipos avanzados es elevado. Por el contrario, se detallará en el próximo apartado el coste económico, que por lo general suele resultar más elevado que otras tecnologías. Antiguamente, con la tarifa nocturna (53% más barata que la diurna) y con el uso de un acumulador de calor, resultaba una alternativa muy atractiva.

#### **8.3.2. Caldera de condensación de gas natural**

Este sistema es uno de los más empleados en este tipo de instalaciones. El gas natural es más limpio que el de gasoil y con el sistema de recuperación del calor latente mediante el sistema de condensación resulta una alternativa eficaz. Una vez instalada, puede ser utilizado tanto como calefacción como para la producción de agua caliente si fuera preciso. Además tiene una regulación del calor excelente y no requiere de tanques

de combustible, evitando los costes de mantenimiento y no requiere de hacer el pedido periódicamente. Por el contrario presenta algunas desventajas, como son, tener que hacer una instalación previa, sobretodo de los conductos de gas natural o la necesidad de tener que pagar la parte de factura por tener contador y tener cubierta una potencia, y no solo pagar por el combustible consumido.

### 8.3.3. Caldera de pellets

Los pellets son un combustible ecológico que procede de residuos fundamentalmente forestales, esos restos de madera triturada y prensada en pequeños cilindros, como se ve en la figura siguiente, que tiene mejor capacidad de quemar que la madera en tronco.



*Figura 19: imagen de pellets.*

La energía que contienen los pellets es alta en comparación con su bajo precio ya que su poder calorífico aproximadamente el 50% que el del gasóleo. Las principales características son:

- ❖ contenido máximo de humedad del 8%.
- ❖ poder calorífico de 4000-4500 kcal/kg.
- ❖ una densidad 700 kg/m.

El coste de los pellets está en torno a 0,15 €/kg. Por ello se ahorrarían hasta un 40% comparándolas con el consumo de una caldera a gasóleo. Las calderas de este tipo son capaces de autoalimentarse, estando programada para mantener una determinada temperatura o encenderse y apagarse automáticamente a una hora concreta.

Figura 23: caldera de pellets con depósito instalado.



Además estas calderas reciben subvenciones para fomentar su instalación, tienen rendimientos elevados (en torno al 90-92%) no presentan condensaciones indeseadas, pueden aprovechar el calor latente si la caldera es de condensación, son seguras, amplio rango de temperatura de salida, bajo mantenimiento ya que presentan un sistema de autolimpieza, mediante una sonda lambda envía la cantidad óptima de aire para conseguir un quemado lo mas eficiente posible. Por el contrario, requiere de una carga periódica, actualmente no hay muchos fabricantes de pellets y requieren de mas espacio de almacenaje que otras calderas.

### 8.3.4. Caldera de biomasa

Aunque las calderas de pellets se consideran de biomasa, en este apartado incluiremos las que queman huesos de aceituna o cáscaras de frutos secos. En esta evaluación solo tendremos en cuenta las más utilizadas que son las de cáscara de almendra y de huesos de aceituna ya que son las más extendidas y las que presentan un PCS más elevado.

El precio del kg de huesos ya empaquetado es de entorno a 0,065€/kg y el de la cáscara de almendra de unos 0,086€/kg. Los poderes caloríficos de los huesos son 4,70 kWh/kg y de las cáscaras 10,22kWh/kg.

Por tanto resulta:

- ❖ Huesos: 0,0127€/kWh.
- ❖ Cáscaras: 0,0064€/kWh.
- ❖ Gasóleo: 0,0906 €/ kWh.

Por lo demás tiene las mismas ventajas e inconvenientes que las de pellets.

### 8.3.5. Caldera de residuos

Estas calderas que se asemejan a las anteriores lo único diferente es el uso de otro tipo de combustible sólido, el CDR, Combustible Derivado de Residuos. Éste se obtiene de la separación de los residuos sólidos urbanos en las plantas de selección de residuos reciclables. Fundamentalmente está compuesto por pequeños trozos de papel manchado y de pequeños trozos de plásticos no reciclables. Éstos una vez higienizados y aptos para ser conservados, sin pudrirse, es un excelente combustible. Ya se utiliza mucho combinado con otros combustibles sólidos en la industria.



*Figura 20: imagen de CDR triturado.*

Algunas de sus características son:

- Bajo nivel de humedad (inferior al 17%).
- Poder calorífico por encima de las 4.500 kcal/kg.



## 9. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

Llegado a este punto, hemos de hacer uso del programa CHEQ4.

El IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) y ASIT (la Asociación Solar de la Industria Térmica) han elaborado el CHEQ4, un programa informático con el fin de facilitar a todos los agentes participantes en el sector de la energía solar térmica de baja temperatura la aplicación, cumplimiento y evaluación de la sección HE4 incluida en la exigencia básica HE Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (CTE).

CHEQ4 permite definir una amplia variedad de instalaciones solares introduciendo un mínimo de parámetros del proyecto, asociados a cada configuración del sistema, y de esta manera, obtener la cobertura solar que ese sistema proporciona sobre la demanda de energía para ACS y piscina del edificio.



En función de los datos introducidos el programa validará el cumplimiento de la contribución solar mínima definida por la exigencia HE4 permitiendo a su vez generar un informe justificativo de los resultados obtenidos de forma rápida y sencilla.

CHEQ4 genera adicionalmente junto con el informe un documento de verificación donde figuran los principales parámetros de la instalación, de manera que estos puedan ser verificados por los agentes implicados en labores de control de la

El informe favorable generado por la aplicación será suficiente para acreditar el cumplimiento, desde el punto de vista energético, de los requisitos establecidos en la sección HE4. El no cumplimiento de la contribución solar mínima utilizando CHEQ4 no invalida la posibilidad de demostrar su cumplimiento mediante otros procedimientos.

A la hora de abrir el programa, en primer lugar deberemos introducir la ubicación de nuestra instalación:

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Provincia: Navarra | Municipio: Pamplona/Iruña | Zona climática: Zona II | Latitud: 42° 49'

Mapa provincia

Altura municipio seleccionado (m): 449

Altura de la instalación (m): 449

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	5,3	7,0	4,5
Febrero	8,3	8,0	6,5
Marzo	12,4	9,0	8,0
Abril	15,2	10,0	9,9
Mayo	18,7	12,0	13,3
Junio	22,8	15,0	17,3
Julio	24,2	17,0	20,5
Agosto	21,1	17,0	20,3
Septiembre	16,5	16,0	18,2
Octubre	10,6	13,0	13,7
Noviembre	6,4	9,0	8,3
Diciembre	4,7	7,0	5,7
Promedio	13,9	11,7	12,2

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto | Nuevo proyecto | Abrir proyecto | Guardar proyecto | Ayuda | Acerca de... | Salir

Obviamente elegiremos nuestro municipio “Pamplona” y al instante nos saldrán los datos mensuales referentes a la radiación solar, a la  $t^{\circ}$  de la red y a la  $t^{\circ}$  del ambiente.



Terminado este punto, pasaremos al siguiente apartado de “**Demanda**”.

Nuevamente en este apartado deberemos rellenar los campos oportunos para nuestra instalación. En aplicación seleccionaremos “**vestuarios/duchas**” y estimaremos un número de 250 servicios diarios.

Automáticamente el programa te calcula la demanda de litros/día a 60° → 3.750

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo B	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo C	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo D	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		

CONSUMO TOTAL	
Otras demandas (l/día a 60°C)	<input type="text" value="0"/>
Demanda total (l/día a 60°C)	3.750

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA		
<input type="button" value="Caso general FS 30%"/>	<input type="button" value="Caso efecto Joule FS 69%"/>	<input type="button" value="Caso piscina FS 30%"/>

En el último apartado deberemos elegir entre 3 casos de contribución solar mínima exigida. Nuestro caso será el de la piscina FS al 30%.

Terminado este punto, pasaremos al siguiente apartado de “**Solar/Apoyo**”.

Este punto es de los mas importantes del programa, ya que dependiendo del numero de captadores utilizados nuestra instalación será viable o no para el cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas.

Al igual que en los apartados anteriores rellenaremos los datos oportunos de nuestra instalación y finalmente elegiremos como tipo de sistema una caldera de condensación de Gas natural.

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

**CAPTADORES**

Empresa: Andater  
 Marca/Modelo: GF 70 NV

Datos de ensayo	
Área (m2)	6,434
n0 (-)	0,796
a1 (W/m2K)	3,375
a2 (W/m2K2)	0,015
Qtest(l/hm2)	72
k50	0,95
Laboratorio	AIT
Certificación	NPS-38911

**CAMPO DE CAPTADORES**

Núm. captadores: 95    Captadores en serie: 4  
 Orientación (°): 0    Inclinación (°): 40

**CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO**

Caudal prim.(l/h): 11.002    Anticongelante (%): 20    Long. circuito (m): 50  
 Diám. tubería (mm): 54    Esp. aislante (mm): 40    Aislante: lana de vidrio

**SISTEMA DE APOYO**

Tipo de sistema: Caldera de condensación  
 Tipo de combustible: Gas natural

**Localización**  
**Configuración**  
**Demanda**  
**Solar/Apoyo**  
**Otros parámetros**  
**Resultados**

Datos proyecto    Nuevo proyecto    Abrir proyecto    Guardar proyecto    Ayuda    Acerca de...    Salir

Terminado este punto, pasaremos al siguiente apartado de “**Otros parámetros**”.



Continuaremos rellenando los datos de nuestra instalación:

- Volumen total
- Distribución
- Piscina cubierta
- ...

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

**VOLUMEN DE ACUMULACIÓN**

Volumen total (l)

**VOLUMEN ACUMULACIÓN SUBESTACIONES**

Volumen total (l)

Esp. aislante (mm)

Aislante

**DISTRIBUCIÓN**

Long. circuito (m)

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm)  T. imp. (°C)

Aislante

**DISTRIBUCIÓN SUBESTACIONES**

Long. total (m)

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm)

Aislante

**PISCINA CUBIERTA**

Altura (m)  Temp. ambiente (°C)

Apertura diaria (h)  Temp. piscina (°C)

Superficie lámina (m2)  Renov. volumen día (%)

Humedad relativa (%)  Ocupación (pers/m2)

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

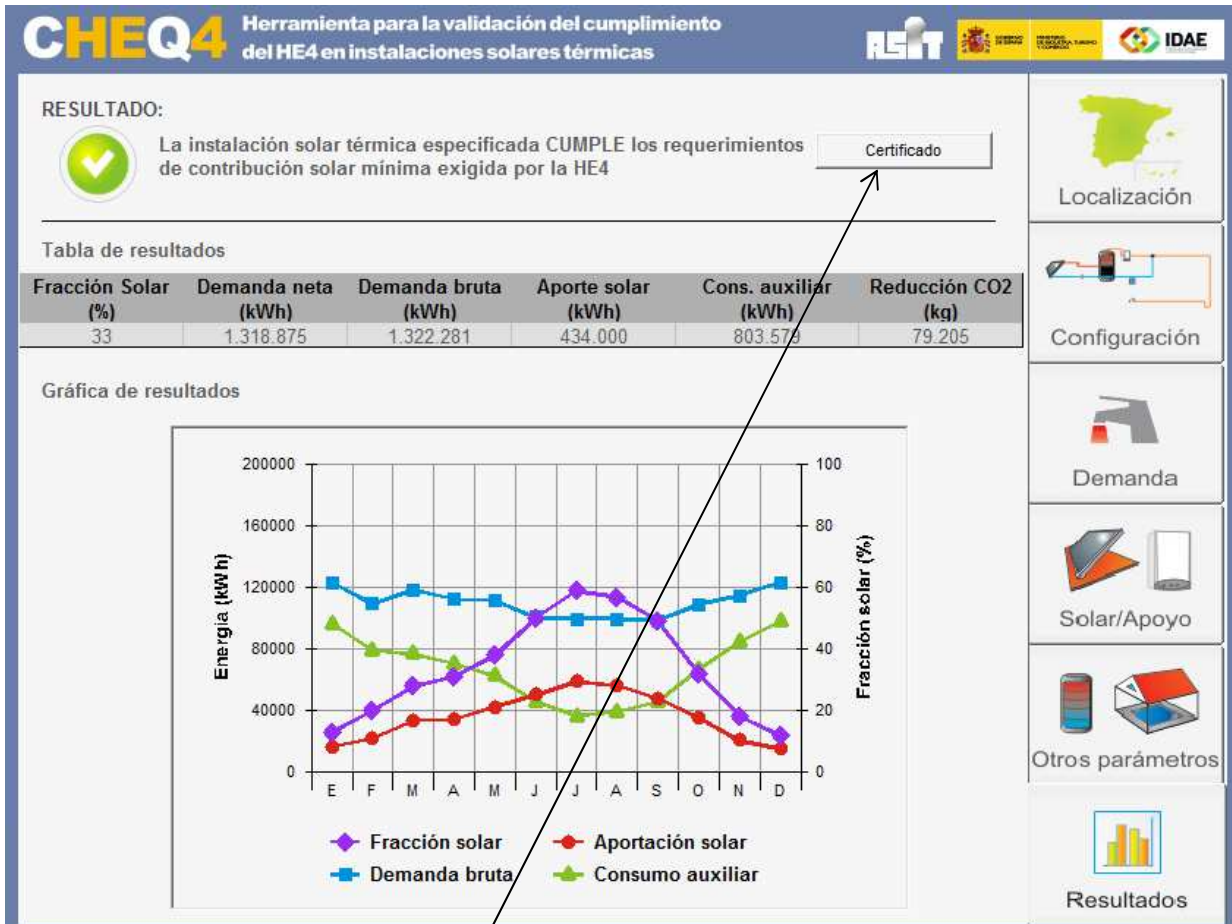
Resultados

Datos proyecto | Nuevo proyecto | Abrir proyecto | Guardar proyecto | Ayuda | Acerca de... | Salir

Y finalmente nos iremos al apartado de “**Resultados**” donde nos dirá si nuestra instalación es viable o no con los datos introducidos.

El resultado de nuestra instalación solar térmica es **correcto**; esto quiere decir que cumple con los requerimientos de contribución solar mínima exigida por la HE4.

En un principio habíamos introducido un total de 80 captadores pero la instalación no era viable, por eso hemos tenido que aumentar en 15 el número de captadores.



Si clicamos sobre “**Certificado**” el propio programa nos hará un resumen de los datos introducidos, al igual que de los resultados.

Es bastante útil y visible para ver las características de nuestra instalación:

La instalación solar térmica especificada **CUMPLE** los requerimientos mínimos especificados por el HE4

## Datos del proyecto

Nombre del proyecto

Comunidad

Localidad

Dirección

## Datos del autor

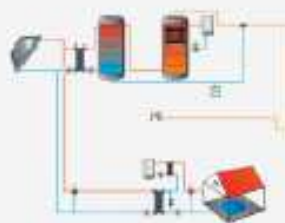
Nombre

Empresa o institución

Email

Teléfono

## Características del sistema



Localización de referencia

Pamplona/Iruña (Navarra)

Altura respecto la referencia [m]

0

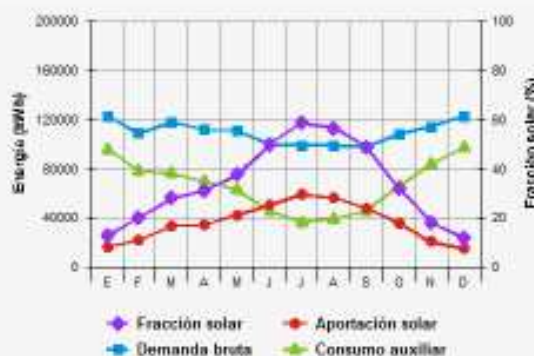
Sistema seleccionado

Instalación colectiva con piscina cubierta

Demanda [l/día a 60°C]

3.750

## Resultados



Fracción solar [%]

33

Demanda neta [kWh]

1.318.875

Demanda bruta [kWh]

1.322.281

Aporte solar [kWh]

434.000

Consumo de energía primaria [kWh]

803.572

Reducción de emisiones de [kg de CO<sub>2</sub>]

79.205



La instalación solar térmica especificada **CUMPLE** los requerimientos mínimos especificados por el HE4

Parámetros del sistema		Verificación en obra
<b>Campo de captadores</b>		
Captador seleccionado	GF 70 NV ( Andater)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	NPS-38911	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	100,0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	4,0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0,0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	40,0	<input type="checkbox"/>
<b>Circuito primario/secundario</b>		
Caudal circuito primario [l/h]	11.581,0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	20,0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	50,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	55,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	40,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	lana de vidrio	<input type="checkbox"/>
<b>Sistema de apoyo</b>		
Tipo de sistema	Caldera de condensación	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Gas natural	<input type="checkbox"/>
<b>Acumulación</b>		
Volumen [l]	3.000,0	<input type="checkbox"/>
<b>Distribución</b>		
Longitud del circuito de distribución [m]	50,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	40,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	poliestireno	<input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	60,0	<input type="checkbox"/>
<b>Piscina</b>		
Altura [m]	3,0	<input type="checkbox"/>
Apertura diaria [h]	12,0	<input type="checkbox"/>
Superficie [m2]	396,0	<input type="checkbox"/>
Humedad relativa [%]	60,0	<input type="checkbox"/>
Temperatura ambiente [°C]	28,0	<input type="checkbox"/>
Temperatura de consigna [°C]	26,0	<input type="checkbox"/>
Renov volumen dia [%]	5,0	<input type="checkbox"/>
Ocupación [pers/m2]	1,0	<input type="checkbox"/>

## 10. INSTALACION GEOTERMICA

La geotermia puede proporcionar aproximadamente un 75% de KW que se requieren en la demanda pico de calefacción.

Para dimensionar nuestra instalación, nos vamos a ayudar del programa “EED” (Earth Energy Design), desarrollado por la Universidad de Lund, y comercializado por BLOCON, una compañía especializada en física de edificios, transferencia de calor y desarrollo de software .

La versión que utilizaremos será la 3.0 de demostración. El objeto de este software es el cálculo de la temperatura del fluido a lo largo de la vida útil de la instalación, dando una idea de la saturación del terreno. Además obtiene parámetros tan importantes como la longitud del intercambiador, las resistencias térmicas (fluido-tuberías-terreno) y las cargas base y pico de calor extraído. Esto se explica en el epígrafe de datos de salida.

EED es un software para el diseño de intercambiadores de calor enterrados, basado en los modelos de Eskilson. Para grandes y complejas instalaciones, permite obtener una aproximación inicial antes de iniciar análisis más detallados. Para sistemas más simples y pequeños, realiza el esfuerzo de los cálculos, evitándose hipótesis inexactas.

A continuación explicaremos las funciones de este programa, a la vez que realizamos el cálculo de nuestra instalación:

Algunas consideraciones importantes que se deben tener en cuenta antes de continuar son:

- El numero de configuraciones que permite el programa: 798
- Numero de g-functions: 6385
- Tipos de intercambiadores de calor: tuberías coaxiales, tuberías en U (simple, doble, triple)

- Profundidad de los intercambiadores: 20 - 200 m
- Ratio interespaciado / profundidad: 0
- Intervalo de tiempo ( $t'$  = tiempo adimensional):  $-\ln(t)$
- Difusividad térmica:  $a$  ( $m^2/s$ ), con  $t = t_{ts}$  y  $t_{ts} = a$ .
- Criterio a corto plazo ( $E1$  = integral exponencial):  $r$  at

Como en todo software de análisis, se tienen 3 bloques principales en el proceso:

- Datos de Entrada
- Cálculos
- Datos de Salida

### 10.1 Datos de entrada

Con respecto a los datos de entrada tenemos que hay diferentes submenús para cada dato de entrada específico. Estos son datos para los parámetros del terreno, sistemas de intercambio, resistencia térmica del intercambiador, propiedades del fluido caloportador, cargas base y pico y periodo de simulación. También se pueden introducir datos de coste, pero esa función no se va a utilizar en este documento.

Es importante señalar que de todos los datos de entrada, algunos quedarán fijados por el programa al ser una versión de evaluación.

Antes de desarrollar el epígrafe, y a modo de resumen, se muestra una tabla con los datos de entrada que se requieren en el programa:

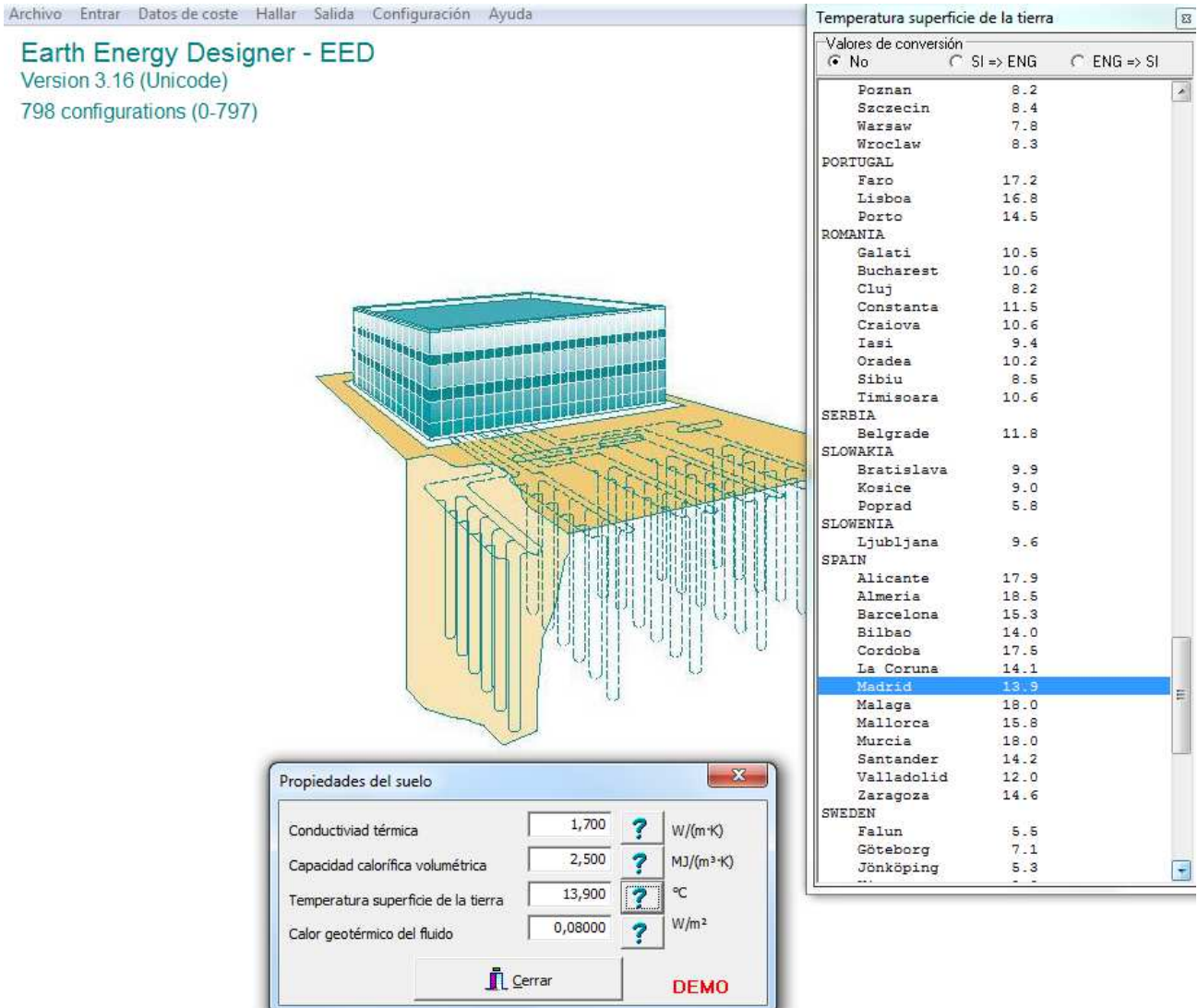
<b>Propiedades del terreno</b>	Conductividad térmica (W/mK) Capacidad calorífica volumétrica (MJ/m <sup>3</sup> K) Temperatura superficial del terreno (°C) Flujo de calor geotérmico (W/m <sup>2</sup> )
<b>Sistema de intercambio</b>	Tipo de intercambiador: Coaxial o tubería en U (simple, doble o triple) Configuración geométrica del intercambiador: profundidad (m), interespaciado (m), diámetro de las tuberías (mm) Resistencia de contacto entre el exterior de la tubería y el terreno (mK/W) Conductividad térmica del relleno (W/mK) Flujo volumétrico (L/s)
<b>Tuberías del sistema de intercambio</b>	Sistemas coaxiales: diámetro, espesor, conductividad térmica Intercambiador en U: diámetro exterior, espesor, conductividad térmica, distancia entre ejes de las tuberías de bajada y subida.
<b>Resistencia térmica del pozo</b>	Resistencia fluido/tierra (mK/W)      Puede calcularse con el programa, no es necesaria la introducción. Resistencia interna (mK/W)
<b>Fluido Caloportador</b>	Conductividad térmica (W/mK) Calor específico (J/KgK) Densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) Viscosidad (Kg/ms) Punto de congelación del fluido (°C)
<b>Carga Base</b>	Energía anual y perfil mensual: carga de frío y de calor anual (MWh), y Perfil porcentual de cómo se reparte esa carga en cada mes del año. Valores de energía mensuales: cargas mensuales directamente, COP/EER medio. Agua caliente sanitaria
<b>Carga pico</b>	Carga máxima de calor (kW) y tiempo durante el cual la bomba puede dar esa potencia (h) Carga máxima de frío (kW) y tiempo durante el cual la bomba puede dar esa potencia (h)
<b>Periodo de simulación</b>	Horizonte temporal (en años) Mes en el cual se comenzarán las simulaciones

- [Propiedades del terreno \(F1\)](#)

Las propiedades del terreno a ingresar serán la conductividad térmica (W/(mK)), la capacidad calorífica volumétrica (MJ/(m<sup>3</sup>K)), la temperatura superficial del terreno (°C) y el flujo de calor geotérmico (W/m<sup>2</sup>). De todos ellos el programa proporciona tablas para distintos materiales y localizaciones.

**En nuestro caso**, como bien hemos mencionado **en el punto 8.2** de nuestra memoria (datos proporcionados tablas IDEA) **introduciremos la conductividad térmica y capacidad calorífica volumétrica correspondiente**. En cuanto al apartado “temperatura superficie de la tierra” y “calor geotérmico del fluido” nos basaremos en la comunidad de Madrid, ya que es la ciudad con mayor similitud en altitud respecto a Pamplona (varia aproximadamente 100m).

Datos:



- Sistema de intercambio (F2)

En cuanto a los sistemas de intercambio, se habrán de introducir ciertos datos en aras de definir completamente su comportamiento.

Lo primero que habrá que definir será el tipo. Hay dos grandes tipos: Coaxial y tubería en U, la configuración en U podrá ser simple, doble o triple.

A continuación se especificará la configuración geométrica del intercambiador. Existe una tabla en la que seleccionar la geometría plana (número de intercambiador en

red) se deberá introducir la profundidad, el interespaciado y el diámetro de las tuberías para conocer la morfología completa.

Una vez conocida la forma y situación del sistema, se tendrá que especificar el comportamiento térmico a través de la resistencia de contacto entre el exterior de la tubería y el terreno, así como a través del flujo volumétrico en litros por segundo, de uno de los conductos o el conjunto de ellos. Además, este flujo será afectado por las posiciones en serie que se tengan, aplicándose un factor, que también habrá de introducirse.

El último paso para terminar de definir el comportamiento del sistema de intercambio será definir las tuberías, tanto interior como exterior, en sistemas coaxiales (diámetro, espesor y conductividad térmica), o el diámetro exterior, el espesor, la conductividad térmica y, la distancia entre ejes de las tuberías de bajada y subida del intercambiador en U.

The screenshot shows the Earth Energy Designer - EED software interface. On the left, a 3D model of a well system is displayed, showing a rectangular well field with multiple wells connected by a network of pipes. The main window displays the configuration for a well and a U-tube. The configuration is as follows:

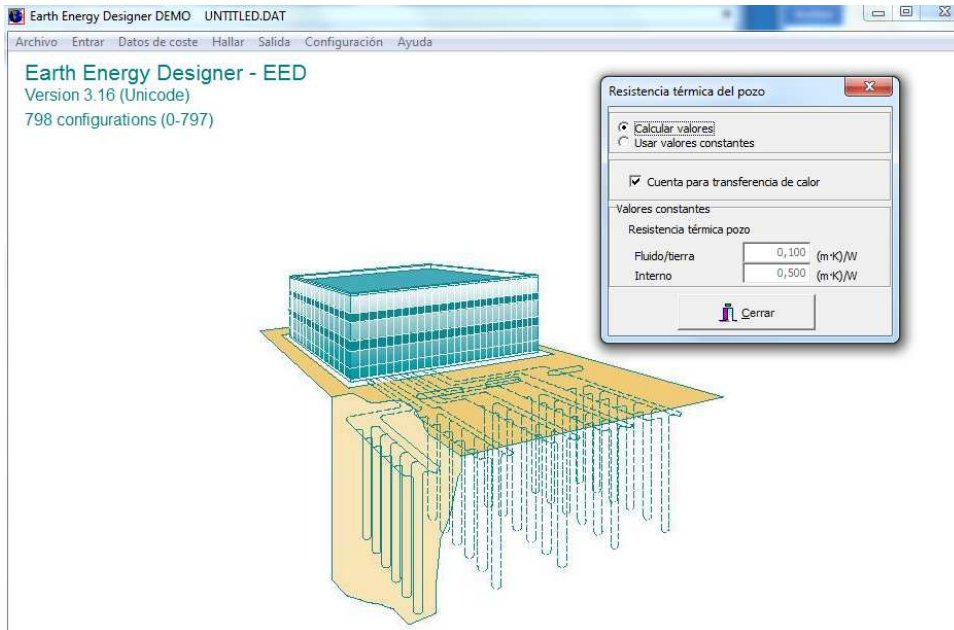
Parameter	Value	Unit
U-Simple	U-Simple	
Configurar	0	?
Profundidad	110,0	m
Espaciado	10,0	m
Diámetro	110,000	mm
Resistencia de contacto tubería/llenado	0,0000	(m·K)/W
Conductividad térmica de llenado	0,600	W/(m·K)
Tasa de fluido volumétrico Q:	2,000	l/s
Factor serie (1=paralelo)	1	Qbh=Q=2/l/s
Diámetro exterior	32,000	mm
grosor de la pared	3,000	mm
Conductividad térmica	0,420	W/(m·K)
Espaciado entre varas	70,000	mm

At the bottom of the dialog box, there is a diagram showing the cross-section of the well with two tubes (one blue, one red) and a vertical scale for the spacing between tubes, ranging from 32 to 78 mm. The diagram also shows the well diameter (110 mm) and the spacing between wells (70 mm).



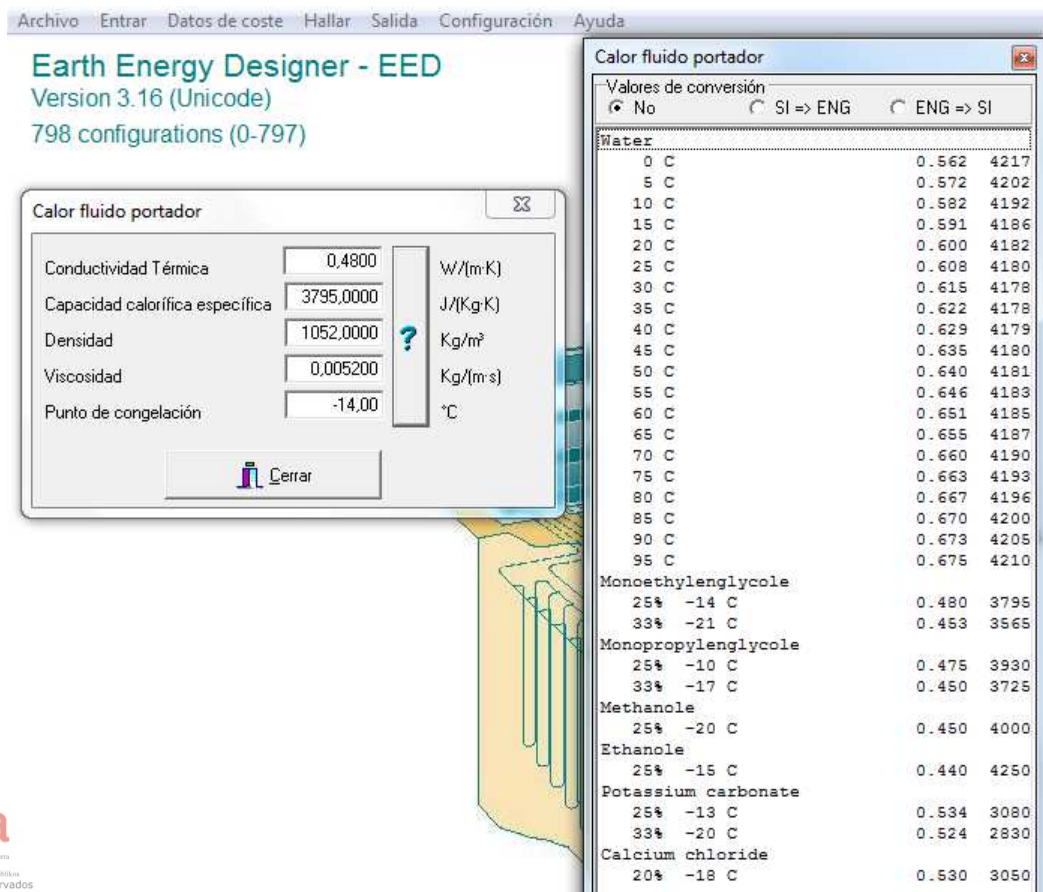
- **Resistencia térmica del pozo (F3)**

El programa da la opción de introducir valores constantes, o permitirle calcularlos



- **Fluido Caloportador (F4)**

Los datos de entrada necesarios para definir el fluido caloportador serán la conductividad térmica (W/mK), el calor específico (J/KgK), densidad (Kg/m<sup>3</sup>), viscosidad (Kg/ms) y del punto de congelación del fluido (°C)



Existe una tabla que contiene información sobre los fluidos más comunes, proporcionando todos los parámetros necesarios.

