



Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
ZARAGOZA

**PROYECTO:**

**INSTALACIÓN DE UN ALBERGUE  
MEDIANTE ENERGÍAS ALTERNATIVAS**

**PLIEGO DE CONDICIONES**

**REALIZADO POR:**

**SERRAT SERRAT, SANTIAGO  
MAYO 2010**

# **INDICE**

## **Condiciones Facultativas**

1. Técnico director de obra .....	8
2. Constructor o instalador .....	9
3. Verificación de los documentos del proyecto .....	9
4. Plan de seguridad y salud en el trabajo .....	10
5. Presencia del constructor o instalador en la obra .....	10
6. Trabajos no estipulados expresamente.....	10
7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto .....	11
8. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa.....	11
9. Faltas de personal .....	11
10. Caminos y accesos.....	12
11. Replanteo .....	12
12. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos .....	12
13. Orden de los trabajos.....	12
14. Facilidades para otros contratistas .....	13
15. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor ...	13
16. Prorroga por causa de fuerza mayor.....	13
17. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra ...	13
18. Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	13

19. Obras ocultas .....	14
20. Trabajos defectuosos .....	14
21. Vicios ocultos .....	14
22. De los materiales y los aparatos. Su procedencia .....	15
23. Materiales no utilizables.....	15
24. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos .....	15
25. Limpieza de obras.....	15
26. Documentación final de obra .....	16
27. Plazo de garantía .....	16
28. Conservación de las obras recibidas provisionalmente .....	16
29. De la recepción definitiva .....	16
30. Prorroga del plazo de garantía .....	16
31. De las recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida....	17

## **Condiciones Económicas**

1. Composición de los precios unitarios .....	17
2. Precio de contrata. Importe de contrata .....	18
3. Precios contradictorios .....	18
4. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas.....	19
5. De la revisión de los precios contratados .....	19
6. Acopio de materiales.....	19

7. Responsabilidad del constructor o instalador en el bajo rendimiento de los trabajadores.....	19
8. Relaciones valoradas y certificaciones .....	20
9. Mejoras de obras libremente ejecutadas .....	21
10. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada .....	21
11. Pagos .....	22
12. Importe de la indemnización con retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras .....	22
13. Demora de los pagos.....	22
14. Mejoras y aumentos de obra. Casos contrarios .....	22
15. Unidades de obra defectuosas pero aceptables .....	23
16. Seguro de las obras .....	23
17. Conservación de la obra .....	23
18. Uso por el contratista del edificio o bienes del propietario .....	24

### **Condiciones Técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión**

1. Condiciones generales.....	24
2. Canalizaciones eléctricas .....	25
2.1. Conductores aislados bajo tubos protectores .....	25
2.2. Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes.	31
2.3. Conductores aislados enterrados.....	32
2.4. Conductores aislados directamente empotrados en estructuras .....	32
2.5. Conductores aislados en el interior de la construcción.....	32
2.6. Conductores aislados bajo canales protectoras.....	33
2.7. Conductores aislados bajo molduras.....	35

2.8. Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas .....	36
2.9. Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas .....	36
2.10. Accesibilidad a las instalaciones .....	37
 3. Conductores .....	37
3.1. Materiales .....	37
3.2. Dimensionado.....	38
3.3. Identificación de las instalaciones.....	39
3.4. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica .....	39
 4. Cajas de empalme .....	40
 5. Mecanismos y tomas de corriente .....	40
 6. Aparmenta de mando y protección .....	41
6.1. Cuadros eléctricos.....	41
6.2. Interruptores automáticos.....	42
6.3. Guardamotores.....	43
6.4. Fusibles .....	44
6.5. Interruptores diferenciales .....	44
6.6. Seccionadores .....	46
6.7. Embarrados.....	46
6.8. Prensaestopas y etiquetas.....	46
 7. Receptores de alumbrado .....	47
 8. Receptores a motor .....	48
 9. Puestas a tierra .....	51
 10. Inspecciones y pruebas en fábrica.....	52
 11. Control .....	54
 12. Seguridad .....	55
 13. Limpieza .....	55

14. Mantenimiento .....	56
15. Criterios de medición.....	57
<b>Condiciones Técnicas de instalaciones aisladas de red</b>	
1. Objeto.....	57
2. Generalidades .....	58
3. Definiciones .....	59
3.1 Radiación solar .....	59
3.2 Generadores fotovoltaicos .....	59
3.3 Acumuladores de plomo-ácido .....	60
3.4 Reguladores de carga .....	61
3.5 Inversores .....	61
3.6 Cargas de consumo.....	62
4. Diseño .....	62
4.1 Orientación, inclinación y sombras .....	62
4.2 Dimensionado del sistema.....	62
4.3 Sistema de monitorización .....	63
5. Componentes y materiales.....	63
5.1 Generalidades.....	63
5.2 Generadores fotovoltaicos .....	64
5.3 Estructura de soporte .....	65
5.4 Acumuladores de plomo-ácido .....	65
5.5 Reguladores de carga .....	66
5.6 Inversores .....	68
5.7 Cargas de consumo.....	69
5.8 Cableado .....	70
5.9 Protecciones y puesta a tierra.....	71
6. Recepción y pruebas .....	71
7. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento.....	72

7.1 Generalidades.....	72
7.2 Programa de mantenimiento .....	72
7.3 Garantías .....	73

## **Ejecución y mantenimiento de la instalación A.C.S.**

1. Procesos previos al único de la instalación .....	77
2. Provisión del material.....	77
3. Fases del proceso de montaje .....	78
4. Puesta en marcha de la instalación .....	79
4.1. Operaciones de puesta en marcha de la instalación .....	80
4.2. Pruebas de recepción.....	82
5. Aislamiento de la instalación .....	82
6. Entrega de la instalación .....	83
7. Mantenimiento preventivo .....	84
7.1. Mantenimiento u operaciones a realizar por personal especializado .....	84
7.2. Mantenimiento a realizar por personal especializado.....	85
7.3. Operaciones de limpieza o mantenimiento no regulares .....	87
7.4. La corrosión y su prevención .....	88
8. Localización y reparación de averías .....	92

## **Ejecución y mantenimiento de la instalación fotovoltaica**

1. Procesos previos al único de la instalación .....	99
2. Fases del proceso de montaje .....	101
2.1. Construcción y montaje de la estructura soporte.....	101
2.2. Conexionado de los paneles .....	103
2.3. Montaje de la batería de acumuladores.....	103
2.4. Montaje de los equipos de regulación y control .....	105

2.5. Cableado general de la instalación .....	105
3. Puesta en marcha de la instalación .....	106
4. Entrega de la instalación .....	106
5. Operaciones de mantenimiento .....	106
5.1. El servicio de mantenimiento. Planteamiento general.....	106
5.2. Mantenimiento de la batería de paneles .....	107
5.3. Mantenimiento del sistema de regulación y control y equipos auxiliares .....	108
5.4. Mantenimiento de los acumuladores.....	108
6. Localización y reparación de averías .....	109
6.1. Averías de los paneles fotovoltaicos y su conexionado .....	109
6.2. Averías en los reguladores, convertidores y equipo de señalización.....	109
6.3. Averías en los acumuladores .....	109

## **Ejecución y mantenimiento de la instalación eólica**

1. La torre .....	110
2. Cableado eléctrico .....	111
3. Montaje del aerogenerador .....	112
4. Mantenimiento del aerogenerador.....	114

## **Condiciones Facultativas.**

### **1. Técnico director de obra**

Corresponde al Técnico Director:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las órdenes complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución técnica.
- Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad y Salud para la aplicación del mismo.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Constructor o Instalador.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Constructor o Instalador, impariéndole, en su caso, las órdenes oportunas.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.
- Suscribir el certificado final de la obra.

## **2. Constructor o instalador**

Corresponde al Constructor o Instalador:

- Organizar los trabajos, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Suscribir con el Técnico Director el acta del replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Técnico Director con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

## **3. Verificación de los documentos del proyecto**

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor o Instalador consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.

#### **4. Plan de seguridad y salud en el trabajo**

El Constructor o Instalador, a la vista del Proyecto, conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad y Salud, presentará el Plan de Seguridad y Salud de la obra a la aprobación del Técnico de la Dirección Facultativa.

#### **5. Presencia del constructor o instalador en la obra**

El Constructor o Instalador viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas disposiciones competan a la contrata.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Técnico para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

El Jefe de la obra, por sí mismo o por medio de sus técnicos encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Técnico Director, en las visitas que haga a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándole los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

#### **6. Trabajos no estipulados expresamente**

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aún cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Técnico Director dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

El Contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará en el acto de la recepción provisional, los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en que hayan quedado.

El Contratista se compromete igualmente a entregar las autorizaciones que preceptivamente tienen que expedir las Delegaciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc., y autoridades locales, para la puesta en servicio de las referidas instalaciones.

Son también por cuenta del Contratista, todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde su inicio hasta su total terminación.

## **7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto**

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor o Instalador estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Técnico Director.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor o Instalador, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual dará al Constructor o Instalador, el correspondiente recibo, si este lo solicitase.

El Constructor o Instalador podrá requerir del Técnico Director, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

## **8. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa**

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Técnico Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatoria para ese tipo de reclamaciones.

## **9. Faltas de personal**

El Técnico Director, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

## **10. Caminos y accesos**

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta.

El Técnico Director podrá exigir su modificación o mejora.

Asimismo el Constructor o Instalador se obligará a la colocación en lugar visible, a la entrada de la obra, de un cartel exento de panel metálico sobre estructura auxiliar donde se reflejarán los datos de la obra en relación al título de la misma, entidad promotora y nombres de los técnicos competentes, cuyo diseño deberá ser aprobado previamente a su colocación por la Dirección Facultativa.

## **11. Replanteo**

El Constructor o Instalador iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Constructor someterá el replanteo a la aprobación del Técnico Director y una vez este haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Técnico, siendo responsabilidad del Constructor la omisión de este trámite.

## **12. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos**

El Constructor o Instalador dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, 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 Técnico Director del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

## **13. Orden de los trabajos**

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en los que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

## **14. Facilidades para otros contratistas**

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

## **15. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor**

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Técnico Director en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Constructor o Instalador está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente.

## **16. Prórroga por causa de fuerza mayor**

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor o Instalador, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Técnico. Para ello, el Constructor o Instalador expondrá, en escrito dirigido al Técnico, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

## **17. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra**

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

## **18. Condiciones generales de ejecución de los trabajos**

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, 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 Técnico al Constructor o Instalador, dentro de las limitaciones presupuestarias.

## **19. Obras ocultas**

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, siendo entregados: uno, al Técnico; otro a la Propiedad; y el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

## **20. Trabajos defectuosos**

El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales y Particulares de Índole Técnica "del Pliego de Condiciones 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 es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala gestión o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exima de responsabilidad el control que compete al Técnico, ni tampoco el hecho de que los trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre serán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Técnico Director advierta vicios o defectos en los trabajos citados, 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 finalizados éstos, y para verificar la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción o ambas, se planteará la cuestión ante la Propiedad, quien resolverá.

## **21. Vicios ocultos**

Si el Técnico tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos que se observen serán de cuenta del Constructor o Instalador, siempre que los vicios existan realmente.

## **22. De los materiales y los aparatos. Su procedencia**

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y para proceder a su empleo o acopio, el Constructor o Instalador deberá presentar al Técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se indiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

## **23. Materiales no utilizables**

El Constructor o Instalador, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., 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 se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Técnico.

## **24. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos**

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán de cuenta de la contrata.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

## **25. Limpieza de las obras**

Es obligación del Constructor o Instalador mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca un buen aspecto.

## **26. Documentación final de la obra**

El Técnico Director facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuesto por la legislación vigente.

## **27. Plazo de garantía**

El plazo de garantía será de doce meses, y durante este período el Contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por esta causa se produjeran, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la Propiedad con cargo a la fianza.

El Contratista garantiza a la Propiedad contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra.

Tras la Recepción Definitiva de la obra, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo en lo referente a los vicios ocultos de la construcción.

## **28. Conservación de las obras recibidas provisionalmente**

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre la recepción provisional y definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Por lo tanto, el Contratista durante el plazo de garantía será el conservador del edificio, donde tendrá el personal suficiente para atender a todas las averías y reparaciones que puedan presentarse, aunque el establecimiento fuese ocupado o utilizado por la propiedad, antes de la Recepción Definitiva.

## **29. De la recepción definitiva**

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor o Instalador de reparar a su cargo aquéllos desperfectos inherentes a la norma de conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

## **30. Prórroga del plazo de garantía**

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Técnico Director marcará al Constructor o Instalador los plazos y formas en que

deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

### **31. De las recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida**

En el caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudadas por otra empresa.

## **Condiciones Económicas.**

### **1. Composición de los precio unitarios**

El cálculo de los precios de las distintas unidades de la obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán costes directos:

- a) La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- b) Los materiales, a los precios resultantes a pie de la obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c) Los equipos y sistemas técnicos de la seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d) Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tenga lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obras.
- e) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

- Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán Gastos Generales:

- Los Gastos Generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la Administración Pública este porcentaje se establece un 13 por 100).

Beneficio Industrial:

- El Beneficio Industrial del Contratista se establece en el 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.

Precio de Ejecución Material:

- Se denominará Precio de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial y los gastos generales.

Precio de Contrata:

- El precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.
- El IVA gira sobre esta suma pero no integra el precio.

## **2. Precio 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 Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista. Los Gastos Generales se estiman normalmente en un 13% y el beneficio se estima normalmente en 6 por 100, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro destino.

## **3. Precios contradictorios**

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Técnico decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Técnico y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determina el Pliego de Condiciones Particulares. Si subsistiese la diferencia se acudirá en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del

proyecto, y en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

#### **4. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas**

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

#### **5. De la revisión de los precios contratados**

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el Calendario, un montante superior al cinco por ciento (5 por 100) del importe total del presupuesto de Contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 5 por 100.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

#### **6. Acopio de materiales**

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordena por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

#### **7. Responsabilidad del constructor o instalador en el bajo rendimiento de los trabajadores**

Si de los partes mensuales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el Constructor al Técnico Director, éste advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutada, fuesen

notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al Constructor o Instalador, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el Técnico Director.

Si hecha esta notificación al Constructor o Instalador, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el Propietario queda facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe del quince por ciento (15 por 100) que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al Constructor en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deben efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

## **8. Relaciones valoradas y certificaciones**

En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los "Pliegos de Condiciones Particulares" que rijan en la obra, formará el Contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el Técnico.

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 a cada unidad de la obra y a 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, etc.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el Técnico los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de diez (10) días a partir de la fecha de recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos o devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los diez (10) días siguientes a su recibo, el Técnico Director aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del Técnico Director en la forma prevenida de los "Pliegos Generales de Condiciones Facultativas y Legales".

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el Técnico Director la certificación de las obras ejecutadas.

De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas 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.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere.

## **9. Mejoras de obras libremente ejecutadas**

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Técnico Director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Técnico Director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

## **10. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada**

Salvo lo preceptuado en el "Pliego de Condiciones Particulares de índole 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:

- a) Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- b) Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.
- c) Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, el Técnico Director indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el Presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.

## **11. Pagos**

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe, corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Técnico Director, en virtud de las cuales se verifican aquéllos.

## **12. Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras**

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil (0/00) del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de Obra.

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

## **13. Demora de los pagos**

Se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de Pagos, cuando el Contratista no justifique en la fecha el presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

## **14. Mejoras y aumentos de obra. Casos contrarios**

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Técnico Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Técnico Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Técnico Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

## **15. Unidades de obra defectuosas pero aceptables**

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Técnico Director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

## **16. Seguro de las obras**

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada 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 cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho 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 resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc.; y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Técnico Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

## **17. Conservación de la obra**

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de las obras durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Técnico Director en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester 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 resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Técnico Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., 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 la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".

## **18. Uso por el contratista del edificio o bienes del propietario**

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquél y con cargo a la fianza.

## **Condiciones Técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión**

### **1. Condiciones generales**

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

## **2. Canalizaciones eléctricas**

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, bajo molduras, en bandeja o soporte de bandeja, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

### **2.1. Conductores aislados bajo tubos protectores**

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

- UNE-EN 50.086 -2-1: Sistemas de tubos rígidos.
- UNE-EN 50.086 -2-2: Sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 50.086 -2-3: Sistemas de tubos flexibles.
- UNE-EN 50.086 -2-4: Sistemas de tubos enterrados.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.086 -2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

#### Tubos en canalizaciones fijas en superficie.

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas a continuación:

<u>Característica</u>	<u>Código</u>	<u>Grado</u>
- Resistencia a la compresión	4	Fuerte
- Resistencia al impacto	3	Media
- Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
- Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
- Propiedades eléctricas eléctrica/aislante	1-2	Continuidad
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ≥ 1 mm
- Resistencia a la penetración del agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 °	2	Contra gotas de agua
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos exterior media y compuestos	2	Protección interior y
- Resistencia a la tracción	0	No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

## Tubos en canalizaciones empotradas.

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles, con unas características mínimas indicadas a continuación:

1º/ Tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra.

<u>Característica</u>	<u>Código</u>	<u>Grado</u>
- Resistencia a la compresión	2	Ligera
- Resistencia al impacto	2	Ligera
- Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
- Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
- Propiedades eléctricas	0	No declaradas
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ≥ 1 mm
- Resistencia a la penetración del agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 °	2	Contra gotas de agua
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos exterior media y compuestos	2	Protección interior y exterior
- Resistencia a la tracción	0	No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

2º/ Tubos empotrados embebidos en hormigón o canalizaciones precableadas.

<u>Característica</u>	<u>Código</u>	<u>Grado</u>
- Resistencia a la compresión	3	Media
- Resistencia al impacto	3	Media
- Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio canal. precabl. ordinarias)	2	+ 90 °C (+ 60 °C)
- Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
- Propiedades eléctricas	0	No declaradas
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Protegido contra el polvo

- Resistencia a la penetración del agua agua en forma de lluvia	3	Protegido contra el
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos exterior media y compuestos	2	Protección interior y
- Resistencia a la tracción	0	No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

#### Tubos en canalizaciones aéreas o con tubos al aire.

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas a continuación:

<u>Característica</u>	<u>Código</u>	<u>Grado</u>
- Resistencia a la compresión	4	Fuerte
- Resistencia al impacto	3	Media
- Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
- Resistencia al curvado	4	Flexible
- Propiedades eléctricas	1/2	Continuidad/aislado
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
- Resistencia a la penetración del agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°	2	Contra gotas de agua
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos mediana y exterior elevada y compuestos	2	Protección interior
- Resistencia a la tracción	2	Ligera
- Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a 16 mm<sup>2</sup>.

### Tubos en canalizaciones enterradas.

Las características mínimas de los tubos enterrados serán las siguientes:

<u>Característica</u>	<u>Código</u>	<u>Grado</u>
- Resistencia a la compresión	NA	250 N / 450 N / 750 N
- Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal / Normal
- Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
- Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
- Resistencia al curvado especificadas	1-2-3-4	Cualquiera de las
- Propiedades eléctricas	0	No declaradas
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ≥ 1 mm
- Resistencia a la penetración del agua de lluvia	3	Contra el agua en forma
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos exterior media y compuestos	2	Protección interior y
- Resistencia a la tracción	0	No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
- Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Notas:

- NA: No aplicable.
- Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal.

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como por ejemplo, calzadas y vías férreas.

### Instalación.

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- 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 el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

## **2.2. Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

### **2.3. Conductores aislados enterrados**

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

### **2.4. Conductores aislados directamente empotrados en estructuras**

Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de -5°C y 90°C respectivamente (polietileno reticulado o etileno-propileno).

### **2.5. Conductores aislados en el interior de la construcción**

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separan un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarneidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

## **2.6. Conductores aislados bajo canales protectoras**

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

Las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias tendrán unas características mínimas indicadas a continuación:

<u>Característica</u>	<u>Grado</u>	
<u>Dimensión del lado mayor de la sección transversal</u>	<u><math>\leq 16</math> mm</u>	<u><math>&gt; 16</math> mm</u>
- Resistencia al impacto	Muy ligera	Media
- Temperatura mínima de instalación y servicio	+ 15 °C	- 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio	+ 60 °C	+ 60 °C
- Propiedades eléctricas eléctrica/aislante	Aislante	Continuidad
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	No inferior a 2
- Resistencia a la penetración de agua	No declarada	
- Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 501085.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

## 2.7. Conductores aislados bajo molduras

Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorrientos. Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

- Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.
- La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm<sup>2</sup> serán, como mínimo, de 6 mm.

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

- Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.
- Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.
- En el caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.
- Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.
- Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.
- Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.

- Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

## **2.8. Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas**

Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460 -5-52.

El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión. La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes, etc, tendrán la misma calidad que la bandeja.

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

## **2.9. Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas**

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

## **2.10. Accesibilidad a las instalaciones**

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

## **3. Conductores**

Los conductores utilizados se regirán por las especificaciones del proyecto, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

### **3.1. Materiales**

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 450/750 V de tensión nominal.

- Conductor: de cobre.
- Formación: unipolares.
- Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC).
- Tensión de prueba: 2.500 V.
- Instalación: bajo tubo.
- Normativa de aplicación: UNE 21.031.

- De 0,6/1 kV de tensión nominal.

- Conductor: de cobre (o de aluminio, cuando lo requieran las especificaciones del proyecto).
- Formación: uni-bi-tri-tetrapolares.
- Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).
- Tensión de prueba: 4.000 V.
- Instalación: al aire o en bandeja.
- Normativa de aplicación: UNE 21.123.

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98 % al 100 %. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidroclorídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 °C. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores de sección igual o superior a 6 mm<sup>2</sup> deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

### **3.2. Dimensionado**

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones ITC-BT-44 para receptores de alumbrado e ITC-BT-47 para receptores de motor.
- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5 % para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1,5 %. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.
- Caída de tensión transitoria. La caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores no debe provocar condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de los contactores, parpadeo de alumbrado, etc.

La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción ITC-BT-07, apartado 1, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

Los conductores de protección serán del mismo tipo que los conductores activos especificados en el apartado anterior, y tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la ITC-BT-18, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía.

### **3.3. Identificación de las instalaciones**

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

### **3.4. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica**

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

V nominal instalación V ensayo corriente continua (V) Resist. de aislamiento ( $M\Omega$ )

MBTS o MBTP	250	$\geq 0,25$
□□500 V	500	$\geq 0,50$
> 500 V	1000	$\geq 1,00$

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de  $2U + 1000$  V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

#### **4. Cajas de empalme**

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratuerca y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.

Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaces de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

#### **5. Mecanismos y tomas de corriente**

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de formar una posición intermedia. Serán del tipo cerrado y de material aislante. Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no pueda exceder de 65 °C en ninguna de sus piezas. Su construcción será tal que permita realizar un número total de 10.000 maniobras de apertura y cierre, con su carga nominal a la tensión de trabajo. Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales, y estarán probadas a una tensión de 500 a 1.000 voltios.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra.

Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en los paramentos, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado y la tapa embellecedora.

En el caso en que existan dos mecanismos juntos, ambos se alojarán en la misma caja, la cual deberá estar dimensionada suficientemente para evitar falsos contactos.

## **6. Aparamenta de mando y protección**

### **6.1. Cuadros eléctricos**

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto. Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC-BT-24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5 % sobre el valor nominal.

Los cuadros serán diseñados para servicio interior, completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable.

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente.

Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.

Todos los cables se instalarán dentro de canaletas provista de tapa desmontable. Los cables de fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de

los aparatos, en cualquier caso nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

La profundidad de los cuadros será de 500 mm y su altura y anchura la necesaria para la colocación de los componentes e igual a un múltiplo entero del módulo del fabricante. Los cuadros estarán diseñados para poder ser ampliados por ambos extremos.

Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc), paneles sinópticos, etc, se montarán sobre la parte frontal de los cuadros.

Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente.

El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de bornas situada junto a las entradas de los cables desde el exterior.

Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado de color que se especifique en las Mediciones o, en su defecto, por la Dirección Técnica durante el transcurso de la instalación.

La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

- los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.
- el cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

## **6.2. Interruptores automáticos**

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobreintensidades de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobreintensidades para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos

de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensión, nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él.

Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

### **6.3. Guardamotores**

Los contactores guardamotores serán adecuados para el arranque directo de motores, con corriente de arranque máxima del 600 % de la nominal y corriente de desconexión igual a la nominal.

La longevidad del aparato, sin tener que cambiar piezas de contacto y sin mantenimiento, en condiciones de servicio normales (conecta estando el motor parado y desconecta durante la marcha normal) será de al menos 500.000 maniobras.

La protección contra sobrecargas se hará por medio de relés térmicos para las tres fases, con rearme manual accionable desde el interior del cuadro.

En caso de arranque duro, de larga duración, se instalarán relés térmicos de característica retardada. En ningún caso se permitirá cortocircuitar el relé durante el arranque.

La verificación del relé térmico, previo ajuste a la intensidad nominal del motor, se hará haciendo girar el motor a plena carga en monofásico; la desconexión deberá tener lugar al cabo de algunos minutos.

Cada contactor llevará dos contactos normalmente cerrados y dos normalmente abiertos para enclavamientos con otros aparatos.

#### **6.4. Fusibles**

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores.

Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad ruptura y de acción rápida.

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán construidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

#### **6.5. Interruptores diferenciales**

1º/ La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:

Protección por aislamiento de las partes activas.

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

Protección por medio de barreras o envolventes.

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

#### Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

2º/ La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a \times I_a \leq U$$

donde:

- $R_a$  es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- $I_a$  es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- $U$  es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

## 6.6. Seccionadores

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador.

Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y capaces de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior a 0,7.

## 6.7. Embarrados

El embarrado principal constará de tres barras para las fases y una, con la mitad de la sección de las fases, para el neutro. La barra de neutro deberá ser seccionable a la entrada del cuadro.

Las barras serán de cobre electrolítico de alta conductividad y adecuadas para soportar la intensidad de plena carga y las corrientes de cortocircuito que se especifiquen en memoria y planos.

Se dispondrá también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos, la carcasa del cuadro y, si los hubiera, los conductores de protección de los cables en salida.

## 6.8. Prensaestopas y etiquetas

Los cuadros irán completamente cableados hasta las regletas de entrada y salida.

Se proveerán prensaestopas para todas las entradas y salidas de los cables del cuadro; los prensaestopas serán de doble cierre para cables armados y de cierre sencillo para cables sin armar.

Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante números que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.

En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresas al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en aluminio pulido. El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.

En cualquier caso, las etiquetas estarán marcadas con letras negras de 10 mm de altura sobre fondo blanco.

## **7. Receptores de alumbrado**

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllas puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

## **8. Receptores a motor**

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasesen a la instalación u ocasionesen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que

corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

De 0,75 kW a 1,5 kW: 4,5

De 1,50 kW a 5 kW: 3,0

De 5 kW a 15 kW: 2

Más de 15 kW: 1,5

Todos los motores de potencia superior a 5 kW tendrán seis bornes de conexión, con tensión de la red correspondiente a la conexión en triángulo del bobinado (motor de 230/400 V para redes de 230 V entre fases y de 400/693 V para redes de 400 V entre fases), de tal manera que será siempre posible efectuar un arranque en estrella-triángulo del motor.

Los motores deberán cumplir, tanto en dimensiones y formas constructivas, como en la asignación de potencia a los diversos tamaños de carcasa, con las recomendaciones europeas IEC y las normas UNE, DIN y VDE. Las normas UNE específicas para motores son la 20.107, 20.108, 20.111, 20.112, 20.113, 20.121, 20.122 y 20.324.

Para la instalación en el suelo se usará normalmente la forma constructiva B-3, con dos platos de soporte, un extremo de eje libre y carcasa con patas. Para montaje vertical, los motores llevarán cojinetes previstos para soportar el peso del rotor y de la polea.

La clase de protección se determina en las normas UNE 20.324 y DIN 40.050. Todos los motores deberán tener la clase de protección IP 44 (protección contra contactos accidentales con herramienta y contra la penetración de cuerpos sólidos con diámetro mayor de 1 mm, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección), excepto para instalación a la intemperie o en ambiente húmedo o polvoriento y dentro de unidades de tratamiento de aire, donde se usarán motores con clase de protección IP 54 (protección total contra contactos involuntarios de cualquier clase, protección contra depósitos de polvo, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección).

Los motores con protecciones IP 44 e IP 54 son completamente cerrados y con refrigeración de superficie.

Todos los motores deberán tener, por lo menos, la clase de aislamiento B, que admite un incremento máximo de temperatura de 80 °C sobre la temperatura ambiente de referencia de 40 °C, con un límite máximo de temperatura del devanado de 130 °C.

El diámetro y longitud del eje, las dimensiones de las chavetas y la altura del eje sobre la base estarán de acuerdo a las recomendaciones IEC.

