



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Estudio Técnico Económico de la modificación de la instalación eléctrica en baja tensión y mejora de eficiencia energética mediante instalación de placas fotovoltaicas, de un edificio de pública concurrencia destinado a escuela de música, situado en la calle Pintor Cabrera, N.º 119, término municipal de Alcoy (Alicante).

Trabajo Fin de Grado

AUTOR/A: Egea Igual, Mateo

Tutor/a: Molero Yunta, Juan Carlos

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

Grado en Ingeniería Eléctrica

AUTOR/A: Egea Igual, Mateo

Tutor/a: Molero Yunta, Juan Carlos

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

RESUMEN

El objetivo general de este Trabajo fin de grado (TFG) es la realización de un estudio para la modificación de la instalación eléctrica del edificio de la "Societat Unió musical d'Alcoi" debido a su antigüedad y un estudio para la mejora de la eficiencia energética, mediante la instalación de placas fotovoltaicas en la cubierta del propio edificio con tal de ahorrar lo máximo posible.

El proyecto se realizará apoyándose con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), con programas informáticos para la realización de planos como el Autocad, programas para la realización de cálculos eléctricos como el demElect, programa Excel para los costes de materiales utilizados para la realización de las mejoras, como también la mano de obra.

Palabras clave: Instalación eléctrica baja tensión, instalaciónn fotovoltaica, mejora eficiencia energética, local pública concurrencia.

ABSTRACT

The general objective of this Final Degree Project (TFG) is to carry out a study for the modification of the electrical installation of the building of the "Societat Unió musical d'Alcoi" due to its age and a study for the improvement of energy efficiency by installing photovoltaic panels on the roof of the building itself in order to save as much as possible.

The project will be carried out using the Low Voltage Electrotechnical Regulations (REBT), computer programmes for drawing up plans such as Autocad, programmes for carrying out electrical calculations such as demElect, Excel programme for the costs of materials used to carry out the improvements, as well as the labour.

Keywords: Low voltage electrical installation, photovoltaic installation, improvement of energy efficiency, public premises.

Índice

1.	MEMORIA	10
1.1.	Características	10
1.1.1.	Titular.....	10
1.1.2.	Emplazamiento	10
1.1.3.	Localidad	10
1.1.4.	Potencia instalada.....	10
1.1.5.	Potencia de cálculo	10
1.1.6.	Derivación individual	10
1.1.7.	Destino del local.....	10
1.1.8.	Aforo	10
1.2.	Objeto del proyecto.....	11
1.3.	Nombre y domicilio social	11
1.4.	Reglamentación y normas técnicas consideradas	11
1.5.	Emplazamiento de las instalaciones	12
1.6.	Potencia prevista	12
1.7.	Descripción del local	13
1.8.	Descripción de las instalaciones de enlace.....	14
1.8.1.	Centro de transformación.....	14
1.8.2.	Caja general de protección	14
1.8.3.	Equipos de medida	14
1.8.4.	Línea general de alimentación	15
1.8.5.	Derivación individual	15
1.8.5.1.	Descripción.....	16
1.8.5.2.	Canalizaciones.....	16
1.8.5.3.	Conductores.....	16
1.8.5.4.	Tubos protectores.....	16
1.8.5.5.	Conductor de protección	16
1.9.	Descripción de la instalación de interior	17
1.9.1.	Clasificación y características de la instalación según el riesgo de las dependencias del local	17
1.9.1.1.	Locales Pública Concurrencia (ITC-BT28)	17
1.9.1.2.	Locales con riesgo de incendio (ITC-BT-29).....	18
1.9.1.3.	Locales húmedos (ITC-BT-30).....	18

1.9.1.4.	Locales mojados (ITC-BT-30).....	18
1.9.1.5.	Locales con riesgo de corrosión (ITC-BT-30).....	18
1.9.1.6.	Locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión (ITC-BT-30).....	18
1.9.1.7.	Locales a temperatura elevada (ITC-BT-30).....	18
1.9.1.8.	Locales a muy baja temperatura (ITC-BT-30).....	19
1.9.1.9.	Locales en los cuales haya baterías de acumuladores (ITC-BT-30).....	19
1.9.1.10.	Estaciones de servicio o garajes (ITC-BT-29).....	19
1.9.1.11.	Locales con características especiales (ITC-BT-30).....	19
1.9.1.12.	Instalaciones con fines especiales (ITC-BT-31, 32, 33, 34, 35, 38, 39).....	19
1.9.1.13.	Instalaciones a muy baja tensión (ITC-BT-36).....	19
1.9.1.14.	Instalaciones a tensiones especiales (ITC-BT-37).....	19
1.9.1.15.	Instalaciones generadoras de baja tensión (ITC-BT-40).....	19
1.9.2.	Cuadro General de distribución.....	20
1.9.2.1.	Características y composición.....	20
1.9.2.2.	Cuadros secundarios y composición.....	20
1.9.3.	Líneas de distribución y canalizaciones.....	22
1.9.3.1.	Sistema elegido para la instalación.....	22
1.9.3.2.	Descripción.....	23
1.9.3.3.	Número de circuitos.....	23
1.10.	Suministros complementarios.....	23
1.10.1.	Socorro.....	23
1.10.2.	Reserva.....	23
1.10.3.	Duplicado.....	23
1.11.	Alumbrado de emergencia.....	24
1.11.1.	Alumbrado de seguridad.....	24
1.11.2.	Reemplazamiento.....	24
1.12.	Línea de puesta a tierra.....	24
1.12.1.	Tomas de tierra.....	24
1.12.2.	Líneas principales de tierra.....	24
1.12.3.	Derivaciones de las líneas principales de tierra.....	25
1.12.4.	Conductores de protección.....	25
2.	Cálculos justificativos.....	26
2.1.	Fórmulas utilizadas para cálculos eléctricos.....	26
2.2.	Tablas utilizadas para cálculos eléctricos.....	29
2.3.	Fórmulas y tablas utilizadas para los cálculos luminotécnicos.....	32
2.4.	Potencia total instalada y demandada.....	33