- Carga Base (F5)

El programa permite dos métodos de introducción de este dato:

- ✓ Energía anual y perfil mensual: que requiere la carga tanto de frío como de calor anual (MWh), y un perfil porcentual de cómo se reparte esa carga en cada mes del año.
- ✓ Valores de energía mensuales: que requiere las cargas mensuales directamente

Además de las cargas y el perfil según el caso, habrá que introducir el rendimiento medio (EER medio o COP medio) para la bomba de calor, o en caso de ser climatización directa<sup>9</sup>, seleccionar esta opción.

El programa también realiza cálculos para la generación de agua caliente sanitaria, pero ese no es el tema que ocupa este estudio.

**En nuestro caso introduciremos la carga total anual (calculada en el apartado 6.6 de nuestra memoria) descontando la energía ACS.**



**Carga base**

**Carga base (sinACD):**

Energía anual y perfil mensual

Valores de energía mensual

[MWh]	Calor	Frio	Tierra
Anual	46,500	0,000	Actualizar
SPF	3,00	3,00	
	<input type="checkbox"/> Directo	<input type="checkbox"/> Directo	
Enero	0,155	0,000	5,093
Febrero	0,148	0,000	4,876
Marzo	0,125	0,000	4,161
Abril	0,099	0,000	3,353
Mayo	0,064	0,000	2,266
Junio	0,000	0,000	0,278
Julio	0,000	0,000	0,278
Agosto	0,061	0,000	2,173
Septiembre	0,087	0,000	2,981
Octubre	0,117	0,000	3,913
Noviembre	0,144	0,000	4,751
suma:	1	0	34,4

**Agua caliente doméstica (ACD):**

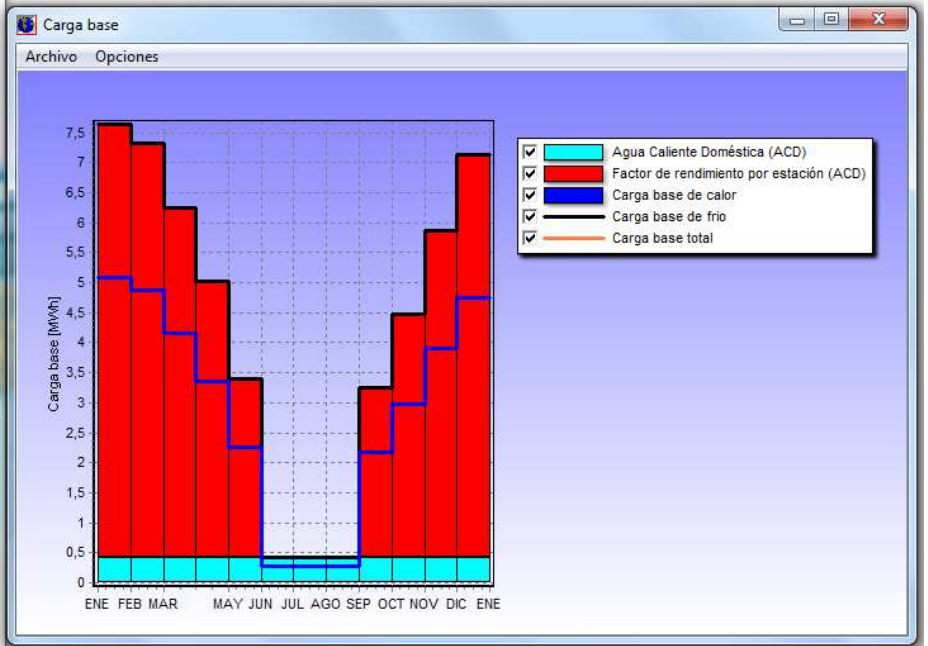
Anual 5,000 SPF 3,00

[MWh]	Calor de la bomba	Tierra	Edificio
Calor	46,6x1/3 (15,533)	+ 46,6x2/3 (31,067)	= 46,6
ACD	5x1/3 (1,6667)	+ 5x2/3 (3,3333)	= 5
Frio	0x1/3 (0)	+ 0x4/3 (0)	= 0

Calor: Calor de la bomba 17,2 ==> ^ ==> 51,6  
Tierra 34,4

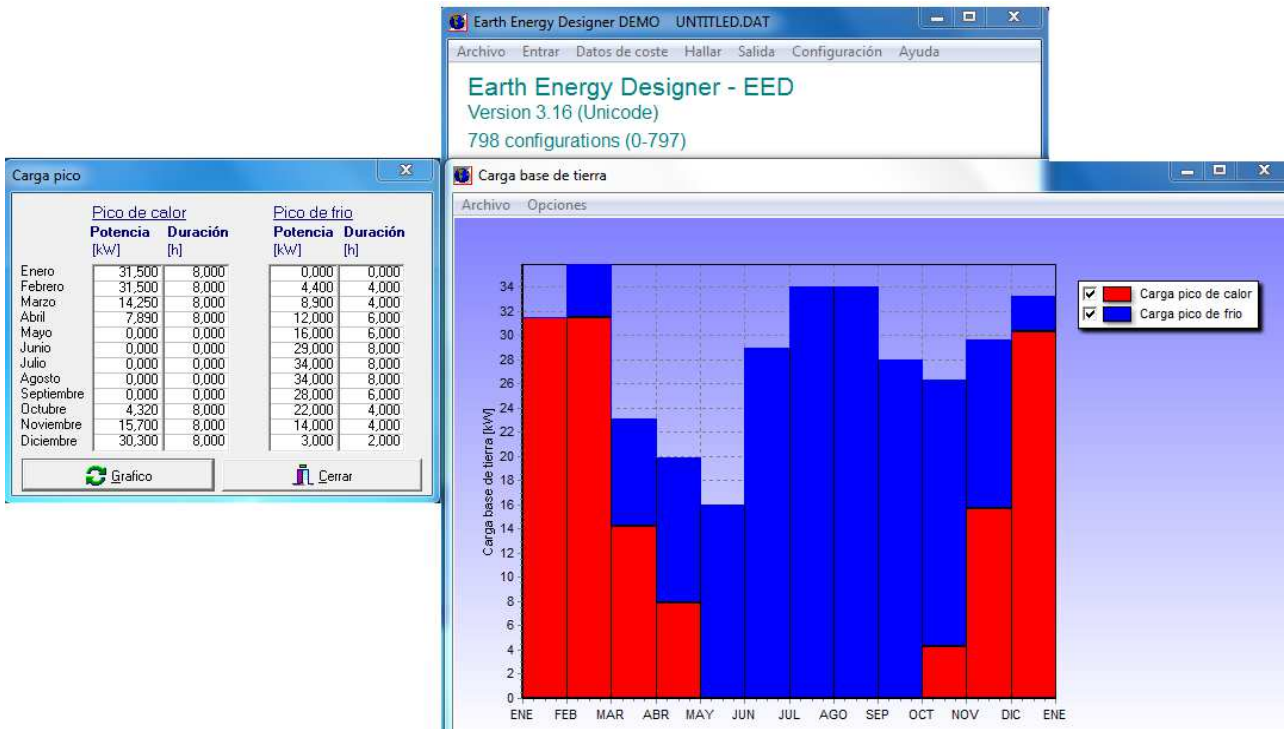
Frio: Calor de la bomba 0 ==> v <= 0  
Tierra 0

Calor extraído de la tierra: 31,067+3,3333=34,4



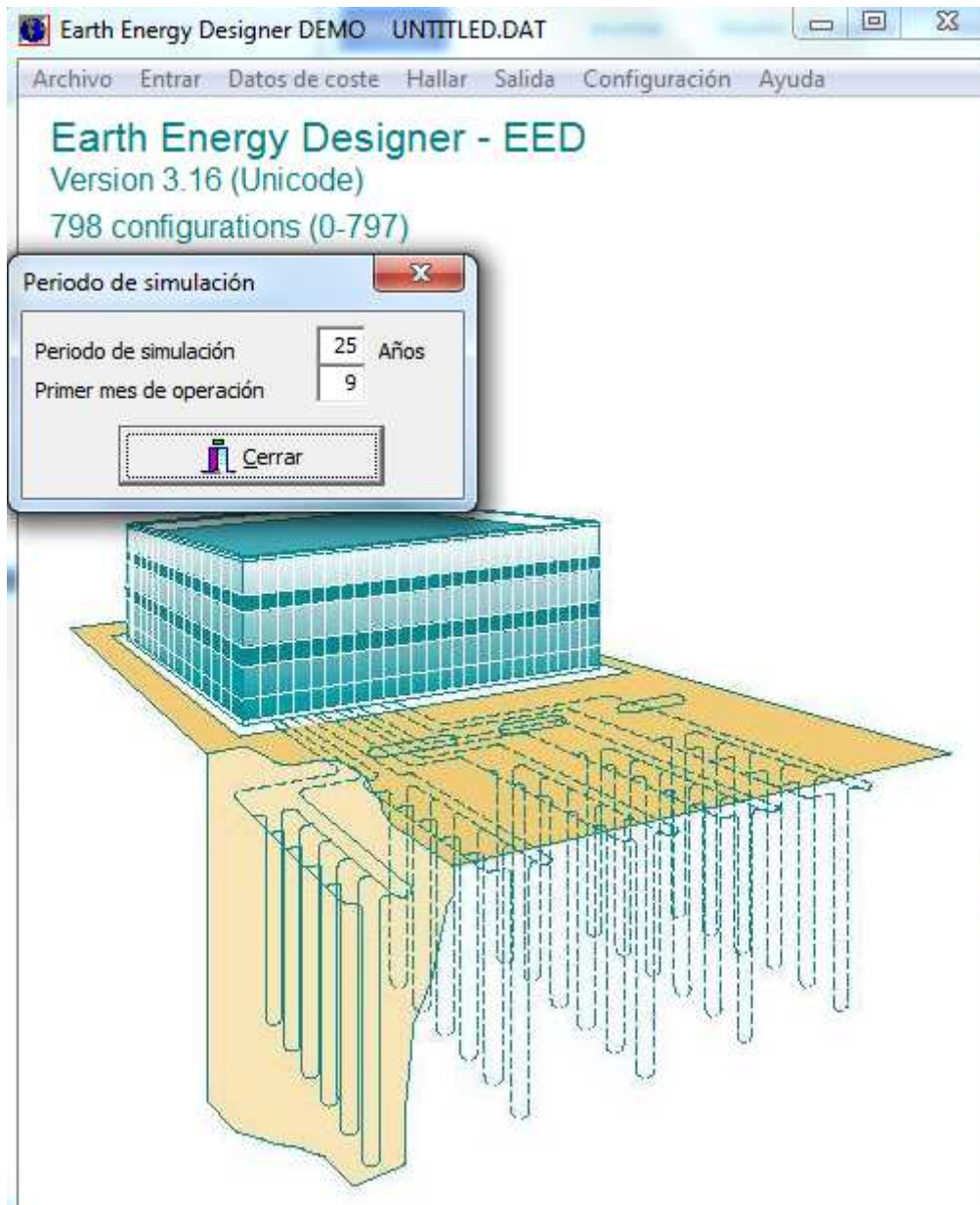
- Carga pico (F6)

Para cada mes, se insertará la carga máxima de calor (que normalmente coincide con el máximo que la bomba de calor puede desarrollar) y el tiempo durante el cual la bomba puede dar esa potencia. De la misma forma se actuará con las cargas de refrigeración



- Periodo de simulación

Los datos a introducir serán el horizonte temporal para el cual se realizaran las simulaciones (en años) y el mes en el cual se comenzarán las simulaciones.



## Cálculos

El software EED proporciona dos posibles situaciones de cálculo. La primera consiste en obtener la temperatura del fluido caloportador en una instalación ya definida y la segunda permite dimensionar la instalación de forma que el fluido se mantenga en unos límites establecidos.

También se puede realizar un cálculo de optimización, con criterio de longitud o de coste mínimo, mostrándose una lista con las posibles soluciones.

Si se fijan ciertos parámetros, como el coste inicial o el coste de las excavaciones, el programa calculará el coste total de la instalación.

### 10.2 Datos de salida

El fichero de salida de datos contiene información detallada del sistema. SE muestra una tabla resumen a continuación:

<b>Resistencias Térmicas</b>	Longitud total del pozo (m)
	Resistencia térmica interior del pozo (mK/W)
	Número de Reynolds
	Resistencia térmica fluido/tubería (mK/W)
	Resistencia Térmica tubería/llenado (mK/W)
	Resistencia de contacto tubería/llenado (mK/W)
	Resistencia térmica fluido/suelo del pozo (mK/W)
	Resistencia térmica efectiva del pozo (mK/W)
<b>Carga base: temperaturas</b>	Tasa de extracción de calor específico mensual (W/m)
	Temperatura de fluido mínima media al final de ENE (°C)
<b>Carga pico de calor</b>	Temperatura de fluido máxima media al final de AGO (°C)
	Temperatura de fluido mínima media al final de FEB (°C)
<b>Carga pico de frío</b>	Temperatura de fluido máxima media al final de AGO (°C)
	Temperatura de fluido mínima media al final de ENE (°C)

En primer lugar muestra un aviso sobre si el resultado ha tenido algún tipo de advertencia como que existan situaciones donde las temperaturas excedan los límites.

A continuación muestra un resumen con los datos de coste total, número de intercambiadores, longitud de cada uno y longitud total del sistema enterrado.

Tras esto presenta los datos de diseño que se han introducido, tanto del terreno, como de los intercambiadores, resistencias térmicas, fluido caloportador, y cargas base y pico y el periodo de simulación.

Después de los datos de diseño aparecen los valores calculados tales como la longitud total del sistema enterrado, las resistencias térmicas (fluido – tubería – terreno), el calor extraído mensual en W/m en función de las cargas base y pico (calor y frío). También presenta las temperaturas medias del fluido (según carga base o pico (frío y calor)) al final de cada mes (°C) y las temperaturas máxima y mínima medias del último año de simulación y el mes en que se producen. Serán temperaturas medias a lo largo del intercambiador. La temperatura de entrada a la bomba de calor será un extremo del rango que produce la media.

**Estos son los datos obtenidos:**

DATOS RÁPIDOS

Coste	-
Número de pozos	148
Profundidad del pozo	110,00 m
Longitud total del pozo	110,00 m

Datos de diseño

=====

Suelo

Conductividad térmica del suelo	1,700 W/(m·K)
Capacidad calórica del suelo	2,500 MJ/(m <sup>3</sup> ·K)
Tempratura de la superficie del suelo	13,9 °C
Flujo de calor geotérmico	0,080 W/m <sup>2</sup>

POZO

Configuración:	0 ("1 : single")
Profundidad del pozo	110,00 m
Espaciado entre pozos	10,00 m
Instalación pozo	U-Simple
Diámetro pozo	110,00 mm
Diámetro Tuberia-U	32,000 mm
Grosor Tuberia-U	3,000 mm
Conductivida térmica tubería-U	0,420 W/(m·K)

Espaciado entre las varas de tubería-U 70,000 mm  
 Conductividad térmica de llenado 0,600 W/(m·K)  
 Resistencia de contacto tubería/llenado 0,0000 (m·K)/W

### RESISTENCIAS TÉRMICAS

Resistencias térmicas de los pozos son calculadas

Número de multipolos 10

La Transferencia de calor interna entre los canales superior e inferior es considerada

Fluido portador de calor

Conductividad térmica 0,4800 W/(m·K)  
 Capacidad calórica específica 3795,000 J/(Kg·K)  
 Densidad 1052,000 Kg/m<sup>3</sup>  
 Viscosidad 0,005200 Kg/(m·s)  
 Punto de congelación -14,0 °C  
 Tasa de flujo por pozo 2,000 l/s

### CARGA BASE

Carga anual de ACD 5,00 MWh  
 Carga de calentamiento anual 46,60 MWh  
 Carga de enfriamiento anual 0,00 MWh

ACD 3,00

Factor de rendimiento por estación (calentamiento)3,00

Factor de rendimiento por estación (enfriamiento)3,00

### Perfil de energía mensual [MWh]

Mes	Factor	Carga de calor	Carga de frio	Carga de suelo
ENE	0,155	7,64	0,000	5,093
FEB	0,148	7,31	0,000	4,876
MAR	0,125	6,24	0,000	4,161
ABR	0,099	5,03	0,000	3,353
MAY	0,064	3,40	0,000	2,266
JUN	0,000	0,42	0,000	0,278
JUL	0,000	0,42	0,000	0,278
AGO	0,000	0,42	0,000	0,278
SEP	0,061	3,26	0,000	2,173
OCT	0,087	4,47	0,000	2,981

NOV	0,117	5,87	0,000	0,00	3,913
DIC	0,144	7,13	0,000	0,00	4,751
-----					
Total	1,000	51,60	0,000	0,00	34,400

#### CARGA PICO

Picos de potencia mensual [kW]

Mes	Pico de calor	Duración	Pico de frío	Duración [h]
ENE	31,50	8,0	0,00	0,0
FEB	31,50	8,0	4,40	4,0
MAR	14,25	8,0	8,90	4,0
ABR	7,89	8,0	12,00	6,0
MAY	0,00	0,0	16,00	6,0
JUN	0,00	0,0	29,00	8,0
JUL	0,00	0,0	34,00	8,0
AGO	0,00	0,0	34,00	8,0
SEP	0,00	0,0	28,00	6,0
OCT	4,32	8,0	22,00	4,0
NOV	15,70	8,0	14,00	4,0
DIC	30,30	8,0	3,00	2,0

Numero de años de simulación 25

Primer mes de operación SEP

#### VALORE CALCULADOS

=====

Longitud total del pozo 110,00 m

#### RESISTENCIAS TÉRMICAS

Resistencia térmica interior del pozo 0,6203 (m·K)/W

Número de Reynolds 19814

Resistencia térmica fluido/tubería 0,0031 (m·K)/W

Resistencia Térmica tubería/llenado 0,0787 (m·K)/W

Resistencia de contacto tubería/llenado 0,0000 (m·K)/W

Resistencia térmica fluido/suelo del pozo 0,1465 (m·K)/W

Resistencia térmica efectiva del pozo 0,1466 (m·K)/W

#### TASA DE EXTRACCIÓN DE CALOR ESPECÍFICO [W/m]

Mes	Carga base	Pico de calor	
ENE	63,43	190,91	-0,00
FEB	60,72	190,91	-53,33
MAR	51,82	86,36	-107,88
ABR	41,76	47,82	-145,45
MAY	28,22	0,00	-193,94
JUN	3,46	0,00	-351,52
JUL	3,46	0,00	-412,12
AGO	3,46	0,00	-412,12
SEP	27,06	0,00	-339,39
OCT	37,12	26,18	-266,67
NOV	48,72	95,15	-169,70
DIC	59,17	183,64	-36,36

#### CARGA BASE: TEMPERATURAS MEDIAS DEL FLUIDO (a final de mes) [°C]

Año	1	2	5	10	25
ENE	8,94	-13,70	-15,04	-15,57	-16,07
FEB	8,94	-13,19	-14,44	-14,97	-15,46
MAR	8,94	-10,50	-11,67	-12,19	-12,67
ABR	8,94	-7,25	-8,35	-8,86	-9,34
MAY	8,94	-2,73	-3,77	-4,27	-4,75
JUN	8,94	5,64	4,65	4,16	3,69
JUL	8,94	6,11	5,17	4,68	4,21
AGO	8,94	6,38	5,47	5,00	4,53
SEP	0,01	-1,24	-2,10	-2,57	-3,04
OCT	-3,72	-4,79	-5,62	-6,08	-6,55
NOV	-7,95	-8,89	-9,69	-10,14	-10,60
DIC	-11,84	-12,68	-13,44	-13,89	-14,34

#### CARGA BASE: AÑO 25

Temperatura de fluido mínima media -16,07 °C al final de ENE  
Temperatura de fluido máxima media 4,53 °C al final de AGO



CARGA PICO DE CALOR: TEMPERATURA MEDIA DE FLUIDO (a final de mes) [°C]

Año	1	2	5	10	25
ENE	8,94	-42,67	-44,00	-44,54	-45,03
FEB	8,94	-42,77	-44,02	-44,55	-45,04
MAR	8,94	-18,35	-19,52	-20,03	-20,52
ABR	8,94	-8,63	-9,73	-10,24	-10,72
MAY	8,94	-2,73	-3,77	-4,27	-4,75
JUN	8,94	5,64	4,65	4,16	3,69
JUL	8,94	6,11	5,17	4,68	4,21
AGO	8,94	6,38	5,47	5,00	4,53
SEP	0,01	-1,24	-2,10	-2,57	-3,04
OCT	-1,24	-2,31	-3,14	-3,60	-4,06
NOV	-18,50	-19,44	-20,24	-20,69	-21,15
DIC	-40,12	-40,96	-41,72	-42,17	-42,62

CARGA PICO DE CALOR: AÑO 25

Temperatura de fluido mínima media      -45,04 °C al final de FEB  
 Temperatura de fluido máxima media      4,53 °C al final de AGO

CARGA PICO DE FRIO: TEMPERATURA MEDIA DE FLUIDO (a final de mes) [°C]

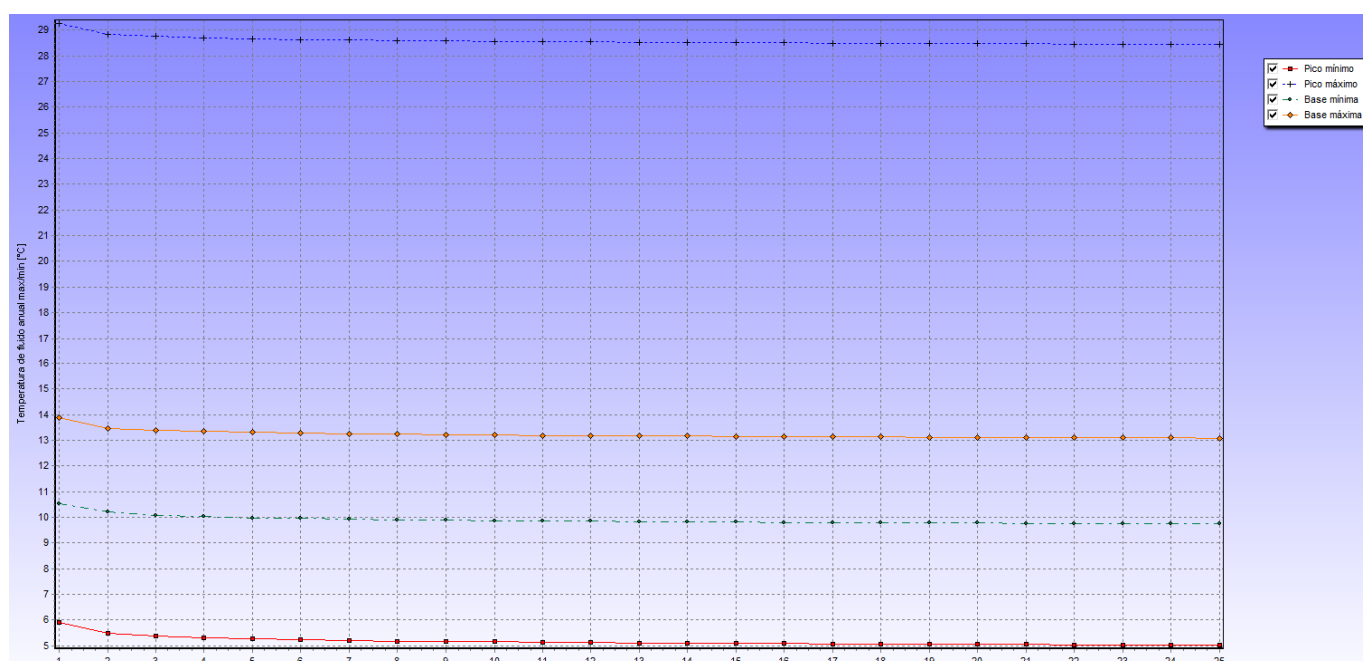
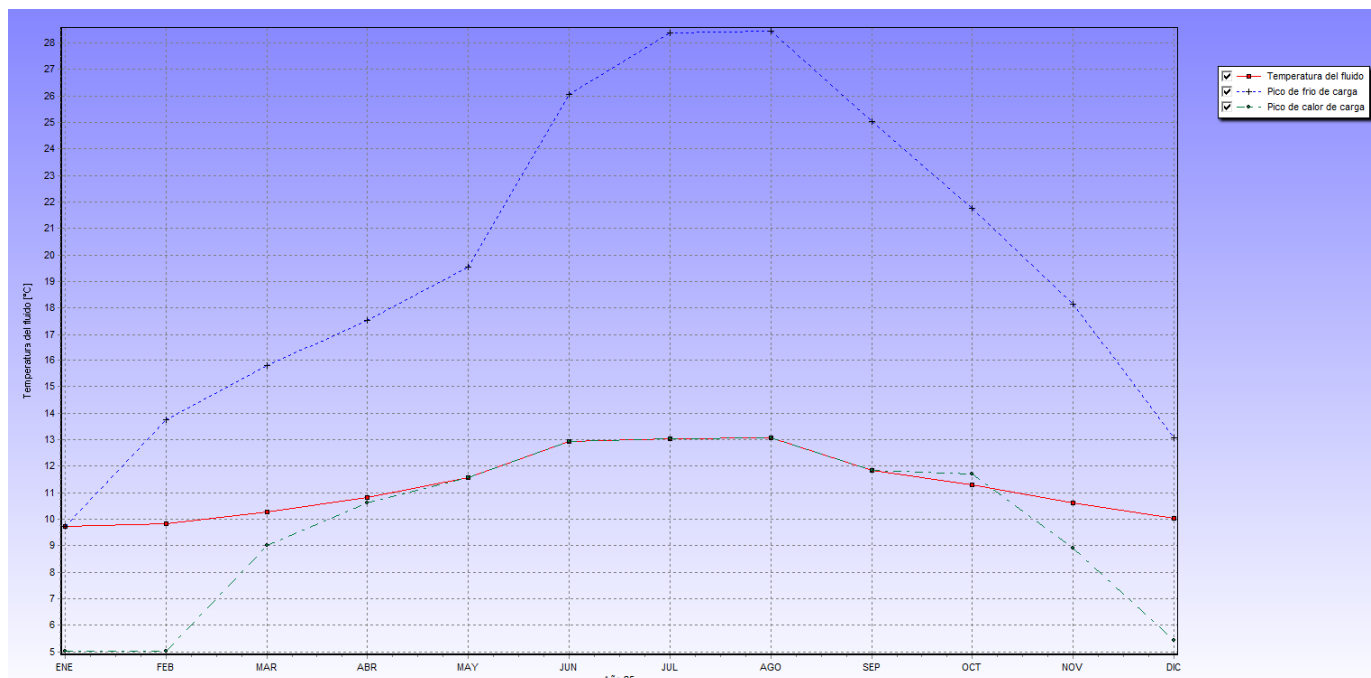
Año	1	2	5	10	25
ENE	8,94	-13,70	-15,04	-15,57	-16,07
FEB	8,94	10,92	9,68	9,15	8,66
MAR	8,94	23,27	22,10	21,58	21,10
ABR	8,94	34,06	32,96	32,45	31,97
MAY	8,94	46,30	45,25	44,76	44,28
JUN	8,94	86,30	85,31	84,82	84,34
JUL	8,94	100,54	99,59	99,11	98,63
AGO	8,94	100,80	99,90	99,42	98,95
SEP	80,88	79,63	78,76	78,29	77,83
OCT	60,51	59,44	58,61	58,15	57,69
NOV	38,23	37,29	36,50	36,05	35,59
DIC	6,86	6,02	5,25	4,81	4,35

CARGA PICO DE FRIO: AÑO 25

Temperatura de fluido mínima media      -16,07 °C al final de ENE  
 Temperatura de fluido máxima media      98,95 °C al final de AGO



El software también presenta gráficas sobre la evolución mensual de la temperatura a lo largo del último año de simulación, así como la evolución de las temperaturas máximas y mínimas para cada año de simulación.



## 11 DESCRIPCIÓN DE LA CALDERA DE APOYO

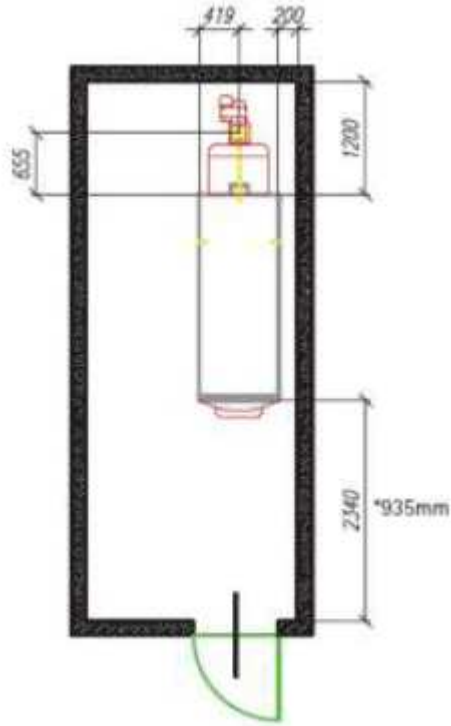
Como ya se ha expuesto anteriormente se precisa una caldera de apoyo para cubrir las puntas de demanda energética y para suplir los momentos de bajo rendimiento de la instalación solar térmica durante los días nublados. Para ellos se decidió por razones económicas una caldera de biomasa que usa como combustible preferiblemente cáscara de almendra molida, aunque permite otros combustibles como pellets o huesos de oliva, etc.

Se ha escogido una caldera CLIBER-HPK-RA-160/4.1 que tiene las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	CLIBER-HPK-RA-160/4.1
Potencia nominal	160 kW
Presión máxima	3 bar
Tª máxima impulsión	95 °C
Tª mínima retorno	55 °C
Nº conductos intercambio	3
Superficie intercambio	13,3 m <sup>2</sup>
Contenido de agua	620 l
Peso caldera	2463 kg
Tª gases	130-200 °C
Suministro eléctrico	400 V – 50Hz
Cajón de cenizas	43 l

Se ha optado por una caldera de 160kW para poder cubrir la potencia de la instalación solar térmica en días de bajo rendimiento de la misma. Además el sobrecoste económico en la caldera por instalar una de mas potencia es proporcionalmente reducido, en torno a un 22,2%.

El rendimiento de esta caldera es de un 92% para la potencia nominal. Además permite una variación de potencia desde el 30%. También exponemos las dimensiones de la misma y el espacio que se debe reservar por seguridad.



Además se debe tener en cuenta que al lado de la caldera se instala un depósito doble de combustible con capacidad total para 1000kg y mediante un sistema automatizado y un tornillo sinfín se va introduciendo en la caldera.

### 11.1 Consumo de combustible estimado

Es necesario estudiar no solo la potencia necesaria de la caldera sino la energía aportada al sistema durante un año y a su vez su equivalente en combustible utilizado, en este caso en kilogramos.

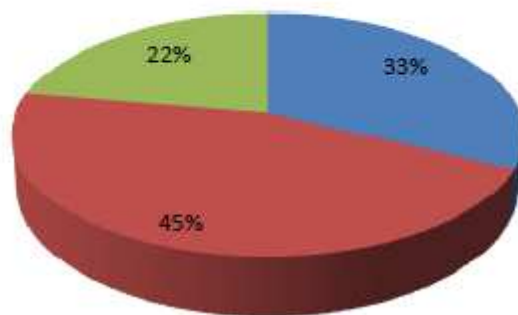
A continuación estimaremos en un % los valores para cada tipo de instalación. Cabe destacar que se toman valores medios y que en los meses en los que no se emplea la caldera de apoyo porque con las otras dos instalaciones se cubre toda la demanda y se toma la aportación solar del 40% y la de geotermia de 60%, ya que esta última es más estable.

	Energía Solar (%)	Energía Geotermia (%)	Energía caldera (%)
	17,85	7,29	74,86
	22,01	10,96	67,03
	29,28	37,04	33,67
	40,00	60,00	0,00
	40,00	60,00	0,00
	40,00	60,00	0,00
	40,00	60,00	0,00
	40,00	60,00	0,00
	40,00	60,00	0,00
	40,00	60,00	0,00
	23,16	34,68	42,16
	16,09	33,31	50,60
<b>ANUAL</b>	<b>32,37</b>	<b>45,27</b>	<b>22,36</b>

Por tanto, en energía producida se reparte de la siguiente manera: →

### Producción Energética (%)

■ solar térmica ■ geotermia ■ caldera



Con los datos anteriores y haciendo referencia al número de KWh correspondientes al 22,36% (de la caldera), podemos conocer el consumo de energía.

Mes	Energía caldera (kWh)	Energía consumida (kJ)	Consumo (kg)	Energía caldera (kWh)	Energía caldera (%)
Enero	23.240	25.261	4.528	23.240	74,86
Febrero	17.968	19.530	3.501	17.968	67,03
Marzo	8.826	9.593	1.720	8.826	33,67
Abril	0	0	0	0	0,00
Mayo	0	0	0	0	0,00
Junio	0	0	0	0	0,00
Julio	0	0	0	0	0,00
Agosto	0	0	0	0	0,00
Septiembre	0	0	0	0	0,00
Octubre	0	0	0	0	0,00
Noviembre	10.512	11.426	2.048	10.512	42,16
Diciembre	14.127	15.355	2.752	14.127	50,60
<b>ANUAL</b>	<b>74.671</b>	<b>81.165</b>	<b>14.549</b>	<b>74.671</b>	<b>22,36</b>

Por tanto el consumo de cáscara de almendra molida al año es de 14.549,10 kg.

**Presenta el inconveniente de haber de recargar el depósito 15 veces al año.**

## 11.2 Silo para la cascara de almendra

Hemos elegido un silo marca “Supersilo”. Es una de las principales empresas Europeas de fabricación de silos textiles para la biomasa y la industria en general. Su sensibilización con el medio ambiente en el sector de las energías renovables y su dilatada experiencia en el mercado de la biomasa, hacen de Supersilo una empresa experimentada, seria y responsable con sus servicios. Disponiendo de la tecnología más innovadora para el desarrollo de sus procesos productivos les permite hacer frente a la demanda de sus clientes de manera rápida y eficaz.

El modelo que hemos escogido ha sido el “ECO 120” ya que se adapta a nuestra capacidad de llenado.



### Ecosilo

El modelo EcoSilo es el nº 1 en ventas del mercado. Su estructura de madera le confiere un aspecto robusto y moderno y siempre conservando la ideología ecológica de la madera. Se incluye sistema de llenado neumático, garantía de 2 años y manual de montaje con cada silo.



**TIEMPO DE MONTAJE 60 MINUTOS.**

## CARACTERISTICAS

Silo para pelet de fácil montaje en madera con uniones de acero galvanizado. Alta resistencia. Capacidad aproximada 1 Tm

El modelo EcoSilo es el silo más económico del mercado.