La calidad de los materiales con los que están fabricados los motores serán las que se indican a continuación:

- carcasa: de hierro fundido de alta calidad, con patas solidarias y con aletas de refrigeración.
- estator: paquete de chapa magnética y bobinado de cobre electrolítico, montados en estrecho contacto con la carcasa para disminuir la resistencia térmica al paso del calor hacia el exterior de la misma. La impregnación del bobinado para el aislamiento eléctrico se obtendrá evitando la formación de burbujas y deberá resistir las solicitudes térmicas y dinámicas a las que viene sometido.
- rotor: formado por un paquete ranurado de chapa magnética, donde se alojará el devanado secundario en forma de jaula de aleación de aluminio, simple o doble.
- eje: de acero duro.
- ventilador: interior (para las clases IP 44 e IP 54), de aluminio fundido, solidario con el rotor, o de plástico inyectado.
- rodamientos: de esfera, de tipo adecuado a las revoluciones del rotor y capaces de soportar ligeros empujes axiales en los motores de eje horizontal (se seguirán las instrucciones del fabricante en cuanto a marca, tipo y cantidad de grasa necesaria para la lubricación y su duración).
- cajas de bornes y tapa: de hierro fundido con entrada de cables a través de orificios roscados con prensa-estopas.

Para la correcta selección de un motor, que se hará para servicio continuo, deberán considerarse todos y cada uno de los siguientes factores:

- potencia máxima absorbida por la máquina accionada, incluidas las pérdidas por transmisión.
- velocidad de rotación de la máquina accionada.
- características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- clase de protección (IP 44 o IP 54).
- clase de aislamiento (B o F).
- forma constructiva.
- temperatura máxima del fluido refrigerante (aire ambiente) y cota sobre el nivel del mar del lugar de emplazamiento.

- momento de inercia de la máquina accionada y de la transmisión referido a la velocidad de rotación del motor.
- curva del par resistente en función de la velocidad.

Los motores podrán admitir desviaciones de la tensión nominal de alimentación comprendidas entre el 5 % en más o menos. Si son de preverse desviaciones hacia la baja superiores al mencionado valor, la potencia del motor deberá "deratarse" de forma proporcional, teniendo en cuenta que, además, disminuirá también el par de arranque proporcional al cuadrado de la tensión.

Antes de conectar un motor a la red de alimentación, deberá comprobarse que la resistencia de aislamiento del bobinado estatórico sea superiores a 1,5 megaohmios. En caso de que sea inferior, el motor será rechazado por la DO y deberá ser secado en un taller especializado, siguiendo las instrucciones del fabricante, o sustituido por otro.

El número de polos del motor se elegirá de acuerdo a la velocidad de rotación de la máquina accionada.

En caso de acoplamiento de equipos (como ventiladores) por medio de poleas y correas trapezoidales, el número de polos del motor se escogerá de manera que la relación entre velocidades de rotación del motor y del ventilador sea inferior a 2,5.

Todos los motores llevarán una placa de características, situada en lugar visible y escrito de forma indeleble, en la que aparecerán, por lo menos, los siguientes datos:

- potencia del motor.
- velocidad de rotación.
- intensidad de corriente a la(s) tensión(es) de funcionamiento.
- intensidad de arranque.
- tensión(es) de funcionamiento.
- nombre del fabricante y modelo.

## **9. Puestas a tierra**

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no

perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitudes térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

## **9.1. Uniones a tierra**

### Tomas de tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

### Conductores de tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

<u>Tipo</u>	<u>Protegido mecánicamente</u>	<u>No protegido mecánicamente</u>
Protegido contra la corrosión	Igual a conductores protección apdo. 7.7.1	16 mm <sup>2</sup> Cu 16 mm <sup>2</sup> Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm <sup>2</sup> Cu 50 mm <sup>2</sup> Hierro	25 mm <sup>2</sup> Cu 50 mm <sup>2</sup> Hierro

\* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

### Bornes de puesta a tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

### Conductores de protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

<u>Sección conductores fase (mm<sup>2</sup>)</u>	<u>Sección conductores protección (mm<sup>2</sup>)</u>
$S_f \leq 16$	$S_f$
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos
- conductores separados desnudos o aislados

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

## **10. Inspecciones y pruebas en fábrica**

La aparmanta se someterá en fábrica a una serie de ensayos para comprobar que están libres de defectos mecánicos y eléctricos.

En particular se harán por lo menos las siguientes comprobaciones:

- Se medirá la resistencia de aislamiento con relación a tierra y entre conductores, que tendrá un valor de al menos 0,50 MΩ.
- Una prueba de rigidez dieléctrica, que se efectuará aplicando una tensión igual a dos veces la tensión nominal más 1.000 voltios, con un mínimo de 1.500 voltios, durante 1 minuto a la frecuencia nominal. Este ensayo se realizará estando los

aparatos de interrupción cerrados y los cortocircuitos instalados como en servicio normal.

- Se inspeccionarán visualmente todos los aparatos y se comprobará el funcionamiento mecánico de todas las partes móviles.
- Se pondrá el cuadro de baja tensión y se comprobará que todos los relés actúan correctamente.
- Se calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante.

Estas pruebas podrán realizarse, a petición de la DO, en presencia del técnico encargado por la misma.

Cuando se exijan los certificados de ensayo, la EIM enviará los protocolos de ensayo, debidamente certificados por el fabricante, a la DO.

## **11. Control**

Se realizarán cuantos análisis, verificaciones, comprobaciones, ensayos, pruebas y experiencias con los materiales, elementos o partes de la instalación que se ordenen por el Técnico Director de la misma, siendo ejecutados en laboratorio que designe la dirección, con cargo a la contrata.

Antes de su empleo en la obra, montaje o instalación, todos los materiales a emplear, cuyas características técnicas, así como las de su puesta en obra, han quedado ya especificadas en apartados anteriores, serán reconocidos por el Técnico Director o persona en la que éste delegue, sin cuya aprobación no podrá procederse a su empleo. Los que por mala calidad, falta de protección o aislamiento u otros defectos no se estimen admisibles por aquél, deberán ser retirados inmediatamente. Este reconocimiento previo de los materiales no constituirá su recepción definitiva, y el Técnico Director podrá retirar en cualquier momento aquellos que presenten algún defecto no apreciado anteriormente, aún a costa, si fuera preciso, de deshacer la instalación o montaje ejecutados con ellos. Por tanto, la responsabilidad del contratista en el cumplimiento de las especificaciones de los materiales no cesará mientras no sean recibidos definitivamente los trabajos en los que se hayan empleado.

## **12. Seguridad**

En general, basándonos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las especificaciones de las normas NTE, se cumplirán, entre otras, las siguientes condiciones de seguridad:

- Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.
- En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.
- Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.
- Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.
- Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.
- En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.
- Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

### **13. Limpieza**

Antes de la Recepción provisional, los cuadros se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o al exterior.

### **14. Mantenimiento**

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad, en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

## **15. Criterios de medición**

Las unidades de obra serán medidas con arreglo a los especificados en la normativa vigente, o bien, en el caso de que ésta no sea suficiente explícita, en la forma reseñada en el Pliego Particular de Condiciones que les sea de aplicación, o incluso tal como figuren dichas unidades en el Estado de Mediciones del Proyecto. A las unidades medidas se les aplicarán los precios que figuren en el Presupuesto, en los cuales se consideran incluidos todos los gastos de transporte, indemnizaciones y el importe de los derechos fiscales con los que se hallen gravados por las distintas Administraciones, además de los gastos generales de la contrata. Si hubiera necesidad de realizar alguna unidad de obra no comprendida en el Proyecto, se formalizará el correspondiente precio contradictorio.

Los cables, bandejas y tubos se medirán por unidad de longitud (metro), según tipo y dimensiones.

En la medición se entenderán incluidos todos los accesorios necesarios para el montaje (grapas, terminales, bornes, prensaestopas, cajas de derivación, etc), así como la mano de obra para el transporte en el interior de la obra, montaje y pruebas de recepción.

Los cuadros y receptores eléctricos se medirán por unidades montadas y conexiónadas.

La conexión de los cables a los elementos receptores (cuadros, motores, resistencias, aparatos de control, etc) será efectuada por el suministrador del mismo elemento receptor.

El transporte de los materiales en el interior de la obra estará a cargo de la EIM.

## **Condiciones técnicas de instalaciones aisladas de red**

### **1. Objeto**

1.1 Fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red, que por sus características estén comprendidas en el apartado segundo de este Pliego.

Pretende servir de guía para instaladores y fabricantes de equipos, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir una instalación para asegurar su calidad, en beneficio del usuario y del propio desarrollo de esta tecnología.

1.2 Se valorará la calidad final de la instalación por el servicio de energía eléctrica proporcionado (eficiencia energética, correcto dimensionado, etc.) y por su integración en el entorno.

1.3 El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas (en lo que sigue, PCT) se aplica a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

1.4 En determinados supuestos del proyecto se podrán adoptar, por la propia naturaleza del mismo o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este PCT, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

1.5 Este PCT está asociado a las líneas de ayuda para la promoción de instalaciones de energía solar fotovoltaica en el ámbito del Plan de Fomento de Energías Renovables. Determinados apartados hacen referencia a su inclusión en la Memoria de Solicitud, o en la Memoria de Diseño o

Proyecto que se presentará previamente a la verificación técnica.

## **2. Generalidades**

2.1 Este Pliego es de aplicación, en su integridad, a todas las instalaciones solares fotovoltaicas aisladas de la red destinadas a:

- Electrificación de viviendas y edificios
- Alumbrado público
- Aplicaciones agropecuarias
- Bombeo y tratamiento de agua
- Aplicaciones mixtas con otras renovables

2.2 Podrán optar a esta convocatoria otras aplicaciones especiales, distintas a las del apartado 2.1, no sujetas a las condiciones técnicas de este PCT, siempre y cuando se aseguren unos requisitos de calidad, seguridad y durabilidad equivalentes. Tanto en la Memoria de Solicitud como en la Memoria de Diseño o proyecto se incluirán las características de estas aplicaciones, reservándose el IDAE su aceptación.

2.3 En todo caso es de aplicación toda la normativa que afecte a instalaciones solares fotovoltaicas:

2.3.1 Decreto 2413/1973, de 20 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

2.3.2 Normas Básicas de la Edificación (NBE), cuando sea aplicable.

2.3.3 Directivas Europeas de seguridad y compatibilidad electromagnética.

### **3. Definiciones**

#### **3.1. Radiación solar**

##### **3.1.1 Radiación solar**

Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

##### **3.1.2 Irradiancia**

Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m<sup>2</sup>.

##### **3.1.3 Irradiación**

Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m<sup>2</sup>.

##### **3.1.4 Año Meteorológico Típico de un lugar (AMT)**

Conjunto de valores de la irradiación horaria correspondientes a un año hipotético que se construye eligiendo, para cada mes, un mes de un año real cuyo valor medio mensual de la irradiación global diaria horizontal coincide con el correspondiente a todos los años obtenidos de la base de datos.

### **3.2. Generadores fotovoltaicos**

#### **3.2.1 Célula solar o fotovoltaica**

Dispositivo que transforma la energía solar en energía eléctrica.

#### **3.2.2 Célula de tecnología equivalente (CTE)**

Célula solar cuya tecnología de fabricación y encapsulado es idéntica a la de los módulos fotovoltaicos que forman el generador fotovoltaico.

#### **3.2.3 Módulo fotovoltaico**

Conjunto de células solares interconectadas entre sí y encapsuladas entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

#### **3.2.4 Rama fotovoltaica**

Subconjunto de módulos fotovoltaicos interconectados, en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

#### **3.2.5 Generador fotovoltaico**

Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.

#### **3.2.6 Condiciones Estándar de Medida (CEM)**

Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas como referencia para caracterizar células, módulos y generadores fotovoltaicos y definidas del modo siguiente:

- Irradiancia (GSTC): 1000 W/m<sup>2</sup>
- Distribución espectral: AM 1,5 G
- Incidencia normal
- Temperatura de célula: 25 °C

### 3.2.7 Potencia máxima del generador (*potencia pico*)

Potencia máxima que puede entregar el módulo en las CEM.

### 3.2.8 TONC

Temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m<sup>2</sup> con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20 °C y la velocidad del viento de 1 m/s.

## 3.3. Acumuladores de plomo-ácido

### 3.3.1 Acumulador

Asociación eléctrica de baterías.

### 3.3.2 Batería

Fuente de tensión continua formada por un conjunto de vasos electroquímicos interconectados.

### 3.3.3 Autodescarga

Pérdida de carga de la batería cuando ésta permanece en circuito abierto. Habitualmente se expresa como porcentaje de la capacidad nominal, medida durante un mes, y a una temperatura de 20 °C.

### 3.3.4 Capacidad nominal: $C_{20}$ (Ah)

Cantidad de carga que es posible extraer de una batería en 20 horas, medida a una temperatura de 20 °C, hasta que la tensión entre sus terminales llegue a 1,8 V/vaso. Para otros regímenes de descarga se pueden usar las siguientes relaciones empíricas:  $C_{100} / C_{20} \bullet 1,25$ ,  $C_{40} / C_{20} \bullet 1,14$ ,  $C_{20} / C_{10} \bullet 1,17$ .

### 3.3.5 Capacidad útil

Capacidad disponible o utilizable de la batería. Se define como el producto de la capacidad nominal y la profundidad máxima de descarga permitida,  $PD_{max}$ .

### 3.3.6 Estado de carga

Cociente entre la capacidad residual de una batería, en general parcialmente descargada, y su capacidad nominal.

### 3.3.7 Profundidad de descarga ( $PD$ )

Cociente entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal. Se expresa habitualmente en %.

### 3.3.8 Régimen de carga (*o descarga*)

Parámetro que relaciona la capacidad nominal de la batería y el valor de la corriente a la cual se realiza la carga (*o la descarga*). Se expresa normalmente en horas, y se representa como un subíndice en el símbolo de la capacidad y de la corriente a la cuál se realiza la carga (*o la descarga*). Por ejemplo, si una batería de 100 Ah se descarga en 20 horas a una corriente de 5 A, se dice que el régimen de descarga es 20 horas ( $C_{20} = 100$  Ah) y la corriente se expresa como  $I_{20} = 5$  A.

### 3.3.9 Vaso

Elemento o celda electroquímica básica que forma parte de la batería, y cuya tensión nominal es aproximadamente 2 V.

### **3.4. Reguladores de carga**

#### **3.4.1. Regulador de carga**

Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas. El regulador podrá no incluir alguna de estas funciones si existe otro componente del sistema encargado de realizarlas.

#### **3.4.2 Voltaje de desconexión de las cargas de consumo**

Voltaje de la batería por debajo del cual se interrumpe el suministro de electricidad a las cargas de consumo.

#### **3.4.3 Voltaje final de carga**

Voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico.

### **3.5. Inversores**

#### **3.5.1 Inversor**

Convertidor de corriente continua en corriente alterna.

#### **3.5.2 VRMS**

Valor eficaz de la tensión alterna de salida.

#### **3.5.3 Potencia nominal (VA)**

Potencia especificada por el fabricante, y que el inversor es capaz de entregar de forma continua.

#### **3.5.4 Capacidad de sobrecarga**

Capacidad del inversor para entregar mayor potencia que la nominal durante ciertos intervalos de tiempo.

#### **3.5.5 Rendimiento del inversor**

Relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada del inversor. Depende de la potencia y de la temperatura de operación.

#### **3.5.6 Factor de potencia**

Cociente entre la potencia activa (W) y la potencia aparente (VA) a la salida del inversor.

#### **3.5.7 Distorsión armónica total: THD (%)**

Parámetro utilizado para indicar el contenido armónico de la onda de tensión de salida. Se define como:

THD (%) = 100

$$\text{THD} (\%) = 100 \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}{V_1^2}}$$

donde  $V_1$  es el armónico fundamental y  $V_n$  el armónico enésimo.

### **3.6. Cargas de consumo**

#### 3.6.1 Lámpara fluorescente de corriente continua

Conjunto formado por un balastro y un tubo fluorescente.

## **4. Diseño**

### **4.1. Orientación, inclinación y sombras**

4.1.1 Las pérdidas de radiación causadas por una orientación e inclinación del generador distintas a las óptimas, y por sombreado, en el período de diseño, no serán superiores a los valores especificados en la tabla I.

*Tabla I*

<i>Pérdidas de radiación del generador</i>	<i>Valor máximo permitido (%)</i>
Inclinación y orientación	20
Sombras	10
Combinación de ambas	20

4.1.2 El cálculo de las pérdidas de radiación causadas por una inclinación y orientación del generador distintas a las óptimas se hará de acuerdo al apartado 3.2 del anexo I.

4.1.3 En aquellos casos en los que, por razones justificadas, no se verifiquen las condiciones del apartado 4.1.1, se evaluarán las pérdidas totales de radiación, incluyéndose el cálculo en la Memoria de Solicitud.

### **4.2. Dimensionado del sistema**

4.2.1 Independientemente del método de dimensionado utilizado por el instalador, deberán realizarse los cálculos mínimos justificativos que se especifican en este PCT.

4.2.2 Se realizará una estimación del consumo de energía de acuerdo con el primer apartado del anexo I.

4.2.3 Se determinará el rendimiento energético de la instalación y el generador mínimo requerido ( $P_{mp}$ , min) para cubrir las necesidades de consumo según lo estipulado en el anexo I, apartado 3.4.

4.2.4 El instalador podrá elegir el tamaño del generador y del acumulador en función de las necesidades de autonomía del sistema, de la probabilidad de pérdida de carga requerida y de cualquier otro factor que quiera considerar. El tamaño del generador será, como máximo, un 20 % superior al  $P_{mp}$ , min calculado en 4.2.3. En aplicaciones especiales en las que se requieran probabilidades de pérdidas de

carga muy pequeñas podrá aumentarse el tamaño del generador, justificando la necesidad y el tamaño en la Memoria de Solicitud.

4.2.5 Como norma general, la autonomía mínima de sistemas con acumulador será de 3 días. Se calculará la autonomía del sistema para el acumulador elegido (conforme a la expresión del apartado 3.5 del anexo I). En aplicaciones especiales, instalaciones mixtas eólico-fotovoltaicas, instalaciones con cargador de baterías o grupo electrógeno de apoyo, etc. que no cumplan este requisito se justificará adecuadamente.

4.2.6 Como criterio general, se valorará especialmente el aprovechamiento energético de la radiación solar.

### **4.3. Sistema de monitorización**

4.3.1 El sistema de monitorización, cuando se instale de acuerdo a la convocatoria, proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Tensión y corriente CC del generador.
- Potencia CC consumida, incluyendo el inversor como carga CC.
- Potencia CA consumida si la hubiere, salvo para instalaciones cuya aplicación es exclusivamente el bombeo de agua.
- Contador volumétrico de agua para instalaciones de bombeo.
- Radiación solar en el plano de los módulos medida con un módulo o una célula de tecnología equivalente.
- Temperatura ambiente en la sombra.

4.3.2 Los datos se presentarán en forma de medias horarias. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación de las mismas se hará conforme al documento del

JRC-Ispra "Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants – Document A", Report EUR 16338 EN.

## **5. Componentes y materiales**

### **5.1. Generalidades**

5.1.1 Todas las instalaciones deberán cumplir con las exigencias de protecciones y seguridad de las personas, y entre ellas las dispuestas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión o legislación posterior vigente.

5.1.2 Como principio general, se tiene que asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico (clase I) para equipos y materiales.

5.1.3 Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad para proteger a las personas frente a contactos directos e indirectos, especialmente en instalaciones con tensiones de operación superiores a 50 VRMS o 120 VCC. Se recomienda la utilización de equipos y materiales de aislamiento eléctrico de clase II.

5.1.4 Se incluirán todas las protecciones necesarias para proteger a la instalación frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones.

5.1.5 Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad. Todos los equipos expuestos a la intemperie tendrán un grado mínimo de protección IP65, y los de interior, IP20.

5.1.6 Los equipos electrónicos de la instalación cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas podrán ser certificadas por el fabricante).

5.1.7 Se incluirá en la Memoria de Solicitud toda la información requerida en el anexo II.

5.1.8 En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirá toda la información del apartado 5.1.7, resaltando los cambios que hubieran podido producirse y el motivo de los mismos. En la Memoria de Diseño o Proyecto también se incluirán las especificaciones técnicas, proporcionadas por el fabricante, de todos los elementos de la instalación.

5.1.9 Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar donde se sitúa la instalación.

## **5.2. Generadores fotovoltaicos**

5.2.1 Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos de capa delgada, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, por ejemplo, Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT, Joint Research Centre Ispra, etc. Este requisito se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

5.2.2 El módulo llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo, nombre o logotipo del fabricante, y el número de serie, trazable a la fecha de fabricación, que permita su identificación individual.

5.2.3 Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación. En caso de variaciones respecto de estas características, con carácter excepcional, deberá presentarse en la Memoria de Solicitud justificación de su utilización y deberá ser aprobada por el IDAE.

5.2.3.1 Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales, y tendrán un grado de protección IP65.

5.2.3.2 Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.

5.2.3.3 Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales, referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del  $\pm 10\%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo.

5.2.3.4 Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

5.2.4 Cuando las tensiones nominales en continua sean superiores a 48 V, la estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos estarán conectados a una toma de tierra, que será la misma que la del resto de la instalación.

5.2.5 Se instalarán los elementos necesarios para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del generador.

5.2.6 En aquellos casos en que se utilicen módulos no cualificados, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. En cualquier caso, todo producto que no cumpla alguna de las especificaciones anteriores deberá contar con la aprobación expresa del IDAE. En todos los casos han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

### **5.3. Estructura de soporte**

5.3.1 Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos y se incluirán todos los accesorios que se precisen.

5.3.2 La estructura de soporte y el sistema de fijación de módulos permitirán las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las normas del fabricante.

5.3.3 La estructura soporte de los módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en la Normativa Básica de la Edificación NBE-AE-88.

5.3.4 El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

5.3.5 La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la misma.

5.3.6 La tornillería empleada deberá ser de acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando los de sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

5.3.7 Los topes de sujeción de módulos, y la propia estructura, no arrojarán sombra sobre los módulos.

5.3.8 En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanquidad entre módulos se ajustará a las exigencias de las Normas Básicas de la Edificación y a las técnicas usuales en la construcción de cubiertas.

5.3.9 Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirá la Norma MV-102 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

5.3.10 Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las Normas UNE 37-501 y UNE 37- 508, con un espesor mínimo de 80 micras, para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

### **5.4. Acumuladores de plomo-ácido**

5.4.1 Las baterías del acumulador serán de plomo-ácido, preferentemente estacionarias y de placa tubular. No se permitirá el uso de baterías de arranque.

5.4.2 Para asegurar una adecuada recarga de las baterías, la capacidad nominal del acumulador (en Ah) no excederá en 25 veces la corriente (en A) de cortocircuito en CEM del generador fotovoltaico. En el caso de que la capacidad del acumulador elegido sea superior a este valor (por existir el apoyo de un generador eólico, cargador de baterías, grupo electrógeno, etc.), se justificará adecuadamente.

5.4.3 La máxima profundidad de descarga (referida a la capacidad nominal del acumulador) no excederá el 80 % en instalaciones donde se prevea que descargas tan profundas no serán frecuentes. En aquellas aplicaciones en las que estas sobredescargas puedan ser habituales, tales como alumbrado público, la máxima profundidad de descarga no superará el 60 %.

5.4.4 Se protegerá, especialmente frente a sobrecargas, a las baterías con electrolito gelificado, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

5.4.5 La capacidad inicial del acumulador será superior al 90 % de la capacidad nominal. En cualquier caso, deberán seguirse las recomendaciones del fabricante para aquellas baterías que requieran una carga inicial.

5.4.6 La autodescarga del acumulador a 20 °C no excederá el 6 % de su capacidad nominal por mes.

5.4.7 La vida del acumulador, definida como la correspondiente hasta que su capacidad residual caiga por debajo del 80 % de su capacidad nominal, debe ser superior a 1000 ciclos, cuando se descarga el acumulador hasta una profundidad del 50 % a 20 °C.

5.4.8 El acumulador será instalado siguiendo las recomendaciones del fabricante. En cualquier caso, deberá asegurarse lo siguiente:

- El acumulador se situará en un lugar ventilado y con acceso restringido.
- Se adoptarán las medidas de protección necesarias para evitar el cortocircuito accidental de los terminales del acumulador, por ejemplo, mediante cubiertas aislantes.

5.4.9 Cada batería, o vaso, deberá estar etiquetado, al menos, con la siguiente información:

- Tensión nominal (V)
- Polaridad de los terminales
- Capacidad nominal (Ah)
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie

## **5.5. Reguladores de carga**

5.5.1 Las baterías se protegerán contra sobrecargas y sobredescargas. En general, estas protecciones serán realizadas por el regulador de carga, aunque dichas funciones podrán incorporarse en otros equipos siempre que se asegure una protección equivalente.

5.5.2 Los reguladores de carga que utilicen la tensión del acumulador como referencia para la regulación deberán cumplir los siguientes requisitos:

- La tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca

cuando el acumulador haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida (ver 5.4.3).

La precisión en las tensiones de corte efectivas respecto a los valores fijados en el regulador será del 1 %.

- La tensión final de carga debe asegurar la correcta carga de la batería.
- La tensión final de carga debe corregirse por temperatura a razón de  $-4\text{mV/}^{\circ}\text{C}$  a  $-5\text{mV/}^{\circ}\text{C}$  por vaso, y estar en el intervalo de  $\pm 1\%$  del valor especificado.
- Se permitirán sobrecargas controladas del acumulador para evitar la estratificación del electrolito o para realizar cargas de igualación.

5.5.3 Se permitirá el uso de otros reguladores que utilicen diferentes estrategias de regulación atendiendo a otros parámetros, como por ejemplo, el estado de carga del acumulador. En cualquier caso, deberá asegurarse una protección equivalente del acumulador contra sobrecargas y sobredescargas.

5.5.4 Los reguladores de carga estarán protegidos frente a cortocircuitos en la línea de consumo.

5.5.5 El regulador de carga se seleccionará para que sea capaz de resistir sin daño una sobrecarga simultánea, a la temperatura ambiente máxima, de:

- Corriente en la línea de generador: un 25 % superior a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico en CEM.
- Corriente en la línea de consumo: un 25 % superior a la corriente máxima de la carga de consumo.

5.5.6 El regulador de carga debería estar protegido contra la posibilidad de desconexión accidental del acumulador, con el generador operando en las CEM y con cualquier carga. En estas condiciones, el regulador debería asegurar, además de su propia protección, la de las cargas conectadas.

5.5.7 Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de generador y acumulador serán inferiores al 4 % de la tensión nominal (0,5 V para 12 V de tensión nominal), para sistemas de menos de 1 kW, y del 2 % de la tensión nominal para sistemas mayores de 1 kW, incluyendo

17 los terminales. Estos valores se especifican para las siguientes condiciones: corriente nula en la línea de consumo y corriente en la línea generador-acumulador igual a la corriente máxima especificada para el regulador. Si las caídas de tensión son superiores, por ejemplo, si el regulador incorpora un diodo de bloqueo, se justificará el motivo en la Memoria de Solicitud.

5.5.8 Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de batería y consumo serán inferiores al 4 % de la tensión nominal (0,5 V para 12 V de tensión nominal), para sistemas de menos de 1 kW, y del 2 % de la tensión nominal para sistemas mayores de 1 kW, incluyendo los terminales. Estos valores se especifican para las siguientes condiciones: corriente nula en la línea de generador y corriente en la línea acumulador-consumo igual a la corriente máxima especificada para el regulador.

5.5.9 Las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deben ser inferiores al 3 % del consumo diario de energía.

5.5.10 Las tensiones de reconexión de sobrecarga y sobredescarga serán distintas de las de desconexión, o bien estarán temporizadas, para evitar oscilaciones desconexión-reconexión.

5.5.11 El regulador de carga deberá estar etiquetado con al menos la siguiente información:

- Tensión nominal (V)
- Corriente máxima (A)
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie
- Polaridad de terminales y conexiones

## **5.6. Inversores**

5.6.1 Los requisitos técnicos de este apartado se aplican a inversores monofásicos o trifásicos que funcionan como fuente de tensión fija (valor eficaz de la tensión y frecuencia de salida fijos).

Para otros tipos de inversores se asegurarán requisitos de calidad equivalentes.

5.6.2 Los inversores serán de onda senoidal pura. Se permitirá el uso de inversores de onda no senoidal, si su potencia nominal es inferior a 1 kVA, no producen daño a las cargas y aseguran una correcta operación de éstas.

5.6.3 Los inversores se conectarán a la salida de consumo del regulador de carga o en bornes del acumulador. En este último caso se asegurará la protección del acumulador frente a sobrecargas y sobredescargas, de acuerdo con lo especificado en el apartado 5.4. Estas protecciones podrán estar incorporadas en el propio inversor o se realizarán con un regulador de carga, en cuyo caso el regulador debe permitir breves bajadas de tensión en el acumulador para asegurar el arranque del inversor.

5.6.4 El inversor debe asegurar una correcta operación en todo el margen de tensiones de entrada permitidas por el sistema.

5.6.5 La regulación del inversor debe asegurar que la tensión y la frecuencia de salida estén en los siguientes márgenes, en cualquier condición de operación:

$$VNOM \pm 5 \%, \text{ siendo } VNOM = 220 \text{ VRMS o } 230 \text{ VRMS}$$

$$50 \text{ Hz} \pm 2 \%$$

5.6.6 El inversor será capaz de entregar la potencia nominal de forma continuada, en el margen de temperatura ambiente especificado por el fabricante.