2.5.	Cálculos luminotécnicos	34
2.6.	Cálculos eléctricos	35
2.6.1.	Cálculos de sección por capacidad térmica	35
2.6.2.	Cálculos de sección por caída de tensión	37
2.7.	Cálculo intensidades de cortocircuito	38
2.8.	Cálculo Protecciones.....	40
2.9.	Cálculo diámetros tubo	43
2.10.	Cálculo de ventilación(garajes)	43
2.11.	Cálculo aforo del local	43
3.	Pliego de condiciones	44
3.1.	Calidad de los materiales.....	44
3.1.1.	Conductores eléctricos	44
3.1.2.	Conductores de protección.....	44
3.1.3.	Identificación de los conductores	44
3.1.4.	Tubos protectores.....	44
3.1.5.	Cajas de empalmes y derivación.....	45
3.1.6.	Aparatos de maniobra y mando	45
3.1.7.	Aparatos de protección.....	45
3.2.	Normas de ejecución de las instalaciones	46
3.3.	Pruebas reglamentarias.....	46
3.4.	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	46
3.5.	Certificados y documentación	46
3.6.	Libro de ordenes.....	46
4.	Presupuesto instalación Baja tensión	47
5.	Planos.....	49
5.1.	Plano de situación	49
5.2.	Plano de planta baja	49
5.3.	Plano de planta primera	49
5.4.	Esquema unifilar	49
6.	Anexos.....	54
6.1.	Anexo I: Instalación fotovoltaica	54
6.1.1.	Introducción Energía Solar	54
6.1.2.	Elementos de una instalación fotovoltaica	55
6.1.2.1.	Generador fotovoltaico.....	55
6.1.2.2.	Regulador de carga	60
6.1.2.3.	Baterías	61

6.1.2.4.	Inversor	63
6.1.3.	Dimensionado de la instalación fotovoltaica	64
6.1.3.1.	Ubicación.....	64
6.1.3.2.	Modalidad de la instalación	64
6.1.3.3.	Estudio climatológico	65
6.1.3.4.	Consumos.....	66
6.1.3.5.	Dimensionado generador	68
6.1.3.6.	Inversor	73
6.1.3.7.	Baterías	74
6.1.3.8.	Regulador de carga solar.....	75
6.2.	Anexo II: Cálculos justificativos instalación solar fotovoltaica	77
6.2.1.	Cálculo de elementos que conforman la instalación	77
6.2.1.1.	Cálculo de paneles solares y regulador	77
6.2.1.2.	Cálculo del inversor.....	78
6.2.1.3.	Dimensionado del sistema de acumulación.....	79
6.2.2.	Cálculos eléctricos.....	84
6.2.2.1.	Cálculo de secciones	84
6.2.2.2.	Cálculo de protecciones.....	90
6.2.	Anexo III Normativa y reglamentación instalación fotovoltaica.....	94
6.3.	Anexo IV: Pliego de condiciones instalación fotovoltaica	96
6.3.1.	Condiciones generales	96
6.3.2.	Condiciones técnicas y particulares	96
6.3.2.1.	Sistemas generadores fotovoltaicos	96
6.3.2.2.	Estructura soporte.	97
6.3.2.3.	Inversores.....	98
6.3.2.4.	Cableado	99
6.3.2.5.	Conexión a red	100
6.3.2.6.	Medidas	100
6.3.2.7.	Protecciones.....	100
6.3.2.8.	Puesta a tierra	100
6.3.2.9.	Armónicos y compatibilidad electromagnética	101
6.3.3.	Mantenimiento de la instalación	101
6.3.3.1.	Módulos fotovoltaicos	101
6.3.3.2.	Inversor	101
6.3.3.3.	Armarios de conexión	102
6.3.3.4.	Caminos de cables.....	102