Está fabricado con un tejido técnico de alta resistencia que permite la descarga de electricidad estática directamente a la toma tierra del edificio o la caldera; así mismo la tela permite la aireación del material pero no la salida de polvo, de tal manera que no son necesarios dos racores storz en sus sistemas de llenado. Hecho de tela de alta resistencia con seguridad para las costuras y libre de condensaciones causadas por fluctuaciones de temperatura, el EcoSilo es apto para el almacenamiento a granel de cualquier tipo de material.

Con una estructura de madera mediante uniones galvanizadas aportándole un aspecto robusto y moderno y con un tratamiento auto-clave que le confiere una larga vida útil, hacen del Eco Silo el nº 1 en ventas del mercado. Puede ser instalado en el exterior siempre y cuando se proteja de la lluvia y los rayos solares.

Se incluye garantía de 2 años y manual de montaje con cada silo. Tiempo estimado de montaje: 60 minutos

Y además, con SUPERSILO podrá encargar sus propios silos a medida con la posibilidad de acoplarle los sistemas de extracción de sinfín rígido, sinfín flexible, aspiración o sinfín + aspiración.

**ECOsilos ECO 120 → Precio: 1.355,00 €**

Para más información consulte la página web:

[www.catalogosolar.com/product.php?productid=1843&cat=179&page=1](http://www.catalogosolar.com/product.php?productid=1843&cat=179&page=1)



## SISTEMAS DE CARGA



### CARGA MANUAL

SuperSilo ofrece dentro de sus accesorios la posibilidad de una apertura manual en la parte del silo que usted desee para la carga de sacos de pellets.



### CARGA NEUMÁTICA

La entrada del producto se realiza mediante la boca de llenado.

## SISTEMAS DE EXTRACCIÓN

### Conexión para sistema de sinfin rígido



### Conexión para sistema de sinfin flexible



### Conexión varios silos



### Conexión para sistema de aspiración



## SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE CALDERAS DE LLENADO MANUAL

Supersilo le ofrece la posibilidad de convertir en automáticas las calderas manuales a través de un sencillo kit eléctrico con una sonda que enciende o apaga el motor del sinfin que está conectado al silo.

También disponemos del sistema neumático por aspiración, el cual le permite transportar el pellet desde el silo a la tolva de la caldera automáticamente.

¡Olvídense de llenar su caldera manualmente con sacos!





## 12 DESCRIPCION DE LA BOMBA DE CALOR

Nuestra bomba de calor es de tipo universal de baja temperatura DIMPLEX SI 130TE con una potencia de 63,3/125,8kW.

La potencia total de nuestra instalación requiere alrededor de 600kW. Para ello utilizaremos 3 bombas de calor que abarquen un total de 350/375kW; dejando la potencia restante para nuestra instalación de energía solar, junto con la caldera de biomasa de cáscara de almendra molida (vistas previamente).

<a href="#">Bomba de Calor Tierra/ Agua - Universal - Baja Temperatura SI 130TE</a>	<b>43958,36 €</b>
---	-------------------

### *Descripción más detallada de la bomba de calor*

Bomba de calor Tierra/Agua Interior. Suministro eléctrico trifásico. Controlador digital WPM 2007 plus integrado con panel de control que puede ser usado como mando remoto por cable mediante un accesorio para instalación en muros. Aislamiento vibratorio del compresor para optimización acústica. Carcasa metálica insonorizada. Aislamiento acústico por bornes sólidos y base deslizante para el compresor. Sistema economizador para alto COPs. Diseño universal de doble compresor para flexibilidad de capacidad. Óptima preparación de ACS y variadas posibilidades de configuración. Apta para ser levantada desde abajo con grúas elevadoras. Arrancador progresivo de serie. Protección eléctrica del motor y contactor de carga de bomba circuladora de salmuera. Sensor exterior y filtro de salmuera incluidos.

\*A continuación la ficha del fabricante:

## Brine-to-water heat pump with two performance levels

**Order reference: SI 130TE**

Installation location: Indoors  
 Flow temperature max 60 °C  
 Casing, powder-coated

Heat pump for heating purposes for indoor installation with WPM 2007 plus integrated control and control panel that can also be used as a wired remote control using a wall-mounting kit (special accessory). Variable connection options for brine and heating system connections on the rear wall of the casing; sound-optimised through insulated metal casing, solid-borne sound insulation for direct connection to the heating system and free-swinging compressor base plate (accessible from underneath with a lift truck); high COPs through economiser and compliance with the high requirements of EN 14511 for larger volume flows on the heat consumption side. Universal design with two compressors for flexible capacity, optional DHW preparation and the possibility of flexible expansion for:

- Bivalent and bivalent-renewable operating mode
- Distribution systems with unmixed and mixed heating circuits.

Integrated soft starter, protective motor switch and load contactor for brine circulating pump; external sensor (standard NTC-2), dirt filter for brine circuit included in the scope of supply; brine package must be ordered separately.

The heat pump complies with the valid standards and safety regulations as well as the Technical Specifications for Electrical Installations (TAB) of the electrical utility companies.



**Technical data SI 130TE**

**Dimplex Brine-to-water heat pump with two performance levels (Low temperature)**

Order reference	SI 130TE	
Set-up / Colour	Indoors / White (similar to RAL 9003)	
Maximum flow temperature	60 °C	
Temperature operating limits for brine	-5 °C to 25 °C	
Heat output / COP at B0/W50*	kW/-	1 compressors: 51,00 / 2,40 2 compressors: 117,00 / 2,90
Heat output / COP at B0/W35*	kW/-	1 compressors: 63,30 / 4,20 2 compressors: 125,80 / 4,30
Electrical nominal power consumption at B0/W35	kW	29,24
Sound pressure level at a distance of 1 m (air outlet side)	db(A)	56
Refrigerant R404A	kg	27,00
Flow rate (heat source) at ext. pressure differential	m³/h / Pa	34.0 / 26200
Heating water flow rate with an int. pressure differential of	m³/h / Pa	11.50 / 2200
Dimensions (W x D x H)**	mm	1350 x 775 x 1890
Weight (incl. packing)	kg	860
Control voltage	V	230
Supply voltage		3/PE~400V, 50 Hz
Starting current with soft starter	A	115
Fuse	A	80
Device connections for heating		2 1/2"
Device connections for heat source		3"

\* The specified values have the following meaning, e.g. B0/W35: heat source temperature 0 °C, heat outlet temperature 35 °C.

\*\* Please note that additional space is required for pipe connections, operation and maintenance.

### 13 ESTUDIO ECONÓMICO

En este apartado se realizará una evaluación económica para conocer el “mix” de cada tipo de instalación para conseguir que se aproxime más al óptimo económico.

Debe tenerse en cuenta que para producir poca energía la instalación resulta más cara, a partir de aquí el coste unitario va descendiendo hasta llegar al óptimo, a partir de ahí el coste aumenta, esto es así porque para cubrir las puntas de energía (que se da pocas veces al año) sería necesario sobredimensionar mucho la instalación para producir pocos kWh al año.

#### 13.1 Evaluación de la instalación solar térmica

Con los datos de irradiación global, las horas de sol al año y la diferencia de temperaturas del fluido antes y después de pasar por el captador se han obtenido la potencia específica y la energía por unidad de superficie. Así pues, conocidas las potencias a cubrir se han calculado la superficie necesaria y el número de captadores para cada posible potencia, en intervalos del 5%.

Así mismo se ha tomado un valor medio de rendimiento y de coste para calcular el coste para cada caso. Después se le ha añadido el coste de instalación y se le ha aplicado el factor de utilización (nº de horas utilizada) hasta obtener los valores del ratio €/kWh anuales, como se detalla a continuación.

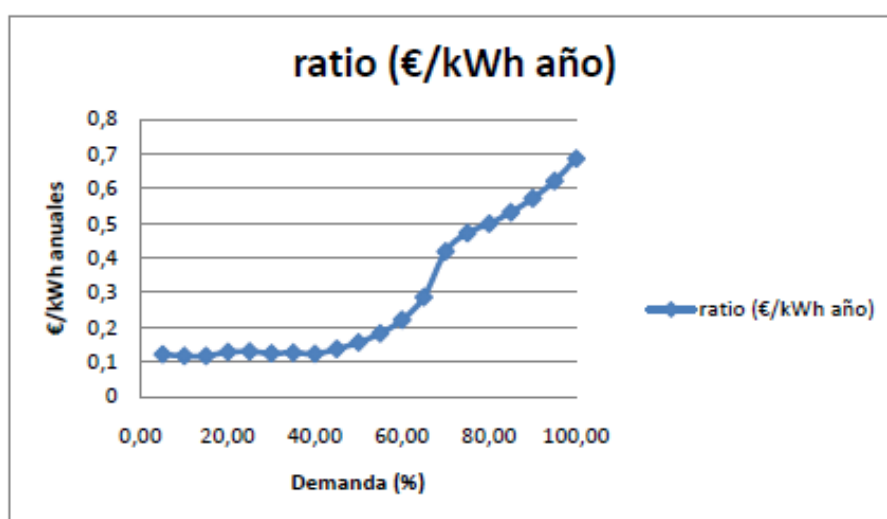


Figura 21: ratio €/kWh anuales para la instalación solar térmica.

Por ello, se decide cubrir el 40% de la demanda (137,45kW) con este tipo de instalación.

### 13.2 Evaluación de la instalación geotérmica

Para este tipo de instalación se ha realizado de forma similar al anterior, si bien es cierto que el procedimiento de dimensionado es diferente. Hay que tener en cuenta que el coste de la instalación incluye además de los colectores, hacer las perforaciones y la compra de la bomba de calor. Tras realizarlo se han obtenido estos resultados:

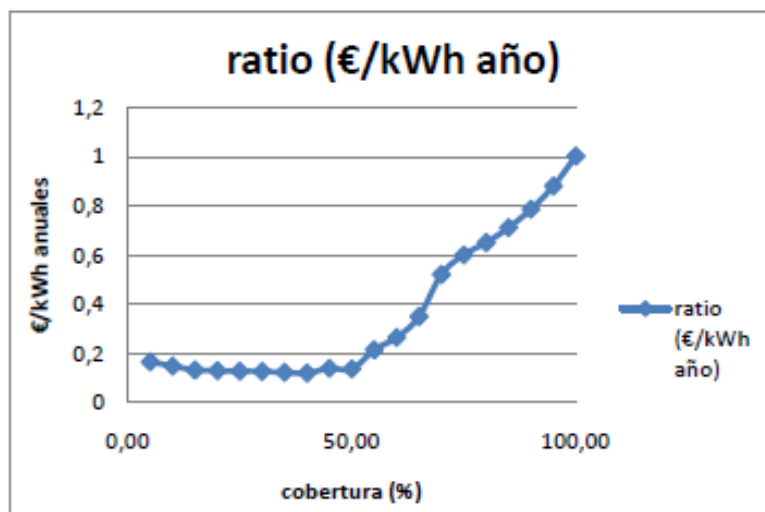


Figura 22: ratio €/kWh anuales para la instalación geotérmica.

Para verlo más claramente, ampliaremos la zona de menor ratio:

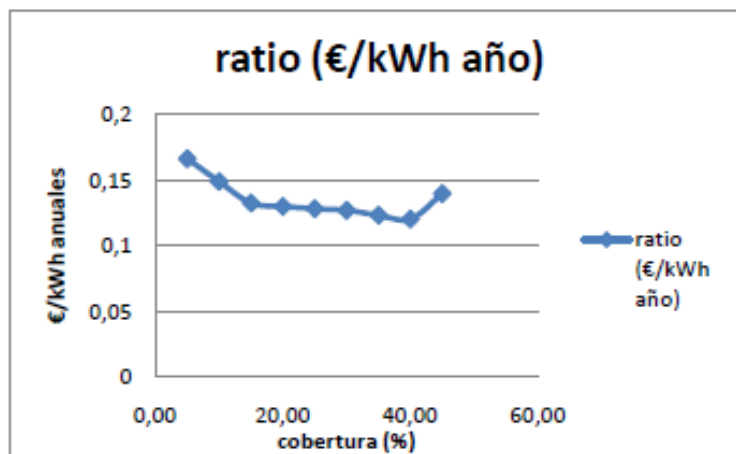


Figura 23: Ampliación del ratio €/kWh anuales para la instalación geotérmica.

Por ello, se decide cubrir también el 40% de la demanda con este tipo de instalación.

### 13.3 Evaluación del sistema se apoyo

En este caso, el resto de demanda se deberá cubrir con el sistema de apoyo de caldera. Ese 20%, se deberá sobredimensionar para cubrir bajos rendimientos del sistema solar térmico, en días nublados.

Para diferenciar entre qué tipo de caldera se instalará se siguió el método de calcular el mínimo coste del conjunto caldera y del combustible para cubrir la potencia deseada, los resultados se exponen en la siguiente tabla.

PARÁMETRO	ELECTRICIDAD	GAS NATURAL	PELLETS	HUESOS	CÁSCARAS	CDR
Densidad energética (kcal/kg)	-	9.560	4.500	4.600	4.760	4.800
Coste combustible (€/kg)	-	-	0,15	0,14	0,14	0,17
Coste energía (€/kWh)	0,10	0,06	0,036	0,033	0,032	0,038
Energía (kWh)	73.122	73.122	73.122	73.122	73.122	73.122
€ gastados año1	7.312	4.534	2.621	2.393	2.313	2.785
Coste caldera (€)	3.500	3.000	12.000	10.000	10.000	10.000
€ gastados 20 años	182.806	113.340	65.536	59.837	57.826	69.632
COSTE total (k€)	186,31	116,34	77,54	69,84	67,83	79,63

Tabla 24: comparativa de costes actualizados para cada tipo de caldera..

Para verlo mejor se expone el siguiente gráfico:

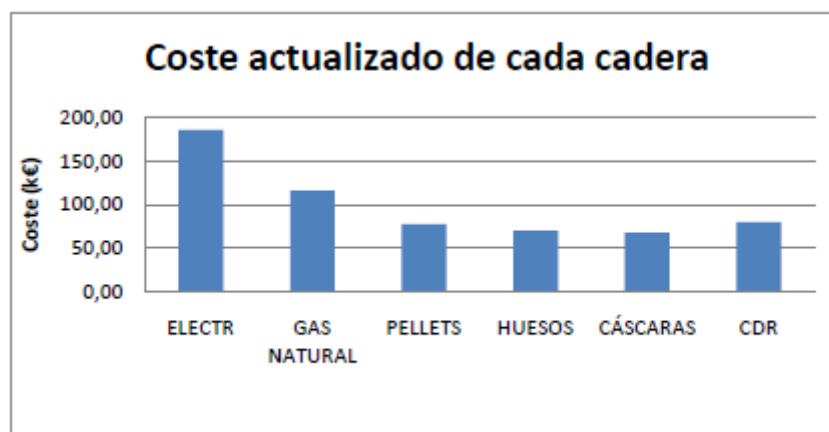


Figura 25: Ampliación del ratio €/kWh anuales para la instalación geotérmica.

Es por ello, que el tipo de caldera escogida es el de cáscara de almendra.

## 14 ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN

A continuación se representa un esquema de la instalación.

*Figura 26: Esquema de la instalación.*

## 15 EVALUACIÓN ECONÓMICA

En el apartado de evaluación económica se ha realizado una evaluación genérica para decidir qué tanto por ciento de demanda se cubrirá. Ahora ya se conoce con detalle las diferentes instalaciones y por ello ya se puede calcular tanto el presupuesto como la rentabilidad, amortización y comparar esos costes con otras tecnologías.

### 15.1 Viabilidad económica

El análisis económico del proyecto toma valores actuales y prevé la evolución futura de los mismos, esto nos permite obtener una visión sobre la viabilidad del proyecto. Para ello se calculará el VAN, TIR y a la Recuperación de la Inversión. Tomaremos los siguientes datos de partida:

- ✓ Periodo de vida de la instalación: 20 años.
- ✓ Precio actual del kWh eléctrico: 0,11248 €/kWh
- ✓ Precio actual del gas natural: 4,26871 c€/kWh

Los parámetros se definen de la siguiente manera:

- ✓ VAN (Valor actual neto):

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - I_F$$

VAN: Valor actual neto, mide la rentabilidad absoluta.

FC: Flujo de caja del año j.

IF: Inversión inicial.

- ✓ TIR (Tasa interna de rentabilidad):

$$\sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+TIR)^j} - I_F = 0$$

TIR: mide la rentabilidad respecto a inversión.

✓ PR (Periodo de retorno):

$$\sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - I_F = 0$$

PR: describe el número de años que tarda hasta la suma de flujo de cajas actualizadas que iguale el capital inmovilizado.

A continuación se exponen los parámetros de cálculo:

PARÁMETRO	Pesimista	Realista	Optimista
Coste de explotación (z)	0,04	0,04	0,04
Tasa de descuento real (r)	0,09	0,075	0,04
Tipo interés (k)	0,06	0,045	0,03
Tasa inflación (g)	0,03	0,03	0,03

Tras realizar los cálculos pertinentes se han obtenido estos resultados, para los tres escenarios diferentes, pesimista, optimista y realista:



ESCENARIO	PESIMISTA		OPTIMISTA		REALISTA	
	tasa (€)	VAN (€)	tasa (€)	VAN (€)	tasa (€)	VAN (€)
0	-103.790	-103.790	-103.790	-103.790	-103.790	-103.790
1	10.973	-92.817	11.566	-92.224	11.405	-92.386
2	10.470	-82.347	11.348	-80.877	11.033	-81.352
3	9.990	-72.357	11.134	-69.743	10.674	-70.678
4	9.532	-62.826	10.924	-58.819	10.327	-60.352
5	9.094	-53.731	10.718	-48.102	9.990	-50.361
6	8.677	-45.054	10.515	-37.586	9.665	-40.696
7	8.279	-36.775	10.317	-27.269	9.350	-31.346
8	7.899	-28.876	10.122	-17.147	9.046	-22.300
9	7.537	-21.339	9.931	-7.216	8.751	-13.548
10	7.191	-14.148	9.744	2.528	8.467	-5.082
11	6.861	-7.286	9.560	12.088	8.191	3.109
12	6.547	-740	9.380	21.468	7.924	11.033
13	6.246	5.506	9.203	30.670	7.666	18.700
14	5.960	11.466	9.029	39.699	7.417	26.116
15	5.686	17.153	8.859	48.558	7.175	33.291
16	5.426	22.578	8.692	57.250	6.942	40.233
17	5.177	27.755	8.528	65.777	6.716	46.948
18	4.939	32.694	8.367	74.144	6.497	53.445
19	4.713	37.407	8.209	82.353	6.285	59.731
20	4.496	41.903	8.054	90.407	6.081	65.811

Por tanto, los valores del VAN, TIR y del PR son:

ESCENARIO	VAN (€)	TIR (%)	PR (años)
PESIMISTA	41.903	7	12,1
OPTIMISTA	90.406	11	9,3
REALISTA	65.811	9	10,4

También resulta interesante conocer otros parámetros:

- ✓ Coste unitario de producción

$$c = \frac{I - V_R(1+r)^{-n} + \sum_{j=1}^n (OM_j + F_j)(1+r)^{-j}}{\sum_{j=1}^n E_j}$$

c: coste unitario de producción (€/kWh) en unidades monetarias constantes.

VR: valor residual de la instalación al fin de su vida útil (umc del año n), en este caso se tomará como 0.

OM<sub>j</sub>: costes de operación y mantenimiento en el año j (umc del año j):

$$OM_j = OM_0(1 + z)^j$$

Fj: costes financieros correspondientes al año j (unidades monetarias nominales año j):

Ej : energía producida en el año j (kWh)

- ✓ Costes de explotación totales:

$$OMT = OM_0 \cdot \left( \frac{1+z}{r-z} \right) \cdot \left[ 1 - \left( \frac{1+z}{1+r} \right)^n \right]$$

- ✓ Costes financieros totales:

$$FT = i \cdot I \cdot \frac{1}{r} \cdot \left[ 1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right]$$

Tras hacer los cálculos, el coste unitario es de:

ESCENARIO	OMT (€)	FT (€)	C (€/kWh)
PESIMISTA	79248	71428	0,0837
OPTIMISTA	60941	56847	0,0729
REALISTA	69212	63485	0,0778

## 15.2 Estudio comparativo

A continuación se comparará las inversiones y las tasas de ahorro de diferentes posibles configuraciones. Como tan solo es un estudio comparativo, solo se realizarán los cálculos para el escenario realista.

ESCENARIO	VAN (€)	TIR (%)	PR (años)
30% SOLAR Y ELECTRICIDAD	9.579	1,4	18,6
30% SOLAR Y GAS NATURAL	54.054	6,8	12,7
PROYECTADA	65.811	9	10,4

Por tanto se observa que pese a tener una inversión inicial superior, se ha demostrado que el ahorro de gas natural o de electricidad durante los 20 años de vida útil de la instalación compensa esos costes iniciales.

## 16 IMPACTO AMBIENTAL

En la evaluación medio ambiental se evaluarán tanto el aprovechamiento de las instalaciones solares y geotérmicas como el ahorro en combustible como en emisiones de la caldera seleccionada comparándola con otros combustibles.

En primer lugar evaluaremos los efectos de las perforaciones, ya sean pozos someros para medir el gradiente geotérmico en la fase de estudio, o bien, pozos de producción. Se debe tener en cuenta que hay una tierra que se deberá depositar en lugares adecuados. Además de las molestias como polvo y ruido durante las obras. Si bien es cierto que una vez acaban las obras tanto el ruido como el polvo desaparece.

Por otro lado, tanto la instalación solar como la geotermia tienen efectos beneficiosos en términos de reducción de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> cuando se comparan con otras posibilidades de calefacción y de refrigeración mediante gas natural y electricidad. Esta última aunque no produce gases en su operación si los produce en generación, como residuos nucleares, o los gases producidos por centrales de ciclo combinado o de carbón.

### 16.1 Emisiones de CO<sub>2</sub>

Es interesante comprobar el ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> para el caso que nos ocupa, este ahorro no es solo un ahorro de emisiones si no también es un ahorro económico en el momento en que se pone un precio al derecho de emisión. Ya que desde el año 2005 se ha establecido un mercado financiero donde se compran y venden derechos de emisión.

Estos derechos representan la posibilidad de emitir una tonelada de CO<sub>2</sub> a la atmosfera. Su precio oscila alrededor de los 16,77 €/tn (dato del 2011). Por lo tanto es muy importante en todo tipo de instalaciones energéticas modernas calcular las nuevas emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que todo ahorro de tipo medioambiental supone un ahorro económico importantísimo.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> de la caldera y el ahorro de las instalaciones geotérmicas y solares son:

### 16.1.1 Caldera:

En la instalación se consumirán 14,55 tn de cáscaras de almendra. En su combustión por tanto se consumirán:

$$14.549,10 \text{ kg cas} \cdot \frac{72 \text{ kg}_c}{162 \text{ kg cas}} = 6.466,28 \text{ kg}_c$$

$$6.466,28 \text{ kg}_c \cdot \frac{1 \text{ mol}_c}{72 \text{ kg}_c} \cdot \frac{1 \text{ mol}_{CO_2}}{1 \text{ mol}_c} \cdot \frac{44 \text{ kg}_{CO_2}}{1 \text{ mol}_{CO_2}} = 3.951,6 \text{ kg}_{CO_2}$$

### 16.1.2 Geotermia y solar-térmica

Se debe tener en cuenta las emisiones unitarias de emisiones tanto para electricidad como para el gas natural, que son de 0,68kgCO<sub>2</sub>/kWh y de 0,29kg CO<sub>2</sub>/kWh respectivamente.

Por tanto

	Energía (kWh)	gas natural (kg CO <sub>2</sub> )	electricidad (kg CO <sub>2</sub> )
Geotermia	94.362	27.365	64.166
Solar térmica	70.388	20.412	47.864

Para calcular los derechos de emisión consumidos se emplea la siguiente expresión:

$$t_{CO_2} = DA \text{ (kWh)} \cdot FE \left( \frac{t_{CO_2}}{\text{kWh}} \right)$$

Donde,

t : Toneladas de dióxido de carbono emitidas.

DA : Datos de la actividad. Representa la diferencia del consumo de electricidad de un sistema convencional de un sistema geotérmico y solar.

FE : Factor de emisión. Ratio entre los Kg de CO2 emitidos por cada kWh de electricidad en España.

Por tanto, ya se puede calcular el ahorro de emisiones, teniendo en cuenta un FE de 0,501 y una producción anual entre las instalaciones solar y geotérmica de 164.751,56kWh.

$$t_{CO_2} = 0,501 \frac{kg_{CO_2}}{kWh} \cdot 164.751,56kWh = 82.540,53kg_{CO_2}$$

### 16.1.3 Aprovechamiento geotérmico

El grado de aprovechamiento se define mediante el EAPG:

$$EAPG = \frac{P_G}{\dot{m} \cdot c_e \cdot (t_G - t_a)} \cdot 100 = 75,31\%$$

## 17 CONCLUSIONES

A continuación se exponen las principales conclusiones a las que se ha llegado tras realizar este proyecto:

En primer lugar debemos señalar que para la climatización de la piscina semi-olímpica cubierta situada en Pamplona serán precisos 590 kW repartidos en 276kW para suministrar agua caliente sanitaria, 156kW para calentar el agua de la piscina hasta los 25°C, 171kW para calefacción del aire del recinto y 25kW en refrigeración para mantener el aire a 27°C y 65% de humedad.

Además la demanda energética asciende a unos 589 kW en invierno y 395 kW en verano, siendo la principal demanda la de ACS con un total de 276 kW y 241kW en invierno y en verano respectivamente.

Aparte de las condiciones térmicas del local se ha previsto la instalación de un deshumidificador con recuperación de calor.

Tras caracterizar las diferentes opciones de suministro de los tres tipos de instalaciones, solar térmica, geotérmica y caldera de apoyo; se ha realizado un pequeño estudio económico de cada una en función de la potencia a cubrir por cada una, así pues, se obtuvo el óptimo económico en un mix en potencia de 40% solar, 40% geotermia, 20% caldera de cáscara de almendra.

La instalación contará con un sistema de 100 captadores solares que suministran y cubren un 33% de la energía. Esa agua se envía a los 3 depósitos mediante un intercambiador de calor suministrando agua a 60°C para ACS y tras ser mezclada agua a la piscina a 25°C.

También se han instalado un sistema de captadores geotérmicos dobles que suministran calor o frío a las 3 bombas de calor.

La tercera instalación es una caldera de cáscara de almendra de 160kW, sobredimensionada para cubrir los descubiertos de la instalación solar. Esta cubre al cabo del año el 22% de la energía y tiene un consumo de unas 15tn anuales.

Esta instalación se amortiza dos años antes que una con gas natural y 8 años antes que usando electricidad. Por tanto, podemos afirmar que el presente proyecto es económicamente rentable.

El estudio del impacto ambiental indica unas emisiones de unas 4 tn de CO<sub>2</sub> y un ahorro, al no usar electricidad ni gas natural de, 82,5tn. Con lo que suple las emisiones de la caldera. Además el aprovechamiento geotérmico (EAPG) asciende a un 75%.



## 18 BIBLIOGRAFIA

La bibliografía y las referencias utilizadas y citadas en el presente proyecto se enumeran a continuación:

- [1] Decreto 95/2000, de 22 de febrero, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a las piscinas de uso público.
- [2] Climatización de piscinas cubiertas. Agustín Maillo. CIATESA (compañía industrial de aplicaciones térmicas, S.A.).
- [3] Ahorro de energía en piscinas cubiertas. Eva M<sup>a</sup> Albarracín Moreno. CIATESA.
- [4] Eficiencia y confort en piscinas cubiertas. Agustín Maillo Pérez. CIATESA (compañía industrial de aplicaciones térmicas, S.A.)
- [5] Bombas de calor geotérmicas acopladas con el terreno. R. Rubio y M. Zamora. CIATESA para la revista Montajes e instalaciones. Ed. 82. Enero 2009.
- [6] Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE). 20 de julio de 2007 aprobó el Real Decreto 1027/2007.
- [7] Energía solar térmica. IDAE (Instituto para la diversificación y ahorro de la energía). Ministerio de industria.
- [8] Guía técnica para el ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización. IDAE (Instituto para la diversificación y ahorro de la energía) Ministerio de industria.
- [9] Código técnico para la edificación. RD 1371/2007, de 19 de Octubre (BOE 23/10/2007) y corrección de errores (BOE 25/01/2008).

[10] Integración de las bombas de calor geotérmicas de muy baja entalpía con sistemas de paneles solares. Manuel Herrero (Ferroli España). Revista Obras Urbanas. Abril 2010. Pág. 98-101.

[11] Integración de las bombas de calor geotérmicas de muy baja entalpía en instalaciones de climatización. Manuel Herrero. IDAE.

[12] Climatización geotérmica de un edificio. Carlos Sanz Jimeno. ICAI. Escuela técnica Superior de ingeniería. U. de Comillas.

[13] Guía técnica de diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica. IDAE. Ministerio de Industria.

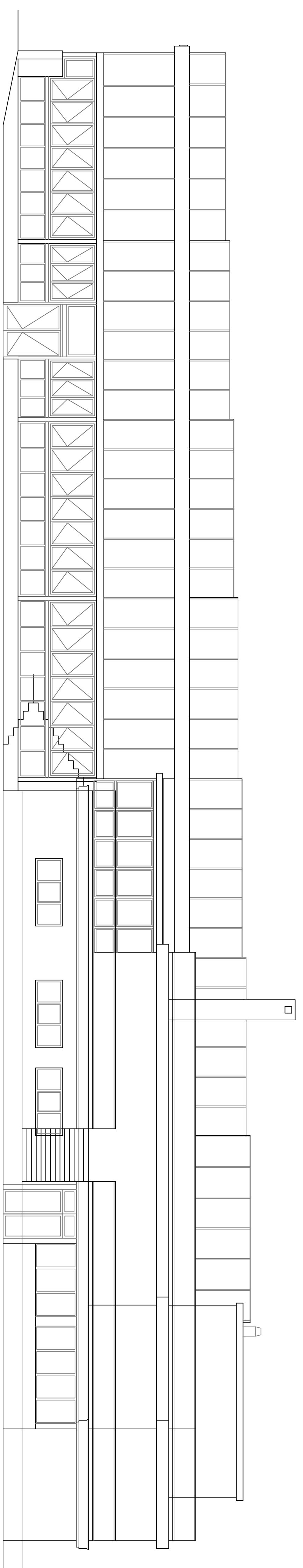
[14] Guía de energía geotérmica para Navarra.

[15] Geothermal Energy. Annual Report 2004. International Energy. Agency (IEA). Agosto 2005.

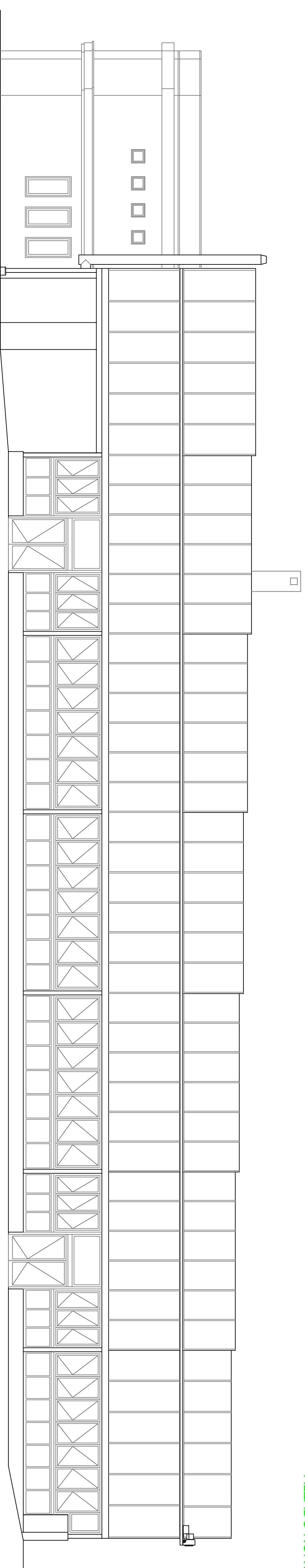
[16] Guía técnica para el mantenimiento de instalaciones térmicas. IDAE. Ministerio de Industria.