5.6.7 El inversor debe arrancar y operar todas las cargas especificadas en la instalación, especialmente aquellas que requieren elevadas corrientes de arranque (TV, motores, etc.), sin interferir en su correcta operación ni en el resto de cargas.

5.6.8 Los inversores estarán protegidos frente a las siguientes situaciones:

- Tensión de entrada fuera del margen de operación.
- Desconexión del acumulador.
- Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

5.6.9 El autoconsumo del inversor sin carga conectada será menor o igual al 2 % de la potencia nominal de salida.

5.6.10 Las pérdidas de energía diaria ocasionadas por el autoconsumo del inversor serán inferiores al 5 % del consumo diario de energía. Se recomienda que el inversor tenga un sistema de "stand-by" para reducir estas pérdidas cuando el inversor trabaja en vacío (sin carga).

5.6.11 El rendimiento del inversor con cargas resistivas será superior a los límites especificados en la tabla II.

*Tabla II*

<i>Tipo de inversor</i>	<i>Rendimiento al 20 % de la potencia nominal</i>	<i>Rendimiento a potencia nominal</i>
Onda senoidal (*)	$P_{NOM} \leq 500 \text{ VA}$	>80 %
	$P_{NOM} > 500 \text{ VA}$	>85 %
Onda no senoidal	>85 %	>80 %

(\*) Se considerará que los inversores son de onda senoidal si la distorsión armónica total de la tensión de salida es inferior al 5 % cuando el inversor alimenta cargas lineales, desde el 20 % hasta el 100 % de la potencia nominal.

5.6.12 Los inversores deberán estar etiquetados con, al menos, la siguiente información:

- Potencia nominal (VA)
- Tensión nominal de entrada (V)
- Tensión (VRMS) y frecuencia (Hz) nominales de salida
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie
- Polaridad y terminales

## **5.7. Cargas de consumo**

5.7.1 Se recomienda utilizar electrodomésticos de alta eficiencia.

5.7.2 Se utilizarán lámparas fluorescentes, preferiblemente de alta eficiencia. No se permitirá el uso de lámparas incandescentes.

5.7.3 Las lámparas fluorescentes de corriente alterna deberán cumplir la normativa al respecto. Se recomienda utilizar lámparas que tengan corregido el factor de potencia.

5.7.4 En ausencia de un procedimiento reconocido de cualificación de lámparas fluorescentes de continua, estos dispositivos deberán verificar los siguientes requisitos:

- El balastro debe asegurar un encendido seguro en el margen de tensiones de operación, y en todo el margen de temperaturas ambientales previstas.
- La lámpara debe estar protegida cuando:
- Se invierte la polaridad de la tensión de entrada.
- La salida del balastro es cortocircuitada.
- Opera sin tubo.
- La potencia de entrada de la lámpara debe estar en el margen de  $\pm 10\%$  de la potencia nominal.
- El rendimiento luminoso de la lámpara debe ser superior a 40 lúmenes/W.
- La lámpara debe tener una duración mínima de 5000 ciclos cuando se aplica el siguiente ciclado: 60 segundos encendido / 150 segundos apagado, y a una temperatura de 20 °C.
- Las lámparas deben cumplir las directivas europeas de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética.

5.7.5 Se recomienda que no se utilicen cargas para climatización.

5.7.6 Los sistemas con generadores fotovoltaicos de potencia nominal superior a 500 W tendrán, como mínimo, un contador para medir el consumo de energía (excepto sistemas de bombeo).

En sistemas mixtos con consumos en continua y alterna, bastará un contador para medir el consumo en continua de las cargas CC y del inversor. En sistemas con consumos de corriente alterna únicamente, se colocará el contador a la salida del inversor.

5.7.7 Los enchufes y tomas de corriente para corriente continua deben estar protegidos contra inversión de polaridad y ser distintos de los de uso habitual para corriente alterna.

5.7.8 Para sistemas de bombeo de agua:

5.7.8.1 Los sistemas de bombeo con generadores fotovoltaicos de potencia nominal superior a 500 W tendrán un contador volumétrico para medir el volumen de agua bombeada.

5.7.8.2 Las bombas estarán protegidas frente a una posible falta de agua, ya sea mediante un sistema de detección de la velocidad de giro de la bomba, un detector de nivel u otro dispositivo dedicado a tal función.

5.7.8.3 Las pérdidas por fricción en las tuberías y en otros accesorios del sistema hidráulico serán inferiores al 10% de la energía hidráulica útil proporcionada por la motobomba.

5.7.8.4 Deberá asegurarse la compatibilidad entre la bomba y el pozo. En particular, el caudal bombeado no excederá el caudal máximo extraible del pozo cuando el generador fotovoltaico trabaja en CEM. Es responsabilidad del instalador solicitar al propietario del pozo un estudio de caracterización del mismo.

## 5.8. Cableado

5.8.1 Todo el cableado cumplirá con lo establecido en la legislación vigente.

5.8.2 Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de

trabajo, los conductores de la parte CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior, incluyendo cualquier terminal intermedio, a los valores especificados a continuación (referidos a la tensión nominal continua del sistema):

- 5.8.2.1 Caídas de tensión máxima entre generador y regulador/inversor: 3 %
- 5.8.2.2 Caídas de tensión máxima entre regulador y batería: 1 %
- 5.8.2.3 Caídas de tensión máxima entre inversor y batería: 1 %
- 5.8.2.4 Caídas de tensión máxima entre regulador e inversor: 1 %
- 5.8.2.5 Caídas de tensión máxima entre inversor/regulador y cargas: 3 %
- 5.8.3 Se incluirá toda la longitud de cables necesaria (parte continua y/o alterna) para cada aplicación concreta, evitando esfuerzos sobre los elementos de la instalación y sobre los propios cables.
- 5.8.4 Los positivos y negativos de la parte continua de la instalación se conducirán separados, protegidos y señalizados (códigos de colores, etiquetas, etc.) de acuerdo a la normativa vigente.
- 5.8.5 Los cables de exterior estarán protegidos contra la intemperie.

## **5.9. Protecciones y puesta a tierra**

5.9.1 Todas las instalaciones con tensiones nominales superiores a 48 voltios contarán con una toma de tierra a la que estará conectada, como mínimo, la estructura soporte del generador y los marcos metálicos de los módulos.

5.9.2 El sistema de protecciones asegurará la protección de las personas frente a contactos directos e indirectos. En caso de existir una instalación previa no se alterarán las condiciones de seguridad de la misma.

5.9.3 La instalación estará protegida frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones. Se prestará especial atención a la protección de la batería frente a cortocircuitos mediante un fusible, disyuntor magnetotérmico u otro elemento que cumpla con esta función.

## **6 Recepción y pruebas**

6.1 El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas del lugar del usuario de la instalación, para facilitar su correcta interpretación.

6.2 Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán, como mínimo, las siguientes:

6.2.1 Funcionamiento y puesta en marcha del sistema.

6.2.2 Prueba de las protecciones del sistema y de las medidas de seguridad, especialmente las del acumulador.

6.3 Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. El Acta de Recepción Provisional no se

firmará hasta haber comprobado que el sistema ha funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos del sistema suministrado. Además se deben cumplir los siguientes requisitos:

6.3.1 Entrega de la documentación requerida en este PCT.

6.3.2 Retirada de obra de todo el material sobrante.

6.3.3 Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.

6.4 Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación del sistema, aunque deberá adiestrar al usuario.

6.5 Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o elección de componentes por una garantía de tres años, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía será de 8 años contados a partir de la fecha de la firma del Acta de Recepción Provisional.

6.6 No obstante, vencida la garantía, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se apreciase que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

## **7. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento**

### **7.1. Generalidades**

7.1.1 Se realizará un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo), al menos, de tres años.

7.1.2 El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual.

7.1.3 El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá las labores de mantenimiento de todos los elementos de la instalación aconsejados por los diferentes fabricantes.

### **7.2. Programa de mantenimiento**

7.2.1 El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica aisladas de la red de distribución eléctrica.

7.2.2 Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación, para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

7.2.3 Plan de mantenimiento preventivo: operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir

mantener, dentro de límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

7.2.4 Plan de mantenimiento correctivo: todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Incluye:

- La visita a la instalación en los plazos indicados en el apartado 7.3.5.2, y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la instalación.
- El análisis y presupuestación de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.
- Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

7.2.5 El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

7.2.6 El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá una visita anual en la que se realizarán, como mínimo, las siguientes actividades:

- Verificación del funcionamiento de todos los componentes y equipos.
- Revisión del cableado, conexiones, pletinas, terminales, etc.
- Comprobación del estado de los módulos: situación respecto al proyecto original, limpieza y presencia de daños que afecten a la seguridad y protecciones.
- Estructura soporte: revisión de daños en la estructura, deterioro por agentes ambientales, oxidación, etc.
- Baterías: nivel del electrolito, limpieza y engrasado de terminales, etc.
- Regulador de carga: caídas de tensión entre terminales, funcionamiento de indicadores, etc.
- Inversores: estado de indicadores y alarmas.
- Caídas de tensión en el cableado de continua.
- Verificación de los elementos de seguridad y protecciones: tomas de tierra, actuación de interruptores de seguridad, fusibles, etc.

7.2.7 En instalaciones con monitorización la empresa instaladora de la misma realizará una revisión cada seis meses, comprobando la calibración y limpieza de los medidores, funcionamiento y calibración del sistema de adquisición de datos, almacenamiento de los datos, etc.

7.2.8 Las operaciones de mantenimiento realizadas se registrarán en un libro de mantenimiento.

## **7.3 Garantías**

7.3.1 Ámbito general de la garantía:

7.3.1.1 Sin perjuicio de una posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

7.3.1.2 La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la entrega de la instalación.

7.3.2 Plazos:

7.3.2.1 El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía será de 8 años.

7.3.2.2 Si hubiera de interrumpirse la explotación del sistema debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

7.3.3 Condiciones económicas:

7.3.3.1 La garantía incluye tanto la reparación o reposición de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, como la mano de obra.

7.3.3.2 Quedan incluidos los siguientes gastos: tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

7.3.3.3 Asimismo, se debe incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

7.3.3.4 Si, en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

7.3.4 Anulación de la garantía:

7.3.4.1 La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador, excepto en las condiciones del último punto del apartado 7.3.3.4.

7.3.5 Lugar y tiempo de la prestación:

7.3.5.1 Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará fehacientemente al fabricante.

7.3.5.2 El suministrador atenderá el aviso en un plazo máximo de 48 horas si la instalación no funciona, o de una semana si el fallo no afecta al funcionamiento.

7.3.5.3 Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador.

Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

7.3.5.4 El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas con la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

#### **- GARANTÍAS DE CALIDAD (MARCADO CE)**

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación de la conformidad establecido por la correspondiente Decisión de la Comisión Europea.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del Director de la Ejecución de la Obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del marcado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el Real Decreto 1630/1992 por el que se transpone a nuestro ordenamiento legal la Directiva de Productos de Construcción 89/106/CEE.

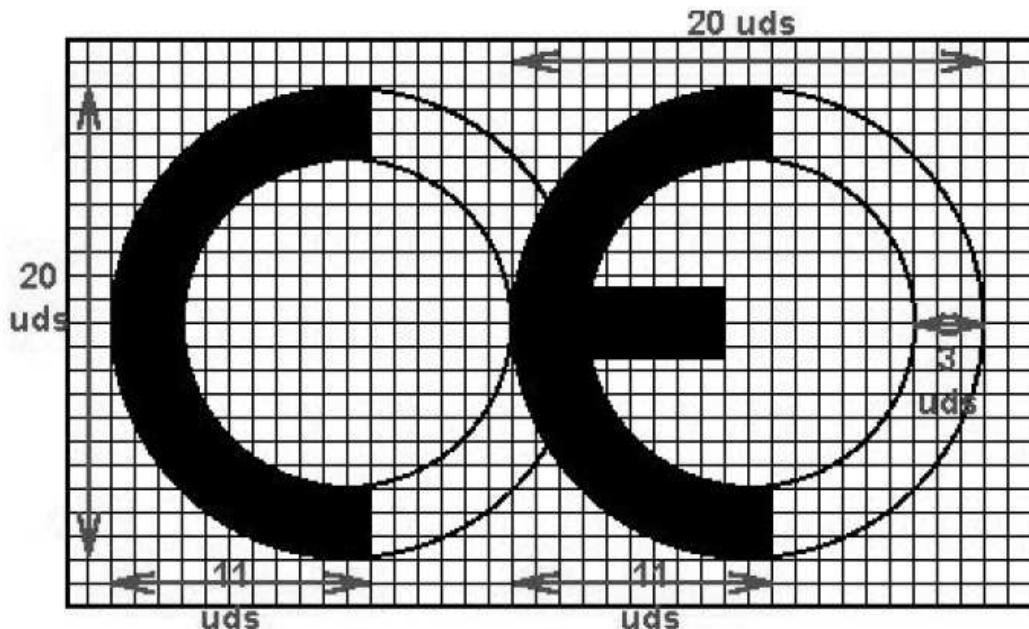
El marcado CE se materializa mediante el símbolo "CE" acompañado de una información complementaria.

El fabricante debe cuidar de que el marcado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.
- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.

- En la documentación comercial que le acompaña.

Las letras del símbolo CE se realizan según el dibujo adjunto y deben tener una dimensión vertical no inferior a 5 mm.



Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

- El número de identificación del organismo notificado (cuando proceda)
- El nombre comercial o la marca distintiva del fabricante
- La dirección del fabricante
- El nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica
- Las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto
- El número del certificado CE de conformidad (cuando proceda)
- El número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias los números de todas ellas
- La designación del producto, su uso previsto y su designación normalizada
- Información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas.

## **Ejecución y mantenimiento de la instalación A.C.S.**

Es muy importante la perfecta ejecución de la instalación, en cada una de sus diferentes etapas.

### **1. Procesos previos al inicio de la instalación**

Una vez obtenida la conformidad del cliente y habiéndose fijado de común acuerdo por ambas partes una fecha para el comienzo y la conclusión de los trabajos (que debe admitir un cierto margen), el instalador deberá planificar todo el proceso de montaje.

Por tanto, el instalador conoce las exigencias contenidas en el proyecto y las características propias de la instalación, así como la de todos los productos y materiales que intervienen en la misma, puede comenzar a trabajar sobre planos, tomando medidas, y realizando un primer esquema de lo que va a ser el proceso de la instalación.

La ubicación de los colectores en los tejados deberá evitar los puntos más altos y desprotegidos del viento y aquellos lugares donde haya riesgo de que se formen remolinos, que hagan que la velocidad sea mayor que la esperada considerando las condiciones de viento medias, aumentando las pérdidas por convección y haciendo bajar el rendimiento previsto.

También se tratará de evitar que los colectores sean accesibles desde el exterior al lanzamiento de piedras.

En el local donde vayan a instalarse los acumuladores, bombas, etc. deberá existir un sumidero sifónico.

Se inspeccionarán todos aquellos lugares, exteriores e interiores, donde se pretende ejecutar la instalación, comprobando que todo está en orden, limpio de escombros que dificulten los trabajos.

El instalador deberá prever la posible necesidad de contratar medios mecánicos de elevación si los colectores han de montarse sobre un tejado o azotea que haga problemático su traslado manual.

Otro punto importante es la disponibilidad de energía eléctrica a pie de obra.

### **2. Provisión del material**

Se deben elegir componentes de marcas acreditadas y en su caso productos homologados, que ofrezcan las máximas garantías posibles.

Hay que tener en cuenta la posible incompatibilidad de los distintos materiales, a fin de tomar las precauciones necesarias.

Es responsabilidad del instalador asegurarse de que la calidad del agua que va a utilizarse en la instalación es la adecuada.

El transporte siempre deberá quedar protegido mediante un seguro de transporte. Al recibir los materiales deberá procederse a comprobar el buen estado de los mismos para poder efectuar las reclamaciones oportunas. En las partes de

los equipos dañadas por roces durante el traslado o el montaje se aplicará pintura rica en zinc u otro material equivalente.

Se debe disponer de un lugar adecuado y seguro para almacenar los materiales y elementos de la instalación hasta el momento en que éstos vayan a ser utilizados.

Es frecuente que los colectores sean suministrados en jaulas de madera montadas sobre una base adecuada para su elevación con carretilla elevadora.

En el supuesto de que los colectores deban ser dejados temporalmente a la intemperie, se colocarán con un ángulo mínimo de inclinación de 20° y máximo de 80°, con la cubierta de vidrio en la parte superior, evitándose siempre tanto la posición vertical como la horizontal.

Se deberán proteger los colectores almacenados de la acción de los rayos solares que pueden hacer que el absorbador, en ausencia de líquido circulante, alcance temperaturas peligrosas para la integridad del mismo.

### **3. Fases del proceso de montaje**

Puede comenzarse por varias partes a la vez. Así, mientras se ensambla y se fija la estructura soporte de los colectores, otros operarios pueden proceder al tendido de las tuberías, montaje de las bombas, conexión del acumulador, etc. La última operación que se recomienda hacer es el montaje de los colectores, para que estén el menor tiempo posible recibiendo radiación sin que la instalación esté funcionando.

Es responsabilidad del instalador orientar perfectamente los colectores hacia el Sur geográfico, así como medir exactamente su inclinación y distancia mínima entre filas.

Una de las primeras fases de todo el proceso de la instalación es la preparación del anclaje para la estructura, operación que debe confiarse a un operario con experiencia.

Una vez fijada la estructura sobre los anclajes se procede a ensamblar las diversas piezas de la misma mediante soldadura o bien siguiendo las instrucciones del fabricante de los colectores.

#### **Montaje de las tuberías**

Las uniones pueden ser roscadas, enbridadas o soldadas. Las primeras usan accesorios roscados y su utilización es sencilla. Las bridas sólo suelen utilizarse a partir de un cierto diámetro o para el acoplamiento de elementos que puedan estar sometidos a unas condiciones mecánicas más duras. En ningún caso se permitirá ningún tipo de soldadura en las tuberías galvanizadas.

Cuando las tuberías sean de cobre, para realizar una unión roscada suele ser necesario soldar previamente al tubo una pieza de latón.

Las uniones roscadas llevarán un material sellante inalterable al calor y a la acción del fluido y las uniones enbridadas una junta de estanqueidad que cumpla igualmente ambos requisitos.

## **Recomendaciones para el montaje de los diversos componentes**

La sujeción de los colectores a la estructura deberá realizarse de manera que resista las cargas del viento y la nieve, pero el sistema de fijación permitirá el movimiento del colector, de forma que no se transmitan esfuerzos de dilatación.

Cada colector deberá poderse desmontar en caso de rotura o avería efectuando sobre los adyacentes el mínimo de operaciones.

Para conectar entre sí los colectores se utilizan accesorios metálicos, manguitos flexibles o tubería flexible.

El montaje del resto de los componentes de la instalación no ofrece dificultad si se siguen las correspondientes instrucciones. Hay que prever un fácil acceso a cada elemento, para poder proceder a su mantenimiento y desmontaje.

No se instalará ninguna válvula con su vástago por debajo del plano horizontal que contiene el eje de la tubería.

No se instalará ninguna válvula de corte que pueda aislar válvulas de seguridad o vasos de expansión.

En el punto más bajo de la instalación se dispondrá una válvula de vaciado.

Los depósitos de expansión descansarán preferentemente sobre sus propios soportes de fijación, anclados en el suelo o en un paramento.

Los vasos de expansión deberán aislarse debidamente.

Las bombas se instalarán preferentemente en la zona menos caliente del circuito, aunque evitando el punto de cota más baja del mismo. Se posicionarán con el eje de rotación horizontal, y el diámetro de las tuberías de acoplamiento no será inferior al de la boca de aspiración de la bomba.

Hay que dotar a las bombas de tomas para medición de las presiones en aspiración e impulsión.

El termostato diferencial se instalará en un emplazamiento adecuado y a una altura que resulte cómodamente visible y manipulable.

El sistema eléctrico y el cableado del mismo serán instalados o revisados por un técnico electricista, efectuando una adecuada toma de tierra. Las conducciones eléctricas no discurrirán nunca por debajo de las tuberías para no quedar expuestas a posibles derrames.

Finalmente se efectuarán las conexiones a la fuente de energía auxiliar, a la red de agua fría y a la red de distribución o suministro.

## **4. Puesta en marcha de la instalación**

Al terminar el montaje de una instalación se inicia el proceso de puesta en marcha de la misma, lo cual implica realizar una serie de operaciones que son responsabilidad del instalador. Después, es normal que las autoridades competentes exijan la realización de un conjunto de pruebas de comprobación del correcto montaje y funcionamiento de la instalación.

## **4.1. Operaciones de puesta en marcha de la instalación**

### **Limpieza y llenado de la instalación**

Es conveniente realizar un primer llenado y drenado de la instalación con dos objetivos:

- Realizar una limpieza de posibles depósitos de suciedad, virutas, etc., introducidas en el circuito durante el montaje.
- Detectar y corregir fugas.

Las operaciones de llenado se realizarán con la lentitud suficiente y de la parte más baja a la más alta, para eliminar las bolsas de aire y abriendo los purgadores hasta que el fluido inicie la salida, en cuyo momento se cerrarán.

Una vez terminada la operación de llenado se pondrá en marcha el sistema y se tendrá recirculando el fluido un cierto tiempo, después se vaciará y se procederá a corregir las fugas y luego se procederá a llenar del fluido de trabajo.

A la hora de drenar hay que tener un depósito auxiliar de recogida del fluido, cuyo volumen sea un poco mayor que el volumen de líquido de circuito cerrado.

### **Llenado con mezclas anticongelantes del circuito primario**

En sistemas cerrados puede preverse una toma en la parte inferior del circuito para la introducción de la mezcla anticongelante, manteniendo durante la operación de llenado abierta la válvula de purga situada en la parte alta del circuito. Para acelerar el proceso en instalaciones grandes el instalador puede equiparse con una pequeña bomba portátil.

### **Llenado y purgado del circuito secundario**

- El circuito secundario queda presurizado por la red de suministro y sólo en casos en que se prevean valores mayores de los usuales se colocará un reductor de presión.
- Deberá estar provisto de un purgador automático de aire colocado en el punto más elevado del circuito, el cual permanecerá abierto hasta la evacuación total del aire.
- Deberá estar provisto de una válvula de seguridad, asegurándose que descarga libremente. Esta se Tara a la presión máxima de trabajo del depósito acumulador, que es el elemento menos resistente del circuito secundario.
- Se comprobará que todas las llaves de paso se encuentran en su posición correcta de apertura o cierre.
- Una vez realizadas las operaciones anteriores se procederá a llenar y presurizar el circuito.
- Una vez llenado y presurizado, cerrar las purgas de aire y seguir la línea comprobando que no hay fuga en ningún punto.

### **Comprobación eléctrica de la instalación**

- Poner en posición manual los interruptores de las bombas y resistencias.

- Todas las bombas de circulación se arrancarán con el correspondiente interruptor. Este arranque se efectuará independientemente para cada bomba, comprobando el giro del motor y su tensión.
- En caso de bombas trifásicas se comprobará que el sentido de giro del motor es el señalado por el fabricante.
- En caso de bombas regulables comprobar la posición del selector de caudal, de forma que este sea máximo.
- Las válvulas se comprobarán midiendo la tensión que les llega, mediante la actuación sobre el control que las gobierna de forma manual.
- En el sistema de energía auxiliar eléctrico, en caso de existir más de una resistencia, se accionará cada una con su correspondiente interruptor en posición manual.
- Se colocarán todos los interruptores de accionamiento en posición automático.
- Se arrancará cada una de las bombas, válvulas motorizadas y resistencias eléctricas actuando sobre cada uno de los termostatos diferenciales o simples que las gobiernan.
- Para arrancar un elemento actuado por un termostato diferencial se cortocircuitará la resistencia que represente la mayor temperatura.

### **Ajuste del caudal de los circuitos**

En los sistemas por bombeo el caudal del circuito primario y secundario se ajustará por el procedimiento siguiente:

La instalación de la bomba deberá incluir un par de manómetros (o un manómetro diferencial) situados a la entrada y salida de la misma, con un rango similar a la presión generada por la bomba.

Para facilitar la regulación del caudal se utilizarán preferentemente bombas regulables con varias posiciones de regulación. Cuando se utilicen bombas sin regulación se instalará un by-pass con una llave de regulación que permita desviar hacia la entrada de la bomba parte del caudal.

Cuando se utilizan bombas regulables y con la instalación en marcha en la posición de regulación de la bomba dando mínimo caudal, se tomará la indicación de los manómetros y con la diferencia de ambos valores se entrará en la curva de actuación de la bomba, proporcionada por el fabricante. Si el caudal es suficiente el circuito está regulado, en caso contrario se pasará a la posición siguiente de regulación y se comprobará de nuevo el caudal. Siguiendo este procedimiento, se utilizará la posición de regulación de la bomba que proporcione el caudal más cercano al de diseño.

### **Equilibrado de los circuitos**

Es necesario equilibrar la longitud de las tuberías de entrada y salida de los colectores. Además, suelen crearse a propósito pérdidas de carga adicionales con el fin de subsanar los errores de cálculo. Estas pérdidas de carga adicionales se crean por dos procedimientos:

- Disminuir la sección de los conductos de entrada de los colectores por medio de una arandela (aplicable en el caso de que la pérdida de carga propia del colector es muy pequeña).
- Instalar llaves de paso en la entrada y salida de las baterías de colectores y regular el paso de fluido hasta que la pérdida de carga medida en cada batería sea la misma para todas ellas.

## 4.2. Pruebas de recepción

### Prueba de estanquidad

Con el fin de comprobar su estanquidad todas las tuberías y accesorios deben de probarse bajo una presión hidrostática no inferior a 1.5 veces la presión nominal del circuito.

El proceso de prueba se ajustará a la norma UNE 100.151 "Pruebas de estanquidad en redes de tuberías".

La prueba se realizará antes de aislar las tuberías y antes de que estas queden ocultas por obras de albañilería.

Para la prueba lo normal es usar una bomba hidráulica manual de fontanería.

### Prueba de funcionamiento

La prueba de funcionamiento consiste en verificar que en un día claro, sin efectuar consumos de agua, las bombas arrancan por la mañana, en un tiempo prudencial, y paran al caer la tarde, obteniéndose una elevación correcta de la temperatura en el depósito.

### Prueba de circulación del fluido

La prueba consiste en alimentar eléctricamente las bombas comprobando que entran en funcionamiento y que el incremento de presión indicado por los manómetros es el que corresponde.

### Pruebas de accesorios

Conviene comprobar que las válvulas de seguridad funcionan y que sus tuberías de conexión a la atmósfera no están obstruidas. El proceso se realizará durante la prueba de presión del circuito, incrementando la presión delante de la válvula de seguridad hasta alcanzar un valor de 1.1 veces la presión de tarado, comprobando que la válvula abre.

## 5. Aislamiento de la instalación

Después de finalizar todas las pruebas y corregir las posibles deficiencias, se procederá al aislamiento de la instalación.

Reglas básicas que han de aplicarse si se desea que la ejecución del trabajo sea perfecta:

- Utilizar herramientas en perfecto estado.
- El adhesivo ha de estar fresco.
- Las coquillas que muestran forma ovalada han de rajarse siempre por el lado más plano.
- Limpiar el material de posibles restos de aceite o agua, así como del polvo que ensucie su superficie.
- Aplicar medidas exactas.
- Las juntas a pegar entre coquillas deben estar siempre sometidas a presión.
- No se instalará jamás el aislamiento en elementos que estén en servicio. Realizado el aislamiento, no poner en servicio la instalación antes de haber transcurrido 36 horas, a fin de permitir el endurecimiento total del pegamento.
- El aislamiento flexible instalado a la intemperie se protegerá inmediatamente.

## 6. Entrega de la instalación

Una vez finalizadas todas las operaciones, el instalador procederá a una última revisión final con la instalación en marcha, inspeccionando todas sus partes y comprobando su correcto funcionamiento.

Si todo funciona perfectamente la instalación puede ser ya entregada a su titular o al contratista de la obra, quien firmará la correspondiente conformidad.

En el momento de la entrega de la instalación el director de la obra hará también entrega al titular de la misma del Proyecto de Ejecución en el que se relacionarán todos los equipos empleados indicando su marca, modelo, características y fabricante con planos y esquemas. Además, el instalador habrá confeccionado un completo Manual de Instrucciones, que como mínimo, deberá contener:

- Un esquema de la instalación en el que cada aparato sea fácilmente identificado.
- Instrucciones concretas de manejo y de seguridad.
- Instrucciones sobre las operaciones de conservación y mantenimiento.
- Frecuencia y formas de limpiar los aparatos.
- Límites de dureza tolerados para el agua de alimentación de la instalación e instrucciones sobre el equipo de tratamiento del agua, cuando éste exista.

El Manual de Instrucciones deberá contener cuantas recomendaciones, consejos, límites de uso, etc. sean convenientes para conocimiento del usuario o del futuro encargado de la instalación.

En las instalaciones de cierta importancia debe dejarse una placa en la que, de forma indeleble, figure un esquema del funcionamiento de la instalación.

Una vez realizado el acto de recepción, la responsabilidad sobre el uso y mantenimiento de la instalación recae sobre la propiedad de la misma, sin perjuicio de las responsabilidades contractuales que, en concepto de garantía, hayan sido pactadas y que obliguen a la empresa instalador.