### **Páginas web consultadas:**

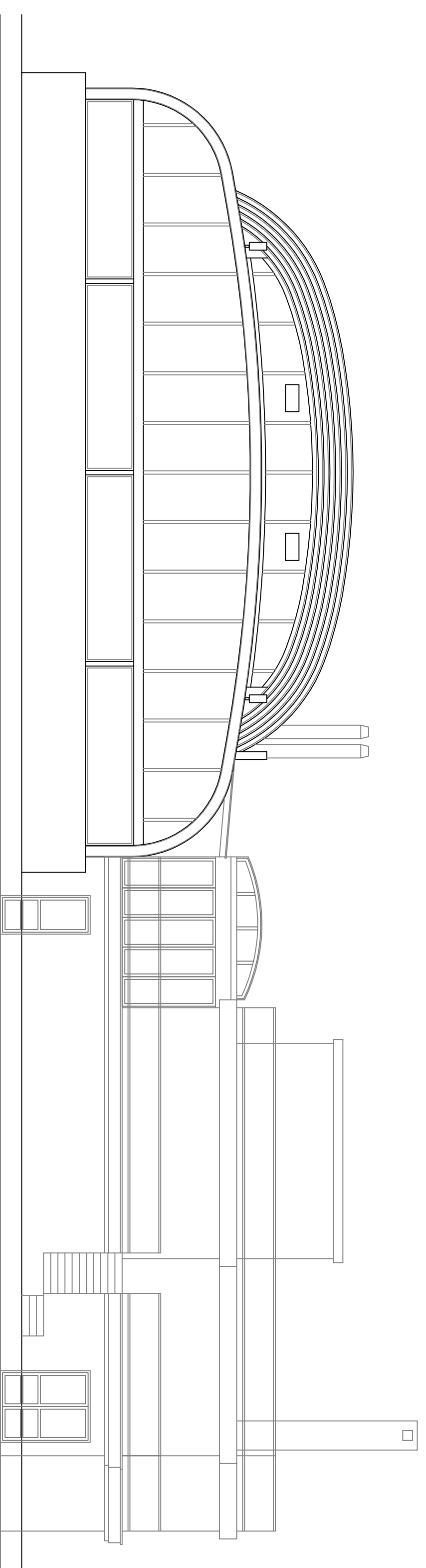
- ✓ Unión española de geotermia (UGE). <http://www.googlenergy.com>
- ✓ CIEMAT: <http://www.energiasrenovables.ciemat.es/>
- ✓ Guías técnicas IDAE:  
<http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/relcategoria.1030/id.430/reلمenu.53>
- ✓ CIETASA: <http://www.ciatesa.es/>
- ✓ Consejo Superior de deportes, instalaciones públicas/ piscinas cubiertas:  
<http://www.csd.gob.es>
- ✓ Solaris: <http://www.solaris.es/>
- ✓ Menerga\_ climatización eficiente: <http://www.agendascomunes.net>



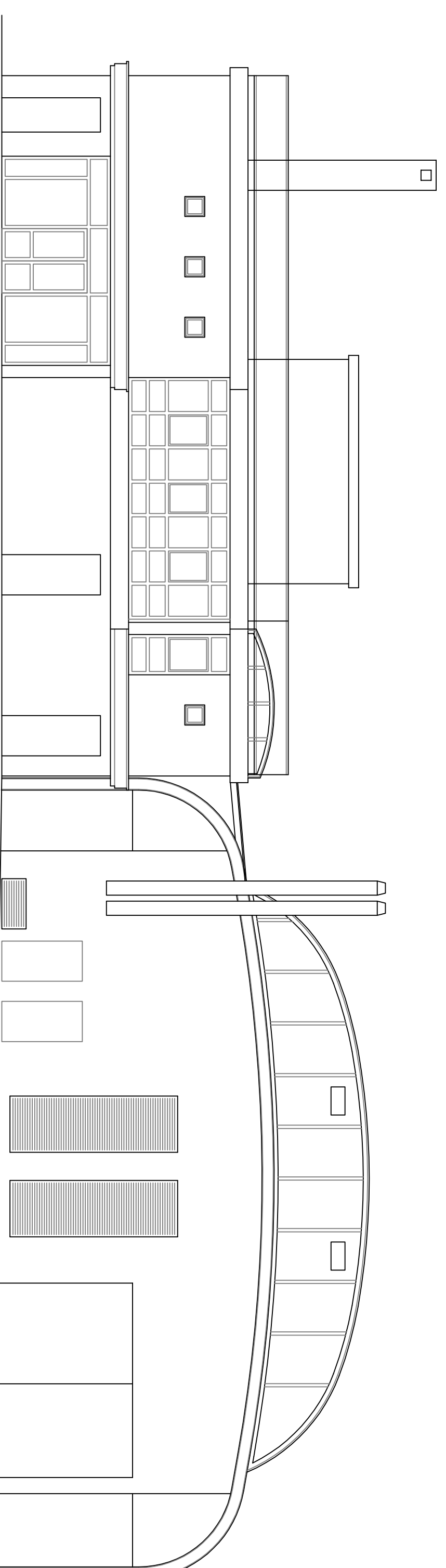
ALZADO NORTE



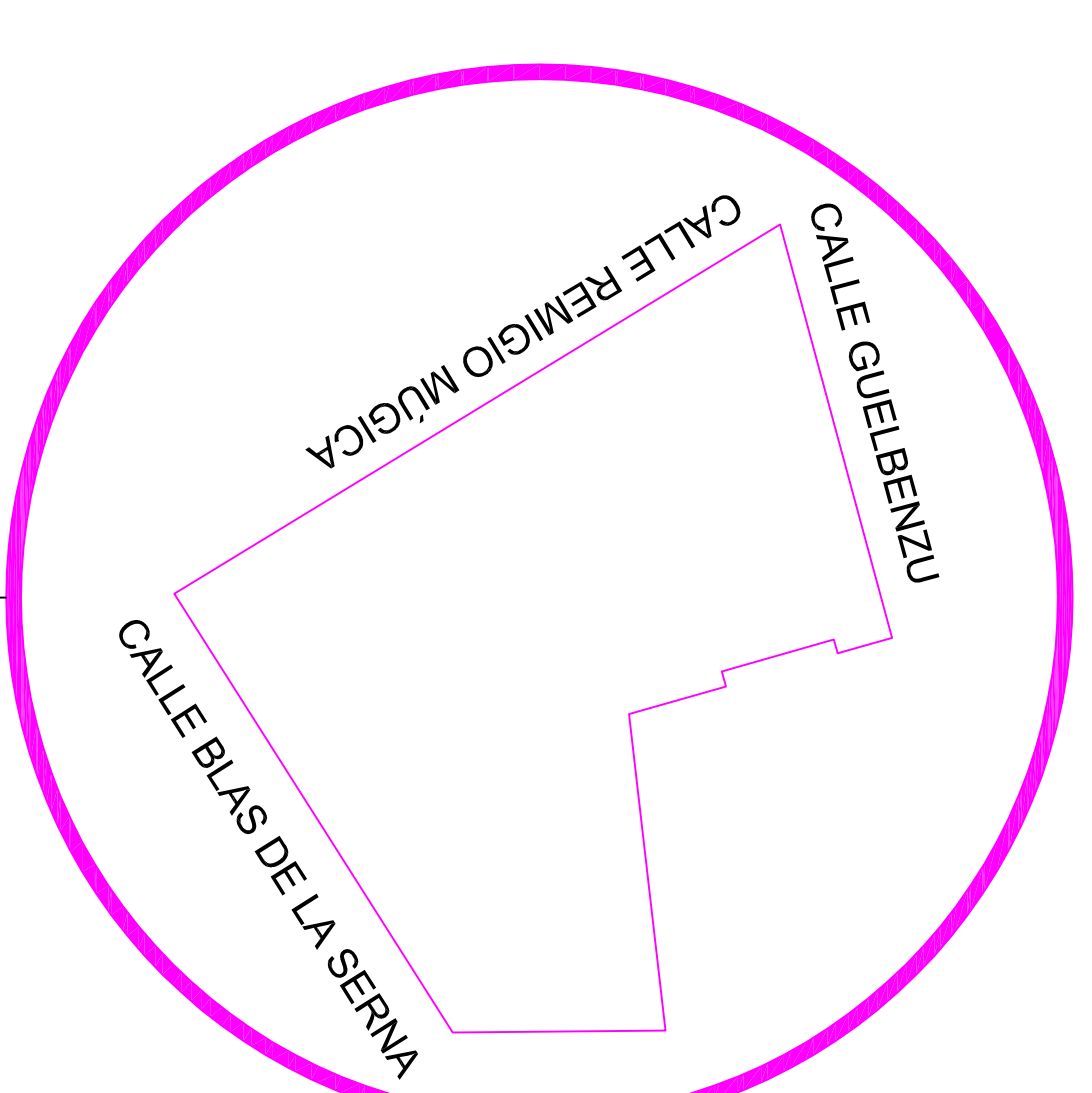
ALZADO SUR



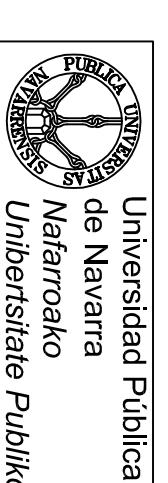
ALZADO ESTE



ALZADO OESTE



PROYECTO



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:  
CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA

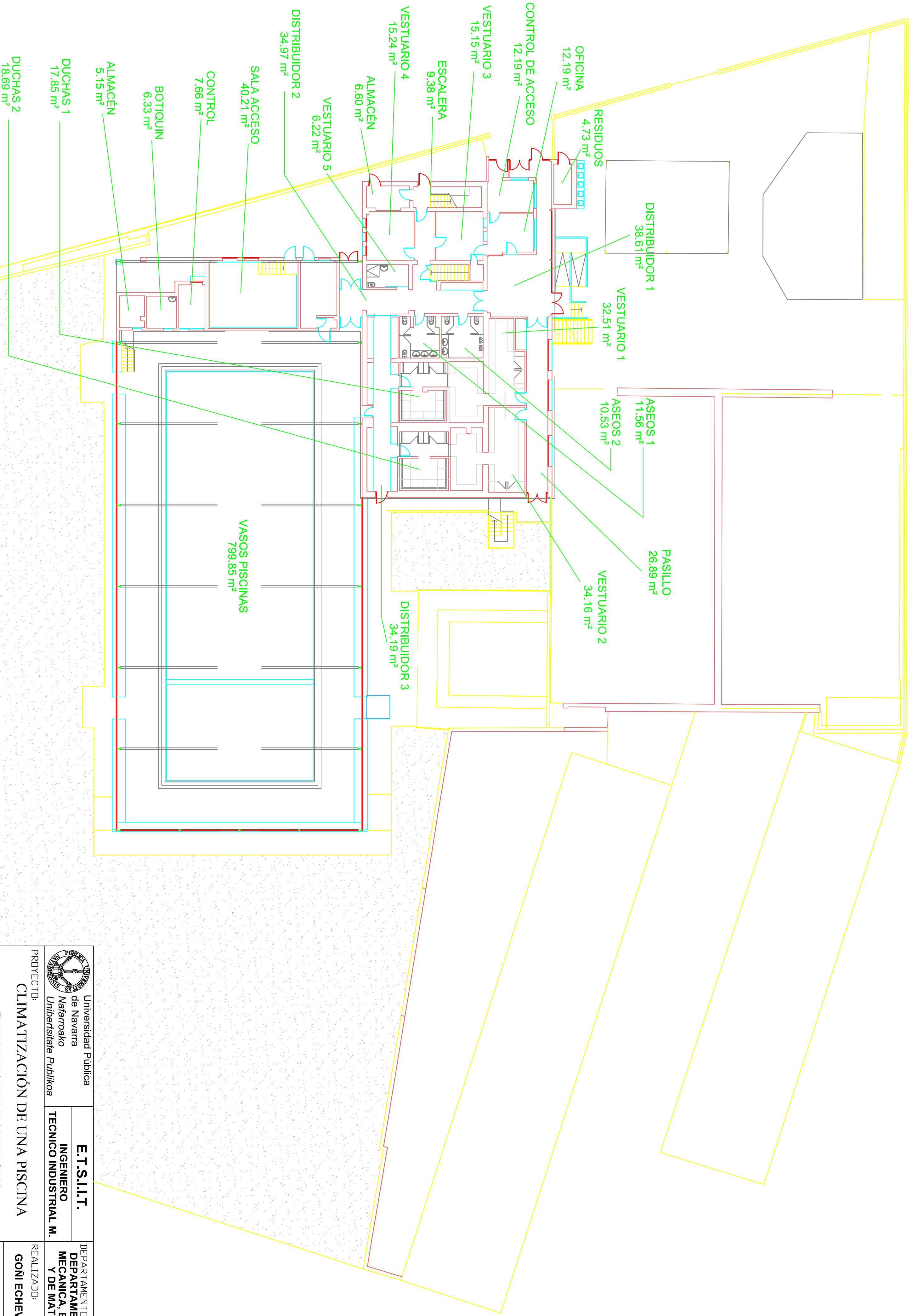
REALIZADO:  
GONI ECHEVERZ, IMAKI

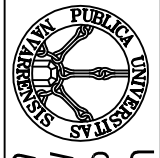
PLANO:  
CUBIERTA EN PAMPLONA

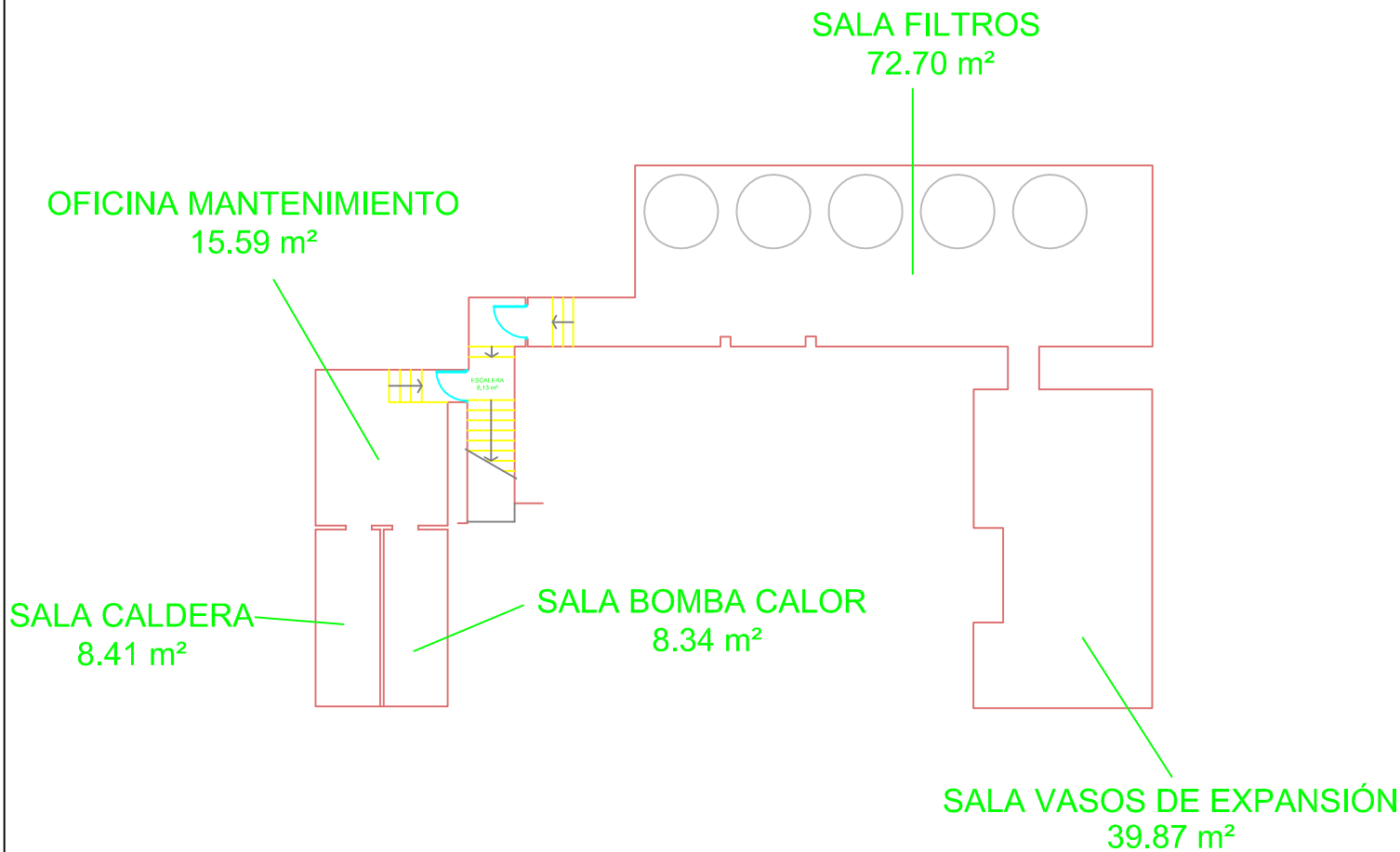
FECHA:  
20/02/13

ESCALA:  
1/100

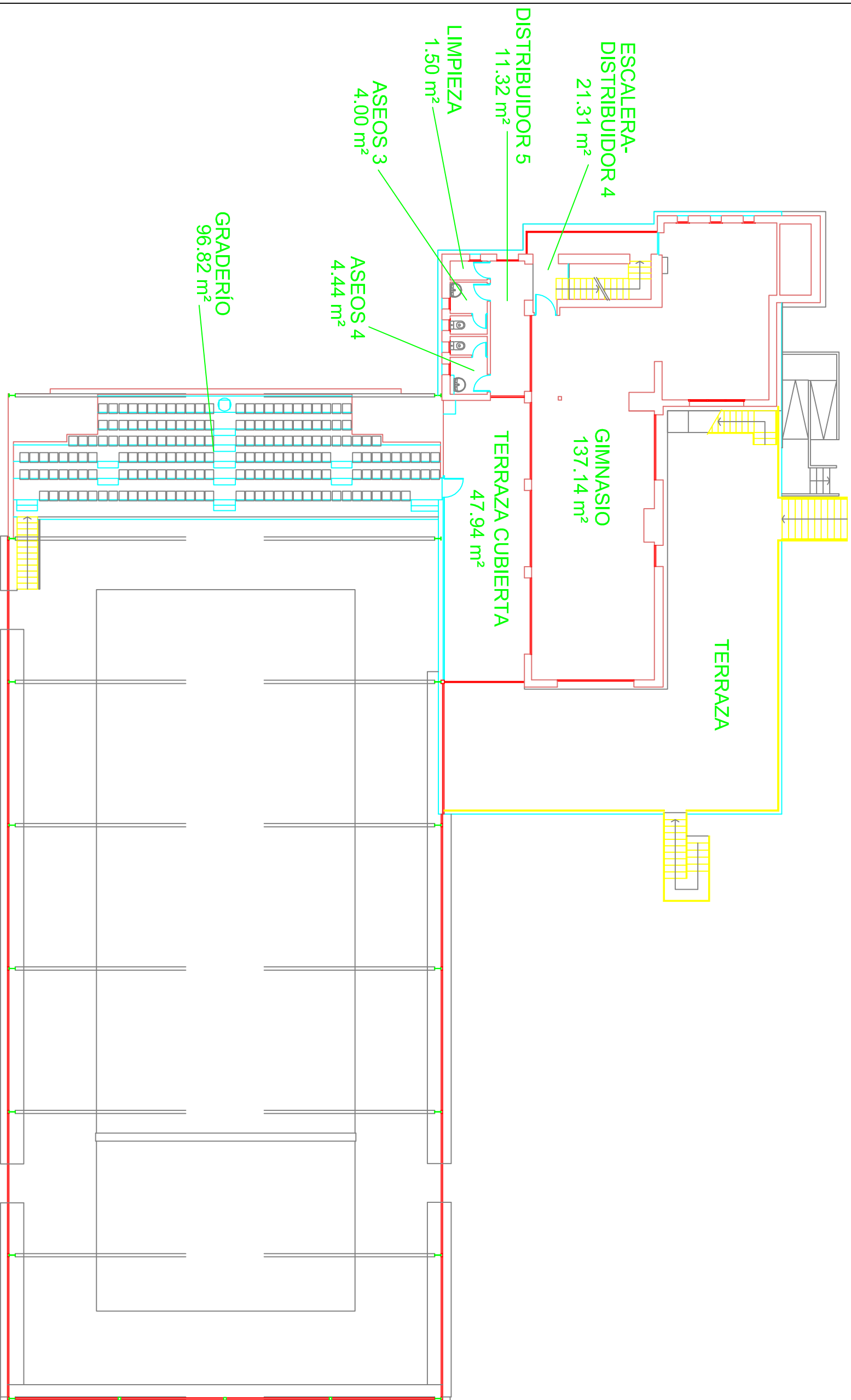
Nº PLANO:  
01




 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTU: <b>MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b>
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	REALIZADU: <b>GONI ECHEVERZ, IÑAKI</b>
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA CUBIERTA EN PAMPLONA</b>	FIRMA:	FECHA: <b>20/02/13</b>
PLANO: <b>SUPERFICIES. PLANTA GENERAL</b>	ESCALA: <b>1/100</b>	Nº PLANO: <b>02</b>



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b>	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	REALIZADO: <b>GOÑI ECHEVERZ, IÑAKI</b>	
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA CUBIERTA EN PAMPLONA</b>		FIRMA:	
 Todos los derechos reservados Eskubide guztiak erresalbatu dira	<b>SUPERFICIES. PLANTA SÓTANO</b>	FECHA: <b>20/02/13</b>	ESCALA: <b>1/100</b>
		Nº PLANO: <b>03</b>	




 Universidad Pública  
 de Navarra  
 Nafarroako  
 Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
 INGENIERO  
 TECNICO INDUSTRIAL M.

PROYECTO:  
**CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA  
 CUBIERTA EN PAMPLONA**

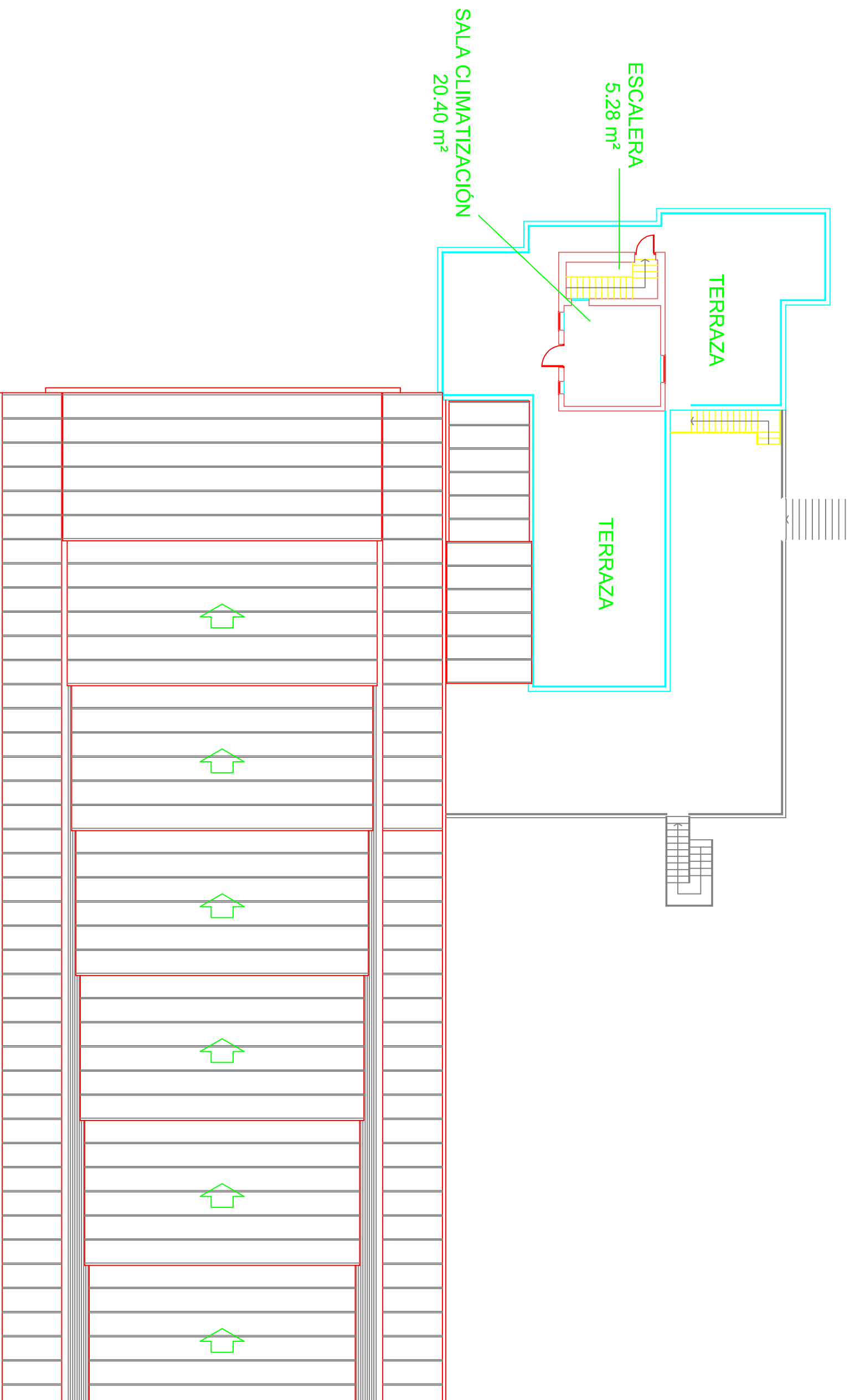
DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.  
 MECANICA, ENERGETICA  
 Y DE MATERIALES**

REALIZADO:  
**GONI ECHEVERRIZ, IÑAKI**

FIRMA:

PLANO:  
**SUPERFICIES. PLANTA PRIMERA**

FECHA: **20/02/13**    ESCALA: **1/100**    Nº PLANO: **04**



  
 Universidad Pública  
 de Navarra  
 Nafarroako  
 Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
 INGENIERO  
 TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.  
 MECANICA, ENERGETICA  
 Y DE MATERIALES**

PROYECTO:  
**CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA  
 CUBIERTA EN PAMPLONA**

REALIZADO:  
**GONI ECHEVERZ, IÑAKI**

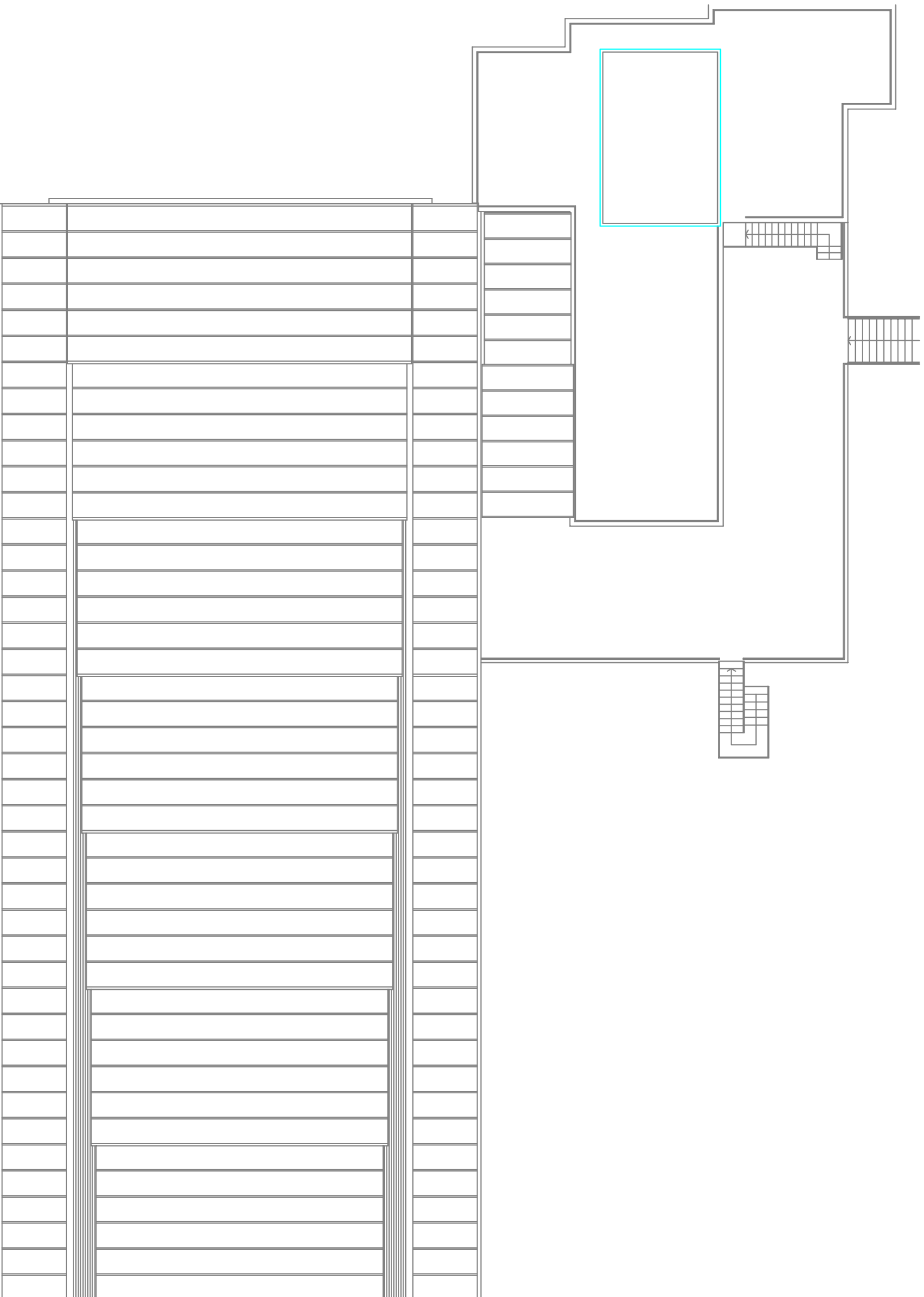
PLANO:  
**SUPERFICIES. PLANTA SEGUNDA**

FIRMA:


FECHA:  
**20/02/13**

ESCALA:  
**1/100**





# PLANTA DE CUBIERTAS

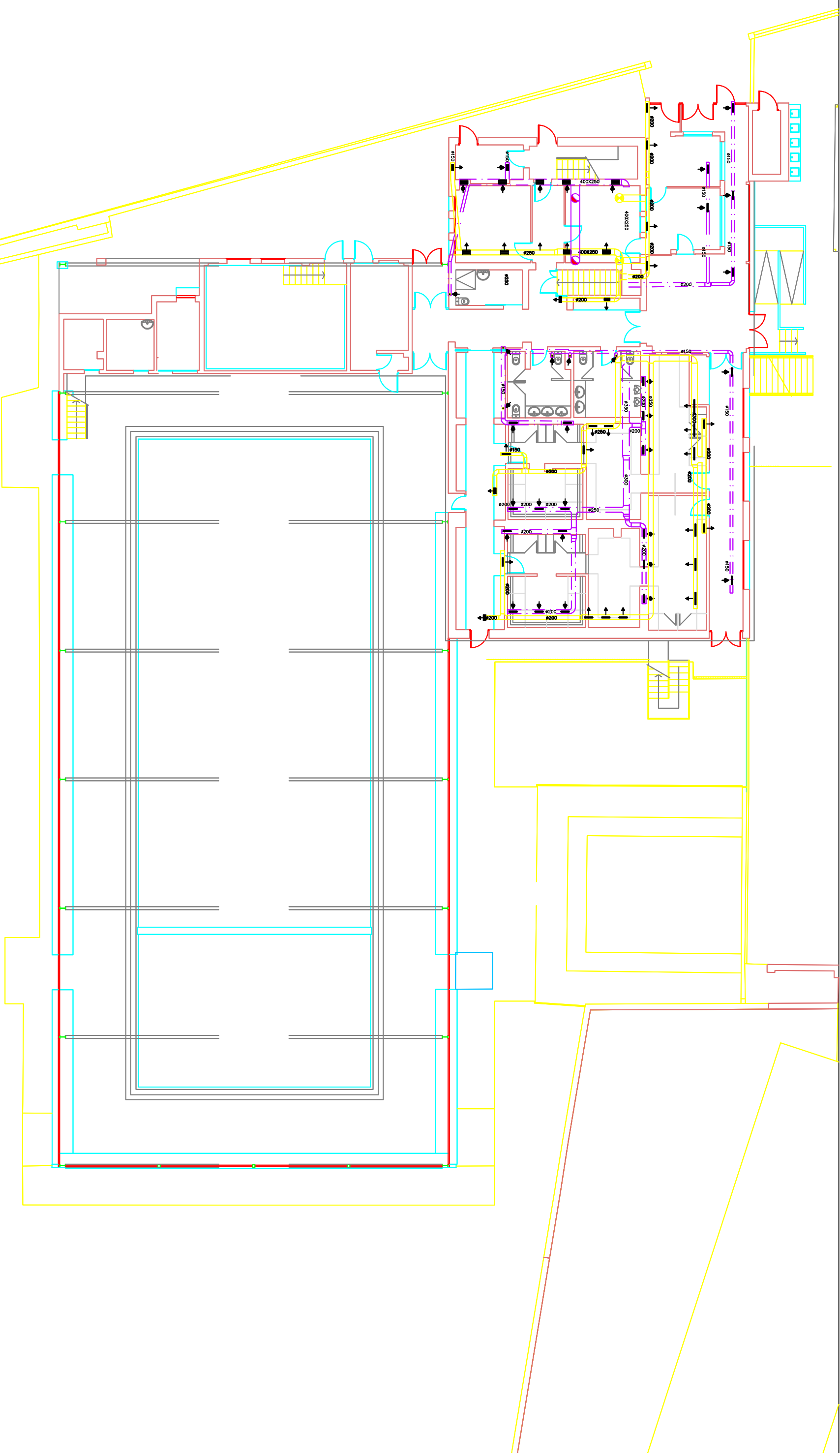
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.
	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b>

PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA CUBIERTA EN PAMPLONA</b>	REALIZADO: <b>GONI ECHEVERZ, IÑAKI</b>
---	---

PLANO: <b>SUPERFICIES. PLANTA CUBIERTA</b>	FECHA: <b>20/02/13</b>	ESCALA: <b>1/100</b>	Nº PLANO: <b>06</b>
---	---------------------------	-------------------------	------------------------



















**LEYENDA CLIMATIZACION**

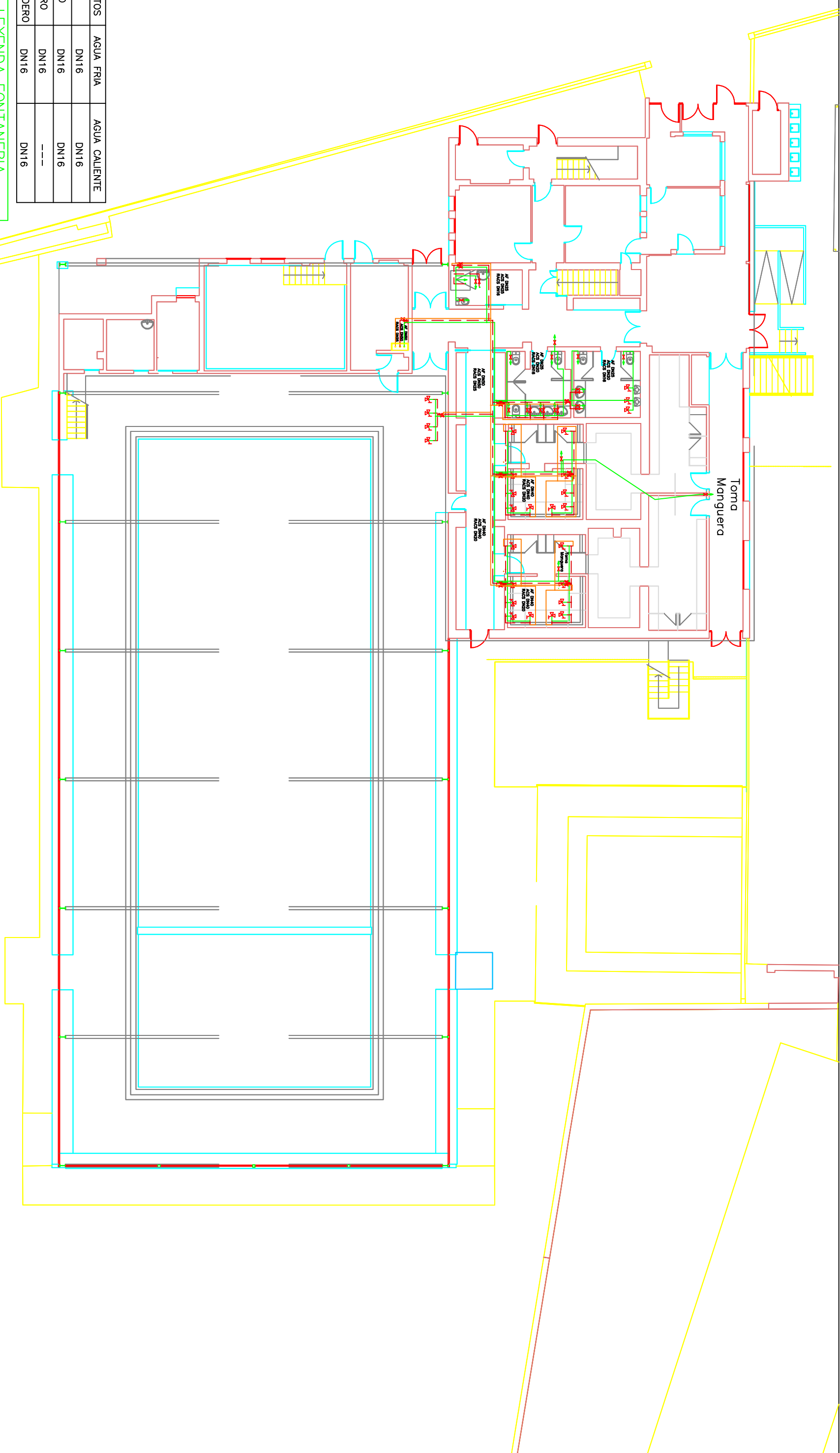
- CONDUCTO IMPULSION
- CONDUCTO EXTRACCION
- ⊙ MONTANTE CONDUCTO IMP.
- ⊙ MONTANTE CONDUCTO EXT.
- DIRECCION AIRE IMPULSION
- DIRECCION AIRE RETORNO/EXT.
- REJILLA RETORNO o IMPULSION
- BOCA DE EXTRACCION

 <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	<p>DEPARTAMENTO: <b>MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b></p>
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	
<p>PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA CUBIERTA EN PAMPLONA</b></p>		<p>REALIZADO: <b>GONI ECHEVERZ, IÑAKI</b></p>
<p>PLANO: <b>CONDUCTOS CLIMATIZACION. PLANTA PRIMERA</b></p>	<p>FIRMA:</p>	<p>FECHA: <b>20/02/13</b></p>
	<p>ESCALA: <b>1/100</b></p>	<p>Nº PLANO: <b>08</b></p>

APARATOS	AGUA FRÍA	AGUA CALIENTE
DUCHA	DN16	DN16
LAVABO	DN16	DN16
INODORO	DN16	---
FREGADERO	DN16	DN16

**LEYENDA FONTANERÍA**

-  LLAVE DE PASO
-  VALVULA DE RETENCION
-  FILTRO
-  TOMA DE AGUA FRÍA
-  TOMA DE AGUA CALIENTE
-  TOMA DE AGUA FRÍA CON V. DE CORTE
-  TOMA DE AGUA CALIENTE CON V. DE CORTE
-  AGUA FRÍA
-  AGUA CALIENTE
-  AGUA CALIENTE RETORNO
-  FLUXOR



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA  
CUBIERTA EN PAMPLONA

REALIZADO:

**GONI ECHEVERZ, IÑAKI**

FIRMA:

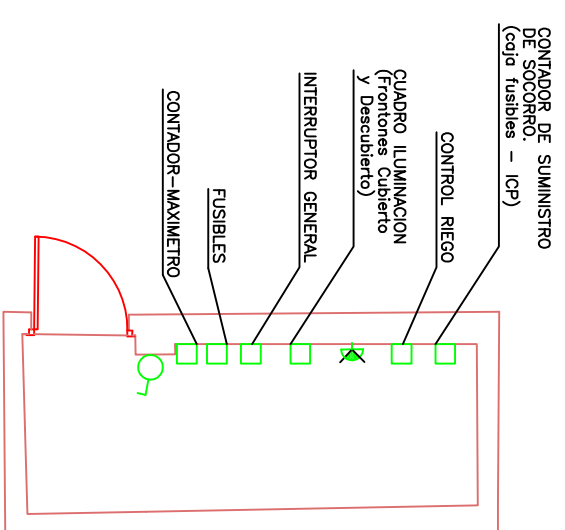
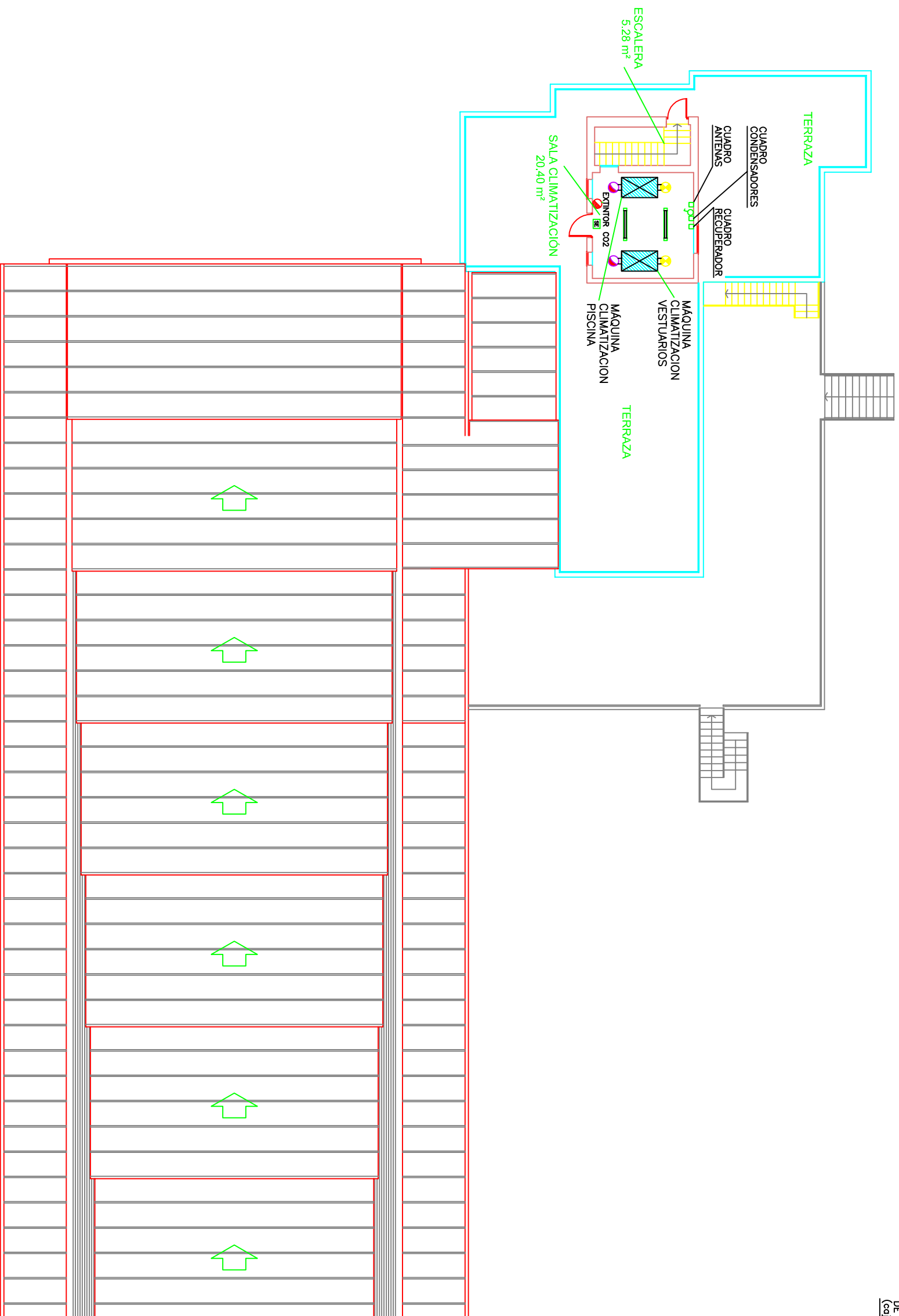
PLANO:

**FONTANERÍA**

FECHA:  
**20/02/13**

ESCALA:  
**1/100**

Nº PLANO:  
**09**



## CUARTO ELECTRICO

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES

PROYECTO:  
CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA

REALIZADO:  
GONI ECHEVERZ, IÑAKI

PLANO:  
MAQUINARIA. PLANTA SEGUNDA

FIRMA:

FECHA: 20/02/13

ESCALA: 1/100

Nº PLANO: 10

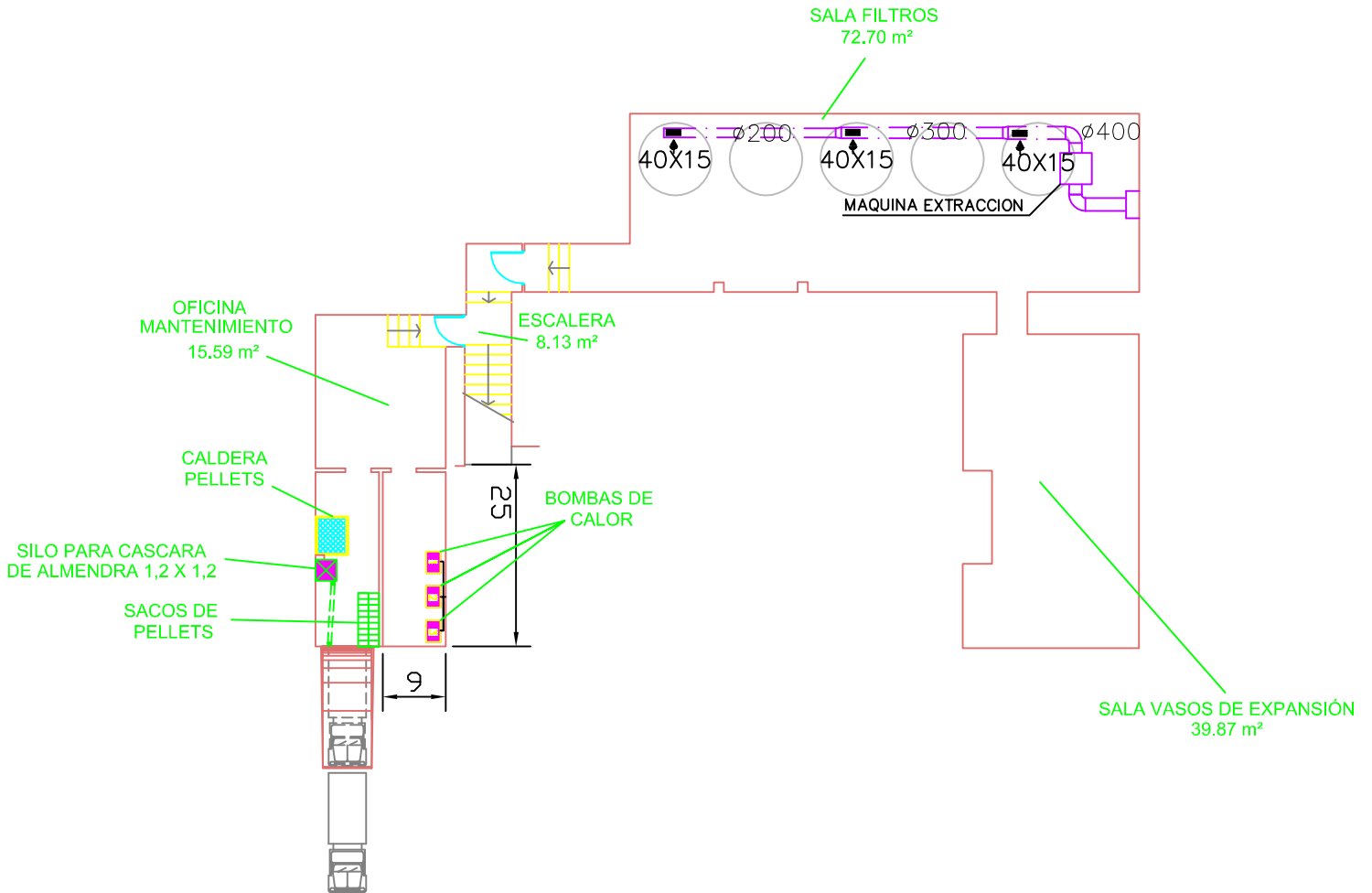
# PLANTA SEGUNDA

### CONDUCTOS:

CONDUCTO HELICOIDAL CIRCULAR  
EN ACERO INOXIDABLE AISI 316

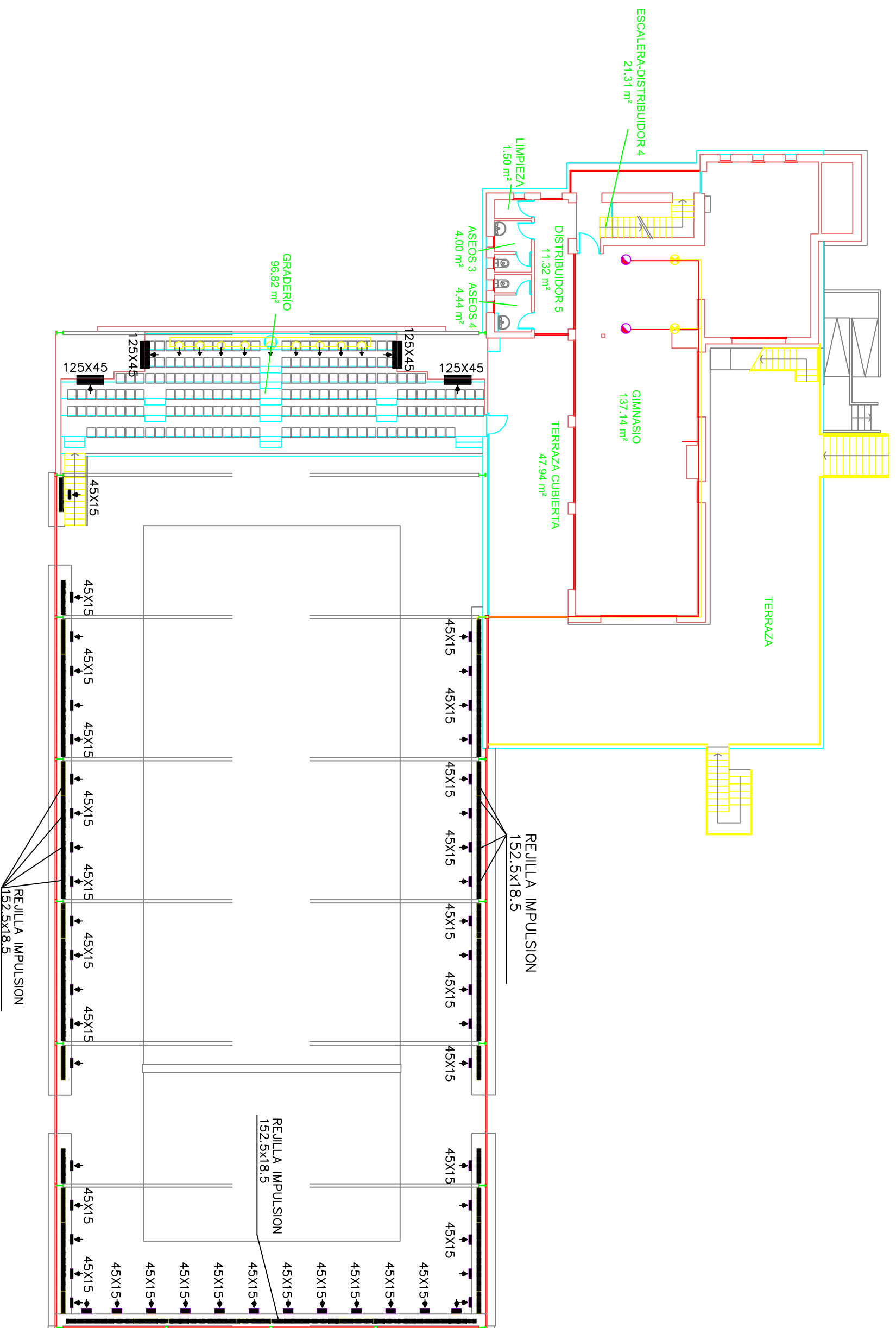
### MAQUINA EXTRACCION:

EXTRACTOR PARA CONDUCTO CIRCULAR, AISLADO ACUSTICAMENTE  
TIPO "SODECA" SV-350/H DE 2.850 m<sup>3</sup>/h A 1.280 r.p.m., CON  
51 dB(A) DE EMISION, POTENCIA 140 W. (I+N), CON PUNTO DE  
TRABAJO 2.200 m<sup>3</sup>/h. Y 13 mm.c.a.



## PLANTA SÓTANO

 <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b>	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>		
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA CUBIERTA EN PAMPLONA</b>		REALIZADO: <b>GOÑI ECHEVERZ, IÑAKI</b>	
		FIRMA:	
FECHA: <b>20/02/13</b>		ESCALA: <b>1/100</b>	Nº PLANO: <b>11</b>




 Universidad Pública  
 de Navarra  
 Nafarroako  
 Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
 INGENIERO  
 TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:  
**MECANICA, ENERGETICA  
 Y DE MATERIALES**

PROYECTO:  
**CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA  
 CUBIERTA EN PAMPLONA**

REALIZADO:  
**GOÑI ECHEVERZ, IÑAKI**

PLANO:  
**CONDUCTOS CLIMATIZACION. PISCINA CUBIERTA**

FIRMA:

FECHA: **20/02/13**    ESCALA: **1/100**    Nº PLANO: **07**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA CUBIERTA EN  
PAMPLONA

PLIEGO DE CONDICIONES

Iñaki Goñi Echeverz

Miguel Ángel Pascual Buisan

Pamplona, 20 de Febrero de 2013

## INDICE

<b>1.</b> .....	<b>P</b>
liego de prescripciones generales .....	6
1.1 Objeto de este pliego .....	6
1.2 Campo de aplicación .....	6
1.3 Normativa a cumplir.....	6
1.4 Documentos del proyecto.....	8
1.5 Permisos y licencias .....	8
1.6 Variaciones, planos de detalle .....	8
<b>2.</b> .....	<b>P</b>
rescripciones de índole técnica para instalaciones en baja tensión generales .....	<b>9</b>
2.1. Obras que se contratan.....	9
2.2. Condiciones generales de ejecución .....	9
2.3. Admisión, reconocimiento y retirada de materiales.....	10
2.4. Materiales de las instalaciones .....	10
2.4.1. Cuadros .....	10
2.4.2. Puesta a tierra .....	12
2.4.3. Conexiones equipotenciales .....	13
2.4.4. Continuidad del neutro hh .....	13
2.4.5. Interruptores automáticos .....	13
2.4.6. Interruptores diferenciales .....	14
2.4.7. Interruptores, conmutadores y contactores .....	15
2.4.8. Cajas de empalme y derivación para instalación superficie .....	16
2.4.9. Cajas de empalme y derivación para instalación empotrada .....	16
2.4.10. Unión de tubos a cajas .....	17
2.4.11. Canalizaciones por tubería rígida .....	17
2.4.12. Canalizaciones por tubería flexible .....	18
2.4.13. Conductores aislados .....	18
2.4.14. Canalizaciones en montante .....	19
2.4.15. Canalizaciones con bandeja por el interior de locales industriales .....	20
2.4.16. Transformadores de medida .....	20
2.4.17. Aparatos y mecanismos .....	21
2.4.18. Cajas de mecanismos .....	21
2.4.19. Cortacircuitos fusibles .....	22



2.4.20. Tomas de corriente .....	23
2.4.21. Luminarias de tubos fluorescentes de encendido normal y a.f. ....	24
2.4.22. Servicios especiales .....	24
2.4.22.1. Instalación telefónica .....	24
2.4.22.2. Pararrayos .....	25
2.4.23. Relación con otras instalaciones .....	25
2.5. Normas generales de montaje .....	26
2.6. Acabado y remates finales .....	26
2.7. Puesta en marcha de la instalación .....	27
2.8. Prueba de recepción .....	27
2.9. Mantenimiento .....	28
<b>3. ....</b>	<b>F</b>
fontanería .....	28
3.1. Objeto.....	28
3.2. Generalidades .....	29
3.3. Materiales .....	31
3.4. Instalación de tuberías .....	33
3.5. Válvulas .....	37
3.6. Sifones .....	37
3.7. Registros de limpieza .....	37
3.8. Aparatos de fontanería .....	37
3.9. Ensayos .....	38
3.10. Limpieza y ajuste .....	39
3.11. Esterilización .....	39
3.12. Dibujo de obra terminada .....	40
3.13. Pintura .....	40
3.14. Vidrios y cristales .....	41
3.15. Colores, aceites y barnices .....	41
3.16. Decoración y ornamentación .....	42
3.17. Andamios, apeos y vallas .....	42
3.18. Materiales y obras no consignadas en este pliego .....	43
<b>4. ....</b>	<b>C</b>
condiciones de índole facultativa .....	43
4.1. Dirección facultativa de obra .....	43

4.2. Contratista y personal de obra .....	44
4.3. Oficina en la obra .....	44
4.4. Trabajos no estipulados expresamente en el pliego .....	45
4.5. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto .....	45
4.6. Reclamaciones contra las órdenes del director de obra .....	45
4.7. Recusación por el contratista del personal nombrado por el director de obra.....	46
4.8. Libro de órdenes .....	46
4.9. Caminos y accesos a la obra .....	47
4.10. Comienzo de la obra .....	47
4.11. Orden de los trabajos .....	47
4.12. Ampliación del proyecto por causas imprevistas .....	47
4.13. Prórrogas por causas de fuerza mayor .....	48
4.14. Condiciones generales de ejecución de los trabajos .....	48
4.15. Obras ocultas .....	48
4.16. Trabajos defectuosos .....	48
4.17. Vicios ocultos .....	49
4.18. Materiales no utilizados .....	49
4.19. Materiales y aparatos defectuosos .....	50
4.20. Medios auxiliares .....	50
4.21. Recepciones provisionales .....	50
4.22. Conservación de las obras recibidas provisionalmente .....	51
4.23. Medición definitiva de los trabajos .....	51
4.24. Recepciones definitivas .....	52
<b>5. ....</b>	<b>C</b>
condiciones de índole económica .....	52
5.1. Base fundamental .....	52
5.2. Fianza .....	53
5.3. Ejecución de trabajo con cargo a la fianza .....	53
5.4. Carácter de las liquidaciones parciales .....	53
5.5. Composición de los precios unitarios .....	54
5.6. Precios de contrata. importe de contrata .....	54
5.7. Precios contradictorios .....	54
5.8. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas .....	55
5.9. Abono de las obras .....	56

5.10. Abono de unidades de obra ejecutadas .....	56
5.11. Relaciones valoradas y certificaciones .....	56
5.12. Abonos de trabajos presupuestados por partida alzada .....	58
5.13. Indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras .....	59
5.14. Seguro de las obras .....	59
5.15. Conservación de la obra .....	60
<b>6. ....</b>	<b>C</b>
condiciones de índole legal .....	61
6.1. Contrato .....	61
6.2. Adjudicación .....	61
6.3. Formalización del contrato .....	62
6.4. Responsabilidad del contratista .....	62
6.5. Obligaciones sociales y laborales .....	62
6.6. Reconocimiento de obras con vicios ocultos .....	64
6.7. Policía de obra .....	64
6.8. Accidentes de trabajo .....	64
6.9. Causas de rescisión del contrato .....	65
6.10. Devolución de la fianza .....	66
6.11. Daños a terceros .....	66
6.12. Plazo de ejecución de las obras .....	67
6.13. Régimen jurídico .....	67

# **1. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES GENERALES**

## **1.1. OBJETO DE ESTE PLIEGO**

El presente pliego afectará a la ejecución de todas las obras que comprende el Proyecto al que hace referencia.

Al mismo tiempo, se hace constar que las condiciones que se exigen en el presente Pliego serán las mínimas aceptables.

Los Pliegos de condiciones particulares podrán afectar las presentes prescripciones generales.

El contratista se atenderá en todo momento a lo expuesto en el mismo en cuanto a la calidad de los materiales empleados, ejecución, material de obra, precios, medición y abono de las distintas partes de obra.

El contratista queda obligado a acatar cualquier decisión que el Director Técnico de la Obra formule durante el desarrollo de la misma y hasta el momento de la recepción definitiva de la obra terminada.

## **1.2. CAMPO DE APLICACIÓN**

El presente Pliego de Condiciones se refiere al suministro e instalación de materiales necesarios para la ejecución del Proyecto de las instalaciones básicas en un complejo destinado a piscinas cubiertas en la localidad de Navarra (Pamplona)

## **1.3. NORMATIVA A CUMPLIR**

Las obras del presente Proyecto se realizarán cumpliendo además de lo prescrito en este pliego, la siguiente normativa:

## REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN

Decreto 842/2002, de 2 de agosto 2002, del M° de Ciencia y Tecnología B.O.E.

18.09.02.

UNE 20324/1M: 2000

Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).

UNE 20460:2003

Instalaciones eléctricas en edificios.

UNE 21123-1:2004

Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV.

UNE-EN 50086-1:1995 +ERRATUM:1996 +CORR.:2001

Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 1: Requisitos generales.

UNE-EN 50102/A1 CORR.:2002

Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra

los impactos mecánicos externos (código IK).

UNE-EN 60228:2005

Conductores de cables aislados.

UNE-EN 60309-1:2001

Tomas de corriente para usos industriales. Parte 1: Requisitos generales.

## REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS

Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio.

UNE100030:2005IN

Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones.

UNE-ENV12108:2002

Sistemas de canalización en materiales plásticos. Práctica recomendada para la instalación en el interior de la estructura de los edificios de sistemas de canalización a presión de agua caliente y fría destinada al consumo humano.

UNE-EN60034-2-1:2009

Máquinas eléctricas rotativas. Parte 2-1: Métodos normalizados para la determinación de las pérdidas y del rendimiento a partir de ensayos (excepto las máquinas para vehículos de tracción).

### CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Exigencias Básicas de calidad que deben cumplir los edificios y en especial sus Documentos Básicos referidos a salubridad y ahorro de energía.

## **1.4. DOCUMENTOS DEL PROYECTO**

Comprende el presente Proyecto, además del presente Pliego de Condiciones, los documentos adjuntos de Memoria, Planos, Presupuesto y Anexos.

## **1.5. PERMISOS Y LICENCIAS**

El adjudicatario deberá obtener todos los permisos y licencias necesarias para la ejecución de las obras y abonará todas las cargas, tasas e impuestos derivados de la obtención de aquellos permisos.

## **1.6. VARIACIONES, PLANOS DE DETALLE**

Este proyecto queda sujeto a cualquier variación que se juzgue conveniente por la Dirección Facultativa, y que no altere esencialmente el proyecto, precios y condiciones del contrato, a su vez se reserva el derecho al dictamen sobre todos aquellos puntos que no quedasen suficientemente aclarados en los documentos del proyecto. La Dirección Facultativa se reserva el derecho de presentar a lo largo de las obras cuantos planos de detalles sean necesarios y convenientes para realizar el presente Proyecto, con la obligatoriedad por parte del contratista de ser respetados.

## **2. PRESCRIPCIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA PARA INSTALACIONES EN BAJA TENSIÓN GENERALES**

### **2.1. OBRAS QUE SE CONTRATAN**

Las obras que comprenden la Contrata del presente Proyecto son las que se especifican en los documentos adjuntos de Memoria, Planos y Presupuesto.

En las obras mencionadas, el Contratista deberá ejecutar las siguientes labores:

- Todos los transportes necesarios.
- Los suministros de material que se precisen.
- Ejecución de todos los trabajos de montaje de las instalaciones, dejándolas en perfecto estado de funcionamiento.
- Obras complementarias no definidas específicamente, y necesarias para la correcta ejecución de las instalaciones proyectadas.
- Medidas de señalización y seguridad necesarias en evitación de cualquier peligro o accidente.

### **2.2. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN**

El contratista estará obligado a facilitar el personal material auxiliar necesario para la perfecta ejecución de las obras.

Las instalaciones se ajustarán a las condiciones establecidas en la Memoria, en lo Reglamentos y Normas especificadas anteriormente y, en general, con arreglo a las normas sancionadas por la práctica para la completa y perfecta construcción y montaje, y en particular a las que se dicte la Dirección de Obra.

Todo el equipo debe estar colocado en los espacios asignados en el proyecto y se dejará un espacio razonable de acceso para su entretenimiento y reparación.

El contratista debe verificar el espacio requerido para todo el equipo propuesto, tanto en el caso de que dicho espacio haya sido especificado o no.

Por lo demás, el Director de Obra deberá fijar el orden en que deban llevarse a cabo las obras, y el Contratista vendrá obligado a cumplir exactamente cuanto disponga sobre este particular.

### **2.3. ADMISIÓN, RECONOCIMIENTO Y RETIRADA DE MATERIALES**

Todos los materiales empleados serán de primera calidad, desechándose los que a juicio del Director de Obra no lo sean.

Una vez adjudicada la obra definitivamente, y antes de ejecutarse, el Contratista presentará al Director Técnico de la Obra los catálogos, cartas, muestras, etcétera, que estén relacionados con la recepción de los distintos materiales.

No podrán emplearse materiales sin que previamente hayan sido aceptados por la Dirección de Obra. Este control no constituye recepción definitiva, pudiendo ser rechazados por la Dirección Técnica aún después de colocados, si no cumplieren con las características y condiciones exigidas en este Pliego de Condiciones, debiendo ser remplazados por el contratista por otros que cumplan las condiciones exigidas.

En caso de que el Contratista no se mostrase conforme con los resultados del ensayo, análisis o pruebas, podrán repetirse las mismas en un Laboratorio Oficial, siendo de cuenta del Contratista si se llega a la conclusión de que los materiales son rechazables, y de cuenta de la Propiedad en caso contrario.

### **2.4. MATERIALES DE LAS INSTALACIONES**

Se especifican a continuación las condiciones que deben cumplir los distintos materiales empleados en la ejecución del Proyecto.

#### **2.4.1. CUADROS**



Los cuadros, salvo que explícitamente se especificase otra cosa en otro de los documentos de este proyecto, tendrán un espesor de 2 o 2,5 mm según tamaño y serán realizados a base de chapa de acero laminada en frío, plegada y soldada eléctricamente con hilo continuo de aportación. El acabado será de pintura especial epoxi polimerizada, de color gris claro. Estarán dotados de puerta en la cual se situarán los elementos de mando. Siempre que sea posible y no se indique lo contrario en proyecto, serán accesibles por su parte delantera y dispondrán de llave y cerradura. Tendrán junta de estanqueidad de neopreno y su protección mínima según UNE 20.324 será de IP-557.

Los aparatos propiamente dichos irán situados sobre bastidores metálicos. El cableado se realizará ordenadamente con recorridos claros, de tal forma, que sean fácilmente identificables los circuitos. Todo el cable irá señalizado en sus dos extremos. El cableado de unión entre los aparatos de puertas y los situados en bastidor se realizará de tal forma que pueda abrirse el cuadro fácilmente y sin deterioro de los cables de unión. La puerta del cuadro irá conectada a la tierra de este mediante malla de cobre.

Las conexiones se realizarán mediante bloques de bornes. Las piezas bajo tensión desnudas estarán separadas entre sí y con respecto a las paredes por una distancia no inferior a 1,5 cm. Las entradas de canalizaciones al cuadro estarán perfectamente selladas y de ser metálicas tendrán las aristas matadas y aisladas para evitar dañar el aislamiento de los conductores.

Estarán etiquetados todos los interruptores, indicando la función de cada uno de ellos, así como todos los aparatos de señalización o medida, de tal manera que se tenga una identificación clara de sus funciones.

Todos los cuadros llevarán en la parte interior de la puerta una bolsa para la colocación del esquema y aquellos que tengan una dimensión superior a 50 cm. o dispongan de más de dos interruptores diferenciales llevarán marcado en el "frontis" el esquema sinóptico de la instalación.

Todos los conductores que entran o salen del cuadro estarán señalizados con la misma indicación del borne a la que están conectados y formarán en su unión a ésta un bucle que facilitará la medida del consumo.

## 2.4.2. PUESTA A TIERRA

Para conseguir una adecuada puesta a tierra y asegurar con ello unas condiciones mínimas de seguridad, deberá realizarse la instalación de acuerdo con las instrucciones siguientes:

- La puesta a tierra se hará a través de picas de acero, recubiertas de cobre, si no se especifica lo contrario en otros documentos del proyecto.
- La configuración de las mismas debe ser redonda, de alta resistencia, asegurando una máxima rigidez para facilitar su introducción en el terreno, evitando que la pica se doble debido a la fuerza de los golpes.
- Todas las picas tendrán un diámetro mínimo de 19 mm y su longitud será de dos metros.
- Para la conexión de los dispositivos del circuito de puesta a tierra, será necesario disponer de bornes o elementos de conexión que garanticen una unión perfecta, teniendo en cuenta que los esfuerzos dinámicos y térmicos en caso de cortocircuito son muy elevados.
- Los conductores que constituyan las líneas principales de tierra y sus derivaciones, serán de cobre o de otro metal de alto punto de fusión y su sección no podrá ser menor en ningún caso de 16 mm<sup>2</sup> de sección para las líneas principales a tierra, ni de 35 mm<sup>2</sup> de sección para las líneas de enlace con tierra si son de cobre.
- Los conductores desnudos enterrados en el suelo se considerarán que forman parte del electrodo de puesta a tierra.
- Si en una instalación existen tomas de tierra independiente se mantendrá entre los conductores de tierra una separación y aislamiento apropiada a las tensiones susceptibles de aparecer entre estos conductores en caso de falta.
- El recorrido de los conductores será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y desgaste magnético.
- Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse ni masa ni elementos metálicos, cualesquiera

que sean éstos. Las conexiones a masa y a elementos metálicos, se efectuarán siempre por derivaciones del circuito principal.

- Estos conductores tendrán un buen contacto eléctrico, tanto con las partes metálicas y masa como con el electrodo. A estos efectos se dispondrá que las conexiones de los conductores se efectúen con todo cuidado, por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando una buena superficie de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldaduras de alto punto de fusión.
- Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión, tales como estaño, plata, etc.