## 7. Mantenimiento preventivo

Un mantenimiento adecuado es tan importante como un montaje correcto para la duración de una instalación solar y para obtener un adecuado servicio.

La correcta actuación de una instalación bien diseñada, depende fundamentalmente de que esté bien llena de agua y bien purgada. Si la instalación es por bombeo, el sistema de control debe estar bien calibrado, aunque es más difícil que falle el control que la instalación coja aire o pierda agua.

Finalmente, si la instalación está situada en un lugar frío, con fuertes heladas, habrá que vigilar cuidadosamente el estado del anticongelante si la instalación tiene este sistema para prevenir la congelación del agua.

Otro aspecto es la duración del sistema y la previsión anticipada de averías a largo plazo, que un mantenimiento preventivo y sobre todo una inspección visual periódica pueden aumentar y evitar.

Por estas razones, se divide el mantenimiento del sistema en dos niveles:

- Mantenimiento u operaciones a realizar por el usuario.
- Mantenimiento a realizar anualmente por el instalador.

### 7.1. Mantenimiento u operaciones a realizar por el usuario

El usuario debe realizar dos operaciones de control y mantenimiento periódico.

- Comprobar periódicamente la presión del circuito, indicada por un manómetro situado en la parte baja del circuito, preferiblemente antes de la bomba. La comprobación debe realizarse en frío, preferiblemente por la mañana temprano. Cuando la presión baja del valor establecido por el fabricante, en sistemas cerrados el usuario debe llenar el circuito abriendo la llave de conexión a red. En sistemas con vaso de expansión abierto debe inmediatamente averiguar la causa del fallo del sistema de llenado.

- Purgar periódicamente el sistema, eliminando la posible presencia del aire en los botellines de desaireación. Es difícil establecer el período idóneo de revisión, pero no parece que éste deba ser superior a un mes.

Por otro lado, el usuario debe conocer las operaciones mínimas necesarias para la actuación del sistema:

- Arranque y parada del sistema.
- Operación de los termostatos de control de temperatura, cuando el sistema incluye energía auxiliar, caleamiento de espacios, piscinas o control de la temperatura de salida de agua.

## **7.2. Mantenimiento a realizar por personal especializado**

El mantenimiento se ha programado para realizarse anualmente. Las instalaciones solares funcionan por ciclos anuales, con las mayores temperaturas en verano y el peligro de congelación en invierno. El período de un año parece suficiente para una instalación bien diseñada.

### **- Operaciones imprescindibles de mantenimiento**

#### **Control anual del anticongelante**

El mantenimiento implica las operaciones de control de la proporción de anticongelante en el sistema y el relleno en caso necesario.

El control de la proporción de anticongelante puede efectuarse por dos procedimientos:

- Control de la densidad.

Se basa en medir la densidad de una muestra de anticongelante. Se comprobará que no existe una variación superior al 20 % respecto a la medida tomada con una muestra de la mezcla anticongelante en las proporciones correctas. La variación se medirá respecto a las indicaciones del densímetro en agua limpia y en agua con la proporción correcta de anticongelante.

- Control visual.

Se basa en la comparación entre el color de la mezcla correcta de anticongelante y agua, y el color de la mezcla tomada en el momento en que se desea controlar el estado del anticongelante. El procedimiento dependerá de la apreciación del observador y está sujeto a mayores errores. La adición de anticongelante puede realizarse vaciando una parte del agua del circuito, llenando con anticongelante puro en la proporción adecuada, y completando con agua el circuito. Conviene accionar manualmente las bombas para lograr un mezclado adecuado.

Es aconsejable realizar la operación al principio del invierno, en previsión de las heladas y considerando que el verano es la época de mayores pérdidas de agua en los sistemas.

#### **Comprobación de la presión y el llenado del circuito**

Se realizará al término del llenado con anticongelante, o como una operación independiente y de gran importancia en los sistemas sin anticongelante. En equipos pequeños, como los compactos unifamiliares, esta operación puede consistir en comprobar en frío que el sistema está lleno de agua.

En circuitos abiertos se comprobará en frío el nivel de agua del vaso de expansión.

### **Purgado del circuito**

El purgado implica las operaciones:

- Comprobación de la presencia de aire en los botellines, actuando los purgadores manuales o automáticos. Es necesario comprobar que sólo sale agua por el purgador.
- Cebado de las bombas: esta operación se realiza con la bomba en marcha, desatornillando el tapón existente en la parte posterior del cuerpo de la bomba circuladora, presionando el eje, dejando salir el aire y cerrando el tapón nuevamente. El cebado termina cuando la indicación del manómetro de la bomba es correcta y la aguja no vibra.

### **Comprobación de la presión del aire del vaso de expansión cerrado**

Con un manómetro manual se comprobará la presión del aire en vasos de expansión cerrados. La medida se realizará con el circuito frío y las bombas paradas, procurando cerrar las llaves de corte del lado de las bombas y del circuito anterior al vaso, de forma que éste quede aislado y eliminando la presión del circuito.

La presión del aire no debe ser inferior a  $1.5 \text{ kg/cm}^2$ , o la especificada por el instalador.

### **Calibración del sistema de control**

Es un punto de mucha importancia en los sistemas por bombeo. La calibración comprueba que el intervalo entre el punto de corte y activación del sistema de control por los sensores caliente y frío coincide con la diferencia prevista de temperaturas. El procedimiento concreto depende del tipo de sistema y será indicado por el fabricante del control.

Se comprobará que los sensores están situados en su posición correcta y firmemente fijados.

### **Comprobación del funcionamiento automático de las bombas**

Se colocarán todos los interruptores de accionamiento en posición automática. Se arrancará cada una de las bombas, válvulas motorizadas y resistencias eléctricas actuando sobre cada uno de los termostatos diferenciales o simples que las gobiernan. Para arrancar un elemento actuado por un termostato diferencial se cortocircuitará la resistencia que represente la mayor temperatura.

## **- Inspecciones visuales y comprobaciones**

El mantenimiento preventivo debe incluir:

- Comprobación del aislamiento, especialmente de las tuberías y accesorios situados a la intemperie. Debe repararse cualquier rotura del aislamiento o su protección que dejen al descubierto la tubería o permita la entrada de agua de lluvia. La pintura protectora de los aislamientos, tipo espuma de foam, debe cubrir correctamente el material.
- Inspección visual detallada de los colectores, siendo importantes los siguientes aspectos:
  - Comprobación de la estanqueidad del colector al agua de lluvia. La presencia de agua de lluvia debe ser controlada y evitada, ya que constituye el mayor peligro para la vida del colector.
  - Rotura de la junta del cristal del colector. El deterioro de las juntas normalmente implica materiales inadecuados.
  - Juntas de las salidas de las conexiones del colector y el cofre en mal estado.
  - Caja del colector deformada: las deformaciones de la caja del colector conducen a la rotura del cristal.
  - Deformación del aislamiento interior: implica la entrada de agua en el colector.
- Se actuarán todas las válvulas manuales, de corte, llenado, vaciado y purga, comprobando su funcionamiento.
- Se comprobará que las válvulas manuales de seguridad funcionan y que las tuberías no están obturadas y en conexión con la atmósfera.
- Se comprobará que el ruido de las bombas es normal.
- Se comprobarán los filtros de la instalación.

### **7.3. Operaciones de limpieza o mantenimiento no regulares**

El polvo o suciedad sobre el colector, pueden tener una importancia relativa según el lugar. En el caso de la suciedad no suele afectar al rendimiento en más de un 5% y basta con las lluvias para reducir su efecto, pero puede ser aconsejable su limpieza periódica. En cualquier caso no debe incluirse este aspecto, y otros similares, en el mantenimiento periódico, y dejarlo al buen entender del usuario. Es aconsejable, sin embargo, especificar el procedimiento, porque un lavado a presión del cristal del colector puede ser mucho más peligroso que el polvo.

Existen unas operaciones de este tipo que pueden interesar:

- El propietario o usuario se asegurará que el colector y el acumulador están siempre correctamente llenos de agua.

- Durante los períodos en que el sistema solar de agua caliente no está en funcionamiento y cuando no haya otra alternativa para limitar la temperatura del agua incorporada, deberá cubrirse el colector con el fin de minimizar la corrosión y la formación de sales en los tubos del absorbedor. Cubrir el colector es también recomendable durante los largos períodos en que el consumo de agua es mínimo.
- En áreas extremadamente sucias, áreas sujetas a lluvia de polvo o lugares adyacentes a fábricas que producen polvo, la cubierta transparente del colector deberá ser lavada con agua limpia al menos cada tres meses, si durante este período no ha llovido. Cubiertas deterioradas o rotas deberán ser sustituidas inmediatamente por el servicio de mantenimiento.
- Las sombras producidas por arbustos y árboles deberán ser comprobadas anualmente en verano e invierno, y si fuese preciso se recomienda una acción correctiva, podando o cortando. La sombra proyectada por edificios de nueva construcción deberá ser tenida en cuenta, y si afectara a algunos colectores, sería necesario colocarlos en otro lugar.
- Es conveniente una rutinaria inspección de las juntas en la cubierta de cristal del colector, así como una inspección general de las demás juntas, para asegurar la estanquidad de la instalación.
- Es aconsejable una rutinaria inspección ocular de la superficie del absorbedor. En el caso de un deterioro significativo de dicha superficie, el propietario o usuario acordará con el instalador o fabricante, hacer la necesaria reparación.
- Comprobar que las ventilaciones de las líneas de descarga y de drenaje de la instalación están limpias de obstrucciones y libres para operar en todo momento.
- Las válvulas de descarga equipadas con mando serán accionadas como rutina, un cierto número de veces y por breves instantes. El máximo período recomendado sin ser accionadas es de tres meses en lugares de aguas blandas. Estas operaciones serán más frecuentes en áreas donde los depósitos producidos por el agua sean considerados problemáticos.
- Comprobar los controles de temperatura del agua en el sistema de calentamiento suplementario.
- Asegurar los colectores contra daños y contra ciclones o heladas.

#### **7.4. La corrosión y su prevención**

Bajo el término corrosión se engloban un conjunto de procesos dañinos para las piezas metálicas que forman parte de una instalación y que tienden a desgastar lentamente o degradar, primero su superficie, y posteriormente sus capas internas.

La corrosión puede suponer un grave problema acortando la vida de la instalación, conduciendo a pérdidas de eficacia y causando averías que provoquen su inutilización.

Existen tres tipos de corrosión: mecánica, química y electrolítica.

Es frecuente la coexistencia de más de un tipo de corrosión en una instalación determinada, habiendo de ser tratadas por separado.

- Corrosión mecánica: es el desgaste por abrasión o rozamiento prolongado de las superficies en contacto con la corriente fluida debido a las partículas sólidas que

puede arrastrar ésta, las cuales pueden ser incluso restos metálicos de las propias superficies. Para evitarla, además de utilizar filtros y líquidos lo más limpios posibles, habrá que proceder periódicamente a una limpieza de la instalación, mediante agua a presión u otros procedimientos que garanticen que las deposiciones sólidas sean arrastradas al exterior.

- Corrosión química: es la que se produce al reaccionar los componentes disueltos en el fluido transportado o el propio fluido, con los recipientes y tuberías que lo contienen.

Este tipo de corrosión es relativamente fácil de evitar, pues para ello basta con elegir materiales compatibles con los fluidos que se utilicen, o bien recubrir las partes en contacto con éstos mediante alguna pintura o barniz especial o con algún material resistente químicamente.

La oxidación es el caso particular más frecuente de la corrosión química. En algunas ocasiones, si la película de óxido formada en la superficie del metal resulta impermeable, actúa ella misma de capa protectora, impidiendo que la corrosión penetre hacia zonas más profundas.

- La corrosión electrolítica se produce a través de una reacción de oxidación-reducción, en la que siempre interviene una corriente eléctrica, la cual se genera espontáneamente en los circuitos en los que entran a formar parte diferentes metales o aleaciones.

Un caso especial de este tipo de corrosión se produce también en la parte exterior de las tuberías enterradas, debido a corrientes que existen a veces en el terreno. Por eso se deben proteger adecuadamente las tuberías en contacto directo con el terreno, como pueden ser las de las acometidas de viviendas.

- La corrosión biológica está causada por la actuación de bacterias, hongos o microorganismos, que dan lugar a la formación de moléculas que se combinan con los metales y, por tanto, producen una descomposición de los materiales metálicos.

La corrosión puede ser puntual o localizada, causada por diferencias de composición en las distintas partes de las piezas, recocido por soldaduras, etc.; intergranular, corrosión peligrosa que afecta a los bordes de los pequeños granos que componen la estructura de los metales; uniforme, cuando afecta de forma más o menos igual a toda la superficie del metal; etc.

Un caso frecuente son los agujeros producidos por la corrosión localizada en ciertos puntos de las superficies por acumulación de residuos alcalinos o de otro tipo, que pueden provocar un aumento de la tensión galvánica en su entorno.

La corrosión electrolítica tiene su causa en un fenómeno físico por el cual siempre que dos metales o aleaciones distintas están en contacto común con un líquido capaz de transportar la corriente eléctrica mediante el movimiento de iones, se manifiesta una diferencia de potencial entre ambos que mantiene una pequeña intensidad de corriente.

Dicha diferencia de potencial depende de lo distintos que sean los dos metales entre sí, de la diferencia entre sus tensiones galvánicas respectivas, que son unas constantes físicas características de cada metal.

Se produce un desprendimiento lento de la superficie del metal más débil electroquímicamente, cuyos átomos pasan al fluido en forma de iones.

Una posible solución para evitar este tipo de corrosión sería emplear conductos y recipientes de materiales no metálicos. Sin embargo, las aplicaciones de estos materiales pueden estar limitadas por la temperatura y presión que pueden soportar.

Otro sistema empleado para proteger al metal cuya corrosión se desea evitar es el de colocar dentro del circuito un trozo de metal con un potencial galvánico apropiado. El metal que se utiliza en estos casos como protector (magnesio, aluminio o zinc) recibe el nombre de "ánodo de sacrificio" y hay que sustituirlo periódicamente, ya que se va desgastando con el tiempo.

En el caso del magnesio se recomienda una aleación con 5 a 7% de aluminio y 2,5 a 3% de zinc. Para ánodos de aluminio se utilizan aleaciones Al-Zn con un 10% máximo de zinc.

La mayoría de los instaladores recomiendan un período de cambio del ánodo de magnesio no superior a 5 años.

Como protección complementaria conviene realizar una buena toma de tierra y conectar a ella el circuito, lo cual limitará considerablemente la corrosión. Además, es conveniente realizar puentes eléctricos entre las zonas de metales diferentes en contacto, de forma que la corrosión se reparta.

A veces se utiliza el método de aportar corrientes eléctricas para crear un potencial inverso que contrarreste el potencial naturalmente creado, evitando la corrosión. El metal a proteger se conecta eléctricamente al polo negativo de una fuente exterior de corriente continua.

Existen una serie de recubrimientos comúnmente empleados para proteger la superficie de los metales.

El más conocido es el galvanizado, que consiste en depositar una capa de zinc. Se suele realizar por inmersión de la pieza a proteger en un baño del metal protector fundido.

El pavonado del acero consiste en la inmersión en un baño de hidróxido de sodio con clorato sódico, a 143 °C.

El fosfatado se efectúa por inmersión en caliente del acero en una disolución de ácido fosfórico, fosfato ferroso, nitrato de cinc y otros compuestos.

Los recubrimientos no metálicos pueden ser resinas epoxi, láminas plásticas, pasivadores (compuestos que detienen la corrosión apenas iniciada), barnices, asfaltos, etc.

Unas normas generales que ayudarán a prevenir la corrosión son las siguientes:

El aluminio es el metal más susceptible de sufrir deterioros y por eso su aplicación está más restringida. El pH del agua que contenga deberá estar comprendida entre 5 y 7, mientras que el acero, con o sin galvanizado, admite un pH entre 5 y 12.

La velocidad de la corriente no debe superar, en el caso del aluminio los 1,2 m/s, mientras que el cobre y el acero admiten velocidades de hasta 3 m/s.

El fluido en contacto con el aluminio no debe contener iones de cobre, hierro o haluros.

No se recomienda el uso de acero inoxidable si el fluido contiene iones cloruros, ni tampoco para contener agua estancada.

El acero galvanizado no debe usarse si la temperatura supera los 60°C, si el fluido contiene iones de cobre o como recipiente de agua estancada.

El cobre habrá que protegerlo cuando se usa con los suelos de tipo terrazo o en contacto con hormigones ligeros especiales emulsionados con productos amoniacales.

Además, las tuberías de cobre pueden ser enterradas en casi toda clase de terreno sin recubrirlas ni protegerlas necesariamente, ya que las paredes exteriores de las mismas se van revistiendo automáticamente con una envoltura protectora de óxido que impide que la corrosión alcance capas más profundas.

Sin embargo, hay que evitar la colocación directa de tuberías de cobre próximas a depósitos de abonos o escombros orgánicos. En dichos casos los tubos se colocarán en una zanja sobre lecho de arena y se cubrirán con una capa de pintura bituminosa, o se embutirán en una protección tubular plástica.

Deben evitarse los circuitos mixtos de cobre y hierro, debido a la corrosión por corrientes galvánicas. O por lo menos, situar el hierro siempre aguas arriba con relación al cobre.

La corrosión más importante se debe al oxígeno disuelto en el fluido, y una vez que éste se haya consumido en la formación de óxidos, se reduce mucho. Cada vez que se renueva el fluido se producirá una corrosión suplementaria y si el circuito tiene vaso de expansión abierto, la superficie libre del mismo, absorberá continuamente oxígeno del aire, por lo que la corrosión será permanente y mucho más acusada.

En los circuitos mixtos las uniones entre los tubos de cobre y hierro se suelen realizar por medio de manguitos de latón, pero se recomienda utilizar piezas aislantes de plástico para evitar la corrosión localizada en la propia unión.

Es recomendable la colocación de un filtro entre las tuberías de hierro y cobre que retenga las partículas de óxido. Dicho filtro será limpiado a contracorriente. Otra precaución consiste en lavar bien toda la instalación antes de su puesta en servicio.

En las instalaciones solares de circuito cerrado no deben presentarse graves problemas de corrosión. No obstante, se producen diferencias de presión entre los períodos de calentamiento y enfriamiento que pueden ser causa de corrosión.

Cuando aparecen estas caídas de presión y penetra aire para compensar, hay corrosión.

En los colectores hay dos tipos de corrosión:

Aquella derivada de la fabricación y funcionamiento de los propios colectores y otra debido a que el fluido circula por el interior de los mismos y se producen incrustaciones, por lo que el colector perderá rendimiento y si existe corrosión, se darán rápidas perforaciones del absorbedor, porque la pared del mismo es delgada y quedaría fuera de servicio.

Un fenómeno de corrosión particular es que si en la cara interior de los cristales o plásticos que sirven de cubierta a los colectores se produjese condensaciones, esto daría lugar a goteos sobre la cara superior del absorbedor y a fenómenos de corrosión localizada, que provocarían más perforaciones prematuras con la consiguiente inutilización del colector.

Todo ésto puede extender a la carcasa soporte del circuito hidráulico del colector, si ésta es metálica.

Se han de tener en cuenta unas consideraciones:

- El circuito de tuberías está sometido a la misma problemática que los sistemas tradicionales, pero requiere mayores exigencias en las tuberías que van desde la salida de los colectores al intercambiador de calor o depósito acumulador, debido a que en este tramo el agua puede circular muy caliente, lo que favorece la posible corrosión.
- Los colectores se encuentran, si no están bien fabricados, sometidos a corrosión interior y exterior.

La formación de incrustaciones en los circuitos, dará lugar a pérdidas de rendimiento en los colectores e intercambiadores de calor, y a desajustes en las válvulas de control de la instalación, debido a la sedimentación que impediría un cierre correcto, con los consiguientes fallos de regulación.

Por todo esto, es aconsejable un lavado previo de la instalación antes de su puesta en funcionamiento, para eliminar los residuos existentes debido a la fabricación y montaje. Además, se llenará la instalación con agua e inhibidores de corrosión e incrustaciones, y con anticongelantes en circuito cerrado de paneles en los cuales se prevea puedan estar sometidos a heladas.

### **Incrustaciones calcáreas**

Este tipo de corrosión química constituye otro problema que puede presentarse en las instalaciones, sobre todo en aquellas zonas en las que el agua lleva una concentración de sales superior a la normal.

Las incrustaciones se deben principalmente a los depósitos de carbonatos, que se adhieren a las paredes interiores de las tuberías y demás componentes de la instalación.

El agua corriente, a menos que haya sido convenientemente tratada, lleva en disolución pequeñas cantidades de sales.

El bicarbonato cálcico alcanza una concentración apreciable. No obstante, la presencia de  $\text{CO}_2$  libre en el agua mantiene el equilibrio de la disolución, impidiendo su descomposición.

Si el agua se calienta, los gases en ella disueltos se separan y escapan. Para restablecer el equilibrio el bicarbonato cálcico se descompone en carbonato cálcico,  $\text{CO}_2$  y agua.

El carbonato cálcico no es soluble, quedando adherido a las superficies más calientes y va formando una capa que se hace más gruesa con el paso del tiempo. La velocidad de deposición aumenta con la temperatura. Esta capa puede causar serios problemas.

Para evitar las incrustaciones se pueden añadir al agua diversos aditivos o proceder a una limpieza periódica del circuito por personal especializado.

### **8. Localización y reparación de averías**

Las averías del sistema son los fallos o deterioros de la instalación capaces de impedir el funcionamiento del mismo o reducir de forma importante su rendimiento.

## **- Averías más frecuentes en los sistemas solares de baja temperatura**

La presencia de averías en el sistema es detectada con rapidez por el usuario a través de los siguientes síntomas:

- El rendimiento de la instalación baja apreciablemente o desaparece (en un día soleado, la temperatura del acumulador apenas sube).
- Aparecen fugas de agua en el circuito.
- El sistema de energía auxiliar no arranca (días sin sol la instalación no calienta).
- Los recibos de energía auxiliar son excesivos.
- La instalación genera ruidos anormales (las bombas hacen demasiado ruido o se oye hervir el agua de los colectores).

Estos fallos de funcionamiento son la consecuencia de alguna de las siguientes averías:

### **Las bombas no funcionan**

Cuando con días soleados la temperatura del depósito solar no sube debe comprobarse el funcionamiento de las bombas, accionándolas manualmente o alimentándolas directamente. Es necesario entonces comprobar los siguientes puntos:

- Si alguna bomba no arranca en manual, deben realizarse las siguientes comprobaciones:

- Comprobar si el suministro de la red es correcto.
- Comprobar los fusibles de la bomba en el cuadro eléctrico.
- Comprobar que la bomba no está atascada.
- Comprobar los contactos eléctricos y el cuadro eléctrico.

Si la bomba continúa sin funcionar debe ser sustituida.

- Si las bombas arrancan en manual y dan presión, el sistema de control no funciona, deben realizarse las siguientes comprobaciones:

- Comprobar que las sondas no están sueltas en sus respectivos alojamientos.
- Comprobar los fusibles del sistema de control.
- Asegurar que ningún terminal está suelto.
- Comprobar la calibración del conjunto de control y las sondas. Si el control sigue sin hacer actuar las bombas, debe sustituirse la unidad de control y las sondas si fuera necesario.

## **Baja presión en el circuito estando frío y parado**

Una causa frecuente del bajo rendimiento de una instalación es la falta de agua en el sistema, bien por fugas en el circuito, bien por una falta de mantenimiento. La presión debe comprobarse estando fría el agua del circuito y con las bombas paradas. Si el manómetro situado en la parte baja del circuito señala presiones inferiores a las mínimas definidas en el diseño, es necesario realizar las siguientes comprobaciones:

- Comprobar el grupo de llenado cuando está en automático. Estos grupos y la válvula antirretorno fallan con gran facilidad.
- Si el circuito tiene vaso de expansión abierto y se observa baja presión, debe comprobarse el nivel en el vaso. Si es normal, debe mirarse si la tubería de unión al circuito está obstruida. Si no hay agua en el vaso, comprobar la válvula de flotador.
- Llenar y purgar el circuito. Observar si hay fugas de líquido. Comprobar la presión del aire en el vaso de expansión si es cerrado.

## **Las bombas funcionan pero el caudal y la presión son insuficientes**

Cuando se dan las siguientes condiciones:

- En días soleados el sistema no calienta suficientemente el depósito.
- Con el sistema parado y frío el manómetro da una indicación normal de la presión del circuito.
- La bomba arranca en manual y automático.
- La presión proporcionada por las bombas no es suficiente y los manómetros fluctúan.

Deberán realizarse las siguientes comprobaciones:

- Comprobar que la posición del selector de velocidades de la bomba es la correcta.
- Purgar la bomba, comprobando una posible bolsa de aire en la misma.
- Determinar que la bomba funciona correctamente.

En caso necesario se sustituiría la bomba.

## **Las bombas funcionan dando presiones altas y caudales bajos**

Cuando se dan las siguientes condiciones:

- En días soleados el sistema no calienta suficientemente el depósito.
- Con el sistema parado y frío el manómetro da una indicación normal de la presión del circuito.
- La bomba arranca en manual y automático.

- La presión proporcionada por la bomba del circuito primario o secundario es más alta de lo previsto, y el caudal más bajo.

Deberán realizarse las siguientes comprobaciones:

- Determinar el punto de funcionamiento de la bomba, que indicará si el caudal se ha reducido a cero o en un cierto porcentaje.
- Si el caudal del primario o secundario se ha reducido a cero, existe una obstrucción al flujo en las tuberías, los colectores o el cambiador; debe abrirse el circuito y proceder a su limpieza.
- Si el caudal se ha reducido en el circuito primario, existe una obstrucción parcial en las tuberías, los colectores o el cambiador. Algunos indicios pueden ayudar a saber en qué caso estamos:

Tocando la superficie de los colectores, la presencia de altas temperaturas son indicios de bajos flujos de agua en algún colector. Si la temperatura del intercambiador de calor es igual a la entrada y a la salida, no está transfiriendo calor y estará sucio u obstruido en el otro circuito.

En caso necesario se procederá a efectuar una limpieza del circuito, de acuerdo con las especificaciones del fabricante de los colectores e intercambiador de calor.

### **Fugas de líquido en el circuito**

La existencia de fugas en el circuito no inducen necesariamente a una reducción del rendimiento, si el sistema de llenado funciona correctamente. En todo caso es necesario repasar de forma inmediata las fugas, especialmente en el primario, donde normalmente suponen una pérdida de anticongelante e inhibidores.

### **Funcionamiento excesivo de la válvula de seguridad**

Cuando se detecta que la válvula de seguridad actúa con frecuencia e incluso permanece continuamente abierta, dejando fluir un pequeño caudal, deberán realizarse las siguientes comprobaciones:

- Comprobar la presión del aire del vaso de expansión cerrado.
- Comprobar si la válvula se queda abierta después de actuar. En caso contrario se procederá a sustituir la válvula o el vaso de expansión.

### **El quemador auxiliar de gas o fuel no arranca**

Esta situación puede deberse a dos causas:

- Falta de presión de agua en la red de suministro.
- Avería del quemador.

Este problema debe resolverse de acuerdo con las especificaciones del fabricante del quemador.

#### **Las resistencias de calentamiento auxiliar no entran**

Se realizarán las siguientes comprobaciones:

- Comprobar si el suministro de la red es correcto.
- Contactos y cables.
- Fusibles.
- Comprobar si la resistencia eléctrica está averiada midiendo la continuidad eléctrica con un polímetro.
- Comprobar si el termostato eléctrico abre y cierra los circuitos.

En caso necesario se sustituirán las resistencias o el termostato.

#### **Rotura del cristal del colector**

Se procederá a su reparación inmediata, por personal especializado y de acuerdo con las especificaciones del fabricante para el caso.

#### **Rotura de la junta de la cubierta del colector o de las juntas de salida de los tubos del colector**

Se procederá a su reparación inmediata. Se utilizará personal especializado y las especificaciones del fabricante.

#### **Rotura del material aislante, dejando acceso a tuberías o componentes**

Se procederá a su reparación en el menor tiempo posible.

#### **Ruidos anormales en la bomba**

Se procederá a comprobar el cebado del circuito y si el ruido persiste se desmontará y revisará la bomba.

#### **Ruido de ebullición en el colector**

Se procederá al estudio del llenado del circuito.

## **- Deterioro y degradaciones de inmediata reparación**

Deberá procederse lo antes posible a la reparación de los deterioros o degradaciones que se detallan a continuación, ya que estos problemas terminarían en un plazo breve afectando gravemente al funcionamiento de la misma:

- Entrada de agua en el colector, entre el absorbente y el cristal.
- Rasgado, rotura o deterioro del aislamiento o su protección en la parte exterior del circuito.
- Deformación de la caja del colector por esfuerzos térmicos.
- Deformaciones de tendidos de tubería por tensiones térmicas.

## **- Operaciones de revisión de componentes del circuito**

### **Desbloqueo de bombas**

- Quitar el tapón que cubre el final del eje en la parte posterior de la bomba.
- Hacer girar el rotor con la ayuda de un destornillador, introduciéndolo en la ranura que tiene el eje en su extremo, hasta que éste se suelte y la bomba gire.
- Volver a montar el tapón de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

En caso de no girar el eje de la bomba debe procederse a su sustitución.