### **2.4.3. CONEXIONES EQUIPOTENCIALES**

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes y las masas de los aparatos sanitarios metálicos y demás elementos conductores accesibles (REBT).

### **2.4.4. CONTINUIDAD DEL NEUTRO**

El conductor neutro no podrá ser interrumpido, salvo que esta interrupción sea realizada por interruptores o seccionadores unipolares, que actúen sobre el neutro al mismo tiempo que en las fases (corte unipolar simultáneo), o que establezcan la conexión del neutro antes que las de las fases y desconecten estas antes que el neutro.

### **2.4.5. INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS**

Los interruptores automáticos serán del tipo y denominación que se fijan en el proyecto, pudiendo sustituirse por otros de denominación distinta, siempre que sus características técnicas se ajusten al tipo exigido, lleven impresa la marca de conformidad a Normas UNE y haya sido dada la conformidad por la Dirección Facultativa.

Estos interruptores automáticos podrán utilizarse para la protección de líneas y circuitos. Todos los interruptores automáticos deberán estar provistos de un dispositivo

de sujeción a presión para que puedan fijarse rápidamente y de manera segura a un carril normalizado.

Los contactos de los automáticos deberán estar fabricados con material resistente a la fusión.

Todos los tipos de interruptores mencionados deberán haber sido sometidos a las pruebas de tensión, aislamiento, resistencia al calor y demás ensayos, exigidos a esta clase de material en la Norma UNE 20.347. 81 IR.

En caso de que se acepte material no nacional, éste se acompañará de documentación en la que se indique que este tipo de interruptor se ha ensayado de acuerdo con la Norma nacional que corresponde y concuerde con la CEE 19.

#### **2.4.6. INTERRUPTORES DIFERENCIALES**

Los interruptores diferenciales serán del tipo y denominación que se fijen en el Proyecto, pudiendo sustituirse por otros de denominación distinta, siempre que sus características técnicas se ajusten al tipo exigido, cumplan la Norma UNE 20.383, lleven impresa la marca de conformidad a Norma UNE y haya sido dada la conformidad por la Dirección Facultativa.

Estos interruptores de protección tienen como misión evitar las corrientes de derivación a tierra que puedan ser peligrosas, y que debe ser independiente de la protección magneto térmica de circuitos y aparatos.

Reaccionarán con toda la intensidad de derivación a tierra que alcance o supere el valor de la sensibilidad del interruptor.

La capacidad de maniobra debe garantizar que se produzca una desconexión perfecta en caso de cortocircuito y simultánea derivación a tierra.

Por él deberán pasar todos los conductores que sirvan de alimentación a los aparatos receptores, incluso el neutro.

#### **2.4.7. INTERRUPTORES, CONMUTADORES Y CONTACTORES**

Todos los aparatos citados llevarán inscritos en una de sus partes principales y de forma bien legible la marca de fábrica, así como la tensión e intensidad nominales. Los aparatos de tipo cerrado llevarán una indicación clara de su posición de abierto y cerrado. Los contactos tendrán dimensiones adecuadas para dejar paso a la intensidad nominal del aparato, sin excesivas elevaciones de temperatura. Las partes bajo tensión deberán estar fijadas sobre piezas aislantes, suficientemente resistentes al fuego, al calor y a la humedad y con la conveniente resistencia mecánica.

Las aberturas para entradas de conductores, deberán tener el tamaño suficiente para que pueda introducirse el conductor correspondiente con su envoltura de protección.

Todos los interruptores, conmutadores y contactares hasta 25 A. deberán estar contruidos para 400 V. como mínimo. Las distancias entre las partes en tensión y entre éstas y las de protección deberán ajustarse a las especificadas por las reglamentaciones correspondientes. Los mismos aparatos con intensidad superior a 25 A. deberán, además, estar contruidos en forma que las distancias mínimas entre contactos abiertos y entre polos no sean inferiores a las siguientes:

- ❖ 5 a 6 mm para los 25 - 125 A.
- ❖ 6 a 10 mm para los de más de 125 A.

La parte móvil debe servir únicamente de puente entre los contactos de entrada y salida. Las piezas de contacto deberán tener elasticidad suficiente para asegurar un contacto perfecto y constante. Los mandos serán de material aislante.

Los soportes para conseguir la ruptura brusca no servirán de órganos de conducción de corriente.

En los contactores, la temperatura de los devanados de las bobinas no será superior a las admitidas en las reglamentaciones vigentes, debiéndose especificar el tiempo propio de retardo de desconexión, tiempo de desenganche y tiempo total de desconexión. Todos los contactores deberán tener el enganche impedido, mientras no desaparezca la causa que le produjo la desconexión.

Todo el material comprendido en este apartado deberá haber sido sometido a los ensayos de tensión, aislamiento, resistencia al calor y comportamiento al servicio exigidos en esta clase de aparatos, en las normas UNE 20.109, 20.353, 20.361 y 20.362.

#### **2.4.8. CAJAS DE EMPALME Y DERIVACIÓN PARA INSTALACIÓN SUPERFICIE**

Las cajas para instalaciones de superficie estarán plastificadas con PVC fundido en toda su superficie, tendrán un cierre hermético con la tapa atornillada y serán dimensiones tales que se adapten holgadamente al tipo de cable o conductor que se emplee.

Estarán provistas de varias entradas troqueladas ciegas en tamaños concéntricos, para poder disponer en la misma entrada agujeros de diferentes diámetros.

La fijación a techo será como mínimo de dos puntos de fijación, se realizará mediante tornillos de acero, para lo cual deberán practicarse taladros en el fondo de las mismas. Deberá utilizarse arandelas de nylon en tornillos para conseguir una buena estanqueidad.

Las conexiones de los conductores se ejecutarán en las cajas y mediante bornes, no pudiendo conectarse más de cuatro hilos en cada borne. Estos bornes irán numerados y serán del tipo que se especifique en lo demás documentos del proyecto.

#### **2.4.9. CAJAS DE EMPALME Y DERIVACIÓN PARA INSTALACIÓN EMPOTRADA**

Las cajas para instalación empotrada serán de baquelita, con gran resistencia dieléctrica, que no ardan ni se deformen con calor. Estas cajas deben estar provistas de una pestaña que contornee la boca y otros elementos que impidan su salida de la pared, cuando se manipulan, una vez empotradas.

Tienen que estar provistas de rebajes en toda su superficie para facilitar la entrada de los tubos. Las tapas irán roscadas las destinadas a las cajas circulares, y con tornillos las destinadas a cajas cuadradas y rectangulares.

Las conexiones de los conductores, en este tipo de caja, se harán mediante bornes con tornillos si no se indica lo contrario en otros documentos del Proyecto.

#### **2.4.10. UNIÓN DE TUBOS A CAJAS**

Se instalarán boquillas protegen hilos terminales de plástico o de acero en el extremo de todos los tubos, a su entrega en las cajas de cualquier tipo, cuadros o paneles de la siguiente forma.

Los finales de los tubos tendrán rosca suficiente para colocar una tuerca por fuera de la caja y otra tuerca más la boquilla terminal por el interior de la caja. Se permite usar también boquillas de rosca y dimensiones adecuadas que eviten usar la tuerca en el interior de la caja o panel.

En las cajas para enchufes y mecanismos el tubo irá rígidamente sujeto a la caja con boquilla y tuerca en el interior y tuerca en el exterior.

#### **2.4.11. CANALIZACIONES POR TUBERÍA RÍGIDA**

En todos los circuitos generales se utilizarán tubos rígidos plásticos, en las derivaciones serán también de plástico, pero articulados.

El interior de los tubos estará totalmente pulido y se mandrinarán sus extremos de manera que al hacer el lanzamiento de cables no puedan sufrir deterioros en su aislamiento. Las roscas de los tubos se harán cuidadosamente y los radios de curvatura

del codo tendrán siempre el valor mínimo en función del tubo exigido en la normativa vigente. Todo el material auxiliar, codos, mangueras de conexión y derivación, etc. que utilicen las instalaciones con tubo rígido tendrán las mismas características exigidas para los tubos. Las roscas estarán perfectamente acabadas y la unión se hará sin utilizar estopa, sino sello ardiente, asegurando la completa estanqueidad de toda la instalación.

#### **2.4.12. CANALIZACIONES POR TUBERÍA FLEXIBLE**

Estarán fabricadas en PVC, por sus características de resistencia a la corrosión y no propagación de la llama, curvables en caliente, o bien flexibles. En este caso, soportarán una prueba de curvatura de 90° sin deformación de su diámetro interior.

Se empotrarán en techos y paredes, en trazados paralelos a las verticales y horizontales que delimitan el local, siempre que sea posible. Las uniones entre tubos se harán mediante manguitos roscados o accesorios adecuados que garanticen la continuidad de la protección de los conductores.

Se dispondrán registros o cajas de derivación y conexión de forma que faciliten la introducción y retirada de los conductores en los tubos, después de fijados y colocados los accesorios de los mismos, con una separación máxima de 15 m en tramos rectos o con no más de tres curvas en ángulo recto entre ellos en tramos curvos. Se situarán a 20 cm del techo en paredes y paramentos verticales.

Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en un alojamiento cerrado y practicable.

#### **2.4.13. CONDUCTORES AISLADOS**

Los conductores aislados serán del tipo y denominación que se fijan en el Proyecto y para que cada caso particular, pudiendo sustituirse por otros de



denominación distinta siempre que sus características técnicas se ajusten al tipo exigido. Se ajustarán a las Normas UNE 21031, 21022 y 21023.

No se admitirán empalmes de hilos en el interior de los tubos, debiéndose realizar en las cajas de derivación mediante el empleo de bornes a tornillos.

Los cables de alimentación a motores y líneas generales serán del tipo vv 0,6/1kv, salvo que en la Memoria o Presupuesto se especificase otro diferente.

Los cables en las derivaciones serán del tipo HO7V-U en sección de 4 mm<sup>2</sup> o inferiores y HO7V-R en secciones superiores salvo que se fije otro tipo.

La sección mínima de los conductores será de 1,5 mm<sup>2</sup> en las derivaciones a puntos de alumbrado y de 2,5 mm<sup>2</sup> en las derivaciones a enchufes o cualquier otro punto de consumo.

#### **2.4.14. CANALIZACIONES EN MONTANTE**

Los montantes verticales se realizarán con canales cerrados de chapa o PVC o bien con tubos rígidos de PVC o Fe, según se especifique en otros documentos de este proyecto, instalándose adosados a las paredes de los patinillos utilizando los soportes que el fabricante suministre para este fin.

La distancia entre dos soportes de fijación será, como máximo de 0,60 m. empleándose para la fijación de los mismos tiros Spit o tornillo y taco, según el material de las paredes.

Si los canales empleados fueran metálicos deberán llevar una puesta a tierra en toda su longitud, con un punto de conexión en cada tramo.

Las cajas de derivación de planta deberán ser del mismo tipo que el canal utilizado, se fijarán mediante tiros Spit o tacos, serán de fácil accesibilidad y de dimensiones suficientes para contener los elementos indicados en planos.

#### **2.4.15. CANALIZACIONES CON BANDEJA POR EL INTERIOR DE LOCALES INDUSTRIALES**

Las bandejas que se utilicen para las conducciones eléctricas serán metálicas, galvanizadas por inmersión en zinc fundido y ranuradas para facilitar la fijación y ordenación de los cables.

El trazado de las canalizaciones seguirá siempre que sea posible líneas paralelas a la edificación, discurriendo por áreas de uso común para una mejor accesibilidad. La fijación de las mismas se realizará mediante soportes adecuados, según los casos, con una separación entre apoyos de 5 a 6 m. Para dotar a la bandeja de suficiente rigidez mecánica longitudinalmente se instalará a ambos lados de la misma sendos perfiles U de hierro laminado en frío de dimensiones 50 x 20 x 2,5mm que con las alas horizontales y situadas hacia el interior formarán el habitáculo para la ubicación de la bandeja. Estos perfiles se fijarán mediante soldadura eléctrica a los soportes.

Todos los accesorios que se precisen tales como: curvas, codos, cambios de plano, tes, reducciones etc. y eventualmente las tapas, serán del mismo fabricante y los tipos y cantidades empleados serán idénticos a las de la bandeja.

La longitud de cada tramo será de 2 m. y su espesor 2mm. como mínimo.

Deberá instalarse una adecuada puesta a tierra de los soportes y de la bandeja en toda su longitud, debiendo tener un punto de conexión en cada tramo independiente.

#### **2.4.16. TRANSFORMADORES DE MEDIDA**

Los transformadores de medida serán de aislamiento en seco y de relaciones indicadas en el Proyecto.

Los transformadores de intensidad presentarán una resistencia particularmente elevada a las sobreintensidades a frecuencia industrial y a las ondas de choque, así como a los efectos térmicos y dinámicos debido a las sobreintensidades.

Los transformadores de tensión serán de arrollamientos independientes con resinas termoendurecidas que confieran al conjunto elevada resistencia mecánica y rigidez dieléctrica. Estarán diseñados para evitar siempre la posibilidad de cortocircuitos a tierra.

Tanto los de intensidad como los de tensión serán completamente incombustibles. Ambos tipos cumplirán la Norma UNE 21.088.

#### **2.4.17. APARATOS Y MECANISMOS**

Los aparatos de alumbrado se anclarán fuertemente al techo mediante tiros spit o tacos y tornillos, todo esto independientemente de lo que se exija en otros documentos de este Proyecto. Los mecanismos se situarán a 1,10 m. del suelo, excepto enchufes que se situarán a 10 cm. por encima del rodapié, siempre que no se indique otra cosa en el resto del Proyecto por características especiales. Se esmerará la colocación de los mismos, así como todos los elementos empotrados, así como todos los elementos empotrados, a fin de evitar correcciones posteriores. Se dejarán rabillos de conexión suficientemente largos para permitir la fácil revisión de los mismos.

La parte accesible de los portalámparas se conectará al neutro.

#### **2.4.18. CAJAS DE MECANISMOS**

Las cajas de mecanismos que vayan empotradas, rasante con superficie vista, se equiparán con placas de guarda o embellecedores. La profundidad de las cajas se determinará por el instalador de acuerdo con el número de cables en su interior y del diámetro de los tubos a que se hayan de conectar.

Se colocarán por el instalador de modo que queden perfectamente rasantes respecto a la superficie terminada de la pared, muro, suelo o techo a que se fijen.

Quedarán bien aplanadas y alineadas respecto a las líneas verticales del edificio.

Cuando haya coincidentes de varios mecanismos en un punto se procurará el empleo de caja única para varios mecanismos.

Todas las partes de la caja y del mecanismo accesible al contacto normal serán de material aislante. Las partes metálicas bajo tensión deberán estar fijadas sobre piezas aislantes al fuego, al calor y a la humedad, teniendo además, la resistencia mecánica necesaria.

Para la conexión de los conductores deberán emplearse bornes con tornillos, debiendo disponerse de espacio suficiente para que la conexión pueda ser hecha con facilidad.

Tanto los aparatos de alumbrado como las bases de enchufe deberán estar equipadas con el correspondiente borne de puesta a tierra.

#### **2.4.19. CORTACIRCUITOS FUSIBLES**

Todos los cortacircuitos fusibles estarán contruidos para tensiones de 250, 500 o 750 V. La intensidad nominal del fusible será aquella que normalmente circula por el circuito en carga.

Todo este material se ajustará a las pruebas de tensión, aislamiento, resistencia al calor, fusión y cortacircuitos exigido a esta clase de material en la norma UNE, especialmente los nº 20.520-76; 21.095 21.103 y recomendaciones de la A.E.E.

Los zócalos serán de material aislante resistente a la humedad y de resistencia mecánica adecuada, no debiendo sufrir deterioro por la temperatura a que dé lugar su funcionamiento en las máximas condiciones posibles admitidas.

En el zócalo irán grabados en forma bien visible la tensión y la intensidad nominal y la marca del fabricante.

Los orificios de entrada de conductores deberán tener el tamaño suficiente para que pueda introducirse fácilmente el conductor con la envoltura de protección. Los

contactos deben ser amplios y resistir sin calentamiento anormal las temperaturas que ocasionan las sobrecargas.

Las conexiones entre partes conductoras de corriente deben efectuarse de modo que no puedan aflojarse por el calentamiento natural del servicio, ni por la alteración de las materias aislantes.

Las cubiertas o tapas deben ser tales que eviten por completo la proyección del metal en caso de fusión y eviten en servicio normal que puedan ser accesibles las partes en tensión.

Las distancias mínimas entre partes bajo tensión o entre estas y tierra serán las fijadas por las reglamentaciones vigentes.

Los cartuchos fusibles deberán estar contruidos de forma que no puedan ser abiertos sin herramientas y sin provocar desperfectos y los de hasta 60 A. estarán contruidos de forma que sea imposible el reemplazo de un fusible de intensidad dada por otro de intensidad superior a la nominal de los zócalos.

#### **2.4.20. TOMAS DE CORRIENTE**

Las cajas y clavijas de enchufe comprendidas en este apartado serán las contruidas para una tensión mínima de 400 V con intensidades normales de 10, 25 y 60 A.

Todas las partes de la caja y de la clavija accesible al contacto normal serán de material aislante. Se dispondrá de la toma de tierra que la reglamentación vigente exigiese y con las características y dimensiones adecuadas. Las partes metálicas bajo tensión deberán estar fijadas sobre piezas aislantes suficientemente resistentes al fuego, al calor y a la humedad, teniendo además la resistencia mecánica necesaria.

Para la conexión de los conductores deberán emplearse bornes con tornillos dejando previsto el espacio suficiente para que la conexión pueda ser hecha con facilidad.

Todos los enchufes de este apartado deberán haber sido sometidos a los ensayos de tensión, aislamiento, calentamiento, resistencia mecánica y de comportamiento de servicio que se estipulan en la Norma UNE 20.315-79.

#### **2.4.21. LUMINARIAS DE TUBOS FLUORESCENTES DE ENCENDIDO NORMAL Y A.F.**

Las luminarias se ajustarán en cuanto a su composición, montaje, señalización, rendimiento y ensayos a lo especificado en la Norma UNE 20.346. Asimismo, cada uno de sus componentes deberá cumplir las siguientes normas en la totalidad de sus partes y complementos vigentes:

- Reactancia: Norma UNE 20.152
- Casquillos: Norma UNE 20.057
- Condensadores: Norma UNE 20.152
- Cebadores: Norma UNE 20.393
- Portacebadores: Norma UNE 20.394
- Tubos: Norma UNE 20.064
- Cable: Norma UNE 20.031

Tanto las reactancias como los condensadores llevarán impresa la marca de conformidad a normas UNE.

#### **2.4.22. SERVICIOS ESPECIALES**

##### **2.4.22.1. INSTALACIÓN TELEFÓNICA**

En el caso de que se instale teléfono, irá compuesto por:

- Cajas de regletas de los tipos normalizados por la compañía.
- Canalizaciones principales en pisos saliendo de las cajas de regletas anteriores, tubos de 16 mm con hilo guía para distribución (según normas de la compañía).

- Cajas para aparatos telefónicos con tapa de salida de hilo, homologada por la compañía.
- El cableado será realizado por la compañía telefónica que realice la instalación..

#### **2.4.22.2. PARARRAYOS**

En el caso de que se instale pararrayos, deberá estar formado por:

- Mástil de tubo de acero de unión telescópica con soldadura o mediante tornillos sujetos con abrazaderas a muro soportando una cabeza (o pararrayos propiamente dicho) con un radio de protección que cubra ampliamente el área edificada
- Cables de cobre de 80 mm aislados del mástil por aisladores y bajando por hueco de montantes hasta boquete de toma de tierra.
- Piquete o piquetas de toma de tierra de acero cobrizado instalado según detalle en planos.

La resistencia total del sistema no será mayor de 5 ohmios.

#### **2.4.23. RELACIÓN CON OTRAS INSTALACIONES**

Las canalizaciones eléctricas mantendrán una separación mínima de 30 cm. con las de gas.

Tratándose de propano o butano se exigirá el más estricto cumplimiento de las vigentes reglamentaciones de G.L.P.

Se dejará suficiente separación con los tubos de calefacción y agua caliente para evitar un recalentamiento excesivo de las canalizaciones eléctricas.

De igual modo se dejará suficiente separación entre las canalizaciones y las chimeneas, de modo que se evite el aumento excesivo de temperatura en las conducciones.

## **2.5. NORMAS GENERALES DE MONTAJE**

Las instalaciones se realizarán siguiendo las prácticas normales para obtener un buen funcionamiento, por lo que se respetarán las especificaciones e instrucciones de las empresas suministradoras.

El montaje de la instalación se realizará ajustándose a las indicaciones y planos del proyecto.

Cuando en la obra sea necesario hacer modificaciones en estos planos o condiciones previstas o sustituir por otros los aparatos aprobados, se solicitará permiso a la Dirección Facultativa.

En todos los equipos se dispondrán las protecciones pertinentes para evitar accidentes. En aquellas partes móviles de las máquinas y motores se dispondrán envolventes o rejillas metálicas de protección.

Durante el proceso de instalación se protegerán debidamente todos los aparatos, colocándose tapones o cubiertas en las tuberías que vayan a quedar abiertas durante algún tiempo.

Una vez finalizado el montaje se procederá a la limpieza total de los tubos tanto exterior como interiormente.

Todos los elementos de la instalación como válvulas, motores y controles se montarán de forma que sea fácilmente accesible para su revisión, reparación o sustitución.

## **2.6. ACABADO Y REMATES FINALES**

El instalador efectuará a su cargo todos los remates finales para la perfecta terminación de la instalación eléctrica según pliego de condiciones y juicio de la Dirección, comprendiendo este trabajo en general:



- La reconstrucción total o parcial de máquinas o elementos deteriorados durante el montaje.
- Repaso parcial o total de pintura en los elementos estropeados, por su causa o por causa ajena.
- Limpieza total o pintura de canalizaciones, luces, cuadros, controles, etc.
- Reposición de elementos de sujeción sueltos o deteriorados.
- Ajuste de relés y automatismo en general.
- Letreros, placas y demás elementos aclaratorios de funcionamiento.

Estos remates afectan a toda la instalación, es decir, la base de proyecto más las posibles ampliaciones, modificaciones y cambios que se realicen a lo largo de la obra.

## **2.7. PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN**

La instalación eléctrica se entenderá terminada cuando se haya puesto en marcha y probado en cargo real, es decir, alimentando los equipos mecánicos de alumbrado, etc. proyectados. Esta condición incluye específicamente el realizar las pruebas de puesta en marcha por vez primera no solo del alumbrado y equipos de responsabilidad y suministro 100% del instalador electricista, sino también de los motores y equipos de otros instaladores que precisen energía de la red eléctrica. En tales equipos la puesta en marcha se hará conjuntamente con los instaladores, sin cargo alguno para la propiedad de la obra, hasta dejar los equipos funcionando satisfactoriamente con los fusibles y relés ajustados correctamente y las luces de señalización e indicadores mecánicos en orden.

## **2.8. PRUEBA DE RECEPCIÓN**

El coste de todas las pruebas necesarias para satisfacer requerimientos de los organismos oficiales o que necesite el instalador para sus propios fines será satisfecho por el instalador a su cargo.

A la terminación de la obra, antes de la aceptación final, se efectuarán por el instalador a cargo y en presencia de la Dirección de Obra, pruebas finales de aislamiento, continuidad de circuitos, resistencia a cortocircuitos, reparto de cargas y funcionamiento en general de toda la instalación, en la forma que establezca la Dirección de Obra, la cual será avisada para ello, con al menos una semana de anticipación sobre la fecha en que puedan efectuarse tales ensayos.

## **2.9. MANTENIMIENTO**

El instalador reunirá todas y cada una de las instrucciones de servicio y mantenimiento de cada fabricante de los equipos y materiales instalados, debiendo entregar dos ejemplares de cada uno al finalizar la obra. Asimismo, preparar unas instrucciones de servicio y funcionamiento del conjunto del que deberá entregar también dos ejemplares.

## **3. FONTANERÍA**

### **3.1. OBJETO**

El trabajo comprendido en la presente Sección del Pliego de Condiciones, consiste en el suministro de toda la instalación, mano de obra, equipo, dispositivos y materiales, y en la ejecución de todas las operaciones necesarias para completar el trabajo de fontanería para agua caliente sanitaria (A.C.S.) interior y la instalación de las piscinas, incluyendo todos los elementos de equipo especial especificados en esta Sección, todo ello completo y de estricto acuerdo con la presente Sección del Pliego de Condiciones y planos correspondientes y con sujeción a los términos y condiciones del Contrato.

### **3.2. GENERALIDADES**

#### *a) Planos*

Los planos del Proyecto indican la extensión y disposición general de los sistemas de fontanería. Si el Contratista considerase hacer variaciones en los planos del Proyecto, presentará tan pronto como sea posible a Dirección Facultativa para su aprobación los detalles de tales variaciones, así como las razones para efectuar las mismas. No se hará ninguna variación de los planos sin previa aprobación por escrito de la Dirección Facultativa.

#### *b) Pliego de Condiciones*

No se pretende en los Pliegos abarcar todos y cada uno de los detalles de construcción y equipo. El contratista suministrará e instalará todos los elementos que sean necesarios para acabar totalmente el trabajo, completo, estén o no dichos detalles particularmente indicados o especificados.

#### *c) Productos normales*

Los elementos principales del equipo serán de la mejor calidad usada para tal finalidad y serán productos de fabricantes de garantía. Cada elemento principal del equipo llevará fijada con seguridad en sitio visible, una placa con el nombre y dirección del fabricante y número del catálogo. No se aceptarán placas que lleven únicamente el nombre de un agente distribuidor.

#### *d) Variaciones en los Pliegos de Condiciones*

Los productos de cualquier fabricante de garantía dedicado normalmente a la producción comercial de equipo de fontanería, no se excluirán basándose en pequeñas diferencias, siempre que dicho equipo se ajuste en sus características comerciales a los requisitos que se especifica en este Pliego de Condiciones, respecto a materiales, capacidad y funcionamiento. El Contratista entregará una relación que contenga una descripción completa de todos aquellos elementos del equipo de fontanería que se propone suministrar y que no se ajusten a lo especificado en el Pliego de Condiciones, así como las excepciones o reparos que se puedan poner al mismo. El hecho de no

entregar tal relación se interpretará en el sentido de que el Contratista está de acuerdo en ajustarse a todos los requisitos del Pliego de Condiciones.

#### *e) Relaciones de material y equipo*

Tan pronto como sea posible y dentro de los 30 días siguientes a la fecha de adjudicación del contrato y antes de iniciar la instalación de cualquier material, aparato o equipo, se someterá a la aprobación de la Dirección Facultativa una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que se proponen para la instalación. Esta lista incluirá datos de catálogo, diagramas, curvas de rendimiento de bomba, planos de taller, y cualesquiera otros datos descriptivos que pudiera pedir la Dirección Facultativa. Se rechazarán cualesquiera elementos de materiales o equipo contenidos en la lista que no se ajusten a los requisitos especificados en el Pliego de Condiciones.

#### *f) Protección durante la Construcción*

Los aparatos, materiales y equipo que se instalen de acuerdo con esta Sección de Pliego de Condiciones se protegerán durante el período de construcción con el fin de evitar los daños que les pudiera ocasionar el agua, basura, sustancias químicas o elementos mecánicos o de cualquier otra cosa. Los aparatos se cubrirán debidamente y los extremos abiertos de los tubos con casquetes o tapones. Se inspeccionarán cuidadosamente y se limpiarán por completo antes de su instalación en el interior de todos los sifones, válvulas, accesorios, tramos de tubería, etc. A la terminación de todo el trabajo se limpiarán totalmente los aparatos, equipo y materiales y se entregarán en condiciones satisfactorias para la Dirección Facultativa.

#### *g) Conexiones a los aparatos*

El Contratista suministrará todos los materiales y mano de obra necesarios para efectuar las conexiones a los sistemas de fontanería de todos los aparatos y equipo que las precisen, especificadas en la presente sección, en otras Secciones del Pliego de Condiciones o se indique en los planos. Se preverá la instalación de depósitos de agua en cubierta, que llevarán un tubo independiente de desagüe de sección 1½", con limpieza fácil. De ellos habrá una acometida de agua, con llave para alimentación del sistema de calefacción.

#### *h) Terminación de las tuberías de agua y desagüe*

Se prolongarán hasta puntos a 2 m. de distancia fuera del edificio, en cuyos lugares se cerrarán con bridas ciegas o tapones y quedarán preparados para efectuar la conexión a los sistemas exteriores de servicios, si tales sistemas no hubieran quedado terminados. Si antes que se efectúe la conexión a los sistemas de servicios se hubiesen tapado las zanjas o se hubiesen cubierto de otro modo las tuberías, se marcarán los lugares donde se encuentren los extremos de cada tubería por medio de estacas u otros medios aceptables. El contratista suministrará y colocará los contadores de agua y un grifo de comprobación, inmediato al contador, accionado por llave de macho.

#### *i) Rozas*

Las rozas o cortes en la construcción se efectuarán solamente con el permiso previo por escrito de la Dirección Facultativa. Los daños al edificio, tuberías, cables, equipos, etc. producidos como consecuencia de dichos cortes, se repararán por mecánicos expertos del ramo correspondiente, sin cargo adicional para el Propietario.

#### *j) Instrucciones de funcionamiento y mantenimiento*

Se fijarán instrucciones impresas de funcionamiento y mantenimiento de cada elemento del equipo en los lugares que designe la Dirección Facultativa. Dichas instrucciones irán montadas en marcos de madera dura con frentes de cristal o montados sobre plástico.

#### *k) Lista de piezas y de precios*

Con cada elemento de equipo suministrado por un fabricante se suministrarán dos copias de las listas de piezas de repuesto, listas de precios y manuales de funcionamiento, además de los datos de catálogo y planos de taller necesarios.

### **3.3. MATERIALES**

*a) Salvo indicaciones especiales de los planos del Proyecto, las tuberías deberán cumplir con:*

Las tuberías enterradas de aguas fecales y residuales serán de gres vitrificado, hormigón centrifugado o P.V.C. La resistencia del tubo a la compresión, apoyado sobre el lecho uniforme, no será inferior a 1.500 Kg. por metro de longitud de tubería.

Las tuberías no enterradas de desagüe de residuales y fecales, colgadas del techo o colocadas verticales, podrán ser de cualquier tipo de tubería de presión.

La tubería enterrada para agua, situada dentro de la zona del edificio y prolongada 2 m. más allá del mismo, será de los diámetros expresados en planos, de acero galvanizado, con boquilla del mismo metal igualmente galvanizados, con accesorios roscados de hierro fundido, o bien de P.V.C. de presión o de cobre, diseñado para una presión de trabajo de 10,5 Kg./cm<sup>2</sup>.

Tubería de plomo. El plomo será de segunda presión, dulce flexible laminado, de fractura brillante y cristalina y no contendrá materias extrañas. El plomo que se emplee en las tuberías será del llamado de doble presión, compacto, maleable, dúctil y exento de sustancias extrañas y en general de todo defecto que permita la filtración o escape del líquido. Los diámetros y espesores de los tubos serán los indicados en el Proyecto.

#### *b) Suspensores, soportes y silletas de protección para tuberías*

Los suspensores, soportes y las silletas protectoras de aislamiento de tuberías serán productos normales comerciales adecuados para el servicio a que se destinan.

Los suspensores serán de tipo regulable y de adecuada resistencia y rigidez de acuerdo con la carga que deban soportar. Las silletas tendrán suficiente profundidad para el espesor del aislamiento, si es necesario.

#### *c) Válvulas*

El cuerpo de las válvulas de 1½" y menores serán de latón fundido y sus guarniciones de latón estarán diseñadas para una presión de 10,5 Kg./cm<sup>2</sup>. El cuerpo de las válvulas de compuertas de 2 pulgadas y tamaños superiores serán de hierro fundido con guarniciones de latón, y estarán diseñadas para una presión de trabajo de 10,5 Kg/cm<sup>2</sup>. Todas las llaves y válvulas que queden al exterior, serán de material niquelado, y en los pasos de tuberías por paredes se colocarán arandelas de la misma clase.

#### *d) Sifones*

Los sifones de aparatos al exterior serán de material niquelado. Los tubos vistos serán también niquelados, y en los pasos de tuberías se instalarán arandelas de la misma clase.

#### *e) Sumideros*

Sifónico con salida horizontal, será de fundición con espesor mínimo de 3 mm., planta cuadrada, cuerpo sifónico con cierre hidráulico de altura mínima 50 mm. Los desagües en cubiertas se ajustarán a los requisitos que figuren en la sección correspondiente del Pliego de Condiciones.

#### *f) Aparatos y accesorios de fontanería*

Serán de porcelana vitrificada de primera calidad de los tipos y características indicadas en los planos. Todos los aparatos se complementarán con sus griferías, desagües y sistemas correspondientes. Todos los aparatos tendrán sifón de aislamiento y los retretes, urinarios y vertederos, acometerán a una rama de la tubería de ventilación, que terminará 2 m. por encima de la cubierta.

### **3.4. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS**

#### *a) Conexiones transversales e interconexiones*

Ningún aparato, dispositivo o aparato de fontanería se instalará de forma que pueda producir una conexión transversal o interconexión entre un sistema de distribución de agua para beber o para usos domésticos y otros de aguas contaminadas, tales como los sistemas de desagües, de aguas residuales y fecales de forma que pudiera

hacer posible el contraflujo de aguas, contaminadas o residuales dentro del sistema de abastecimiento.

#### *b) Aspecto*

Toda la tubería se instalará de forma que presente un aspecto limpio y ordenado, se usarán accesorios para todos los cambios de dirección y los tendidos de tuberías se instalarán paralelos o en ángulos rectos a los elementos estructurales del edificio, dejando las máximas alturas libres para no interferir los aparatos de luz y el trabajo de otros contratistas. En general, toda la tubería suspendida se instalará lo más cerca posible del techo o estructura superior, o como se indique.

#### *c) Dilatación y contracción de las tuberías*

Se deberán tomar medidas a través del sistema completo para permitir la dilatación y contracción de las tuberías. Se instalarán anclajes en los puntos medios de los tendidos horizontales para forzar la dilatación por igual a ambos lados.

#### *d) Instalación*

Todas las válvulas, registro de limpieza, equipo, accesorios, dispositivos, etc. se instalarán de forma que sean accesibles para su reparación y sustitución.

#### *e) Tuberías de ventilación*

Las tuberías de ventilación donde existan tramos horizontales, se instalarán con pendiente hacia el desagüe. Las tuberías de ventilación verticales atravesarán la cubierta y se prolongarán sobre ella 2 m. En los bajantes en que no exista ventilación, se prolongará la bajante sobre cubierta y se cubrirá con un sombrerete para asegurar de este modo la ventilación de la columna. Todos los retretes y urinarios elevarán su ventilación correspondiente con tubos de sección no inferior a 1" acometido al tubo general de ventilación, cuya sección no bajará de 1½".

#### *f) Uniones*

Uniones para tuberías de hierro fundido: Las uniones para tubería de hierro fundido a enchufe y cordón se construirán retacando apretadamente estopa, yute trenzado o retorcido en los espacios anulares entre enchufe y cordón hasta 3,75 cm. de



la superficie del enchufe y rellenando el espacio restante con plomo derretido en un solo vertido. El plomo será después retacado para que produzca una unión estanca sin deformación para el enchufe. A continuación se enrasará el plomo con la superficie del enchufe.

Uniones de tuberías roscadas: Las uniones de tuberías roscadas se efectuarán con compuesto aprobado de grafito, que se aplicará solamente a los hilos de las roscas machos y dejando la unión estanca sin que queden al descubierto más de dos hilos de rosca completos. Los hilos de rosca que queden al descubierto una vez terminada la unión se embadurnarán con compuesto. Los hilos de las roscas serán de corte limpio, cónicos y los extremos de todas las tuberías se escariarán antes de su instalación.

Uniones de tuberías de hierro fundido con tuberías de hormigón: La unión se realizará empaquetando el espacio anular con una capa de yute trenzado o retorcido y rellenando el espacio restante con mortero de cemento. Finalmente, se recubrirá el exterior de la unión con mortero de cemento de 5 cm.

### *g) Suspensores*

1.- Para todas las tuberías: Todas las tuberías irán seguramente soportadas. Los tramos verticales de tuberías irán soportados por medio de grapas de acero o bien hierro o por collarines instalados en el nivel de cada planta y a intervalos no superiores a 3 m. Las tuberías de hierro fundido se instalarán en forma que el cordón de cada tramo de tubería se apoye en cada grapa o collarín. Los soportes para bajantes en muros exteriores de fábrica o de hormigón del edificio serán de tipo empernado de anillo partido con una prolongación embutida en el Muro; dichos soportes en muros de fábrica se colocarán al tiempo de construir el muro, y en los muros de hormigón se colocarán en los encofrados antes del vertido del hormigón. Los tramos horizontales de tuberías irán soportados por suspensores ajustables del tipo de horquilla, y barras macizas fijadas con seguridad a la estructura del edificio. En tendidos de tuberías paralelas pueden usarse suspensores trapezoidales, en lugar de suspensores independientes. Todos los suspensores tendrán tensores u otros medios aprobados de ajuste. Cuando existan tuberías, tales como las de aseos individuales, que desemboquen en bajantes principales que no estén lo suficientemente bajas para permitir el uso de tensores, se usarán otros

medios de ajuste. No se aceptarán suspensores de cadena fleje, barra perforada o de alambre.

2.- Tubería horizontal de hierro y de acero: El espacio máximo entre soportes y suspensores para tuberías de hierro y de acero no excederán de las medidas que se indican a continuación:

Tamaño de tubería Espacio máximo

1" 3,00 m.

2" 3,35 m.

3" 3,65 m.

4" 4,25 m.

#### *h) Manguitos para tuberías*

Manguitos: Se suministrarán e instalarán manguitos de dimensiones apropiadas en aquellos lugares en que las tuberías especificadas en esta Sección del Pliego de Condiciones atraviesen zapatas, pisos, muros, tabiques y cielos rasos. Para un grupo de tuberías que atraviese un piso se podrá usar una abertura en lugar de manguitos individuales; tales aberturas irán adecuadamente reforzadas. Los manguitos en las construcciones de hormigón se instalarán en los encofrados antes del vertido del hormigón. Los manguitos en obras de fábrica se instalarán cuando lo precisen los trabajos de albañilería.

Diámetros de los manguitos: El diámetro de éstos será 12 mm superior al diámetro exterior de la tubería, excepto cuando las tuberías atraviesen zapatas o muros de carga, en cuyo caso serán 15 mm mayor, como mínimo, que la tubería.

Materiales: Los manguitos en zapatas serán de tubería de hierro fundido. Los manguitos en muros de carga y tabiques serán de hierro forjado o acero. Los manguitos en vigas de hormigón contra incendios, serán de tubería de hierro forjado o de acero. Los manguitos en pisos en lugares ocultos y en codos para inodoros serán de chapa de acero galvanizado, con un peso de 4,4 Kg./m<sup>2</sup>., como mínimo. Los manguitos que vayan al descubierto en pisos de habitaciones acabadas serán de tubería de hierro forjado o de acero.

### **3.5. VÁLVULAS**

La situación de las válvulas principales será la que se indica en los planos. Todas las válvulas se instalarán en lugares accesibles o se suministrarán paneles de acceso. No se instalará ninguna válvula con su vástago por debajo de la horizontal. Todas las válvulas estarán diseñadas para un presión nominal de trabajo de 8,8 Kg./cm<sup>2</sup> o presiones superiores, excepto cuando se especifique de distinta manera en los planos.

### **3.6. SIFONES**

Se suministrarán e instalarán los botes sifónicos que se indican en planos. En los aparatos que no desagüen en el bote sifónico correspondiente, se instalará un sifón individual. En ningún caso los aparatos tendrán doble sifón.

### **3.7. REGISTROS DE LIMPIEZA**

Se suministrarán e instalarán registros de limpieza en todas aquellas partes en que se indique en los planos, y en todas aquellas que durante la ejecución de la obra se estime necesario.

Los registros de limpieza serán de las mismas dimensiones que las tuberías a las que sirven.

### **3.8. APARATOS DE FONTANERÍA**

#### a) Generalidades

Se suministrarán e instalarán aparatos de fontanería, completos, en los lugares indicados en los planos con todas sus guarniciones y accesorios necesarios para su correcta instalación y funcionamiento. Todos los aparatos, excepto los inodoros, tendrán la toma de agua por encima del reborde. Los sifones que vayan al exterior y los tubos de alimentación para todos los aparatos y equipo se conectarán en el muro a los sistemas de tubería sin acabar a menos que se especifique o se indique otra cosa, e irán equipados de escudetes en los lugares en que penetre en el muro. Todos los accesorios y guarniciones que vayan al descubierto serán niquelados con las superficies pulidas.

### b) Conexiones de inodoros

Las conexiones entre porcelana y las bridas de piso en la tubería de desagüe serán absolutamente estancas a los gases y al agua por medio de compuesto o empaquetaduras para el ajuste de aparatos, según se especifique en la presente sección del Pliego de Condiciones. No se aceptarán juntas de caucho y masilla.

## **3.9. ENSAYOS**

### a) Generalidades

El contratista ensayará todos los sistemas de tuberías de fecales, residuales, ventilación y de agua, que serán aprobados por la Dirección Facultativa, antes de su aceptación. Las tuberías de fecales y residuales enterradas se ensayarán antes de proceder al relleno de las zanjas. El contratista suministrará el equipo y aparatos necesarios para los ensayos.

### b) Sistemas de desagüe

Ensayo con agua: Se taponarán todas las aberturas del sistema de tuberías de desagüe y ventilación para permitir el relleno con agua de todo el sistema hasta el nivel del tubo vertical de ventilación más alto sobre la cubierta. El sistema se rellenará de agua, que retendrá durante 30 minutos sin presentar caída alguna del nivel del agua superior a 10 cm. Cuando haya de ensayarse alguna parte del sistema, el ensayo se realizará del mismo modo que se especifica para el sistema completo, excepto cuando se instala un tubo vertical de 3 m. sobre la parte que haya de probarse para mantener la suficiente presión o se hará uso de una bomba para mantener la presión exigida.

### c) Sistemas de Agua

A la terminación de la instalación de los conductos, y antes de colocar los aparatos, se ensayarán los sistemas completos de agua fría a una presión hidrostática mínima de 7,00 Kg/cm<sup>2</sup> durante 30 minutos como mínimo, demostrando ser estancas a esta presión. Cuando antes de la terminación se haya de tapar una parte del sistema de la tubería de agua, dicha parte se ensayará separadamente de la misma manera.

#### d) Trabajos defectuosos

Si durante los ensayos o durante la inspección se observasen defectos, se retirarán todos los trabajos defectuosos y se sustituirán adecuadamente, después de lo cual se repetirán las pruebas e inspección. Las reparaciones de las tuberías se efectuarán con materiales nuevos. No se aceptarán el calafateo de los agujeros ni las uniones roscadas. El contratista general responderá de la instalación durante un año a partir de la recepción definitiva.

### **3.10. LIMPIEZA Y AJUSTE**

A la terminación de los trabajos se procederá a una limpieza total de la instalación. Todo el equipo, tuberías, válvulas, accesorios, etc. se limpiarán perfectamente eliminando de los mismos cualquier acumulación de grasa, suciedad, limaduras metálicas de cortes de metales, cieno, etc. Toda decoloración y cualquier daño a cualquier parte del edificio, su acabado o elementos, que se hubieran producido como consecuencia del incumplimiento por parte del Contratista.

Se efectuará adecuadamente la limpieza de las redes de las tuberías, se repararán debidamente por cuenta del Contratista, sin cargo adicional alguno para la Propiedad. Las válvulas y otros elementos del sistema se ajustarán en forma que su funcionamiento resulte silencioso. Los dispositivos de regulación automática se ajustarán para su adecuado funcionamiento.

### **3.11. ESTERILIZACIÓN**

Todos los sistemas de tuberías de distribución de agua se esterilizarán con una solución que contenga un mínimo de cincuenta partes por millón de cloro disponible líquido, o una solución de hipoclorito sódico. La solución esterilizante permanecerá en el interior del sistema durante un tiempo no inferior a 8 horas, durante el cual se abrirán y cerrarán varias veces todas las válvulas y grifos. Después de la esterilización se eliminará la solución del sistema por inundación con agua limpia, hasta que el contenido residual de cloro no sea superior a 0,2 partes por millón.

### **3.12. DIBUJO DE OBRA TERMINADA**

El Contratista presentará a la aprobación de la Dirección Facultativa cualquier variación a introducir en la obra y presentará al final dos juegos de planos de instalación y obra ya terminada.

### **3.13. PINTURA**

La tubería desnuda al descubierto en los edificios (con excepción de registros de conservación, espacios de tuberías y zonas semejantes sin acabar) recibirá dos manos de pintura. La pintura será según se especifique y en su color hará juego con el de las paredes o techos contiguo, o según lo indique la Dirección Facultativa. Los suspensores, soportes, anclajes para tubería, los filtros o alcachofas y demás accesorios se pintarán según se especifique para la tubería de la cual formen parte.

En particular la tubería de hierro y los depósitos, si fueran de chapa, llevarán dos manos de minio.

Toda superficie que haya de ser pintada, será previamente escobillada, para hacer desaparecer el polvo depositado en ella.

Este trabajo se ejecutará con escobilla de zinc, sin mango o con brocha áspera.

Será obligatoria esta operación, tanto en los trabajos de reparación, como en las obras de pintura nuevas.

Cuando estas superficies presenten alguna rugosidad, abultamiento o defectos de ejecución, será necesario rasparlos por medio de espátula o rascador, hasta dejar la superficie perfectamente lisa.

El escobillado se completará por un estropajeado posterior, que arrastre completamente el polvo que haya podido quedar del escobillado

### **3.14. VIDRIOS Y CRISTALES**

Los cristales serán claros, diáfanos, deslustrados y raspados, de color, prensados o dibujos, según se designe en cada clase de obra.

Serán de grueso uniforme perfectamente planos, y estarán desprovistos de manchas, burbujas, nubes, piqueras y de otros defectos. Deberán cortarse con limpieza para su colocación.

### **3.15. COLORES, ACEITES Y BARNICES**

Todas las sustancias de uso general en la pintura, deberán ser de excelente calidad.

Los colores reunirán las condiciones siguientes:

- a) Fijeza en su tinta.
- b) Facultad de incorporarse al aceite, cola, etc.
- c) Insolubilidad en el agua.
- d) Ser inalterables por la acción de los aceites y de otros colores.

Los aceites y barnices reunirán, a su vez, las siguientes condiciones:

- a) Ser inalterables por la acción del aire.
- b) Conservar la fijeza de los colores.
- c) Transparencia y brillo perfecto.

Los colores estarán bien molidos y serán mezclados con el aceite bien purificado y sin pozos. Su color será amarillo claro, no admitiéndose el que al usarlo deje manchas o ráfagas que indiquen la presencia de sustancias extrañas.

El barniz que se emplee será de primera calidad, claro, transparente.

### **3.16. DECORACIÓN Y ORNAMENTACIÓN**

El decorado que debe hacerse, tanto en el interior como en el exterior, se detallará por el Director Facultativo, debiendo sujetarse a los dibujos que seden y a lo que se incluye en el Presupuesto.

El Contratista está obligado a presentar modelos de todos los diversos elementos decorativos y ornamentales a tamaño natural. No podrán ejecutarse estas obras sin la aprobación de los modelos.

Las obras de decoración interior no se harán hasta que estén concluidas las accesorias que se hayan dispuesto.

### **3.17. ANDAMIOS, APEOS Y VALLAS**

Andamios. Todos los andamios se construirán sólidamente con maderas buenas y sanas y de las dimensiones necesarias para soportar los pesos y presiones que han de sufrir, y según las instrucciones y detalles que seden por el Director Facultativo.

Las diferentes partes que constituyen los andamios se unirán entre sí por medio de tornillos, clavos y guías dobles, según convenga en cada caso particular.

En los andamios se colocarán antepechos de un metro de altura, a fin de evitar en lo posible las caídas de operarios. Los tablonos tendrán, por lo menos, 0,20 metros de ancho por 0,07 m. de espesor.

En la construcción de toda clase de andamios se observarán cuantas reglas estén establecidas en las Ordenanzas Municipales, recayendo en el Contratista la responsabilidad de las desgracias que puedan ocurrir, si deja de tomar cualquier otra precaución necesaria, o si falta a las condiciones exigidas a los materiales.

Apeos. En los sitios en que sea necesario y dispongan las autoridades locales, se pondrán vallas sólidamente construidas y de dos metros de altura.



### **3.18. MATERIALES Y OBRAS NO CONSIGNADAS EN ESTE PLIEGO**

Los materiales que no estuviesen consignados en este Pliego y fuese menester emplear, reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio del Director Facultativo. El Contratista no tendrá derecho a reclamación de ningún género por las condiciones que se exijan para estos materiales.

Si en el transcurso de los trabajos fuese menester ejecutar cualquier clase de ellos que no estuviesen especificados en este Pliego de Condiciones, el Contratista está obligado a ejecutarlos con arreglo a las instrucciones que al efecto recibiese del Director Facultativo de la obra, sin tener derecho a reclamación alguna por estas órdenes que recibiese.

## **4. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA**

### **4.1. DIRECCIÓN FACULTATIVA DE OBRA**

El facultativo Director Técnico de las obras es la persona con titulación adecuada y suficiente, directamente responsable de la comprobación y vigilancia de la correcta realización de las obras contratadas.

Para el desempeño de la función podrá contar con colaboradores a sus órdenes, que desarrollarán su labor en función de las atribuciones derivadas de sus títulos profesionales o sus conocimientos específicos, y que integrarán la Dirección de Obra.

La interpretación del Proyecto corresponde en todo momento al Director de Obra, a quien el Contratista debe obedecer en todo momento en todo lo que respecta a la Obra.

Si hubiera alguna diferencia en la interpretación del presente Pliego de Condiciones, el Contratista deberá someterse a las decisiones del Director de Obra.

## **4.2. CONTRATISTA Y PERSONAL DE OBRA**

Se entiende por Contratista a la parte contratante obligada a ejecutar la Obra. Cuando dos o más empresas presenten solidariamente una oferta a la licitación de la Obra, quedarán obligadas solidariamente. Así mismo, el Contratista, cuando sea necesaria su actuación o presencia según la contratación o pliego de cláusulas, podrá ser representado por un Delegado de Obra previamente aceptado por parte de la Dirección de la misma.

Este delegado tendrá capacidad para:

- Organizar la ejecución de la Obra y poner en práctica e interpretar las órdenes recibidas del Director de Obra.
- Proponer a la Dirección o colaborar en la resolución de los problemas que se plantean en la ejecución de la Obra.

El delegado del Contratista tendrá titulación profesional mínima exigida por el Directo de Obra; así mismo, éste podrá exigir también, si así lo creyese oportuno, que el Contratista designe además al personal facultativo necesario bajo la dependencia de su técnico delegado.

Por otra parte, el Director de Obra podrá recabar del Contratista la designación de un nuevo delegado y, en su caso, de cualquier facultativo que de él dependa, cuando así lo justifique su actuación y la Obra.

## **4.3. OFICINA EN LA OBRA**

El Contratista habilitará en la Obra una oficina, en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha oficina tendrá siempre una copia de todos los documentos del Proyecto que le hayan sido facilitados por el Director de Obra, así como el libro de Órdenes.

#### **4.4. TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE EN EL PLIEGO DE CONDICIONES**

Es obligación de la Contrata ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las Obras, aun cuando no esté expresamente estipulado en los Pliegos de Condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Director de Obra, y dentro de los límites de posibilidades que los Presupuestos determinen para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

#### **4.5. INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO**

Cuando se trata de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones, o indicaciones de los Planos, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Contratista, estando éste obligado, a su vez, a devolver ya los originales, ya las copias, suscribiendo con su firma, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba, tanto de los encargados de la vigilancia de las Obras, como del Director de Obra.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea, oportuno el Contratista, habrá de dirigirla, dentro del plazo de quince días, al inmediato superior técnico del que la hubiera dictado, pero por conducto de éste, el cual dará al Contratista el oportuno recibo, si éste lo solicitase.

#### **4.6. RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DEL DIRECTOR DE OBRA**

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes emanadas del Director de Obra sólo podrán presentarlas a través del mismo ante la Propiedad, si ellas son de origen económico, y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico o facultativo del Director de Obra, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Director de Obra, el cual podrá limitar su contestación al simple acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio en este tipo de reclamaciones.

#### **4.7. RECUSACIÓN POR EL CONTRATISTA DEL PERSONAL NOMBRADO POR EL DIRECTOR DE OBRA**

El Contratista no podrá recusar a los Ingenieros, Arquitectos o personal de cualquier índole dependiente de la Dirección Facultativa o de la Propiedad, encargado de la vigilancia de las Obras, ni pedir que por parte de la Propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones. Cuando se crea perjudicado con los resultados de éstas, procederá con lo estipulado en el artículo precedente, pero que sin que por esta causa pueda interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

#### **4.8. LIBRO DE ÓRDENES**

El contratista tendrá siempre en la Oficina de Obra y a la disposición del Director de Obra un Libro de Órdenes, con sus hojas foliadas por duplicado, en el que redactará las que crea oportuno dar al Contratista para que adopte las medidas precisas que eviten en lo posible los accidentes de todo género que puedan sufrir los obreros, las fincas colindantes y los viandantes en general; las que crea necesarias para corregir las posibles deficiencias constructivas que haya observado en sus visitas a la Obra y, en suma, todas las que juzgue indispensables para que los trabajos se lleven a cabo, de acuerdo y en armonía con los documentos del Proyecto.

Cada orden deberá ser extendida por el Director de Obra, y el folio suscrito con la firma del Contratista o la de su encargado en obra; la copia de cada orden extendida en el folio duplicado quedará en poder del Director de Obra, a cuyo efecto los folios duplicados irán trepados.

El hecho de que en citado libro figuren redactadas las órdenes, que ya preceptivamente tiene la obligación de cumplimentar el Contratista, de acuerdo con lo establecido en el Pliego de Condiciones Generales de la Edificación, no supone eximente ni atenuante alguno para las responsabilidades que sean inherentes al Contratista.

#### **4.9. CAMINOS Y ACCESOS A LA OBRA**

El Contratista construirá o habilitará por su cuenta los caminos o vías de acceso y comunicación de cualquier tipo, por donde se hayan de transportar los materiales a la Obra, cuando para ello exista necesidad.

#### **4.10. COMIENZO DE LA OBRA**

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego Particular de Condiciones Varias, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los periodos parciales en aquel señalados queden ejecutadas las obras correspondientes y que, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito deberá el Contratista dar cuenta al Director de Obra del comienzo de los trabajos antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación.

#### **4.11. ORDEN DE LOS TRABAJOS**

En general, la determinación del orden de los trabajos será facultad potestativa de la Contrata, salvo aquellos casos en que, por cualquier circunstancia de orden técnico o facultativo, estime conveniente su variación el Director de Obra.

Estas obras deberán comunicarse por escrito a la Contrata, y ésta vendrá obligada así estricto cumplimiento, de acuerdo con lo especificado en el Pliego Particular de Condiciones Varias vigente en la Obra, siendo directamente responsable de cual quiéralo o perjuicio que pudiera sobrevenir por su incumplimiento.

#### **4.12. AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS**

El Contratista está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección de Obra disponga, para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le

será asignado en el presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que mutuamente convengan.

#### **4.13. PRÓRROGAS POR CAUSAS DE FUERZA MAYOR**

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Contratista, y siempre que esta causa sea distinta de las que se especifican como de rescisión en el capítulo V, Condiciones de Índole Legal, aquel no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuese posible terminarla en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la Contrata, previo informe favorable del Director de Obra. Para ello, el Contratista expondrá, en escrito dirigido al Director de Obra, la causa que impide la ejecución o marcha de los trabajos, y el retraso que por ello se originará en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

#### **4.14. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto que haya servido de base a la Contrata, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Director de Obra al Contratista, siempre que éstas encajen dentro de la cifra a que asciendan los Presupuestos.

#### **4.15. OBRAS OCULTAS**

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultas a la terminación de la Obra se levantarán los planos precisos e indispensables para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose: uno, al Propietario; otro, al Director de Obra, y el tercero al Contratista, firmados todos ellos por estos dos últimos.

#### **4.16. TRABAJOS DEFECTUOSOS**

El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las Condiciones Generales de Índole Técnica del Pliego de

Condiciones del presente Proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados, de acuerdo con lo especificado también en dicho documento. Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado, así como de las faltas que en ellos hubiere por la deficiente calidad de los materiales empleados o los aparatos instalados, sin que pueda servirle de excusa ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que el Director de Obra o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valoradas en las certificaciones particulares de obra, que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de Obra o su representante en la misma adviertan vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o efectuados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la Obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la Contrata.

#### **4.17. VICIOS OCULTOS**

Si el Director de Obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar, en cualquier momento, y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos de demolición y reconstrucción que se ocasionen serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente, y en caso contrario correrán de cuenta del Propietario.

#### **4.18. MATERIALES NO UTILIZADOS**

El Contratista, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar de la Obra en el que por no causar perjuicio a la marcha de los trabajos se

le designe, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etcétera, que no sean utilizables en la Obra. Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones Particulares vigente en la Obra. Si no hubiese nada preceptuado sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Director de Obra, pero acordando previamente con el Contratista su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

#### **4.19. MATERIALES Y APARATOS DEFECTUOSOS**

Cuando los materiales o aparatos no fueran de la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, el Director de Obra dará orden al Contratista para que los sustituya.

#### **4.20. MEDIOS AUXILIARES**

Serán de cuenta y riesgo del Contratista los andamios, ciambras, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, no teniendo por tanto el Propietario responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

Todos éstos, siempre que no se haya estipulado lo contrario en las Condiciones Particulares de la Obra, quedarán a beneficio del Contratista, sin que éste pueda fundar reclamación alguna en la insuficiencia de dichos medios, cuando éstos estén detallados en el Presupuesto y consignados por partida alzada o incluidos en los precios de las distintas unidades de obra.

#### **4.21. RECEPCIONES PROVISIONALES**

Treinta días antes como mínimo de la terminación de las obras, o parte de ellas en el caso de que los Pliegos de Condiciones Particulares estableciesen recepciones parciales, comunicará el Director de Obra al Propietario la proximidad de su terminación, a fin de que este señale fecha para el acto de la recepción provisional.



Del resultado de esta recepción se extenderá acta por triplicado, firmado por las tres personas legales antes indicadas.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente, comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía señalado en los Pliegos de Condiciones Particulares vigentes en la Obra; en su defecto, se considerará un plazo de tres meses.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se especificarán en las mismas las precisas y detalladas instrucciones que el Director de Obra debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijándole un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones, a fin de proceder de nuevo a la recepción provisional de la Obra.

Si el Contratista no hubiese cumplido, se declarará rescindida la Contrata con pérdida de fianza, a no ser que el Propietario acceda a concederle un nuevo e improrrogable plazo.

#### **4.22. CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE**

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendida entre las recepciones parciales y la definitiva correrán a cargo del Contratista.

Si la Obra fuese utilizada antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones causadas por el uso correrán a cargo del Propietario, y las reparaciones por vicios de obra o por defectos de las instalaciones serán a cargo del Contratista.

#### **4.23. MEDICIÓN DEFINITIVA DE LOS TRABAJOS**

Recibidas provisionalmente las obras se procederá inmediatamente por el Director de Obra a su medición general y definitiva, con precisa asistencia del Contratista o un representante suyo nombrado por él o de oficio, en la forma prevenida como recepción definitiva de obra. Servirán de base para la medición los datos del

replanteo general, los datos de los replanteos parciales que hubiese exigido el curso de los trabajos, los de cimientos y demás partes ocultas de la obra tomados durante la ejecución de los trabajos, y autorizados con las firmas del Contratista y del Director de Obra. La medición que se lleva a cabo de las partes descubiertas de las obras de fábrica y accesorias y, en general, las que convengan al procedimiento consignado en las condiciones de la Contrata para decidir el número de unidades de obra de cada clase ejecutadas, se realizarán teniendo presente, salvo pacto en contra, lo preceptuado en los diversos artículos del Pliego de Condiciones de Índole Técnica, adoptando para sus obras por la Dirección General de Arquitectura, al establecerse las normas para la medición y valoración de los diversos trabajos.

#### **4.24. RECEPCIONES DEFINITIVAS**

Finalizado el plazo de garantía, se procederá a la recepción definitiva, con las mismas formalidades señaladas en los artículos precedentes para la provisional; si se encontraran las obras en perfecto estado de uso y conservación se darán por recibidas definitivamente.

En caso contrario, se procederá de idéntica forma que la preceptuada para la recepción provisional, sin que el Contratista tenga derecho a percepción de cantidad alguna en concepto de ampliación. También deberá hacerse cargo de los gastos de conservación hasta que la Obra haya sido recibida definitivamente.

### **5. CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA**

#### **5.1. BASE FUNDAMENTAL**

Como base fundamental de estas Condiciones Generales de Índole Económica, se establece el principio de que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos efectuados, siempre que éstos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y a las condiciones generales y particulares que rijan la construcción de la instalación y obra aneja contratada.

## **5.2. FIANZA**

Salvo lo que expresamente se preceptúe en el Pliego de Condiciones Particulares de Índole Económica que rija la Obra, la fianza que se exigirá al Contratista para que responda del cumplimiento de lo contratado se convendrá previamente entre el Director de Obra y el Contratista, entre una de las siguientes:

- Depósito de valores públicos del Estado por un importe del 10% del presupuesto de la Obra contratada.
- Depósito en metálico de la misma cuantía indicada en el apartado anterior.
- Depósito previo en metálico equivalente al 5% del presupuesto de la Obra o trabajo contratado, que se incrementará hasta una cuantía del 10% del presupuesto mediante deducciones del 5% efectuadas en el importe de cada certificación abonada al Contratista.

## **5.3. EJECUCIÓN DE TRABAJO CON CARGO A LA FIANZA**

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la Obra, el Director de Obra, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar por un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

## **5.4. CARÁCTER DE LAS LIQUIDACIONES PARCIALES**

Las liquidaciones parciales tienen carácter de documentos provisionales, a buena cuenta y sujetos a las rectificaciones y variaciones que resulten de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones de obra la aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

En ningún caso podrá el Contratista alegando retraso suspender los trabajos ni llevarlos con menos incremento del necesario para la terminación de las obras en el plazo establecido.

## **5.5. COMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS**

Con el fin de que el Contratista tenga derecho a la revisión de precios, la relación de los precios contratados y descompuestos en la forma en que se establece en el documento Mediciones y Presupuesto, será condición indispensable que antes de comenzar la ejecución de todas y cada una de las unidades contratadas, reciba por escrito la conformidad del Director de Obra de los precios en jornales, materiales, transportes y porcentajes que se especificarán en el citado documento.

## **5.6. PRECIOS DE CONTRATA. IMPORTE DE CONTRATA**

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de ejecución material más el tanto por ciento sobre este último precio en concepto de Beneficio Industrial del Contratista. A falta de un convenio especial, se aplicará por dicho concepto un 13% sobre los precios de ejecución material.

De acuerdo con lo establecido, se entiende por importe de Contrata de un edificio u obra aneja la suma de su importe de ejecución material más el quince por ciento (13%) de Beneficio Industrial, entendiéndose que dicho 13% se descompone de la siguiente forma:

- Imprevistos, ajenos a los aumentos o variaciones en obra, un 2%.
- Gastos por administración y dirección práctica de los trabajos, 2%.
- Interés del capital adelantado por el Contratista, un 3%.
- Beneficio Industrial del Contratista, 6%.

## **5.7. PRECIOS CONTRADICTORIOS**

Los precios de las unidades de obra, así como los de los materiales o de mano de obra de trabajos que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre el Director de Obra y el Contratista o su representante autorizado expresamente a estos efectos.

El Contratista los presentará descompuestos, siendo condición necesaria la presentación y aprobación de estos precios antes de proceder a la ejecución de las unidades correspondientes.

De los precios así acordados se levantarán actas que firmarán por triplicado el Director de Obra, el Propietario y el Contratista, o los correspondientes representantes nombrados por ellos a tal efecto.

## **5.8. RECLAMACIONES DE AUMENTO DE PRECIOS POR CAUSAS DIVERSAS**

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural que por ello en principio no se deba admitir la revisión de los precios contratados. No obstante, y dada la variabilidad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transporte, que son características de determinadas épocas, se admite durante ellas la revisión de los precios contratados, bien en alza o en baja, y en armonía con las oscilaciones de los precios en el mercado.

Por ello, y en los casos de revisión de alza, el Contratista puede solicitarla del Propietario, pero habiendo cumplimentado previamente lo dispuesto en el artículo 4.5. precedente, y obligándose además a notificar por escrito al Propietario en cuanto se produzca cualquier alteración de precio que repercuta aumentando los contratados. Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o continuar la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento cuyo precio en el mercado, y por causa justificada, haya subido. Se especificará y se acordará también, previamente, la fecha a partir de la cual se aplicará el precio revisado y elevado, para lo cual se tendrá en cuenta, cuando así proceda, el acopio de materiales en la obra en el caso de que estuviesen abonados total o parcialmente por el Propietario.

Si el Propietario, o el Ingeniero Director de Obra en su representación, no estuviese conforme con los nuevos precios de materiales, transporte, etcétera, que el Contratista desea percibir como normales en el mercado, aquel tiene la facultad de proponer al Contratista, y éste la obligación de aceptarlos, los materiales, transportes, etcétera, a precios inferiores a los pedidos por el Contratista, en cuyo caso, como es

lógico y natural, se tendrán en cuenta para la revisión los precios de los materiales adquiridos por el Contratista merced a la información del Propietario.

### **5.9. ABONO DE LAS OBRAS**

El abono de los trabajos ejecutados se efectuará previa medición mensual, y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas el precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, siempre y cuando se hayan realizado con sujeción a los documentos del Proyecto, siguiendo órdenes que por escrito haya entregado el Director de Obra.

### **5.10. ABONO DE UNIDADES DE OBRA EJECUTADAS**

El Contratista deberá percibir el importe de todas aquellas unidades de obra que haya ejecutado con arreglo y sujeción a los documentos del Proyecto, a las condiciones de la Contrata y a las órdenes e instrucciones que por escrito entregue el Director de Obra, y siempre dentro de las cifras a las que ascienden los Presupuestos aprobados.

Tanto en las certificaciones como en la liquidación final, las obras serán en todo caso abonadas a los precios que para cada unidad de obra figuren en la oferta aceptada, y a los precios contradictorios fijados en el transcurso de la obra, de acuerdo con lo previsto en el presente Pliego de Condiciones Generales de Índole Económica a estos efectos, así como respecto a las partidas alzadas y obras accesorias complementarias.

En ningún caso, el número de unidades que se consigne en el proyecto o en el Presupuesto podrá servir de fundamento para reclamaciones de ninguna especie.

### **5.11. RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICACIONES**

En cada una de las épocas o fechas que se fijan en el Contrato o en los Pliegos de Condiciones particulares que rijan la Obra, formará el Director de Obra una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas se valorará aplicando el resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderal o numeral correspondiente para cada unidad de obra, los precios señalados en el Presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente, además, lo establecido en el presente Pliego General de Condiciones Económicas respecto a mejoras o sustituciones de material, y a las obras accesorias y especiales.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el Director de Obra los datos correspondientes de la certificación, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que en el plazo de diez días a partir de la fecha de recibo de dicha nota pueda el Contratista examinarlos y devolverlos firmados con su conformidad, o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los diez días siguientes a su recibo, el Director de Obra aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista, si las hubiera, dando cuentas al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del

Director de obra en la forma prevista en los Pliegos de Condiciones Generales de Índole Facultativa y Legal.

Cuando por la importancia de la Obra o por la clase y número de documentos no considerase el Contratista suficiente aquel plazo para su examen, podrá el Director de Obra concederle una prórroga. Si transcurrido el plazo de diez días o la prórroga expresada no hubiese devuelto el Contratista los documentos remitidos, se considerará que está conforme con los referidos datos.

Tomando como base la relación valorada indicada anteriormente, expedirá el Director de Obra la certificación de las obras ejecutadas. De su importe deducirá, en su caso, el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del Propietario, podrá certificarse hasta el 90% de su importe, a los precios que figuren en los documentos del Proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de Contrata.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al periodo a que se refieran, y tendrán el carácter de documento de entrega a buena cuenta, sujeto a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

## **5.12. ABONOS DE TRABAJOS PRESUPUESTADOS POR PARTIDA ALZADA**

Salvo lo preceptuado en el Pliego de Condiciones Particulares de Índice Económica vigente en la Obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partida alzada se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.
- Si no existen precios contratados para unidades de obra similares o iguales, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo en el caso de que en el Presupuesto de la Obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso el Director de Obra indicará al Contratista, y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que debe seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de administración, valorándose los materiales y los jornales a los precios que figuren en el presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a su ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el 15% en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.