### **Purgado de la bomba**

La operación es la misma que la anterior, basta quitar el tapón de la parte posterior de la bomba, y con ésta en marcha dejar que salga el aire, cerrando el tapón cuando se observa que sale agua sin burbujas de aire y la indicación de los manómetros es correcta y sin pulsaciones.

### **Determinación del caudal proporcionado por la bomba**

Se seguirán los siguientes pasos.

- Con la bomba parada se anota la presión del circuito.
- Con la válvula de salida cerrada se arranca la bomba y se anota la presión de salida de la misma.
- La diferencia de las presiones  $\Delta p$  determinadas corresponde a la altura manométrica de la bomba para caudal nulo.
- En la curva de actuación de la bomba se sitúa sobre el eje de ordenadas la presión  $\Delta p$  calculada. Ésta debe corresponder con la curva ajustada a la posición seleccionada para la velocidad de rotación de la bomba. En caso contrario, se traza por este punto una curva paralela a la de actuación prevista.

- Se abre la válvula de salida de la bomba y se anota la presión del manómetro, p.
- La diferencia de las presiones  $\Delta p$  y p corresponde al punto de funcionamiento. Esta presión se sitúa en la curva ajustada y se determina el correspondiente valor del caudal real de la bomba.

### **Calibración del control**

El proceso depende del tipo de control y debe ajustarse a las especificaciones del fabricante. El instalador únicamente establece el valor del salto diferencial de temperatura entre el colector y depósito para el arranque y parada de las bombas. Este valor, a falta de datos más concretos proporcionados por el fabricante de los colectores puede fijarse entre 4 y 6 °C.

### **Limpieza del circuito**

- Limpieza del intercambiador de calor de placas.
  - Se abrirá el intercambiador de acuerdo con las indicaciones del fabricante y procurando no deteriorar las juntas.
  - Los depósitos sobre las placas se pueden limpiar con un cepillo y un chorro de agua caliente. No deben utilizarse cepillo de acero o estropajo de acero.
  - Si la suciedad no desaparece se tratará con una solución de sosa cáustica o una mezcla de agua y detergentes sintéticos. Después de la limpieza las placas se aclaran cuidadosamente con agua fría.
  - Los depósitos calcáreos pueden eliminarse golpeando suavemente la placa.
  - Los depósitos que contienen silicatos cálcicos o magnésicos son difíciles de quitar. Pueden eliminarse tratando las placas frías durante 5-10 minutos por inmersión en una solución de ácido nítrico al 10%. Las placas se aclararán posteriormente. Por último, las placas se lavarán con una disolución de carbonato sódico, solución de sosa y se aclararán con agua pura.
- Limpieza de tuberías y colectores
  - Se tratan con agua a presión (inferior a la nominal del panel) y con disolventes normales para la limpieza de tuberías y accesorios de fontanería, cuidando de la compatibilidad del producto con las juntas y materiales del circuito.

### **Ejecución y mantenimiento de la instalación fotovoltaica**

La ejecución de instalaciones pequeñas puede realizarse por el propio usuario siguiendo las instrucciones que algunas firmas comercializan, ahorrándose la mano de obra. Pero, solo es recomendable cuando no ofrezca ningún tipo de dificultad.

## 1. Procesos previos al inicio de la instalación

A veces hay que cambiar sobre la marcha algún aspecto menor del proyecto, al comprobar que existe alguna dificultad. Una de las decisiones más delicadas es la ubicación de los acumuladores, que, si no pueden disponer de un cuarto o caseta para ellos solos, que es lo ideal, deben estar en una habitación ventilada, fuera de las zonas de utilización por el usuario.

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión obliga a los locales que tengan la batería de acumuladores estén provistos de renovación natural o artificial del aire y el resto del equipo esté protegido contra los efectos de vapores y gases desprendidos por el electrolito.

Todas las partes de la instalación que puedan ser montadas en taller, deberán transportarse a la obra ya preparadas. Como normalmente no se dispondrá de energía de red, se llevará una batería de Ni-Cd perfectamente cargada para las herramientas eléctricas.

La planificación del proceso de montaje debe tener en cuenta:

- Un diseño correcto es imprescindible y condiciona el montaje.
- Las instalaciones fotovoltaicas están ubicadas en lugares poco accesibles.
- No existe un proceso único de montaje.
- Deben respetarse determinadas normas.
- Deben tenerse en cuenta en el montaje las normativas del Ministerio de Industria, como el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Además, conviene aplicar las normas UNE.
- Es necesario tener en cuenta normas o especificaciones dictadas por otros organismos, como Comunidades Autónomas.
- La instalación se realiza en un lugar donde no existe red eléctrica, precisamente para sustituir a ésta, por tanto es necesario utilizar para el montaje herramientas que no requieran la red.

Como primera medida, se realiza un planteamiento general de la instalación, partiendo de la inspección detallada del lugar donde se situará.

El proyecto no suele definir con total precisión el tendido de los cables y generalmente el instalador deberá tomar decisiones en este sentido. En todo caso, en la fase de diseño o en la preparación del montaje, deben considerarse los siguientes aspectos relacionados con el planteamiento de la instalación:

- Se situarán los paneles orientados hacia el Sur y asegurando la ausencia de sombras.
- La facilidad de acceso para el montaje y mantenimiento de los equipos, especialmente en el caso de los paneles.

- Reducir en lo posible la distancia desde la batería a los puntos de suministro, y desde los paneles a la batería, al objeto de reducir la longitud del cableado, evitando así caídas de tensión y costes excesivos.
- Procurar estudiar un trazado del cableado que sea poco complejo, esto es, con el menor número posible de curvas y de pasos de cables a través de muros y con buena accesibilidad para el montaje.

Para fijar la situación de los paneles deben tenerse en cuenta tres aspectos:

- Los paneles se orientan exactamente hacia el Sur.

Para la determinación del Sur en el campo bastará con utilizar una brújula común.

- La inclinación se ajustará al valor recomendado:

- La instalación se utiliza principalmente en verano, por lo que conviene emplear un ángulo igual a la latitud menos 10°.

- La situación de las filas de paneles debe asegurar que en ningún momento se produzcan zonas con sombra en los mismos, por culpa de obstáculos cercanos a la instalación. La razón es bien conocida: cuando una célula o una parte de una célula de un panel queda en sombra, pasa de comportarse como un elemento generador de corriente a actuar como un elemento disipador de la misma. En esta situación la temperatura del panel se eleva y frecuentemente se producen averías, y en todo caso una gran reducción de las actuaciones del sistema. La solución puede ser el montaje de diodos de by-pass, pero en cualquier caso, siempre es preferible evitar la formación de sombras.

Un aspecto muy importante que todo instalador ha de cuidar es la seguridad personal de los operarios, cumpliendo escrupulosamente todas las recomendaciones vigentes. Especial precaución ha de tenerse en el manejo y montaje de los acumuladores, debiendo observarse las siguientes normas:

- Despojarse de todo objeto metálico.
- Evitar el uso de cascós metálicos.
- Usar vestimenta adecuada, con delantal, guantes resistentes al ácido y gafas protectoras.
- Tener siempre a mano agua fresca, para usarla en caso de proyección de ácido sobre la piel o los ojos.
- Mantener toda posible fuente de llamas o chispas lejos del área donde se encuentren los acumuladores.
- Descargarse de la electricidad corporal estática tocando un cuerpo conductor conectado a tierra antes de tocar los acumuladores o sus soportes.
- Desconectar las baterías de cualquier fuente de carga antes de trabajar con ellas.
- Los terminales y bornas de la batería de acumuladores han de permanecer cubiertos por capuchones de material no conductor.
- Levantar las baterías siguiendo las instrucciones del fabricante, utilizando, si fuera preciso, medios mecánicos. Planificar el proceso de transporte horizontal, evitando arrastrarlas.
- Las herramientas utilizadas en el montaje y conexión de la batería de acumuladores deben tener una longitud menor que la distancia entre bornas de distinta polaridad, a fin de evitar cortocircuitos accidentales.

- Las herramientas deberán protegerse por las partes donde se agarren con material plástico o cinta aislante.

## **2. Fases del proceso de montaje**

Establecido el trazado de la instalación, dividiremos el proceso de montaje en las siguientes fases:

- Montaje de la estructura soporte y colocación de los paneles.
- Conexionado de los paneles.
- Montaje de la batería de acumuladores.
- Montaje del cuadro eléctrico, regulador y accesorios.
- Cableado de la instalación.
- Montaje de los aparatos y red de consumo (cuando van incluidos en la instalación).
- Pruebas y verificación. Puesta en marcha.

### **2.1. Construcción y montaje de la estructura soporte**

Aunque el dimensionado de la estructura soporte de paneles se realice en la fase de diseño, los problemas de construcción, montaje y mantenimiento son decisivos para la definición de la estructura y deben ser considerados conjuntamente.

#### **- Forma de la estructura y tipos de montajes.**

Como es una instalación pequeña los instaladores utilizan estructuras normalizadas, generalmente suministradas por el fabricante del panel. En relación con el montaje, la estructura debe tener en cuenta los siguientes aspectos generales:

- La forma de la estructura tendrá en cuenta la necesaria utilización de los paneles, altura sobre el suelo y separación entre filas.
- La posición de los paneles debe prever una separación entre los mismos no inferior a 3 cm, para dejar paso al aire y reducir las cargas del viento.
- La posición de los paneles facilitará la conexión entre ellos.
- La forma de la estructura y los anclajes de los paneles a la misma se diseñan de forma que no hay posibilidad de retención del agua de lluvia en sobrantes u otras partes de la estructura.
- En estructuras normalizadas es conveniente prever que la estructura tenga la posibilidad de montarse con distintos ángulos de inclinación, según la latitud del lugar.
- También conviene tener en cuenta la posibilidad de ampliar la estructura con sencillez, ya que son frecuentes los casos en que el aumento de los puntos de consumo conduce a la necesidad de instalar más paneles.

Las estructuras sobre cubiertas inclinadas, pueden exigir materiales más ligeros, lo que va generalmente en contra de la obligada resistencia frente al viento, el cual

siempre es superior que el registrado a nivel de tierra. El anclaje es el punto más delicado y debe cuidarse la estanquidad al agua de lluvia. La menor accesibilidad es una ventaja contra las acciones vandálicas.

### **- Procedimiento de construcción de la estructura y materiales utilizados**

El procedimiento de construcción de la estructura tiene que tener muy en cuenta los problemas y condicionantes del montaje, la acción corrosiva de la intemperie y las cargas debidas al viento y la nieve. En conjunto, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones generales.

- En instalaciones pequeñas, sobre todo en las alejadas, son convenientes las instalaciones modulares de perfiles atornillados o tubos roscados, que no exigen operaciones de soldado o taladrado en obra, y construidos con materiales o tratamientos que no requieran operaciones de protección y pintado.
- Son siempre preferibles los tratamientos superficiales del tipo de galvanizado en caliente a las pinturas. En instalaciones aisladas la importancia económica de evitar mantenimientos es completamente decisiva frente al costo inicial del tratamiento. En todo caso, el espesor de la capa de galvanizado no debe ser inferior a 100 micras. Los espesores inferiores acaban generando corrosiones, particularmente en los puntos de paso de los tornillos de fijación.
- Es aconsejable utilizar tornillería de acero inoxidable. Su coste no repercute de forma importante en el coste total de la instalación, es el único material seguro contra la corrosión y no produce pares galvánicos con el material de la estructura. Por otro lado, los tornillos galvanizados no son aconsejables en ningún caso.

Son recomendables los siguientes tipos de estructuras:

- Estructuras formadas por perfiles normalizados.

La estructura se diseña utilizando perfiles normalizados en U, T, doble T, o tubos cuadrados. Sobre los perfiles se sueldan las orejetas y piezas de fijación de los paneles, carteles de refuerzo, etc., y se taladran los orificios para la tornillería. Cuando se trata de perfiles de hierro, conviene formar cuadros o partes de la estructura soldadas en taller, lo cual facilita el montaje en campo y la resistencia de la estructura. En todo caso se debe recordar que las piezas tienen que soldarse y taladrarse previamente al galvanizado.

Es conveniente utilizar estructuras normalizadas, modulares, ampliables y con posibilidad de montaje con diferentes ángulos de inclinación.

- Estructuras formadas por tubos roscados.

La estructura se diseña utilizando tubos y piezas de unión normalizados. Un método sencillo es utilizar tuberías para agua de hierro galvanizado, para las que existe un gran número de accesorios disponibles. El único inconveniente es la necesidad de roscar los extremos de los tubos ya galvanizados, por lo que debe prestar atención a la protección de estos puntos utilizando minio (óxido de plomo) sobre toda la rosca y tapando las posibles aberturas al exterior.

- Pequeñas estructuras de pletinas soldadas.

En instalaciones pequeñas, para uno o dos paneles fijados a paredes o postes, pueden utilizarse estructuras construidas con pletinas de hierro soldadas y conformadas, o con pletina de hierro y perfiles. La estructura se finaliza con un galvanizado posterior.

La construcción en aluminio es probablemente muy costosa.

### **- Montaje de los paneles en la estructura**

Los paneles se fijarán sobre la estructura utilizando las indicaciones del fabricante y los taladros del marco del panel o formas de sujeción previstas por el mismo.

En ningún caso se utilizarán taladros sobre el marco metálico del panel, ya que las tensiones generales son causa frecuente de rotura del cristal protector de las células. Se utilizarán siempre tornillos de acero inoxidable.

Deben tenerse en cuenta durante el montaje la posibilidad de que se produzcan pares galvánicos entre las estructuras y el marco del panel fotovoltaico, aislando los eléctricamente cuando se considere necesario.

## **2.2. Conexionado de los paneles**

Desde el punto de vista del montaje, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El cableado de los paneles, y en particular las conexiones, deben ser realizadas utilizando materiales y procedimientos de alta calidad, de forma que se asegure la durabilidad y fiabilidad del sistema en intemperie. El fallo de la protección de los cables, y la rotura o problemas de contacto eléctrico y pérdidas de tensión en los terminales, son unas de las causas más frecuentes de averías cuando se utilizan componentes o procedimientos de montaje de insuficiente calidad.

- El cableado cumplirá con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Las conexiones, cableados, equipos y mecanismos de la instalación que estén montados en intemperie es conveniente que tengan un grado de protección mínimo IP.535. Este concepto se define en la Norma UNE 20-234.
- Los cables utilizados de forma general deben tener una última capa de material aislante resistente a la intemperie y la humedad.
- Para las conexiones eléctricas entre los paneles se emplearán siempre terminales. El montaje de los terminales se realizará utilizando los procedimientos y herramientas provistos por el fabricante de los mismos.

Conviene recordar el error que supone realizar las conexiones eléctricas enrollando el cable sobre el tornillo de fijación.

- Los terminales de los paneles consisten en bornas situadas en la espalda del panel.
- Los paneles de la instalación son todos del mismo modelo, con similares curvas i-V.

## **2.3. Montaje de la batería de acumuladores**

El montaje de las baterías presenta dos aspectos diferenciados:

- Las características necesarias del lugar de ubicación de los acumuladores.

- Las exigencias del montaje y conexionado eléctrico de los acumuladores.

### **- Situación de los acumuladores**

Los acumuladores se sitúan en un local protegido de la intemperie por dos razones:

- El rendimiento de los acumuladores depende de forma importante de la temperatura ambiente.
- La acción degradante de los agentes atmosféricos.

La ubicación ideal es en un local que cumpla los siguientes requisitos:

- Situación más cercana posible a los paneles.
- Lugar seco y algo ventilado.
- Local aislado térmicamente.
- Facilidad de acceso para el montaje y mantenimiento.

### **- Conexionado de las baterías**

El conexionado se realiza de la siguiente manera:

- El conexionado se realiza en paralelo, el voltaje del conjunto es el de un elemento y la capacidad se multiplica por el número de elementos.

En el conexionado de los acumuladores deben aplicarse las reglas para el cableado de la batería de paneles, con la salvedad de que es preferible utilizar pletinas siempre que sea posible. Conviene tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Es necesario que todos los acumuladores sean del mismo tipo.
- Asegurarse que las secciones de los cables de conexión son las correspondientes a la intensidad máxima prevista.
- Seguir las especificaciones del fabricante de los acumuladores en la ejecución del conexionado y protección de los terminales.
- Proteger mediante una cubierta adecuada las bornas de los acumuladores, para evitar posibles cortocircuitos producidos por la caída de una herramienta o pieza metálica sobre ellos.

### **- Transporte y manipulación de los acumuladores**

Durante el transporte y manipulación de los acumuladores debe cuidarse el posible vertido del electrolito, que puede ser causa de accidentes y averías.

En la instalación, como está situada lejos y de camino accidentado, los acumuladores son transportados en seco, añadiendo el electrolito una vez instaladas las baterías. El electrolito debe ser transportado en botellas resistentes al ácido y bien cerradas.

Una vez terminado el montaje de los acumuladores se revisa el nivel de electrolito, que debe cubrir completamente las placas. Los acumuladores empezarán su actividad estando a plena carga.

## **2.4. Montaje de los equipos de regulación y control**

El sistema fotovoltaico incluye un conjunto de equipos y mecanismos eléctricos de regulación y control. Estos son:

- Reguladores de carga.
- Convertidor CC-CA.
- Protecciones eléctricas, interruptores, mecanismos de mando, etc.

Durante el montaje se tendrán en cuenta las siguientes especificaciones:

- Los equipos se situarán centralizados y próximos a los acumuladores en el mismo local de ubicación.
- El cuadro eléctrico se situará a la entrada del albergue.
- Toda la instalación eléctrica cumplirá con las especificaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, y en concreto con las instrucciones BT-17 y BT-20.
- La instalación eléctrica incluye un interruptor magnetotérmico.
- Los convertidores de corriente continua en alterna se instalarán próximos a la batería.
- Todos los equipos eléctricos y mecanismos cumplirán las condiciones de seguridad especificadas en la Norma UNE-20-5141 que les puedan ser aplicables.
- La caída de tensión entre el regulador y la batería debe ser inferior a 0,1 V.
- Es muy importante una adecuada refrigeración por convección de los reguladores, situándolos sobre una pared vertical de forma que se permite la ascensión del aire caliente.
- Debe cuidarse especialmente la ejecución de las conexiones, para evitar costes de mantenimiento.

## **2.5. Cableado general de la instalación**

- La sección del cable de conexión entre paneles y acumuladores no debe ser inferior a 6 mm<sup>2</sup>.
- Es necesario cuidar los sistemas de paso de los cables por muros y techos, al objeto de anular la entrada de agua al interior.

Las técnicas y procedimientos para el tendido y fijación de los cables son las habituales de una instalación convencional.

La sujeción a los parámetros se efectúa por medio de bridas de fijación apropiadas, debiendo poner especial cuidado en que las curvas sean de radio suficiente para no someter al tubo o al cable a una excesiva doblez. Los empalmes se realizarán con cajas de derivación siempre que sea posible.

### **3. Puesta en marcha de la instalación**

Al terminar el montaje deben realizarse comprobaciones finales:

- Comprobar que con el circuito abierto la tensión en las bornas de la batería de paneles es próxima a la prevista.
- Comprobar que la batería se encuentra a plena carga, y la tensión y densidad en los elementos es la correcta.
- Comprobar que a las horas centrales del día y con la batería conectada, circula aproximadamente la intensidad prevista por el circuito de paneles-batería.
- Comprobar que el regulador actúa normalmente sin realizar operaciones descontroladas.
- Comprobar que accionando los aparatos receptores, éstos entran en funcionamiento de forma correcta.

### **4. Entrega de la instalación**

Una vez verificado el correcto funcionamiento de la instalación se procederá a una esmerada limpieza del lugar y de los componentes de la misma, antes de efectuar la entrega al titular. Es imprescindible que el usuario comprenda al menos los puntos básicos de funcionamiento de la instalación, para lo cual el instalador o la persona encargada para ello le dará las explicaciones necesarias, mucho mejor por escrito.

### **5. Operaciones de mantenimiento**

#### **5.1. El servicio de mantenimiento. Planteamiento general**

El mantenimiento de los equipos de consumo viene especificado por el fabricante y depende de cada uno en concreto.

En el planteamiento del servicio de mantenimiento de las instalaciones, el instalador debe considerar los siguientes puntos:

- Las operaciones necesarias de mantenimiento.
- Las operaciones a realizar por el usuario y las que debe realizar el instalador.
- La periodicidad de las operaciones de mantenimiento.
- El contrato de mantenimiento y la garantía de la instalación.

Conviene hacer algunas puntualizaciones de carácter general:

- Las operaciones de mantenimiento pueden ser de dos tipos: revisión del estado de operatividad de los equipos, conexiones y cableado, incluyendo aspectos mecánicos, eléctricos y de limpieza, y control de la calibración de los equipos, particularmente del sistema de regulación y control.

- El mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas, sin partes móviles, no es especialmente conflictivo. Los acumuladores son los elementos de la instalación que requieren mayor atención.
- Las instalaciones fotovoltaicas están situadas a veces en lugares apartados, por lo que los costes de reparación de averías, durante el período de garantía, pueden tener una importante repercusión económica. La posibilidad de averías está directamente relacionada con la calidad de los materiales, equipos y procesos de montaje. Por lo que se debe usar componentes de la calidad especificada en el diseño y aplicar estrictamente las normas y controles de montaje.
- Debe procurarse que el usuario tenga un suficiente conocimiento de la instalación, qué incidencias del funcionamiento corresponden a situaciones normales, qué situaciones corresponden a mantenimientos bajo su cargo y qué incidencias constituyen averías, que sólo el instalador puede arreglar.
- Conviene distinguir entre el contrato de mantenimiento y la garantía. El primero debe establecerse desde el principio junto con la garantía, ya que ésta debe incluir únicamente la reposición de los equipos averiados durante el período de vigencia de la misma.
- Debe procurarse que el tiempo entre dos visitas de mantenimiento preventivo sea lo más dilatado posible, coordinando los tiempos para cada componente.
- Es conveniente reflejar las operaciones de mantenimiento en un libro de mantenimiento de la instalación.

## **5.2. Mantenimiento de la batería de paneles**

Los paneles requieren poco mantenimiento, ya que el control de calidad de los fabricantes es en general bueno y rara vez se presentan problemas por esta razón.

El mantenimiento abarca los siguientes procesos:

- Limpieza periódica del panel.
- Inspección visual de posibles degradaciones internas y de la estanqueidad del panel.
- Control del estado de las conexiones eléctricas y el cableado.
- Control de las características eléctricas del panel.

### **- Limpieza periódica del panel**

La suciedad acumulada sobre la cubierta transparente del panel reduce el rendimiento del mismo. La periodicidad del proceso de limpieza depende de la intensidad del proceso de ensuciamiento. En el caso de los depósitos de las aves conviene evitarlos instalando pequeñas antenas elásticas en la parte alta del panel, que impida a éstas que se posen.

La acción de la lluvia reduce al mínimo o elimina la necesidad de la limpieza de los paneles. Su acción se favorece con paneles de cristales lisos.

La operación de limpieza debe ser realizada por el propio usuario y consiste en el lavado de los paneles con agua y algún detergente no abrasivo. No se deben usar mangueras a presión.

#### **- Inspección visual del panel**

Se detectan posibles roturas del cristal, oxidaciones de los circuitos y soldaduras de las células fotovoltaicas.

#### **- Control de las conexiones eléctricas y el cableado de los paneles**

Se procederá a comprobar el apriete y estado de los terminales de los cables de conexionado de los paneles, y a comprobar la estanqueidad de la caja de terminales o del estado de los capuchones de protección de los terminales, según el tipo de panel. En el caso de observarse fallos de estanqueidad, se procederá a la sustitución de los elementos afectados y a la limpieza de los terminales. Es importante cuidar el sellado de la caja de terminales, utilizando juntas nuevas o un sellado de silicona.

### **5.3. Mantenimiento del sistema de regulación y control y equipos auxiliares**

Las averías son poco frecuentes y la simplicidad de los equipos reduce el mantenimiento a las siguientes operaciones:

- Observación visual general del estado y funcionamiento del regulador.
- Comprobación del conexionado y cableado de los componentes.
- Comprobación del tarado de la tensión de ajuste del regulador a la temperatura ambiente.
- Registro de los Ah generados y consumidos en la instalación entre revisiones cuando existen contadores.
- Observación de las medidas instantáneas del voltímetro y amperímetro en las instalaciones que disponen de estos medidores.

### **5.4. Mantenimiento de los acumuladores**

El control de calidad de acumuladores en la fabricación es muy alto y son muy fiables, dándose un porcentaje muy bajo de averías debidas a defectos de fabricación. Pero, por su modo de trabajar son los elementos que requieren mayor atención en una instalación fotovoltaica. Los acumuladores se destruyen por dos causas:

- Uso de la instalación superior al previsto en el diseño. Esto es frecuente en instalaciones pequeñas.

- Falta de reposición periódica del electrolito en los acumuladores de plomo-antimonio. Si el nivel es bajo y las placas quedan al descubierto, se sulfatan y se destruyen en corto plazo.

Las operaciones habituales de mantenimiento son:

- Comprobación del nivel del electrolito y relleno.
- Comprobación y limpieza del estado de las bornas del acumulador.
- Comprobación de la tensión sin carga de los elementos del acumulador.
- Medida de la densidad del electrolito.
- Comprobación de la utilización del acumulador y en particular la frecuencia de corte por baja tensión.

## **6. Localización y reparación de averías**

### **6.1. Averías de los paneles fotovoltaicos y su conexionado**

Los casos de avería detectados son:

- Rotura del vidrio de los paneles.
- La penetración de agua en el interior del panel.
- Fallos en el conexionado y entrada de agua en la caja de bornas del panel.
- Ensuciamiento o sombras parciales, que generan averías de las células.
- Defectos de fabricación.

### **6.2. Averías en los reguladores, convertidores y equipo de señalización**

Los reguladores presentan un bajo índice de fallos. Pero es el elemento que más fallos de fabricación presenta. El fallo del regulador se detecta fácilmente por un comportamiento irregular de éste.

Los convertidores son equipos sofisticados que presentan un mayor índice de averías. Normalmente, se produce por una mala utilización del usuario (conexión de cargas excesivas). La única solución es una información adecuada al usuario y la sustitución del equipo cuando se avería.

### **6.3. Averías en los acumuladores**

Las averías no suelen venir de fallos de fabricación, sino que se deben a:

- Error por defecto en el dimensionado de la capacidad de la batería de acumuladores respecto a las cargas previstas.
- Utilización inadecuada de la instalación por parte del usuario.
- Falta de mantenimiento preventivo.

El segundo de los casos es el que presenta mayor número de incidencias. Las medidas que se realizan en una batería para su comprobación son:

- Medida de la densidad del electrolito.
- Medida de la tensión en bornas de cada elemento.

En resumen, una batería bien dimensionada y mantenida no suele presentar problemas.

## **Ejecución y mantenimiento de la instalación eólica**

Antes de empezar, se deben de tener en cuenta los pasos a seguir para el correcto montaje del aerogenerador y tomar una serie de precauciones importantes.

- Montaje de la torre.
- Cableado eléctrico regulador.
- Montaje del aerogenerador.
- Pruebas de funcionamiento.

Las precauciones a seguir son:

- No planificar la instalación del aerogenerador en días de viento.
- No dejar el generador funcionando libremente, esto podría producir daños irreparables en el aerogenerador.
- Utilizar el cableado adecuado.

### **1. La torre**

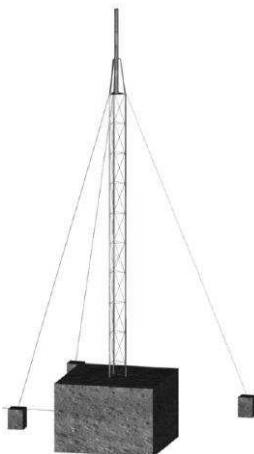
Es aconsejable colocar el aerogenerador sobre una torre independiente separada de la vivienda para evitar que esta pueda provocar turbulencias, así como cualquier tipo de vibración que pueda ser transmitida a la vivienda.

El anclaje de la torre se realizará según el tipo a instalar, sujetada al suelo firmemente, generalmente con una cimentación de hormigón, totalmente vertical y nivelada, para evitar un mal funcionamiento de su aerogenerador. En el caso de torres de poca base que precisen tensores, una vez anclada la base y colocada la torre, se le colocarán 3 ó 4 tensores cuyos soportes se anclarán firmemente al suelo, generalmente con una base de hormigón. La torre debe quedar totalmente inmóvil y consistente.

Los tensores deberán ser cables de acero de 6 a 10 mm de grosor, y su sujeción a la torre en la parte alta deberá estar por debajo del diámetro de las hélices.

Para una mayor seguridad eléctrica es recomendable la instalación de una placa de toma de tierra conectada a la base de la torre y situada a unos metros de la base de la misma. No es recomendable la instalación de pararrayos cercanos, dentro del área del aerogenerador.

Debemos asegurar que no existan objetos que puedan alcanzar el radio de las hélices, y que ninguna parte de la hélice pueda rozar con cualquier otra parte del molino. Entre la hélice y la torre de sujeción debe de haber una distancia mínima de 20 cm.



Hay que prestar atención a que el aerogenerador debe girar libremente 360º sin que llegue a rozar con ningún obstáculo. Ya que si un objeto entrara en contacto con las hélices en movimiento, podría dañarlas y desequilibrarlas.

## 2. Cableado eléctrico

Previo a la instalación del aerogenerador y una vez instalada la torre, debe de realizarse el cableado eléctrico.

El primer paso en el conexionado eléctrico, es colocar el banco de baterías adecuado, en su configuración correcta y conexionado conforme a las especificaciones del fabricante, obteniendo como resultado el voltaje y capacidad adecuados para la instalación que vamos a realizar.

Existen diferentes tipologías de baterías, en el caso de instalaciones domésticas híbridas eólico-solares, se recomienda el uso de baterías de plomo ácido abiertas, y en función de las capacidades de carga de la instalación, se precisan de unos requisitos mínimos de instalación para asegurar el correcto funcionamiento y la durabilidad de la instalación.

El modo de conexión es el siguiente:

En el caso de disponer de una resistencia externa, se procederá a conectar previamente la resistencia al cuadro de regulación, en caso contrario, que la resistencia sea interna, no habrá que hacer nada, y conectaremos el resto de componentes.

Se conectarán, sin invertir nunca la polaridad, los cables + / - de la batería a las regletas correspondientes del regulador. A continuación, conectaremos los tres

cables del aerogenerador. La bajada del aerogenerador es trifásica y alterna, con lo cual en estas 3 conexiones no importa la polaridad.

Con el fin de minimizar pérdidas eléctricas, la distancia entre el aerogenerador y el cuadro de regulación deberá ser la menor posible, sin superar en ningún caso los cien metros.

El cuadro de regulación, baterías y convertidor deberán estar colocados en un punto centralizado próximo al consumo, y lo más próximo posible entre ellos.

La instalación del cuadro de regulación ha de ser suspendido sobre la pared a una distancia del suelo de aproximadamente 1,5 m, y lo suficientemente alejado de las baterías para evitar que los gases que estas producen entren en contacto directo con él. La distancia mínima será de 50 cm.

Para comprobar la correcta instalación del cableado eléctrico, una vez colocado el aerogenerador sobre la torre y realizado todo el conexionado eléctrico, baterías inclusive, se comprobará el correcto funcionamiento del sistema girando el rotor manualmente. En el caso de que el voltímetro del regulador nos dé lectura, la instalación será correcta. En caso contrario se deberá revisar el conexionado.

### **3. Montaje del aerogenerador**

#### **Pletina de fijación**

Esta pletina se suministra para ser unida a la torre. Su función será la sujeción del aerogenerador, y nos permitirá desmontarlo en cualquier momento.

La unión se hace a través de dos pletinas, una de ellas soldada en la torre y la otra en el aerogenerador. La pletina cuenta con una ranura para la bajada los cables eléctricos y seis taladros para seis tornillos allen M-10 x 40, con arandelas M-10 en ambas caras y seis tuercas M-10. El conjunto de tornillos se suministra en una bolsa separada del resto de la tornillería y junto a la pletina en el caso de no haber sido enviada por anticipado o no adjuntar la torre.

#### **Timón de orientación / Tubo cola**

La función del timón de orientación es la de mantener el rotor alineado al viento en todo momento. Está compuesto de dos partes: el timón de orientación de fibra de vidrio y un tubo de acero.

La unión se realiza mediante tres tornillos M-6 x 60, con seis arandelas M-6 de serie ancha que se instalan en ambas partes del tornillo y tres tuercas autobloqueo M-6. Este ensamblaje generalmente se suministra montado dentro de la caja.

#### **Sujeción Tubo Cola Alternador**

Esta es la parte en la que se unen el tubo de cola con el alternador. Antes de atornillar esta unión, se debe introducir la carcasa protectora por el tubo. (Una vez montado el tubo al alternador no se podrá insertar la carcasa). La unión del tubo al alternador consta de dos partes, una es pasante y otra en forma de brida:

Se introduce el tubo de cola en la parte trasera del alternador, haciendo coincidir los taladros de ambas piezas. En ellos se instala un tornillo hexagonal M-8 x 60, con dos arandelas M-8 una en cada parte y una tuerca autobloqueo M-8. En la parte superior se tendrá un sistema de apriete en forma de brida, en donde se instala dos tornillos hexagonales M-8 x 30, cuatro arandelas M-8, una en cada parte y dos tuercas autobloqueo M-8.

### **Carcasa protectora**

Su función es proteger el alternador de las condiciones climatológicas. La fijación de la carcasa se realiza con cuatro tornillos; dos de ellos en la parte superior, uno en la parte trasera en forma de abrazadera y por último, en la parte inferior frontal a modo de brida:

En la parte superior de la carcasa tenemos dos taladros, para alojar dos tornillos M-8 x 20 con sus correspondientes arandelas M-8 de la serie ancha y una arandela grower, que enroscan directamente sobre el puente del alternador. El orden de instalación es: tornillo, arandela grower, arandela de serie ancha.

A continuación apretaremos el tornillo de la abrazadera de la parte posterior de la carcasa. Por último, en la parte frontal inferior, en las dos pestañas conformadas a modo de brida, se instala el tubo de latón de 103 mm de longitud y un diámetro exterior de 10 mm un tornillo, y en su interior un espárrago M-6 x 120 con una arandela M-8 serie ancha por cada parte. El conjunto se alojará en la zona interior de la carcasa, entre las dos pestañas.

Para finalizar, se instalará una nueva arandela y la tuerca de seguridad.

### **Hélices y Cono Frontal**

Las hélices, de fibra de vidrio / carbono reforzadas, son la parte en contacto directo con el viento. Su aerodinámica, diseñada específicamente para los aerogeneradores J.Bornay, permite el funcionamiento del alternador haciéndolo rodar en función de la velocidad del viento.

Su montaje se realiza fijándolas al buje con el logotipo en relieve hacia la parte trasera, es decir, mirando al alternador. Los dos tornillos exteriores serán M-8 x 60 y el tornillo central-interior, ya instalado, es M-8. Una vez instalados se ajustan las hélices. Por el tornillo central se pasa la chapa de acero galvanizado, e instalamos una tuerca autobloqueo. Por los tornillos exteriores se pasan las arandelas M-8 de la serie ancha, una tuerca normal. Con la ayuda de una llave dinamométrica se aplica un apriete de inicial de 2 kg a todas las tuercas. Una vez

estén todas apretadas, reapretamos todas las tuercas a 2,5 kg; sobre las cuatro tuercas normales se introduce una nueva una arandela M-8 de serie ancha. Estas arandelas serán el apoyo del cono frontal que colocaremos a continuación. Una vez instalado, introducimos una nueva arandela y una tuerca autobloqueo M-8.

Se tendrán en cuenta unas precauciones:

- No manipule el aerogenerador ni el cuadro de control en días de viento.
- No deje el generador funcionando libremente (sin conectar a las baterías), podría dañar el sistema de carga. En caso de que sea necesario desconectarlo de las baterías, frénelo.
- Con el aerogenerador funcionando libremente, el sistema de frenado automático por inclinación no funciona, con lo cual podrían producirse daños irreparables en el aerogenerador.
- No manipule las resistencias del regulador.
- No invierta la polaridad.
- Utilice el cableado adecuado.

## **4. Mantenimiento del aerogenerador**

### **Tras su instalación**

Transcurrido 1 mes desde la instalación del aerogenerador, se recomienda, reapretar toda la tornillería del aerogenerador.

### **Permanente**

Para asegurar la vida de su aerogenerador, le aconsejamos siga los siguientes consejos de mantenimiento:

Cada 6 meses, y a ser posible en los cambios de estación, se recomienda realizar una inspección de mantenimiento en la cual se deben de revisar los siguientes puntos:

- Revisar y reapretar todos los tornillos.
- Comprobar el estado de los cables.
- Inspección visual de las hélices.
- Revisión del sistema de frenado automático, accionando este manualmente.

Las partes principales del aerogenerador a la hora de realizar las inspecciones de mantenimiento son:

### **Rodamientos**

El aerogenerador está equipado con rodamientos blindados de gran calidad que no necesitan mantenimiento.

## **Tornillería**

Toda la tornillería es de acero inoxidable. Ante la falta de cualquier tornillo en una revisión de mantenimiento, reemplazarlo inmediatamente antes de que pueda producir daños mayores.

## **Cableado**

Comprobar el estado de las uniones y empalmes, así como regletas de conexiones que haya, para evitar que pueda desconectarse y dejar el aerogenerador funcionando libremente.

## **Hélices**

Las hélices de fibra de vidrio / carbono, llevan en el borde de ataque una cinta protectora de Poliuretano abrasivo.

Esta cinta con el paso del tiempo puede verse afectada por las condiciones climatológicas. En caso de falta total ó parcial de la cinta, acuda a su instalador y reemplace la cinta. En caso contrario, la erosión y cambios climáticos incidirán directamente sobre la hélice, reduciendo su vida útil.

## **Amortiguador**

El aerogenerador lleva instalados 2 amortiguadores hidráulicos que permiten el frenado rápido, y su vuelta a la posición normal lenta, evitando golpes bruscos.

El amortiguador tiene una pequeña holgura al principio de su retroceso que es normal, si su holgura fuera mayor de la mitad del recorrido y se observan perdidas de aceite, habría que sustituir los amortiguadores por unos nuevos.

## **Engrase**

El aerogenerador Inclin, consta de 3 partes móviles:

El eje delantero (hélice-alternador), provisto de rodamientos blindados y recubiertos totalmente con una grasa de por vida. No precisan engrase.

El eje de orientación (aerogenerador-torre), provisto con rodamientos blindados. No precisan engrase.

El eje de inclinación (alternador-giratoria), es un casquillo de acero inoxidable / bronce engrasado de por vida.



Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
ZARAGOZA

**PROYECTO:**

**INSTALACIÓN DE UN ALBERGUE  
MEDIANTE ENERGÍAS ALTERNATIVAS**

**PRESUPUESTO**

**REALIZADO POR:**

**SERRAT SERRAT, SANTIAGO  
MAYO 2010**

## **ÍNDICE**

PRESUPUESTOS PARCIALES POR PARTIDAS ... Pág. 2

- SISTEMA ACS ..... Pág. 2
- SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA... Pág. 6
- INSTALACIÓN ELÉCTRICA ..... Pág.11

PRESUPUESTO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN.. Pág.16

LUGAR, FECHA Y FIRMA DEL PROYECTISTA.... Pág.17

# **PRESUPUESTOS PARCIALES**

## **POR PARTIDAS**

### Sistema ACS

#### - Colector solar:

Fabricante: Avant Solar S.A.      Modelo: AS-20VC  
Cantidad: 2  
Precio: 393,00 €

**Precio total: 786,00 €**

#### - Soporte colectores:

Fabricante: Avant Solar S.A.      Modelo: AS-SP2V  
Captadores: 2      Cantidad: 1  
Precio: 189,00 €

**Precio total: 189,00 €**

#### - Conexiones colectores:

##### • **Manguito:**

Fabricante: Avant Solar A.S.      Cantidad: 2      Precio: 2,69 €  
Precio total: 5,38 €

##### • **Tapón:**

Fabricante: Avant Solar A.S.      Cantidad: 2      Precio: 3,40 €  
Precio total: 6,80 €

##### • **Racor 3/4:**

Fabricante: Avant Solar A.S.      Cantidad: 2      Precio: 2,08 €  
Precio total: 4,16 €

**Precio total: 16,34 €**

- Acumulador:

Fabricante: Baxiroca      Modelo: AS 300-2 E  
Código: CSOL010140      Cantidad: 1  
Precio: 1460,00 €

**Precio total: 1460,00 €**

- Depósito de expansión:

Fabricante: Baxiroca      Modelo: VASOFLEX/S 18 litros  
Referencia: 195200004      Cantidad: 1  
Precio: 78,00 €

**Precio total: 78,00 €**

- Bomba:

Fabricante: Baxiroca      Modelo: SB-10 YA (incluye racords 20/22)  
Referencia: 953030121      Cantidad: 2  
Precio: 233,00 €

**Precio total: 466,00 €**

- Purgador de aire:

Fabricante: Baxiroca      Modelo: FLEXVENT (con válvula 3/8")  
Referencia: 516906701      Cantidad: 1  
Precio: 9,60 €

**Precio total: 9,60 €**

- Regulador:

Fabricante: Baxiroca      Modelo: Central Solar CS-10 (incluye 4 sondas PT1000)  
Referencia: 144940029      Cantidad: 1  
Precio: 210,00 €

**Precio total: 210,00 €**

- Manómetro:

Fabricante: Alinsa      Modelo: Manómetro radial metálico 0-6 bar  
Código: 8801550      Cantidad: 1  
Precio: 28,90 €

**Precio total: 28,90 €**

- Válvula de bola:

Fabricante: Baxiroca      Modelo: Válvula esfera serie cubo 3/4"  
Referencia: 193007014      Cantidad: 7  
Precio: 7,80 €

**Precio total: 54,60 €**

- Válvula de seguridad:

Fabricante: Baxiroca      Modelo: Válvula de seguridad 3/4"  
Referencia: 952100317      Cantidad: 2  
Precio: 16,60 €

**Precio total: 33,20 €**

- Embudo para válvula de seguridad:

Fabricante: Baxiroca      Modelo: para válvula de seguridad 3/4"  
Referencia: 516908101      Cantidad: 2  
Precio: 10,80 €

**Precio total: 21,60 €**

- Válvula antirretorno:

Fabricante: Baxiroca      Modelo: Válvula retención 3/4"  
Referencia: 119113007      Cantidad: 2  
Precio: 6,00 €

**Precio total: 12,00 €**

- Válvula 3 vías:

Fabricante: Baxiroca      Modelo: Válvula mezcladora 3 vías 3/4"  
Código: 195150019      Cantidad: 1  
Precio: 52,00 €

**Precio total: 52,00 €**

- Calentador de apoyo a gas:

• **Calentador:**

Fabricante: Baxiroca      Modelo: ACQUATECH 11T gas propano  
Referencia: 150001x02      Cantidad: 1  
Precio: 554,00 €

● **Conducto de evacuación de humos:**

Fabricante: Baxiroca Referencia: 140040044 Cantidad: 1  
Precio: 47,00 €

**Precio total: 601,00 €**

- Depósito de gas:

Fabricante: Lapesa Modelo: LP 8334E Cantidad: 1  
Precio: 4160 €

**Precio total: 4160 €**

- Aislamiento:

● **Planchas en rollo:**

Fabricante: Isover Modelo: Armaflex IT Autoadhesiva  
Referencia: IT-32-99/EA Tamaño: 3x1 m  
Espesor: 32 mm Cantidad: 2  
Precio: 42,53 €/m<sup>2</sup>

**Precio total: 85,06 €**

● **Coquillas:**

Fabricante: Isover Modelo: Armaflex IT  
Referencia: IT-30x022 Tamaño: 32 metros/cartón  
Espesor: 30 mm Cantidad: 2  
Precio: 6,31 €/m

**Precio total: 403,84 €**

**Precio total Aislamiento: 488,9 €**

**PRECIO TOTAL SISTEMA ACS: 8.667,14 €**

## Sistema de generación eléctrica

### - Panel fotovoltaico:

Fabricante: BP Solar      Modelo: BP 3160 S  
Código: 41-101-002      Cantidad: 12  
Precio: 784,00 €

**Precio total: 9408,00 €**

### - Estructura panel fotovoltaico:

Fabricante: BP Solar      Modelo: Con Sole 4.1  
Código: E022      Cantidad: 12  
Precio: 120,00 €

**Precio total: 1440,00 €**

### - Aerogenerador:

Fabricante: Bornay      Modelo: Inclin 600W 12V 2 palas con regulador digital  
Referencia: I-600/12      Cantidad: 1  
Precio: 2950,00 €

**Precio total: 2950,00 €**

### - Torre del aerogenerador:

Fabricante: Bornay      Modelo: Torre cuatripata P-400 12Mts RU-6704-A  
Referencia: 20.02.0014      Cantidad: 1  
Precio: 1200,00 €

**Precio total: 1200,00 €**

### - Regulador solar:

Fabricante: Steca      Modelo: Steca Power Tarom 2140  
Cantidad: 1  
Precio: 1706,94 €

**Precio total: 1706,94 €**

### - Regulador aerogenerador:

Fabricante: Bornay  
Precio incluido en el aerogenerador.

- Baterías:

Fabricante: Fulmen      Modelo: S-4400  
Código: V031      Cantidad: 12  
Precio: 1035,00 €

**Precio total: 12420,00 €**

- Bancada para baterías:

Fabricante: Fulmen      Modelo: Especial  
Cantidad: 1  
Precio: 5132,00 €

**Precio total: 5000,00 €**

- Inversor:

Fabricante: Studer      Modelo: HPC 4024  
Código: 40-103-063      Cantidad: 1  
Precio: 4365 €

**Precio total: 4365 €**

- Cables:

• **Inversor-CGD:**

2x16 mm<sup>2</sup> Cu Unipolar 25 m

Fabricante: GeneralCable      Tipo: ENERGY RV-K FOC (0,6/1KV)  
Código: 1994111NGP      Sección: 16 mm<sup>2</sup>  
Precio: 5853,32 €/km      Cantidad: 50 m

**Precio total: 292,666 €**

• **Batería-Inversor:**

2x1x50 mm<sup>2</sup> Cu Unipolar 2 m

Fabricante: GeneralCable      Tipo: EXZHELLENT-XXI 1000V RZ1-K (AS)  
Código: 1992114VDP      Sección: 50 mm<sup>2</sup>  
Precio: 19838,37 €/km      Cantidad: 6 m

**Precio total: 119,03 €**

● **Regulador Solar-Batería:**

2x10 mm<sup>2</sup> Cu Unipolar 2 m

Fabricante: GeneralCable  
Código: 1992110VDP  
Precio: 4377,97 €/km

Tipo: EXZHELLENT-XXI 1000V RZ1-K (AS)  
Sección: 10 mm<sup>2</sup>  
Cantidad: 4 m

**Precio total: 17,5119 €**

● **Paneles Solares-Regulador Solar:**

2x1x25 mm<sup>2</sup> Cu Unipolar 25 m

Fabricante: GeneralCable  
Código: 1994112NGP  
Precio: 9106,65 €/km

Tipo: ENERGY RV-K FOC (0,6/1KV)  
Sección: 25 mm<sup>2</sup>  
Cantidad: 75 m

**Precio total: 682,9988 €**

● **Convertidor/Regulador Eólico-Batería:**

2x6 mm<sup>2</sup> Cu Unipolar 2 m

Fabricante: GeneralCable  
Código: 1992109VDP  
Precio: 2727,79 €/km

Tipo: EXZHELLENT-XXI 1000V RZ1-K (AS)  
Sección: 6 mm<sup>2</sup>  
Cantidad: 4 m

**Precio total: 10,9111 €**

● **Aerogenerador-Convertidor/Regulador:**

3x6 mm<sup>2</sup> Cu Unipolar 20 m

Fabricante: GeneralCable  
Código: 1994109NGP  
Precio: 2429,37 €/km

Tipo: ENERGY RV-K FOC (0,6/1KV)  
Sección: 6 mm<sup>2</sup>  
Cantidad: 60 m

**Precio total: 145,7622 €**

**Precio total cables: 1.268,88 €**

- Tubos:

• **Inversor-CGD:**

Fabricante: Mantubac  
Cantidad: 25 m

Modelo: Tubo Corrugado 63 mm

**Precio total: 28,75 €**

• **Batería-Inversor:**

Fabricante: Aiscan  
Código: 232132540010

Modelo: FHF-40mm

Cantidad: 2 m

**Precio total: 1,4268 €**

• **Regulador Solar-Batería:**

Fabricante: Aiscan  
Código: 232132540010

Modelo: FHF-25mm

Cantidad: 2 m

**Precio total: 0,696 €**

• **Panel Solar-Regulador Solar:**

Fabricante: Mantubac  
Cantidad: 25 m

Modelo: Tubo Corrugado 90 mm

**Precio total: 34,5 €**

• **Convertidor/Regulador Eólico-Batería:**

Fabricante: Aiscan  
Código: 232132540010

Modelo: FHF-16mm

Cantidad: 2 m

**Precio total: 0,348 €**

• **Aerogenerador-Convertidor/Regulador:**

Fabricante: Mantubac  
Cantidad: 20 m

Modelo: Tubo Corrugado 50 mm

**Precio total: 16,4 €**

**Precio total tubos: 82,121 €**

- Protecciones:

• **Inversor-CGD:**

Int. Autom. 2x20 A	Marca: Delixi Código: AHC220 Precio: 42,42 €	Pcte: 10kA Curva C Referencia: CDB7H/2/20C Cantidad: 1
--------------------	--	--

**Precio total: 42,42 €**

• **Batería-Inversor:**

Fusibles 160 A	Marca: Delixi Código: ED0151 Precio: 7,50 €	Referencia: RT16-0/GL/160 Cantidad: 1
Portafusibles	Marca: Delixi Código: ED0001 Precio: 9,05 €	Referencia: RT16-0P Cantidad: 1

**Precio total: 16,55 €**

• **Paneles Solares-Regulador Solar:**

Int. Autom. 2x80 A	Marca: Delixi Código: AEC280 Precio: 98,95 €	Pcte: 10kA Curva C Referencia: CDB2/2/80/10C Cantidad: 1
--------------------	--	--

**Precio total: 98,95 €**

• **Convertidor/Regulador Eólico-Batería:**

Int. Autom. 2x32 A	Marca: Delixi Código: AHC232 Precio: 45,77 €	Pcte: 10kA Curva C Referencia: CDB7H/2/32C Cantidad: 1
--------------------	--	--

**Precio total: 45,77 €**

**Precio total protecciones: 203,69 €**

**PRECIO TOTAL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA: 40.044,64 €**

## Instalación eléctrica

- Cables:

• **Derivación individual:**

2x10+TTx10mm<sup>2</sup> de Cu Unipolar

Fabricante: GeneralCable	Tipo: EXZHELLENT-XXI 1000V RZ1-K (AS)
Código: 1992110VDP	Sección: 10 mm <sup>2</sup>
Precio: 4377,97 €/km	Cantidad: 0,9 m

**Precio total: 3,94 €**

• **Pequeño material:**

2x1,5+TTx1,5mm<sup>2</sup> de Cu Unipolar

Fabricante: GeneralCable	Tipo: SEGURFOC-331 (0,6/1kV)
Código: 1621106NJP	Sección: 1,5 mm <sup>2</sup>
Precio: 2703,82 €/km	Cantidad: 0,3 x 3 = 0,9 m

**Precio total: 2,44 €**

2x2,5+TTx2,5mm<sup>2</sup> de Cu Unipolar

Fabricante: GeneralCable	Tipo: EXZHELLENT-XXI 1000V RZ1-K (AS)
Código: 1992107VDP	Sección: 2,5 mm <sup>2</sup>
Precio: 1506,46 €/km	Cantidad: 0,3 x 6 = 1,8 m

**Precio total: 2,72 €**

2x4+TTx4mm<sup>2</sup> de Cu Unipolar

Fabricante: GeneralCable	Tipo: EXZHELLENT-XXI 1000V RZ1-K (AS)
Código: 1992108VDP	Sección: 4 mm <sup>2</sup>
Precio: 1973,53 €/km	Cantidad: 0,3 x 6 = 1,8 m

**Precio total: 3,56 €**

**Precio total pequeño material: 8,72 €**

• **Líneas de alumbrado:**

2x1,5+TTx1,5mm<sup>2</sup> de Cu Unipolar

Fabricante: GeneralCable  
Código: 1621106NJP  
Precio: 2703,82 €/km

Tipo: SEGURFOC-331 (0,6/1kV)  
Sección: 1,5 mm<sup>2</sup>  
Cantidad: 384,45 m

**Precio total: 1039,49 €**

• **Líneas de fuerza:**

2x2,5+TTx2,5mm<sup>2</sup> de Cu Unipolar

Fabricante: GeneralCable  
Código: 1992108VDP  
Precio: 1506,46 €/km

Tipo: EXZHELLENT-XXI 1000V RZ1-K (AS)  
Sección: 2,5 mm<sup>2</sup>  
Cantidad: 173,6 m

**Precio total: 261,53 €**

**Precio total cables: 1301,02 €**

- **Tubos:**

• **Líneas de alumbrado:**

Fabricante: Tupersa  
Cantidad: 350 m

Modelo: Tubo Corrugado 16 mm  
Precio: 41,18 €/100 m

**Precio total: 144,13 €**

• **Líneas de fuerza:**

Fabricante: Tupersa  
Cantidad: 170 m

Modelo: Tubo Corrugado 20 mm  
Precio: 52,78 €/100 m

**Precio total: 89,73 €**

**Precio total tubos: 233,86 €**

- **C.G.D. (Cuadro General de Distribución):**

• **Armario:**

Fabricante: Himel  
Referencia: PLM-64  
Precio: 214,81 €

Tipo: Armario Monobloc de Poliéster con puerta normal  
Cantidad: 1

Cerradura armario PLM-64 P/ acoplar armarios: Llave 405  
Referencia: TCL/PLD Cantidad: 1  
Precio: 25,91 €

**Precio total: 240,72 €**

• **Protecciones:**

IGA 2x16 Marca: Delixi Pcte: 10kA Curva C  
Código: AHC216 Precio: 41,31 €  
Cantidad: 1

**Precio total: 41,31 €**

PIA 2x16 Marca: Delixi Pcte: 10kA Curva C  
Código: AHC216 Precio: 41,31 €  
Cantidad: 2

**Precio total: 82,62 €**

PIA 2x10A Marca: Delixi Pcte: 10kA Curva C  
Código: AHC210 Referencia: CDB7H/2/10C  
Precio: 40,56 € Cantidad: 7

**Precio total: 283.92 €**

DIF. II Marca: Delixi Inom.: 40A Tipo AC  
30mA Código: AM2012 Referencia: CDL7/2/40/30AC  
Precio: 41,65 € Cantidad: 4

**Precio total: 166,60 €**

- Receptores:

**Iluminación:**

• **Pantalla fluorescente de mercurio 14 W**

Marca: Philips Serie: MASTER TL5 Modelo: HE Secura 14W/830 UNP  
Precio: 30,05 € Cantidad: 49

**Precio total: 1472,45 €**

• **Luminaria**

Marca: Philips Serie: Indolight Modelo: TBS315 1xTL5-14W/830 HFP A W  
Precio: 58 € Cantidad: 49

**Precio total: 2842 €**

- **Punto de luz de mercurio 18 W**

Marca: Philips      Serie: MASTER PL-C      Modelo: 18W/840/4P 1CT  
Precio: 7,64 €      Cantidad: 29

**Precio total: 221,56 €**

- **Luminaria**

Marca: Philips      Producto: Fugato Metálico para iluminación general  
Modelo: FCS296 1xPL-C/4P18W/830 HFP M PI ALU-WH  
Precio: 215,00 €      Cantidad: 29

**Precio total: 6235 €**

- **Punto de luz de mercurio 18 W**

Marca: Philips      Serie: MASTER PL-C      Modelo: 18W/830/2P 1CT  
Precio: 6,84 €      Cantidad: 2

**Precio total: 13,68 €**

- **Luminaria**

Marca: Philips      Producto: Odyssey 300  
Modelo FBR600 1xPL-C/2P18W I 230V C L310 ANT  
Precio: 385,00 €      Cantidad: 2

**Precio total: 770,00 €**

**Mecanismos:**

- **Bases de enchufe (T.C.)**

Marca: Niessen      Tipo: 8288.2 BM con TT lateral Schuko con marco incorporado  
Precio: 5,69 €      Cantidad: 30

**Precio total: 170,7 €**

Marca: Niessen      Tipo: T1088 BL base de enchufe schuko doble 2P+TT  
Precio: 10,28 €      Cantidad: 5

**Precio total: 51,40 €**

- Interruptores de encendido

Marca: Niessen      Tipo: 1501 BL Interruptor monopolar  
Precio: 5,76 €      Cantidad: 31

**Precio total: 178,56 €**

**Precio total receptores: 11.955,35 €**

## **PRESUPUESTO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN**

SISTEMA ACS **8667,14 €**

SISTEMA DE GEN. ELÉCTRICA **40.044,64 €**

INSTALACIÓN ELÉCTRICA **11.955,35 €**

PRESUPUESTO GLOBAL<sup>\*</sup>: **60.667,13 €**

(En este coste no viene incluido el precio de la 'LEGALIZACIÓN' y de la 'MANO DE OBRA')