### **5.13. INDEMNIZACIÓN POR RETRASO NO JUSTIFICADO EN EL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS**

Salvo lo que se preceptúe en el Pliego de Condiciones Particulares de Índole Económica vigente en la Obra, el importe de la indemnización que debe abonar el Contratista por causa de retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras contratadas se fijará entre cualquiera de las siguientes:

- Una cantidad fija durante el tiempo de retraso por día, semana, mes, etcétera.
- El importe de la suma de perjuicios materiales causados por la imposibilidad de ocupación del inmueble, previamente fijados.
- El abono de un tanto por ciento anual sobre el importe capital desembolsado a la terminación del plazo fijado y durante el tiempo que dure el retraso.

La cuantía y procedimiento a seguir para fijar el importe de la indemnización entre los anteriormente especificados se convendrá expresamente entre ambas partes contratantes, antes de la firma del Contrato.

### **5.14. SEGURO DE LAS OBRAS**

El Contratista estará obligado a asegurar la obra durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por Contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora en el caso de siniestro se ingresará en cuanta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya, y a medida que esta se haya realizado.

El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de construcción.

En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecha en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será

motivo suficiente para que el Contratista pueda rescindir la Contrata, con devolución de fianza, abono de gastos, materiales acopiados, etcétera, y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se le hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora respecto al importe de los daños ocasionados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Director de Obra.

### **5.15. CONSERVACIÓN DE LA OBRA**

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la Obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de su recepción definitiva, el Director de Obra, en representación del Propietario, procederá a disponer todo lo preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese necesario para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de rescisión del Contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Director de Obra fije.

Después de la recepción provisional de la Obra y en el caso de que la conservación de la Obra corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etcétera, que los indispensables para su guardería y limpieza, y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el Contratista a revisar y reparar la Obra, durante el plazo expresado, procediendo de la forma prevista en el presente Pliego de Condiciones Económicas.

## **6. CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL**

### **6.1. CONTRATO**

En el Contrato suscrito entre la Propiedad y el Contratista deberá explicarse el sistema de ejecución de las obras, que podrán ejecutarse por cualquiera de los siguientes sistemas:

- Por tanto alzado: comprenderá la ejecución de toda parte de la Obra, con sujeción escrita a los documentos del Proyecto y a las condiciones particulares que en cada caso se estipulen.
- Por Contratos de manos de obra, siendo de cuenta de la Propiedad el suministro de materiales y medios auxiliares en condiciones idénticas a las anteriores.

En dicho Contrato, deberá explicarse si se admiten o no los subcontratos y los trabajos que puedan ser adjudicados directamente por el Director de Obra a casas especializadas.

### **6.2. ADJUDICACIÓN**

La adjudicación de las obras podrá efectuarse por cualquiera de los tres procedimientos siguientes:

- ❖ Subasta pública o privada.
- ❖ Concurso público o privado.
- ❖ Adjudicación directa.

En el primer caso, será obligatoria la adjudicación al mejor postor, siempre que esté conforme con lo especificado en los documentos del Proyecto. En el segundo caso, la adjudicación será de libre elección.



Obra proporcionará al Contratista la información cuyo conocimiento crea necesario sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Serán de obligado cumplimiento las normas contenidas en los siguientes reglamentos:

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Reglamento de Servicios Médicos de la Empresa.

El Contratista se compromete a facilitar y hacer utilizar a sus empleados todos los medios de protección personal que la naturaleza de los trabajos a efectuar exija, tanto de protección personal como colectiva.

El Contratista acepta la inspección del Director de Obra en cuanto a seguridad se refiere, y se obliga a corregir, con carácter inmediato, los defectos que se encuentren, pudiendo el director de Obra, en caso necesario, paralizar las obras hasta tanto se hayan subsanado los defectos, corriendo por cuenta del Contratista las pérdidas que se originen.

El Contratista se obliga a tener suscrita la oportuna Póliza de Seguro de Accidentes de Trabajo, que ampare a su personal contra los riesgos por accidentes para cualquier tipo de invalidez y muerte.

Se obliga también a dar de alta en todos los seguros sociales, incluido en el de desempleo o paro, a todo el personal de plantilla o eventual que emplee en la ejecución de la Obra.

Mensualmente, en su caso, presentará a la contratante fotocopia de los boletines de cotización correspondiente a la última liquidación referida a la fecha. Igualmente, se obliga a abonar los salarios de su personal que legalmente correspondan a sus respectivos vencimientos, a cuyos efectos se podrá exigir la presentación de los oportunos recibos justificantes del mismo.

El Contratista se compromete a mantener al Contratante libre de cualquier reclamación y responsabilidad derivadas de daños a las cosas, así como de lesiones o muertes de cualquier persona a su servicio o ajena con motivo y durante la ejecución de la Obra. El Contratante, por su parte, asegurará a sus propios agentes.

## **6.6. RECONOCIMIENTO DE OBRAS CON VICIOS OCULTOS**

Si el Director de Obra tiene fundadas razones para sospechar la existencia de vicios ocultos en las obras ejecutadas, ordenará en cualquier tiempo, antes de la recepción definitiva, la demolición de las que sean necesarias para reconocer las que suponga defectuosas.

Los gastos de demolición y reconstrucción que se ocasionen serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente, y en caso contrario correrán de cuenta del Propietario.

## **6.7. POLICÍA DE OBRA**

Serán de cargo y cuenta del Contratista el vallado y la policía o guardián del solar, cuidando de la conservación de sus líneas de lindero y vigilando que los poseedores de fincas contiguas no realicen actos que durante las obras mermen o modifiquen la Propiedad.

Toda observación referente a este punto será puesta inmediatamente en conocimiento del Director de Obra.

El Contratista es responsable de toda falta relativa a la Policía Urbana y a las Ordenanzas Municipales a estos efectos vigentes en la localidad en que la edificación está emplazada.

## **6.8. ACCIDENTES DE TRABAJO**

En caso de accidentes ocurridos a los operarios con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las Obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a

estos efectos en la legislación vigente, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la Propiedad por responsabilidades de cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan, para evitar en lo posible accidentes a los obreros o a los viandantes, no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la Obra.

De los accidentes y perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable o sus representantes en obra, ya que se consideran los precios para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales.

Será preceptivo que en el tablón de anuncios de la Obra, y durante todo su transcurso, figure el presente artículo, sometiéndolo previamente a la firma del Director de Obra.

## **6.9. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO**

Se considerarán causas suficientes de rescisión de Contrato las que a continuación se señalan:

- Muerte o incapacitación del Contratista.
- Quiebra del Contratista.

En estos dos casos, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras bajo las mismas condiciones estipuladas en el Contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquellos derecho a indemnización alguna.

Alteraciones del Contrato por las siguientes causas:

- Modificación del Proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo, a juicio del Director de Obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de ejecución, como consecuencia de

estas modificaciones, represente en más o menos el 25% como mínimo del importe de aquél.

- La modificación de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen variaciones, en más o en menos, del 40% como mínimo de alguna de las unidades que figuren en las mediciones del Proyecto, o más del 50% de unidades del Proyecto modificado.
- Suspensión de la Obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.
- El no dar comienzo la Contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del Proyecto.
- El incumplimiento de las condiciones del Contrato, cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- La terminación del plazo de ejecución de la Obra, sin haberse llegado a ésta.
- El abandono de la Obra sin causa justificada.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos.

## **6.10. DEVOLUCIÓN DE LA FIANZA**

La retención del porcentaje que deberá descontarse del importe de cada certificación parcial no será devuelta hasta pasados los doce meses del plazo de garantía fijados, y en las condiciones detalladas en los artículos anteriores.

## **6.11. DAÑOS A TERCEROS**

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sobrevinieran, tanto en las edificaciones donde se efectúan las obras como en las parcelas contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda, cuando ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución.



## **6.12. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

El plazo de ejecución de las obras se fijará en el Contrato.

## **6.13. RÉGIMEN JURÍDICO**

El adjudicatario queda sujeto a la legislación común, civil, mercantil y procesal española. Sin perjuicio de ello, en las materias relativas a la ejecución de las obras, se tomarán en consideración -en cuanto su aplicación sea posible, y en todo aquello en que no queden reguladas por la expresa legislación civil y mercantil, ni por el Contrato- las normas que rigen para la ejecución de obras del Estado.

Fuera de las competencias y decisiones que en lo técnico se atribuyen a la Dirección Facultativa de la Obra, en lo demás se procurará que las dudas o diferencias suscitadas por la aplicación se resuelvan mediante negociación de las partes, respectivamente asistidas de personas cualificadas al efecto. De no haber concordia, se someterán al arbitraje privado para que se decida por sujeción al saber y entender de los árbitros, que serán tres, uno por cada parte, y un tercero nombrado de común acuerdo entre ellos.





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA CUBIERTA EN  
PAMPLONA

PRESUPUESTO

Iñaki Goñi Echeverz

Miguel Ángel Pascual Buisan

Pamplona, 20 de Febrero de 2013

# **INDICE**

<b>1. Climatización de la piscina.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Elementos sala de máquinas .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Producción de calor .....</b>	<b>7</b>
<b>4. Calentamiento de la piscina .....</b>	<b>8</b>
<b>5. Generación térmica.....</b>	<b>10</b>
<b>6. Instalación ACS.....</b>	<b>12</b>
<b>7. Instalación eléctrica .....</b>	<b>12</b>
<b>8. Resumen .....</b>	<b>13</b>

## 1. CLIMATIZACIÓN DE LA PISCINA

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
001001	m <sup>2</sup>	Conducto rectangular de chapa galvanizada de espesores según DIN 1946 con pliegues en forma de rombo, forrado interiormente con fibra de vidrio tipo "Climaver" en falsos techos ajustados y con manta armada exterior en el resto.	751	25,25	18963
001002	ml	Conducto circular flexible de aluminio con aislamiento Marca FLEXAL modelo ISODEC de 130 mm. de diámetro.	65	10,2	663
001003	ml	Conducto circular flexible de aluminio, con aislamiento marca FLEXAL modelo ISODEC de 205 mm. de diámetro	75	24,0	1800
001004	ml	Conducto circular flexible de aluminio, con aislamiento marca FLEXAL modelo ISODEC de 260 mm. de diámetro	65	29,2	1898
001005	ud	Difusor multitobera con toberas de 2mm. de diámetro orientables. Marca TROX modelo DUE-S-QR-MB-LB/50 2000mm. con plenum de conexión y regulación de caudal accesible desde el exterior y chapa perforada ecualizadora. Lacado en color blanco RAL 9010.	8	181,7	1454
001006	ud	Difusor rotacional en aluminio con lamas orientables individualmente. Marca TROX mod. VDW-R 600x48 con regulación de caudal accesible desde el exterior y plenum de conexión. Lacado en color blanco RAL 9010.	20	110,3	2206
001007	ud	Rejilla de retorno con lamas horizontales, regulación de caudal, plenum de conexión y marco embellecedor. Marca TOX serie AR 1025x525mm. Lacado en color blanco RAL 9005.	22	85,10	1872
001008	ud	Climatizador marca TECNIVEL modelo OHF-226-M, cuyas características:	1	8.550,7	8551

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Q imp. 22.000m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Filtros fibra tipo G4</li> <li>- Recuperador de calor de placas</li> <li>- Batería de calor de 159 kW</li> </ul>			
001009	ud	Rejilla de toma de aire con perfiles de acero horizontales, marca TROX de 600x350mm.	1	36,6	36,6
001010	ud	Rejilla de toma de aire con perfiles de acero horizontales, marca TROX de 1200x850mm.	1	91,2	91,2
001011	m <sup>2</sup>	Bancada de hormigón de 0,1m. de espesor sobre polietileno expandido de 0,05m. de espesor y 20kg/m <sup>3</sup> de densidad, para soporte de elementos mecánicos en sala de máquinas.	15	45,5	682,5
001012	Ho	Montaje de climatizadores y unidades de ventilación, acoplamiento elástico, soportes, varios y accesorios.	1	900	900

**TOTAL 39.117 €**

## 2. ELEMENTOS SALA MAQUINAS

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
002001		Bomba recirculadora doble para circuito primario instalación ACS de rotor seco y construcción en línea. Marca SEDICAL modelo SDM 40/145.1-0.20/k	1	1590	1590
002002		Bomba recirculadora simple para circuito secundario instalación ACS de rotor seco y construcción en línea. Marca SEDICAL modelo SDM 25/135.1-0.050/k	1	581	581
002003		Bomba recirculadora doble para circuito primario instalación piscina de rotor seco y construcción en línea. Marca SEDICAL modelo SDM 65/190.1-0.37/k	1	2654	2654
002004		Bomba recirculadora simple para circuito secundario instalación piscina de rotor seco y construcción en línea. Marca SEDICAL modelo SDM 80/190.1-0.55/k	1	1560	1560
002005	ud	Válvula de esfera de bronce, paso total, con bola de latón cromo-duro y asiento de teflón PN-10. 2"	2	27,3	54,6
002006	ud	Válvula de esfera de bronce, paso total, con bola de latón cromo-duro y asiento de teflón PN-10. 3"	4	98,5	394
002007	ud	Válvula de esfera de bronce, paso total, con bola de latón cromo-duro y asiento de teflón PN-10. 4"	2	121	242
002008	ud	Válvula de retención de disco con muelle, cuerpo de latón prensado y disco de acero inoxidable. Marca GESTRA modelo RK 71, DN-80 (3").	2	241	482
002009	ud	Válvula de seguridad tarada a $3\text{Kg/cm}^2$ marca PNEUMATEX modelo SV 69-M	1	425	425
002010	ud	Válvula de compuerta roscada de bronce PN-16 de 2". Marca GESTRA	2	28,3	56,6
002011	ud	Válvula de equilibrado con racores de medida y dispositivo de vaciado. Marca TOUR ANDERSSON mod. STAD ref. 52-151-250 de 2"	2	125,2	250,4
002012	ud	Válvula de equilibrado con racores de medida y dispositivo de vaciado. Marca TOUR	1	414,4	414,4

		ANDERSSON mod. STAD ref. 52-181-250 de 2"			
002013	ud	Manómetro en caja estanca con baño de glicerina, construido en caja de latón estampado D-64, escala 0-6kg/m <sup>2</sup> Marca MARTIN-MARTE En incluso llave de cortes y acoplamiento en rabo de cerdo	4	21	84
002014	ud	Termómetro bimetalico de inmersión de esfera con sonda rígida, escala 0/120° , D-80x100mm. con vaina.	4	8,02	32,08
002015	ud	Pirostato con señalización, de rearme manual, termómetro de humos y vaina protectora de acero inoxidable. Marca IMPRO modelo IT-7	1	97,8	97,8
002001		Bancada de hormigón de 0,1m. de espesor sobre polietileno expandido de 0,05m. de espesor y 20kg/m <sup>3</sup> de densidad, para soporte de elementos mecánicos en sala de máquinas.	35	45,5	1592,5
002001		Manguito antivibratorio con fuelle de neopreno y alma de acero, incluso bridas, espárragos y tuercas de 3".	2	103	206
002001					

**TOTAL 10.716 €**



### 3. PRODUCCION DE CALOR

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
003001	ud	Caldera de cascara de almendra molida (pellets, huesos de oliva etc). Tipo CLIBER-HPK-RA-160/4.1 cuyas características son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>- P. nominal 160kW</li> <li>- Presión max 3bar</li> <li>- T° max imp/ret → 95/55°C</li> <li>- Peso caldera 2463kg</li> <li>- Tª gases 130/200°C</li> <li>- Suministro eléctrico 400V . 50 Hz</li> </ul>	1	9000	9000
003002	ud	Tuberías para la caldera tipo CLIBER	14	15	210
003003	h	Instalación de la caldera	16	25	400
003004	ud	Deshumidificador con recuperador de calor	1	19800	19800
003005	ud	Sistema de control central	1	3800	3800
003006	ud	Tuberías para el sistema de control	24	15	360
003007	ud	Instalación del deshumidificador con el sistema de control central	400	25	10000
003008	ud	Silo para pelet. Modelo EcoSilo tipo “ECO 120”. Madera con uniones de acero galvanizado. Alta resistencia. Capacidad aproximada 1 Tm	1	1.355	1.355
003009	ud	Pale de Pellet de 75 sacos de 15 Kg ideal para utilización como combustible en estufas, casetes insertables y calderas de biomasa	15	289	4335

**TOTAL 49.260 €**

#### 4. CALENTAMIENTO PISCINA

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
004001	ud	Bomba recirculadora centrifuga de rotor seco en línea y caudal variable con motor trifásico, marca SEDICAL modelo SAP 75/11	1	950	950
004002	ud	Intercambiador rápido a placas de acero inoxidable, marca SEDICAL modelo UFP-52/38L-C1-PN9	1	1250	1250
004003	ud	Válvula de compuerta roscada de bronce PN-16 de 3"	1	68,5	68,5
004004	ud	Válvula de esfera de bronce, paso total, con bola de latón cromo-duro y asiento de teflón PN-10 de 4"	2	121,3	242,6
004005	ud	Válvula de retención de disco con muelle, cuerpo de latón prensado y disco de acero inoxidable. Marca GESTRADISCO modelo RK71, incluso bridas planas, espárragos y tuercas, DN -100 (4"9).	1	327	327
004006	ud	Manómetro en caja estanca con baño de glicerina, construido en caja de latón estampado D-63, escala 0/6 kg/cm <sup>2</sup> . MARTIN-MARTEN incluso llave de cortes y acoplamiento en rabo de cerdo.	2	21	42
004007	ud	Termómetro bimetalico de inmersión de esfera con sonda rígida, escala 0-120°, D-90x100mm. incluso vaina.	3	9	27
004008	ml	Calorifugado a base de coquilla flexible. Marca ARMSTRONG modelo SH/ARMAFLEX referencia 27-115 de 27mm. de espesor, incluso material diverso necesario, totalmente colocado para tubería de 4"	15	16,33	244,9
004009	ml	Tubería soldada de hierro negro DIN 2440 con uniones soldadas, pintado con dos capas de pintura anticorrosiva, incluso accesorios, soportes y material de soldadura, de 4"	15	13,16	197,4
004010	MI	Suplemento por acabado en aluminio para el calorifugado de 4"	15	32,9	493,7

00411	Ho	Mano de obra de oficial y ayudante calefactor.	15	28,33	425
-------	----	--	----	-------	-----

**TOTAL 4.267 €**

## 5. GENERACION TERMICA

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
005001	ud	Tubos de unión para colector solar totalmente colocados	20	28,4	568
005002	ud	Colector solar de tipo 4 tomas. Marca WEISHAAPT modelo WTS-F2 K4 de 2,41m <sup>2</sup> de superficie, para montaje sobre estructura de apoyo.	12	350/m <sup>2</sup>	9528
005003	ud	Soportes para agrupamiento de 6 colectores WTS	2	1389	2779
005004	Ud	Purgador manual de latón con unión de anillos opresores de 22mm para WEISHAAPT totalmente colocado.	3	12	36
005005	ud	Válvula de equilibrado con racores de medida. Marca TOUR ANDERSSON model STAF 80 ref 52-151-080 de 3"	16	450	7200
005006	ud	Manómetro en caja estanca con baño de glicerina, construido en caja de latón estampado D-63, escala 0/6 kg/cm <sup>2</sup> MARTIN-MARTEN incluso llave de cortes y acoplamiento en rabo de cerdo.	5	21	105
005007	ud	Válvula de equilibrado con racores de medida . Marca TOUR ANDERSSON model STAF 80 ref 52-151-250 de 2"	2	124	248
005008	ud	Depósito de llenado para fluido portador de calor para mezclar	1	150	150
005009	ud	Captadores (referentes al CHEQ-4) GF 70NV (Andater). Certificado NPS-38911, 4 captadores en serie con inclinación de 40°	100	290	29000
005010	Ud	Bomba de calor tipo universal baja temperatura DIMPLEX SI 130TE con una potencia de 63,3/125,8kW. Controlador digital WPM 2007 plus	3	43958	131875
005011	Ho	Instalación.	320	25	8000

005012	Ud	Tubería soldada de hierro negro DIN 2440 con uniones soldadas pintada con dos capas de pintura anticorrosiva. Totalmente colocada	84	15	1260
005013	Ud	Vaso de expansión solar	1	44	44
005014	Ud	Intercambiador rápido a placas de acero inoxidable. Marca SEDICAL model UFP-32/16H-C-PN10	1	571	571

**TOTAL 191.364 €**

## 6. INSTALACION ACS

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
006001	ud	Intercambiador rápido a placas de acero inoxidable. Marca SEDICAL modelo UFP-32/24H-C-PN10	1	710	710
006002	ud	Vaso de expansión ACS	3	300	300
006003	ud	Depósito de acumulación ACS construido en acero con revestimiento de calidad alimentaria. Incorpora un paquete de serpentines en acero inoxidable. Marca LAPESA modelo MV-3000SB de 2000l de capacidad	3	5200	15.600
006004	ud	Válvula de 3 vías Tipo ARISTON 292.00.0004	1	121.92	121.92

**TOTAL 16.732 €**

## 7. INSTALACION ELECTRICA

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
007001	ud	La instalación eléctrica no ha sido objeto de este proyecto por tanto estimaremos un precio “aproximado”			

**TOTAL 15.000 €**

## 8. RESUMEN PRESUPUESTO

Código	Descripción	Precio total
001	<b>CLIMATIZACIÓN DE LA PISCINA</b>	<b>39.117 €</b>
002	<b>ELEMENTOS SALA MAQUINAS</b>	<b>10.716 €</b>
003	<b>PRODUCCION DE CALOR</b>	<b>49.260 €</b>
004	<b>CALENTAMIENTO PISCINA</b>	<b>4.267 €</b>
005	<b>GENERACION TERMICA</b>	<b>191.364 €</b>
006	<b>INSTALACION ACS</b>	<b>16.732 €</b>
007	<b>INSTALACION ELECTRICA</b>	<b>15.000 €</b>

**TOTAL EJECUCION MATERIAL 326.456 €**

Gastos generales 13,00% 42.439,3 €  
Beneficio industrial 6,00% 19.587,4 €  
**Subtotal 388.482,7 €**

% IVA 21,00% 81.581,4 €  
**TOTAL 470.064 €**

**El presente presupuesto asciende a la cantidad total de:  
Cuatrocientos setenta mil euros con sesenta y cuatro céntimos**

**Realizado por:**

**Iñaki Goñi Echeverz  
Pamplona, Febrero 2013**







# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA CUBIERTA EN  
PAMPLONA

SEGURIDAD, HIGIENE Y SALUD

Iñaki Goñi Echeverz

Miguel Ángel Pascual Buisan

Pamplona, 20 de Febrero de 2013

# **SEGURIDAD, HIGIENE Y SALUD EN EL TRABAJO**

## **1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

- 1.1. INTRODUCCIÓN.
- 1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.
- 1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.
- 1.4. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

## **2. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO.**

- 2.1. INTRODUCCIÓN.
- 2.2. OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO.

## **3. DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.**

- 3.1. INTRODUCCIÓN.
- 3.2. OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO.

## **4. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS**

## **5. TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.**

- 5.1. INTRODUCCIÓN.
- 5.2. OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO.

## **6. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.**

- 6.1. INTRODUCCIÓN.
- 6.2. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.
- 6.3. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

## **7. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL**

7.1. INTRODUCCION.

7.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.

## **1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.**

### **1.1. INTRODUCCIÓN.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las normas reglamentarias irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

### **1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.**

#### **1.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES.**

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta,

participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

### **1.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA.**

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

### **1.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS.**

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.
- Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:
  - Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
  - La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
  - Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
  - El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
  - Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
    - Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
    - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
    - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
    - Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
  - Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.
- Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:
  - Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aun cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:

- Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
- Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

#### **1.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN.**

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

### **1.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.**

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

### **1.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES.**

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

### **1.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA.**

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

### **1.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE.**

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:



- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

### **1.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD.**

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

### **1.2.10. DOCUMENTACIÓN.**

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

### **1.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.**

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

### **1.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS.**

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

### **1.2.13. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD.**

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

### **1.2.14. PROTECCIÓN DE LOS MENORES.**

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

### **1.2.15. RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL.**

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

### **1.2.16. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS.**

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

### **1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.**

#### **1.3.1. PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES.**

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

#### **1.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.**

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

## **1.4. CONSULTA Y PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES.**

### **1.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES.**

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

### **1.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN.**

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

### **1.4.3. DELEGADOS DE PREVENCIÓN.**

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- ✓ De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.

- ✓ De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- ✓ De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- ✓ De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- ✓ De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- ✓ De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- ✓ De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal.

En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

## **2. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO.**

### **2.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo, entendiendo como tales las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las

que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

## **2.2. OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO.**

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores. En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

### **2.2.1. CONDICIONES CONSTRUCTIVAS.**

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbaciones o caídas de materiales sobre los trabajadores, para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m<sup>2</sup> por trabajador, un volumen mayor a 10 m<sup>3</sup> por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m. Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas. El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura.

Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para éstos.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura.

Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

Caso de utilizar escaleras de mano, éstas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearán escaleras de más de 5 m de altura, se colocarán formando un ángulo aproximado de 75° con la horizontal, sus largueros deberán prolongarse al



menos 1 m sobre la zona a acceder, el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán frente a las mismas, los trabajos a más de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o más personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocarán en el exterior. El número, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar dimensionados para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobreintensidades previsibles y se dotará a los conductores y resto de aparataje eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcasas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

### **2.2.2. ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO. SEÑALIZACIÓN.**

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.

### **2.2.3. CONDICIONES AMBIENTALES.**

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
  - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
  - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
  - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.
- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m<sup>3</sup> de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m<sup>3</sup> en los casos restantes.
- Se evitarán los olores desagradables.

#### **2.2.4. ILUMINACIÓN.**

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los puestos de trabajo llevarán además puntos de luz individuales, con el fin de obtener una visibilidad notable. Los niveles de iluminación mínimos establecidos (lux) son los siguientes:

- Áreas o locales de uso ocasional: 50 lux
- Áreas o locales de uso habitual: 100 lux
- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.
- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.
- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de luminarias, evitándose los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia.

Se instalará además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.

#### **2.2.5. SERVICIOS HIGIÉNICOS Y LOCALES DE DESCANSO.**

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistema de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración. Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2 m. del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.

#### **2.2.6. MATERIAL Y LOCALES DE PRIMEROS AUXILIOS.**

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.

### **3. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

#### **3.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y

responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiéndose como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

### **3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.**

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

## **4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.**

### **4.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la

empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiendo como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

#### **4.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.**

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

#### **4.2.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO.**

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.



Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

#### **4.2.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MOVILES.**

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una

estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones. Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

#### **4.2.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS.**

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

#### **4.2.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL.**

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barro y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los piones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

#### **4.2.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA.**

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección antiatrapamientos o abrasiones.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilería, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

#### **4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.**

##### **5.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, entendiéndose como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la Ejecución de una Edificación de uso Industrial o Comercial se encuentra incluida en el Anexo I de dicha legislación, con la clasificación a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, d) Montaje y desmontaje de elementos prefabricados, e) Acondicionamiento o instalación, l) Trabajos de pintura y de limpieza y m) Saneamiento.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 75 millones de pesetas.
- b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

## **5.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

### **5.2.1. RIESGOS MÁS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION. PROYECTO DE EJECUCIÓN PARA EQUIPAMIENTO SOCIO-CULTURAL EXP.**

Los Oficios más comunes en las obras de construcción son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Cubiertas.
- Alicatados.
- Enfoscados y enlucidos.
- Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.
- Carpintería de madera, metálica y cerrajería.
- Montaje de vidrio.
- Pintura y barnizados.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.
- Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.
- Instalación de antenas y pararrayos.

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).



- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Caída de los encofrados al vacío, caída de personal al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas, pisadas sobre objetos punzantes, etc.
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directa e indirecta), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Los derivados de la rotura fortuita de las planchas de vidrio.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

### **5.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL.**

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas

preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (herralla, perfilería metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica y de madera, vidrio, pinturas, barnices y disolventes, material eléctrico, aparatos sanitarios, tuberías, aparatos de calefacción y climatización, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc) se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux. Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

### **5.2.3. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO**

#### Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

*En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:*

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

#### Relleno de tierras.

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas.

Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras. Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

### Encofrados.

Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonas, sopandas, puntales y ferralla; igualmente se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.

El ascenso y descenso del personal a los encofrados, se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de losas horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas.

Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se extraerán o remacharán, según casos.

Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la ubicación de redes de protección.

### Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

#### Trabajos de manipulación del hormigón.

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigonean, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado"

En el momento en el que el forjado lo permita, se izará en torno a los huecos el peto definitivo de fábrica, en prevención de caídas al vacío.

Se prohíbe transitar pisando directamente sobre las bovedillas (cerámicas o de hormigón), en prevención de caídas a distinto nivel.



### Montaje de estructura metálica.

Los perfiles se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Una vez montada la "primera altura" de pilares, se tenderán bajo ésta redes horizontales de seguridad.

Se prohíbe elevar una nueva altura, sin que en la inmediata inferior se hayan concluido los cordones de soldadura.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilería.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

Se prohíbe trepar directamente por la estructura y desplazarse sobre las alas de una viga sin atar el cinturón de seguridad.

El ascenso o descenso a/o de un nivel superior, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío por fachadas se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

### Montaje de prefabricados.

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

### Albañilería.

Los grandes huecos (patios) se cubrirán con una red horizontal instalada alternativamente cada dos plantas, para la prevención de caídas.

e prohíbe concentrar las cargas de ladrillos sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar, para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente mediante trompas de vertido montadas al efecto, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Las rampas de las escaleras estarán protegidas en su entorno por una barandilla sólida de 90 cm. De altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm.

### Cubiertas.

El riesgo de caída al vacío, se controlará instalando redes de horca alrededor del edificio. No se permiten caídas sobre red superiores a los 6 m. de altura.

Se paralizarán los trabajos sobre las cubiertas bajo régimen de vientos superiores a 60 km/h., lluvia, helada y nieve.

### Alicatados.

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas, se ejecutará en vía húmeda, para evitar la formación de polvo ambiental durante el trabajo.

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas se ejecutará en locales abiertos o a la intemperie, para evitar respirar aire con gran cantidad de polvo.

### Enfoscados y enlucidos.

Las "miras", reglas, tablones, etc., se cargarán a hombro en su caso, de tal forma que al caminar, el extremo que va por delante, se encuentre por encima de la altura del casco de quién lo transporta, para evitar los golpes a otros operarios, los tropezones entre obstáculos, etc.

Se acordonará la zona en la que pueda caer piedra durante las operaciones de proyección de "garbancillo" sobre morteros, mediante cinta de banderolas y letreros de prohibido el paso.

### Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.

El corte de piezas de pavimento se ejecutará en vía húmeda, en evitación de lesiones por trabajar en atmósferas pulverulentas.

Las piezas del pavimento se izarán a las plantas sobre plataformas emplintadas, correctamente apiladas dentro de las cajas de suministro, que no se romperán hasta la hora de utilizar su contenido.

Los lodos producto de los pulidos, serán orillados siempre hacia zonas no de paso y eliminados inmediatamente de la planta.

#### Carpintería de madera, metálica y cerrajería.

Los recortes de madera y metálicos, objetos punzantes, cascotes y serrín producidos durante los ajustes se recogerán y se eliminarán mediante las tolvas de vertido, o mediante bateas o plataformas emplintadas amarradas del gancho de la grúa.

Los cercos serán recibidos por un mínimo de una cuadrilla, en evitación de golpes, caídas y vuelcos.

Los listones horizontales inferiores contra deformaciones, se instalarán a una altura en torno a los 60 cm. Se ejecutarán en madera blanca, preferentemente, para hacerlos más visibles y evitar los accidentes por tropiezos.

El "cuelgue" de hojas de puertas o de ventanas, se efectuará por un mínimo de dos operarios, para evitar accidentes por desequilibrio, vuelco, golpes y caídas.

#### Montaje de vidrio.

Se prohíbe permanecer o trabajar en la vertical de un tajo de instalación de vidrio.

Los tajos se mantendrán libres de fragmentos de vidrio, para evitar el riesgo de cortes.

La manipulación de las planchas de vidrio, se ejecutará con la ayuda de ventosas de seguridad.

Los vidrios ya instalados, se pintarán de inmediato a base de pintura a la cal, para significar su existencia.

### Pintura y barnizados.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxiacorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Se prohíbe realizar "pruebas de funcionamiento" en las instalaciones, tuberías de presión, equipos motobombas, calderas, conductos, etc. durante los trabajos de pintura de señalización o de protección de conductos.

### Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

- 300 mA. Alimentación a la maquinaria.
- 30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
- 30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

### Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.

El transporte de tramos de tubería a hombro por un solo hombre, se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma que el extremo que va por delante supere la altura de un hombre, en evitación de golpes y tropiezos con otros operarios en lugares poco iluminados o iluminados a contra luz.

Se prohíbe el uso de mecheros y sopletes junto a materiales inflamables.

Se prohíbe soldar con plomo, en lugares cerrados, para evitar trabajos en atmósferas tóxicas.

### Instalación de antenas y pararrayos.

Bajo condiciones meteorológicas extremas, lluvia, nieve, hielo o fuerte viento, se suspenderán los trabajos.

Se prohíbe expresamente instalar pararrayos y antenas a la vista de nubes de tormenta próximas.

Las antenas y pararrayos se instalarán con ayuda de la plataforma horizontal, apoyada sobre las cuñas en pendiente de encaje en la cubierta, rodeada de barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié, dispuesta según detalle de planos.

Las escaleras de mano, pese a que se utilicen de forma "momentánea", se anclarán firmemente al apoyo superior, y estarán dotados de zapatas antideslizantes, y sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar.

Las líneas eléctricas próximas al tajo, se dejarán sin servicio durante la duración de los trabajos.



### **5.3. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.**

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente.

## **5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL**

### **6.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos

riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

## **6.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.**

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

### **6.2.1. PROTECTORES DE LA CABEZA.**

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

### **6.2.2. PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS.**

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

### **6.2.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS.**

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.

- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeable.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

#### **6.2.4. PROTECTORES DEL CUERPO.**

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.