LUGAR

FECHA

FIRMA DEL PROYECTISTA



Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
ZARAGOZA

**PROYECTO:**

**INSTALACIÓN DE UN ALBERGUE  
MEDIANTE ENERGÍAS ALTERNATIVAS**

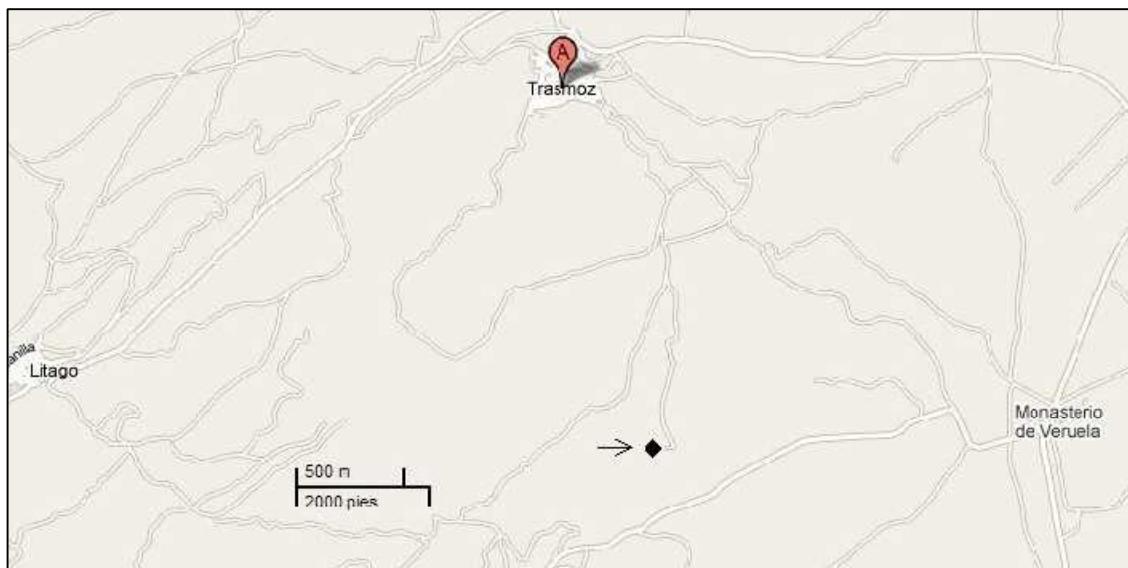
**PLANOS**

**REALIZADO POR:**

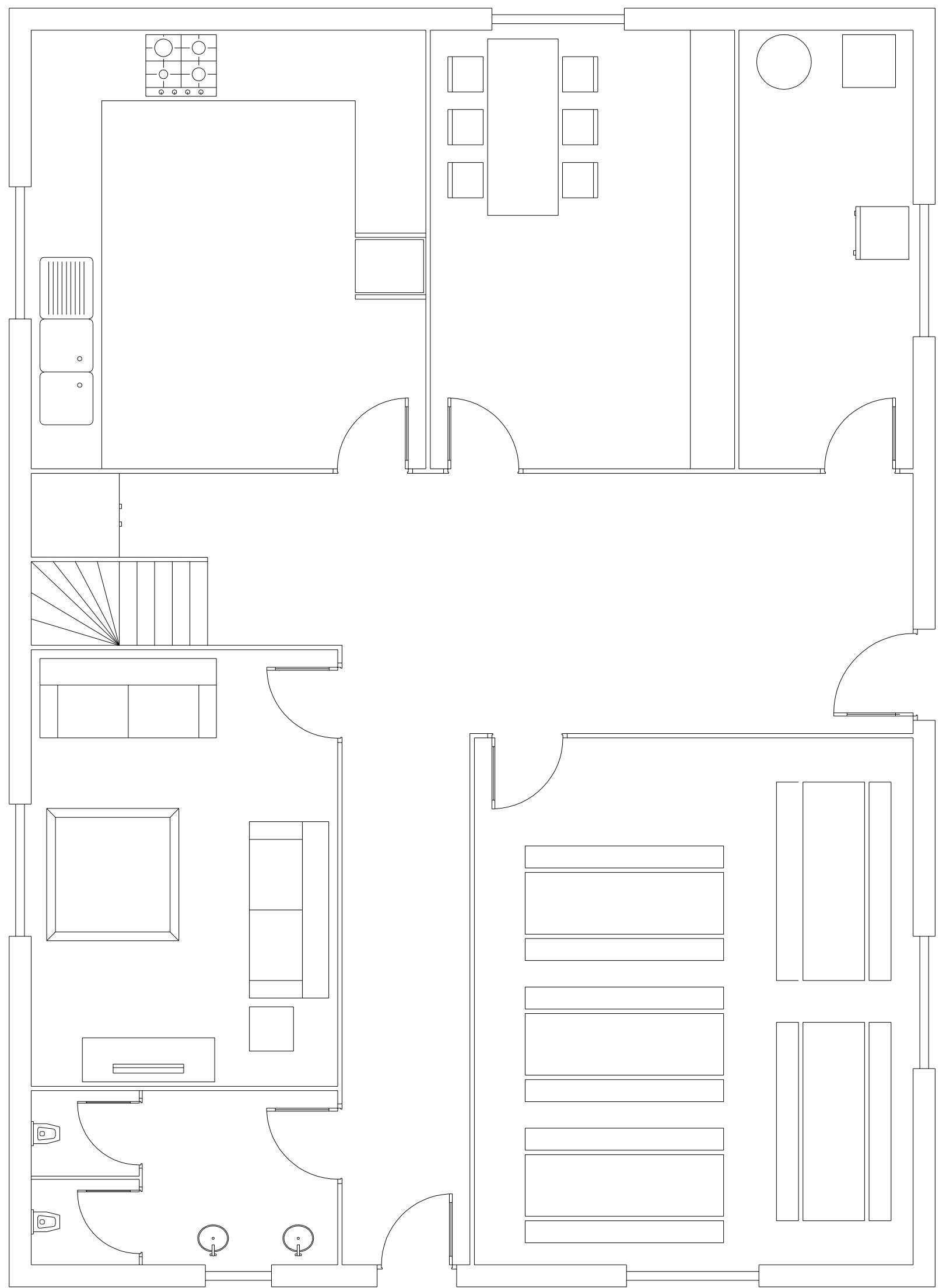
**SERRAT SERRAT, SANTIAGO  
MAYO 2010**



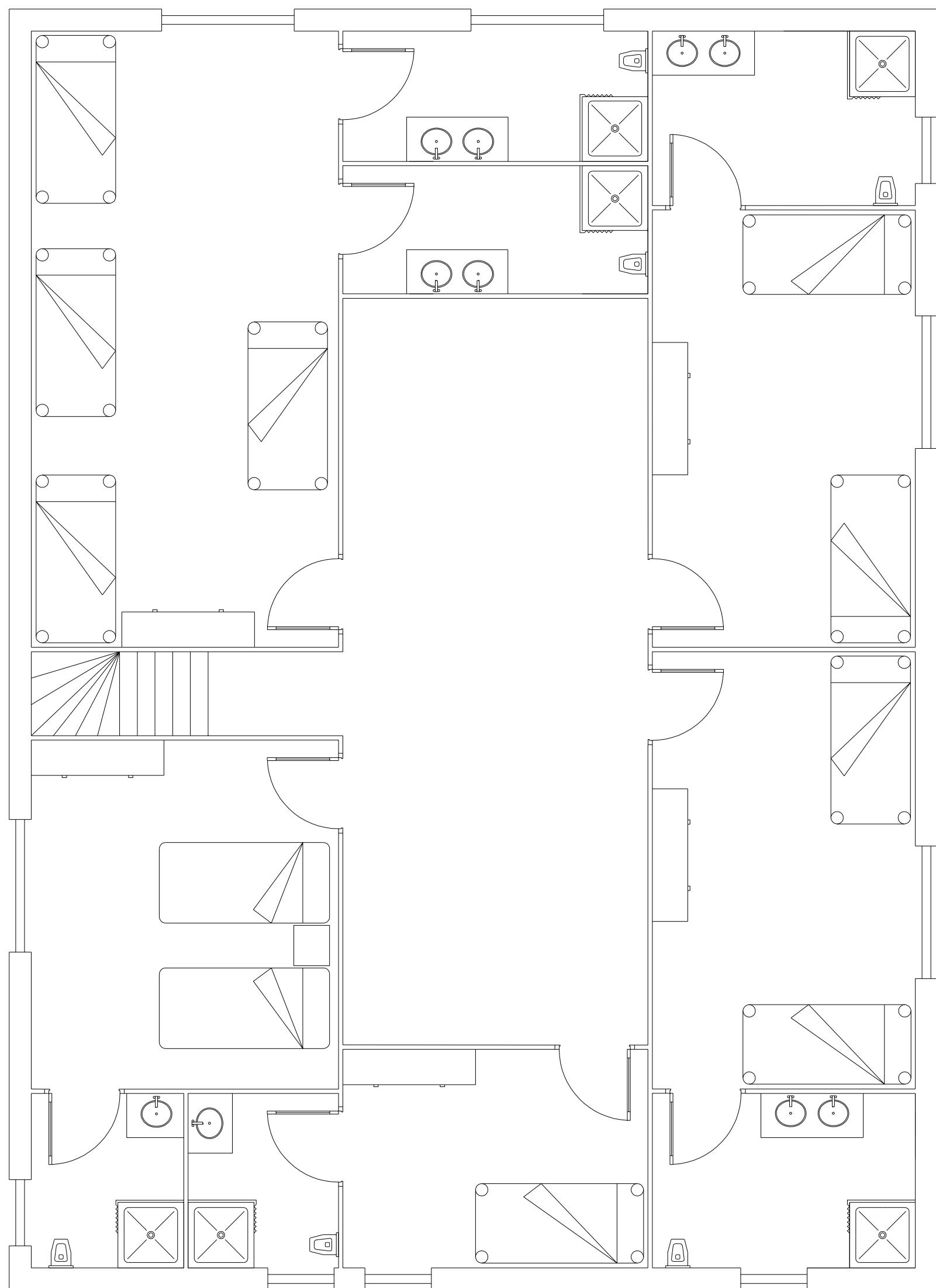
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	02.05.10	Santiago Serrat		
Comprob.				
Escala: 1:500000	SITUACIÓN DEL ALBERGUE		Plano: 1	
			Hoja: 1	
			Especialidad: Electricidad	



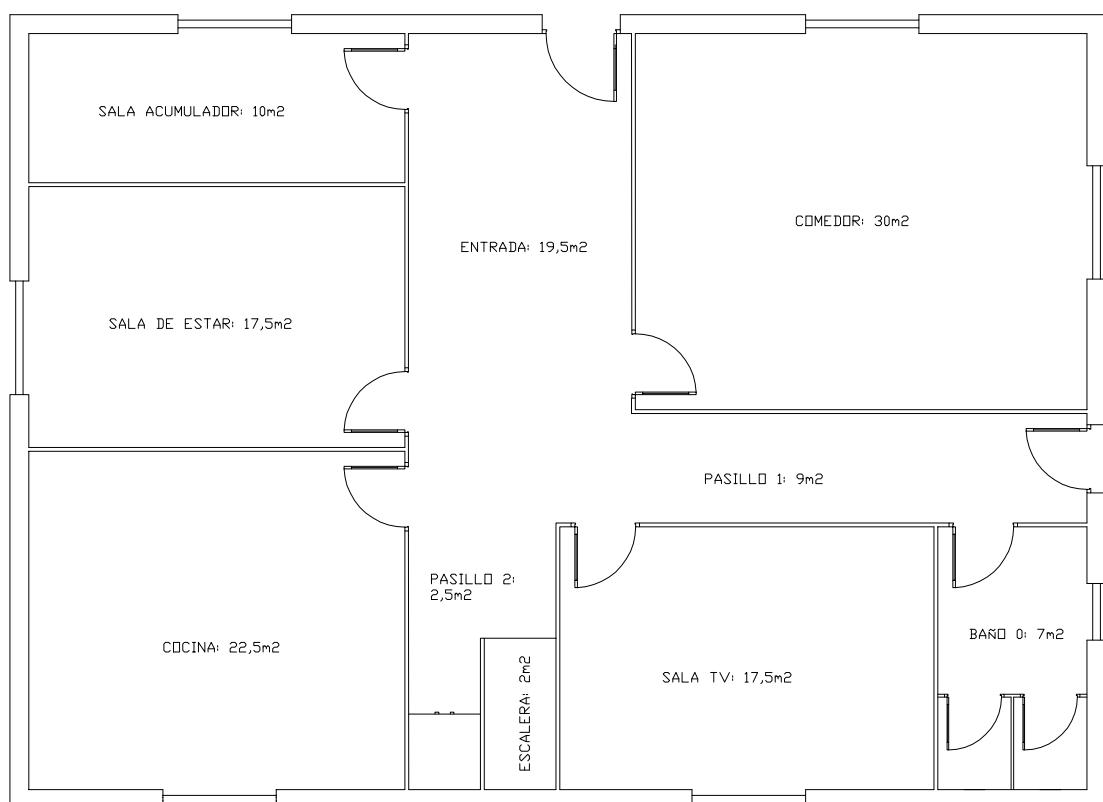
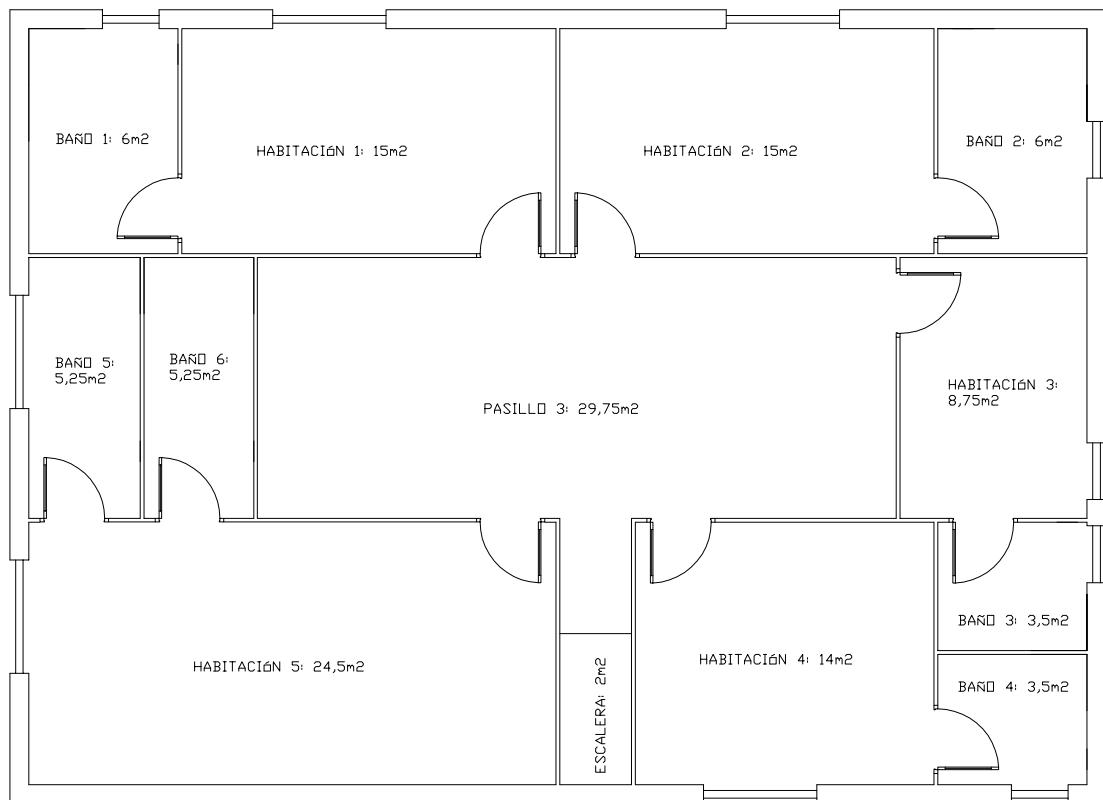
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	02.05.10	Santiago Serrat		
Comprob.				
Escala: 1:20000	EMPLAZAMIENTO DEL ALBERGUE			Plano: 2 Hoja: 1 Especialidad: Electricidad



Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.	27.10.09	Santiago Serrat		
Escala:		PLANTA BAJA	Plano:	3
1:50		ALBERGUE	Hoja:	1
			Especialidad:	Electricidad

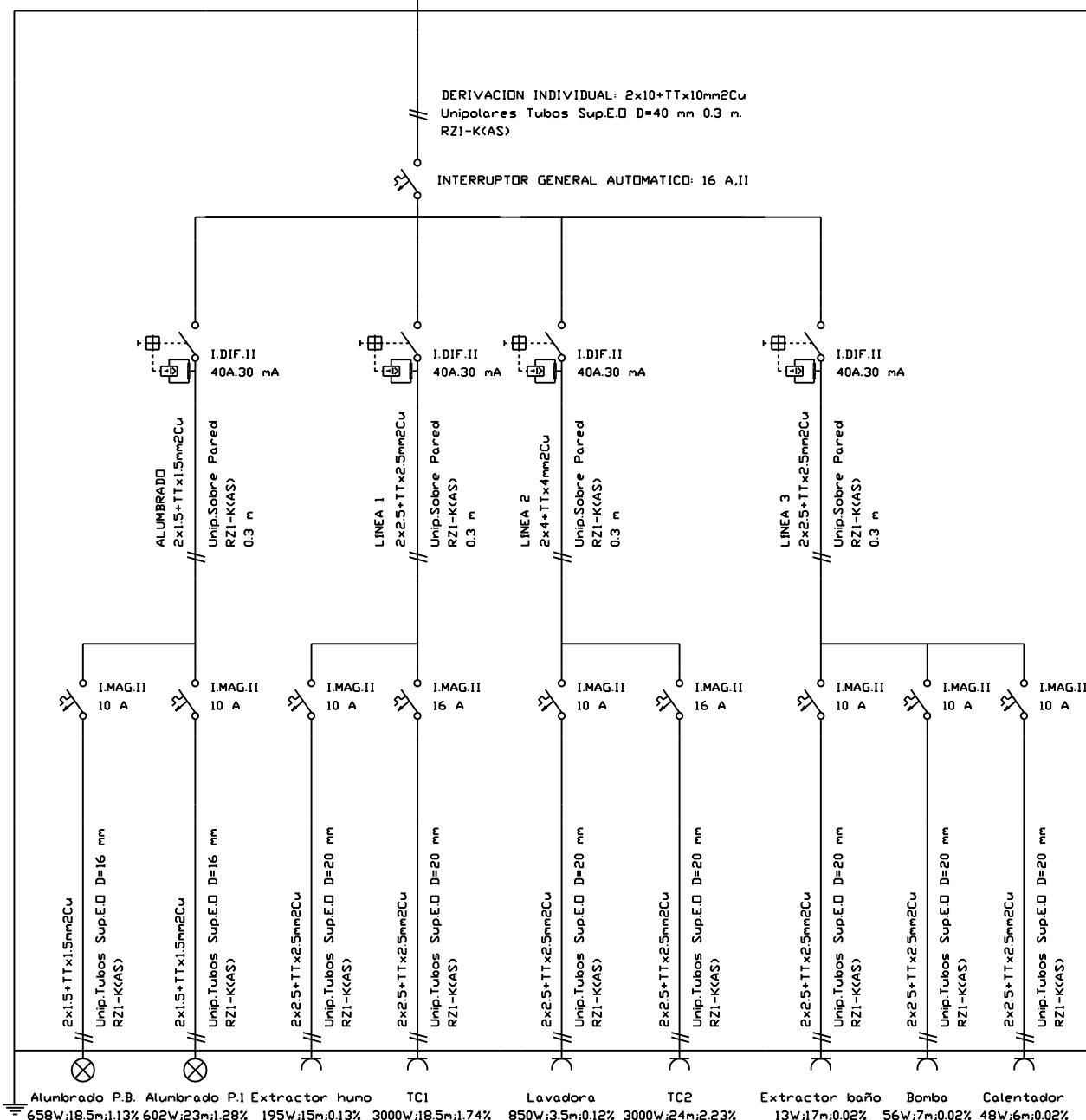


Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.	24.10.09	Santiago Serrat		
Escala:				
1:50				
ALBERGUE	PRIMERA	PLANTA	Plano: 4	
			Hoja: 1	
			Especialidad:	
			Electricidad	

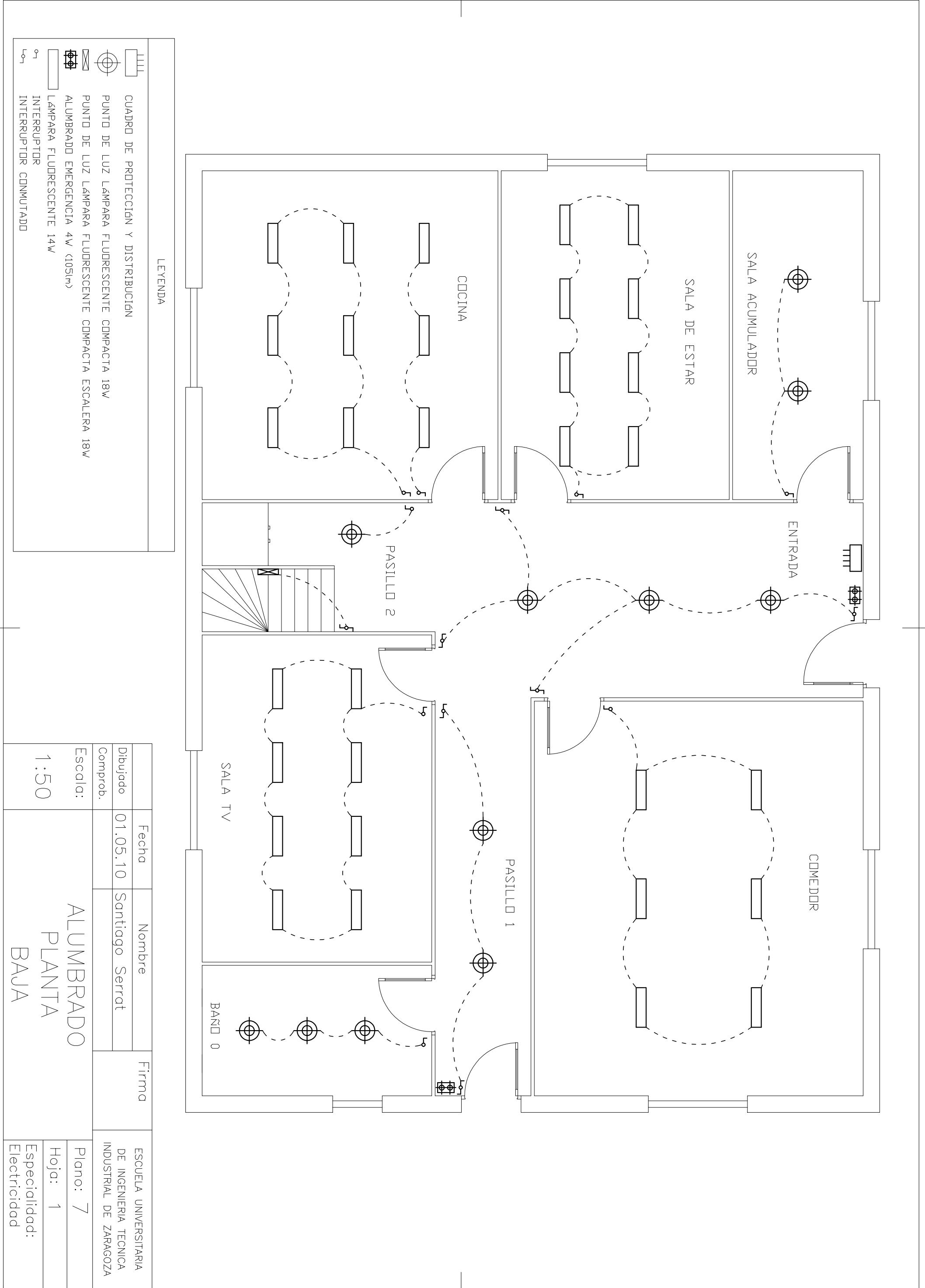


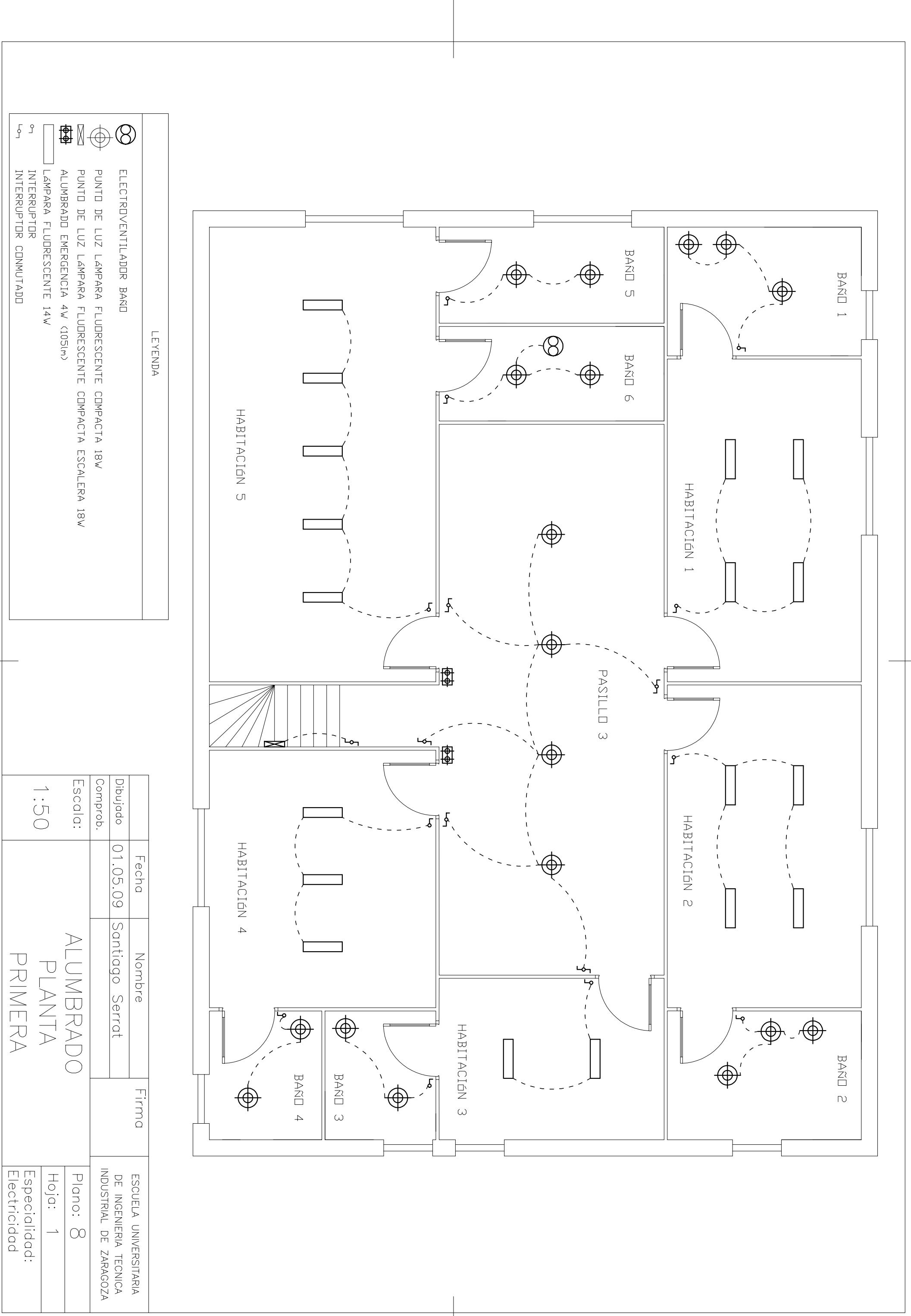
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	01.05.10	Santiago Serrat		
Comprob.				
Escala: 1:100	SUPERFICIES DEL ALBERGUE			Plano: 5 Hoja: 1 Especialidad: Electricidad

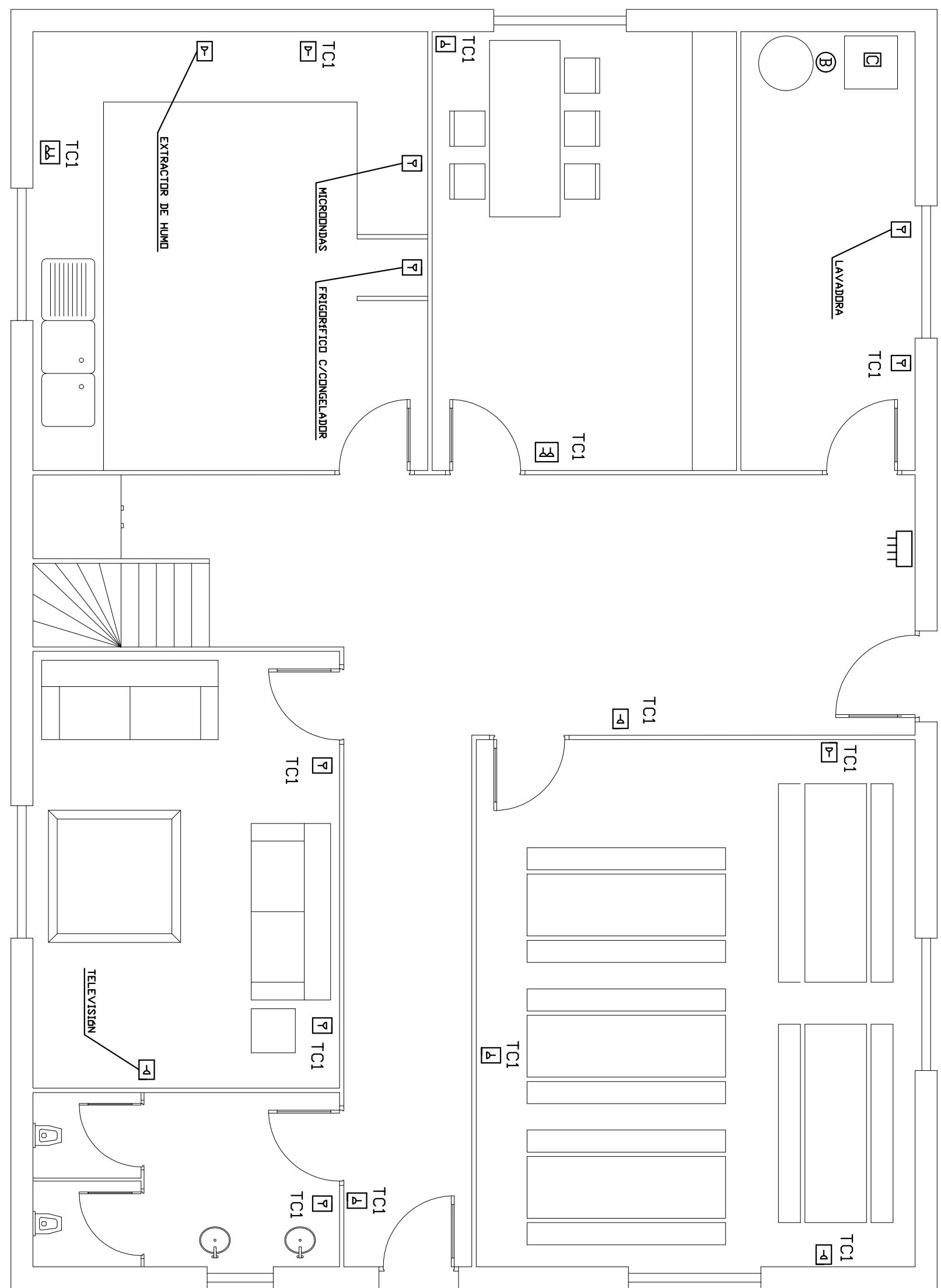
## Cuadro General de Mando y Protección



	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	02.05.10	Santiago Serrat		
Comprob.				
Escala: S/N	ESQUEMA UNIFILAR ALBERGUE		Plano: 6	Hoja: 1 Especialidad: Electricidad



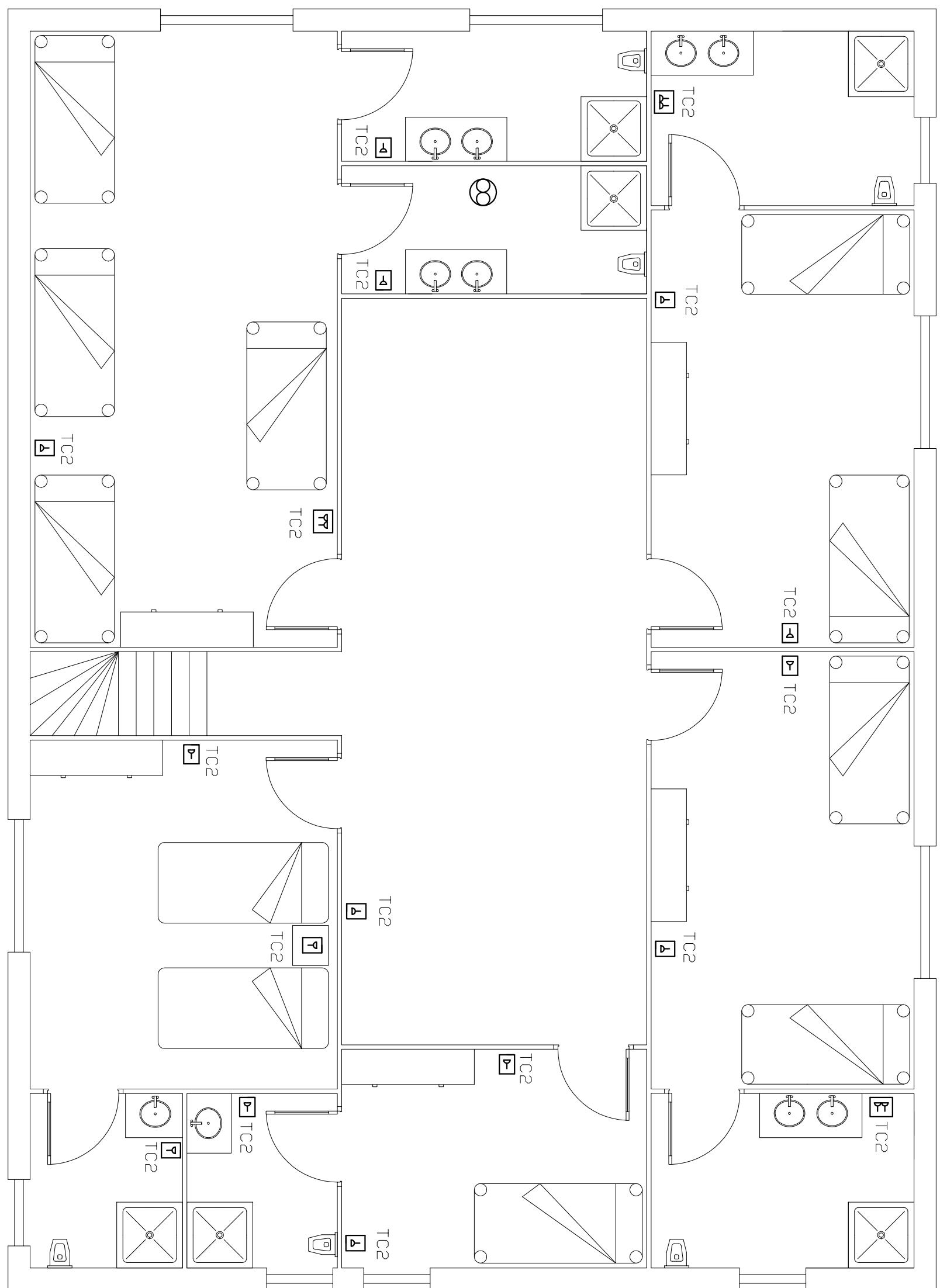




LEYENDA

	CUADRO DE PROTECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN
	T. CORR. SUCO 230V 10/16A
	T. CORR. MULTIPLE (2) 230V 10/16A
	CALENTADOR 48W
	BOMBA 56W

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	27.10.09	Santiago Serrat		Plano: 9
Comprob.				Hoja: 1
Escala:	1:50	TOMAS DE CORRIENTE PLANTA BAJA ALBERGUE		Especialidad: Electricidad

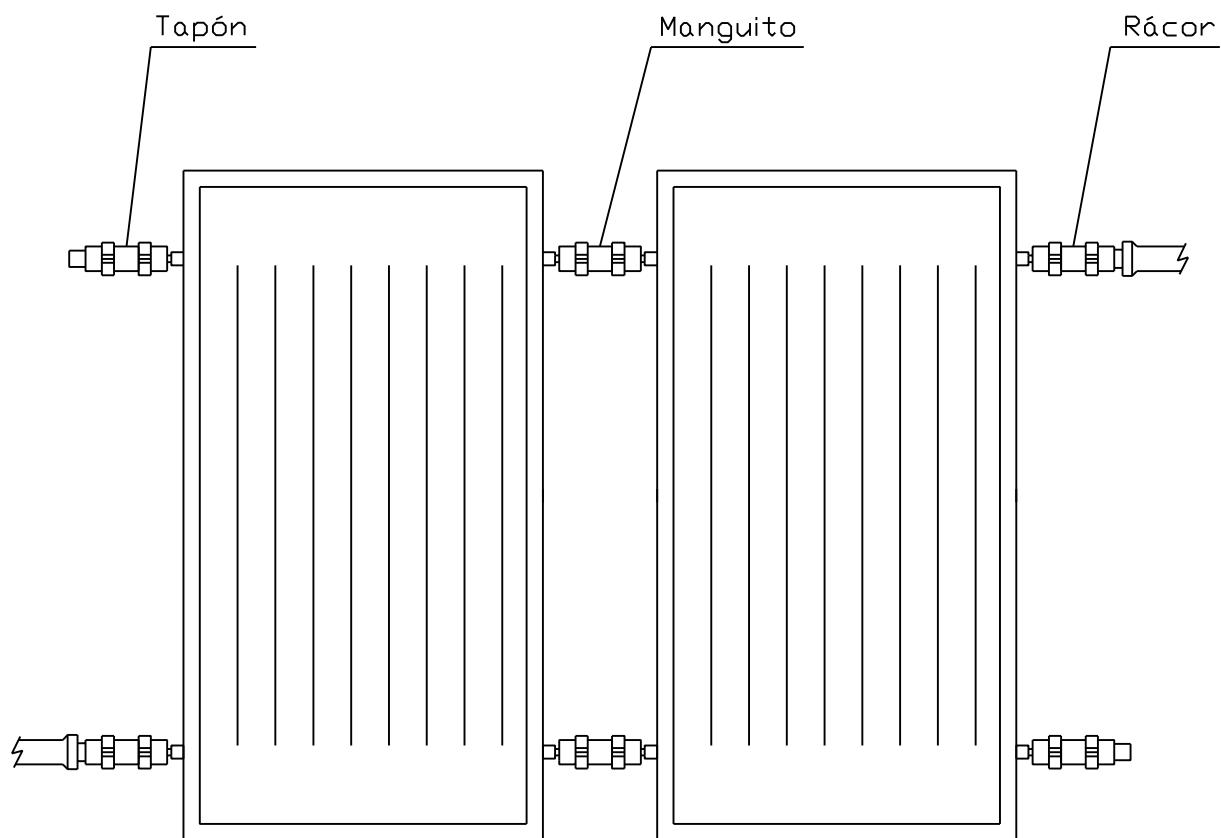


LEYENDA

- T. CORR. SUCC 230V 10/16A
- T. CORR. MULTIPLE <2> 230V 10/16A
- ELECTROVENTILADOR BÁNO 13W

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	24.10.09	Santiago Serrat		
Comprob.				
Escala:				
1:50				
		TOMAS DE CORRIENTE		Plano: 10
		PRIMERA PLANTA		Hoja: 1
		ALBERGUE		Especialidad: Electricidad





Colector solar: AS-20VC

Dimensiones: 2070x1055x90 mm

Área total: 2,18m<sup>2</sup>

Peso en vacío: 39,4Kg

Contenido de fluido: 1,73 litros

Fluido calor-portante: agua + anticongelante

Diámetro tubos: colectores: 2 mm  
verticales: 8 mm

Material carcasa: aluminio anodizado

Material de aislamiento: lana de roca

Material de cortina sobre aislamiento: aluminio

Espesor de aislamiento: inferior 40 mm  
lateral 25 mm

Material de junta de sellado: silicona de alta elasticidad

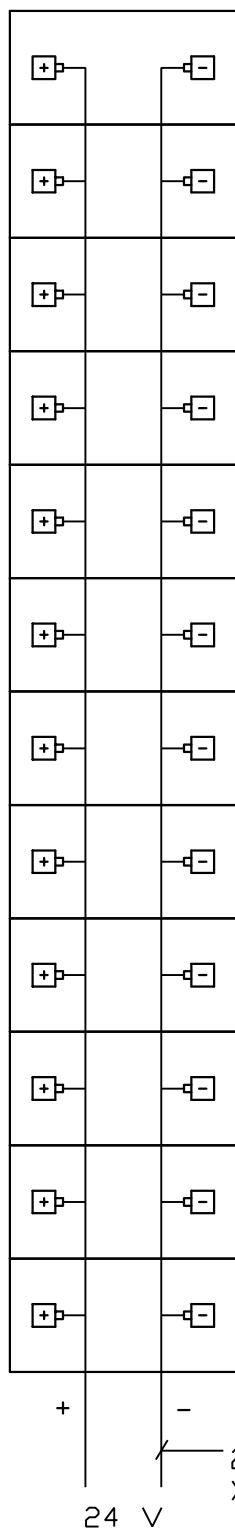
Máxima temperatura de operación: 200°C

Máxima presión de operación: 10 bar

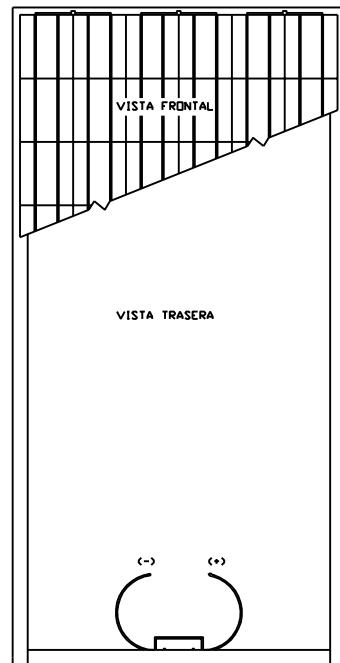
Máximo y mínimo ángulo de inclinación: 70° - 1°

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	10.05.10	Santiago Serrat		
Comprob.				
Escala: S/N	CONEXIONADO COLECTORES			Plano: 12 Hoja: 1 Especialidad: Electricidad

Conexión en paralelo



MÓDULO FOTOVOLTAICO BP 3160S

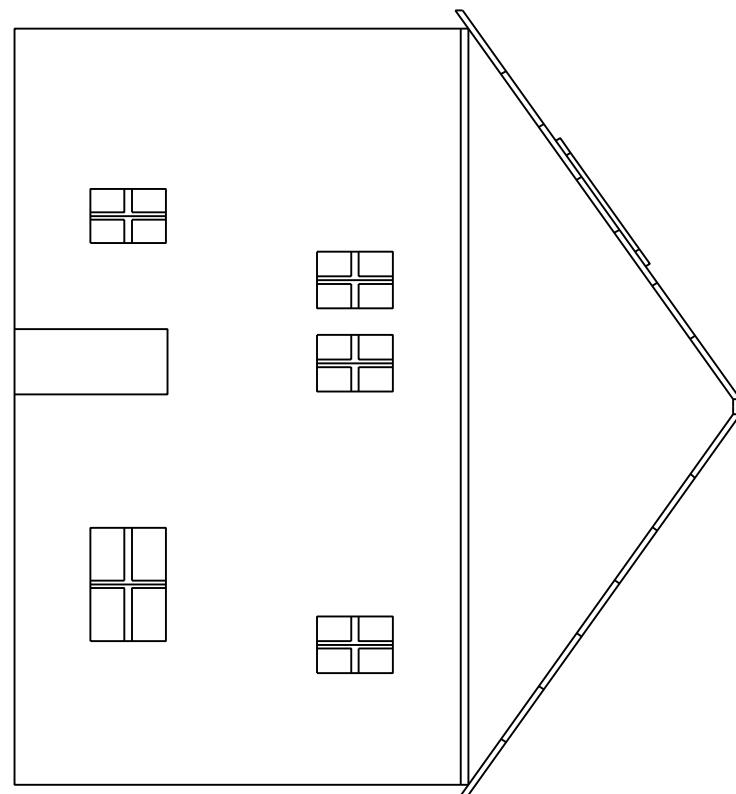
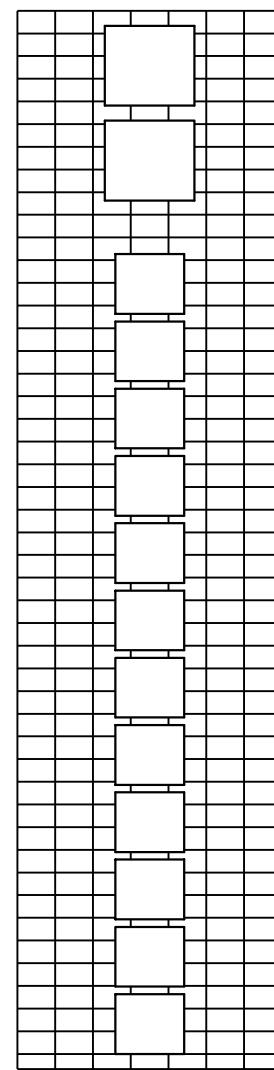
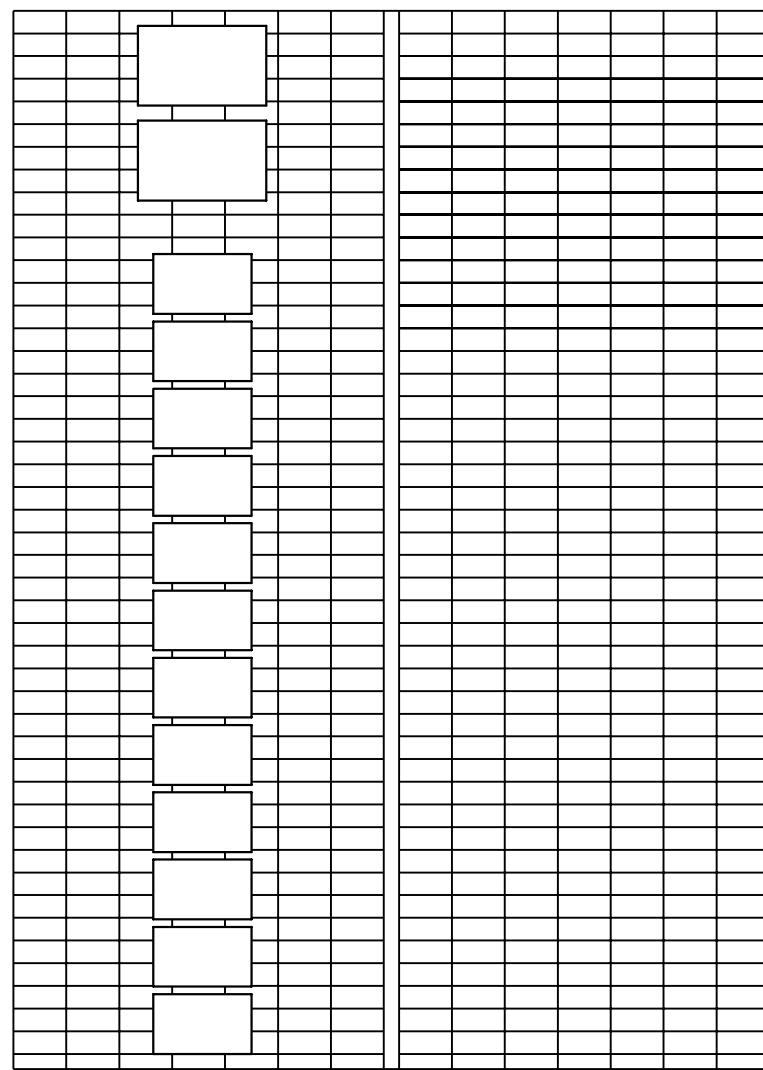


Dimensiones:  
1587x790x50 mm

Tensión: 24 V  
Potencia máxima: 160 W  
Tensión de Pmáx: 35,1 V  
Intensidad de Pmáx: 4,55 A  
Corriente de cortocircuito: 4,8 A  
Tensión a circuito abierto: 44,2 V

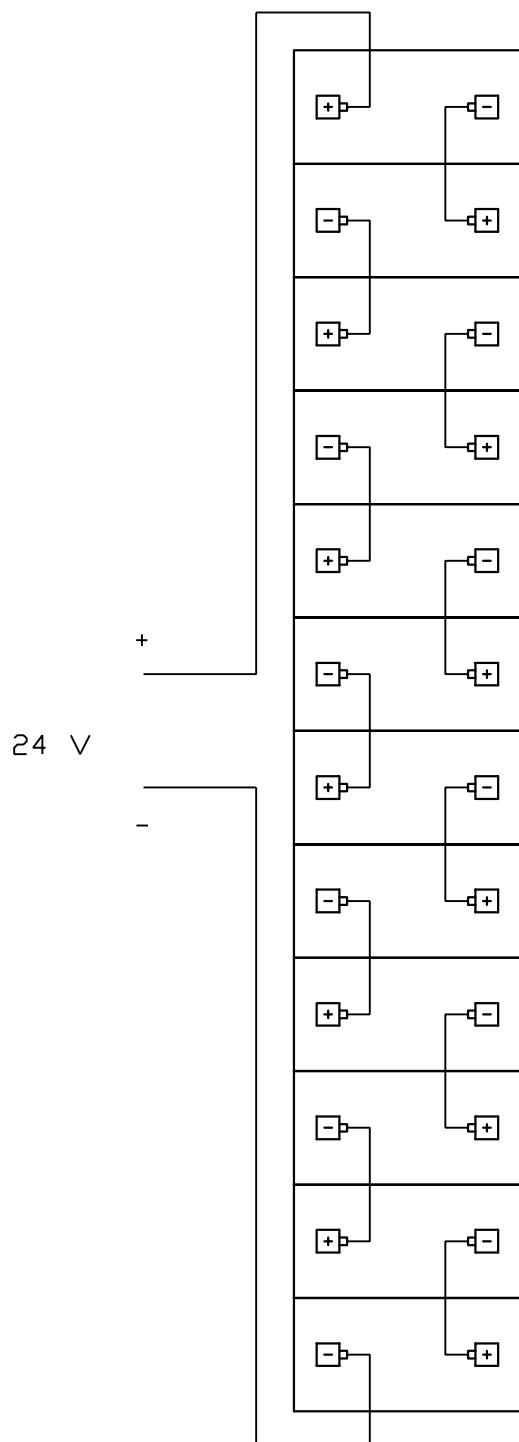
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	24.03.10	Santiago Serrat		
Comprob.				
Escala: S/N	CONEXIÓN PANELES FOTOVOLTAICOS			Plano: 13 Hoja: 1 Especialidad: Electricidad

LEYENDA	
<input type="checkbox"/>	COLECTOR SOLAR AS-20VC 2070 x 1055 x 90 mm
<input type="checkbox"/>	PANEL FOTOVOLTAICO BP 3160S 160 Wp 24 V 1587 x 790 x 50 mm

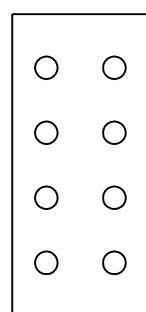
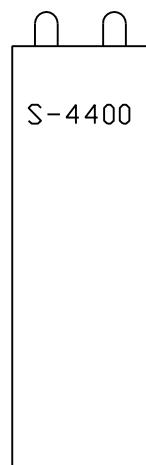


Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA
Comprob.	28.03.10	Santiago Serrat		DE INGENIERIA TECNICA
Escala:				INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
1:100				Plano: 14
				Hoja: 1
				Especialidad: Electricidad

UBICACIÓN  
DE COLECTORES  
Y PANELES

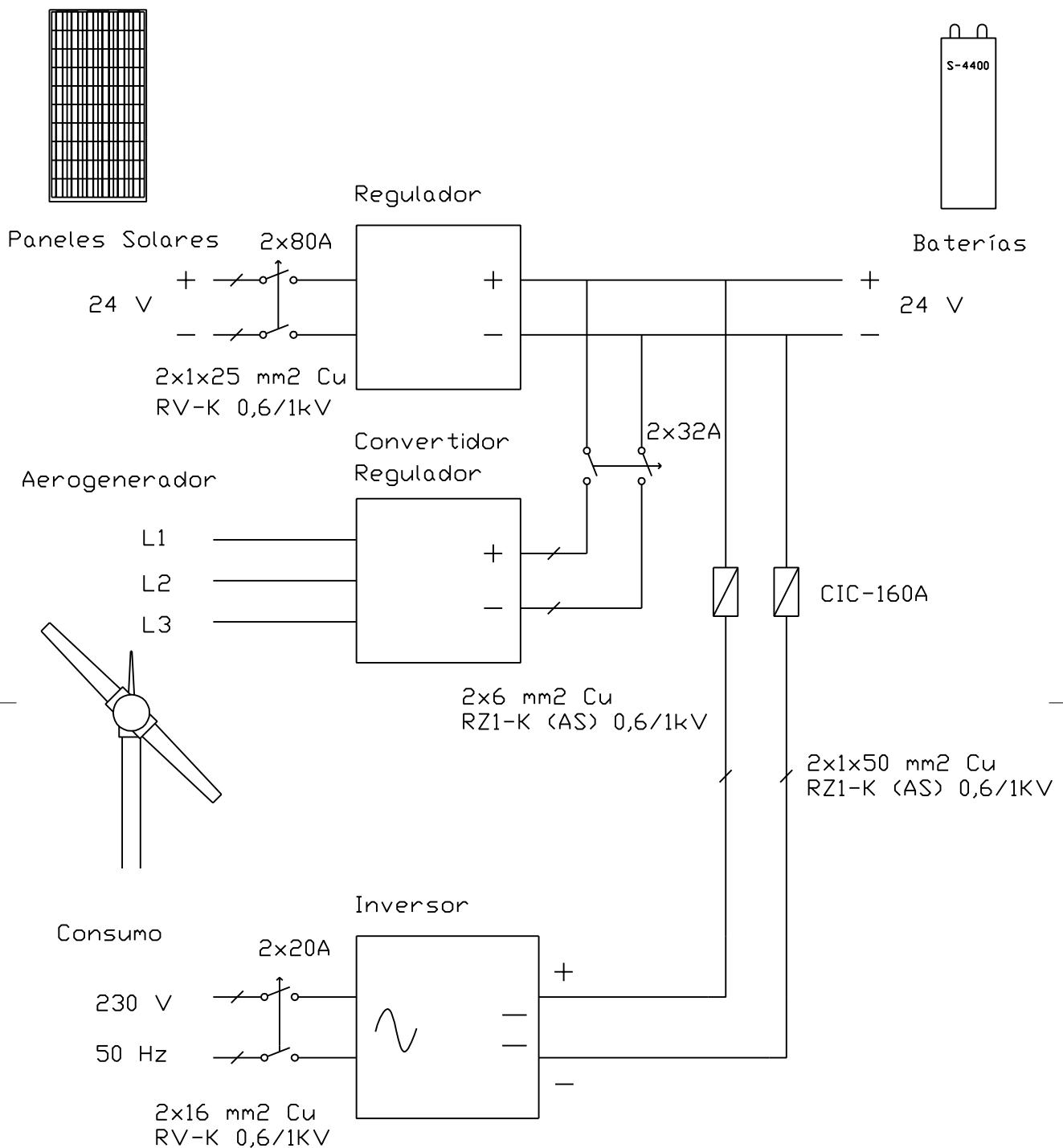


Baterías Fulmen Powerblock

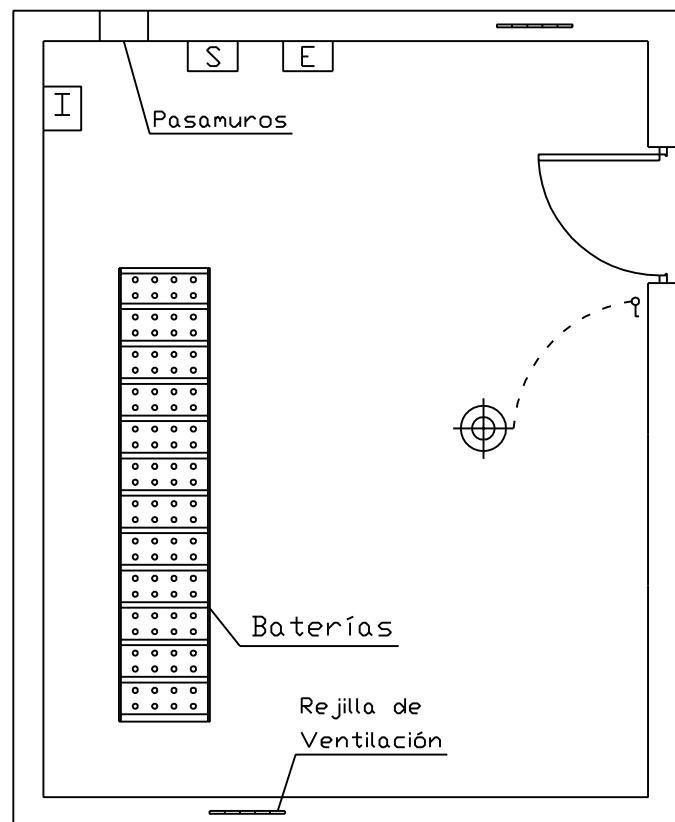


24 V 4400 Ah  
 Electrolito 54,5 litros  
 Reserva 5,15 litros  
 Peso: 220 Kg  
 Alto: 820 mm  
 Ancho: 210 mm  
 Profundidad: 576 mm

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	05.05.10	Santiago Serrat		
Comprob.				
Escala: S/N	CONEXIONADO DE BATERIAS			Plano: 15 Hoja: 1 Especialidad: Electricidad



	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	09.05.10	Santiago Serrat		
Comprob.				
Escala: S/N	ESQUEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA			Plano: 16 Hoja: 1 Especialidad: Electricidad



#### LEYENDA

- [S] Regulador Solar Steca Power Tarom 2140 24V
- [E] Convertidor/Regulador Eólico 24V
- [I] Inversor HPC 4024
- [⊕] Punto de luz fluorescente compacta 18W
- ⌂ Interruptor

Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.				
Escala: 1:50	INSTALACIÓN DE LA CASETA			Plano: 17 Hoja: 1 Especialidad: Electricidad