6.4.	Anexo V: Planos instalación fotovoltaica.....	103
6.4.1.	Orientación y zona de colocación de paneles.....	103
6.4.2.	Paneles en tejado.....	103
6.4.3.	Esquema multifilar instalación.....	103
6.4.4.	Esquema unifilar instalación.....	103
6.4.5.	Esquema instalación alternativa.....	103
6.5.	Anexo VI: Estudio económico y presupuesto instalación solar fotovoltaica.....	109
6.5.1.	Presupuesto instalación fotovoltaica.....	109
6.5.2.	Estudio económico y financiero.....	111
6.5.2.1.	Ahorro de energía.....	111
6.5.2.2.	Amortización de la instalación.....	114
6.5.2.3.	Alternativa más rentable para el cliente.....	115
6.6.	Anexo VII: Tablas especificaciones componentes instalación solar fotovoltaica.....	116
6.6.1.	Inversores.....	116
6.6.2.	Batería.....	120
6.6.3.	Panel solar.....	122
6.6.4.	Regulador de carga solar.....	124
6.6.5.	Sistema de monitorización.....	126
6.2.	Anexo VIII: Informe PVGIS.....	128
6.3.	Anexo IX: Estudio básico de seguridad y salud.....	129
7.	Conclusiones.....	139
8.	Referencias.....	140
9.	Agradecimientos.....	141

Índice de tablas

Tabla 1. Superficies edificio	13
Tabla 2. Protecciones y mando cuadro general.....	20
Tabla 3. Protecciones y mando cuadro secundario 1	21
Tabla 4. Protecciones y mando cuadro secundario 2	21
Tabla 5. Calibres PIAs	29
Tabla 7. C.52.1. Intensidades conductor.....	29
Tabla 8. C.52.2. Para la derivación individual	30
Tabla 9. Resistencias para cálculo de lcc	30
Tabla 10. Diámetros de tubos protectores	31
Tabla 11. Potencia de cálculo e instalada cuadro general	33
Tabla 12. Potencia de cálculo e instalada Cuadro Secundario 1.....	33
Tabla 13. Potencia de cálculo e instalada Cuadro Secundario 2.....	34
Tabla 14. Luminarias planta baja	34
Tabla 15. Luminarias planta primera	35
Tabla 16. Cálculo secciones por capacidad térmica Cuadro General	36
Tabla 17. Cálculo secciones por capacidad térmica Cuadro secundario 1.....	36
Tabla 18. Cálculo secciones por capacidad térmica Cuadro Secundario 2	36
Tabla 19. Cálculo de secciones por caída de tensión Cuadro General.....	37
Tabla 20. Cálculo de secciones por caída de tensión Cuadro Secundario 1.	37
Tablas 23 y 24. Cálculo de corrientes de cortocircuito cuadro general.....	38
Tablas 25 y 26. Cálculo de corrientes de cortocircuito cuadro secundario 1.	39
Tablas 27 y 28. Cálculo de corrientes de cortocircuito cuadro secundario 2	39
Tabla 29. Cálculo de interruptores diferenciales.	40
Tabla 30. Cálculo de interruptores magnetotérmicos.	41
Tabla 31. Valores densidad de aforo.	43
Tabla 32. Valores densidad de aforo.	43
Tabla 33. Temperaturas máximas y mínimas en Alcoy en 2020. Fuente: PVGIS	65
Tabla 34. Pluviosidad en Alcoy.....	66
Tabla 35. Consumo instalación.	66
Tabla 36. Consumos estimados.	67
Tabla 37. Comparativa consumo y producción.....	71
Tabla 38. Cálculo potencia pico.	79
Tabla 39. Número de baterías por inversor. Manual Victron.	80

Tabla 40. Fusibles de protección inversor a batería. Manual Victron.	92
Tabla 41. Fusibles de protección normalizados	93
Tabla 42. Excedentes de energía.	112
Tabla 43. Pago de energía.....	113

Índice de fórmulas

Fórmula 1. Cálculo Intensidad	26
Fórmula 2. Cálculo de Potencia	26
Fórmula 3. Cálculo de Tensión.....	26
Fórmula 4. Caída de tensión	27
Fórmula 5. Intensidad cortocircuito.....	27
Fórmula 6. Potencia cortocircuito	27
Fórmula 7. Impedancia de red	28
Fórmula 8. Impedancia derivación individual.....	28
Fórmula 9. Tiempo que soporta conductor lcc.....	28
Fórmula 10. Cálculo de sección	28
Fórmula 11. Nº de luminarias	32
Fórmula 12. Dimensionado sistema de acumulación	62
Fórmula 13. Voc Máxima	77
Fórmula 14. Profundidad carga y descarga.....	81
Fórmula 15. Intensidad de CC.....	84
Fórmula 16. Caída de tensión CC	84
Fórmula 17. Sección CC.....	84
Fórmula 18. Caída de tensión CA.....	88
Fórmula 17. Cálculo fusible entrada regulador.....	91
Fórmula 18. Cálculo fusible salida regulador	91
Fórmula 19. Cálculo amortización	114

Índice de gráficos

Gráfico 1. Temperatura mensual media en Alcoi entre 2006-2020. Fuente: PVGIS.....	65
Gráfico 2. Consumos mensuales instalación.....	67
Gráfico 3. Simulación sombreado PVSyst	70
Gráfico 4. Comparativa consumo-producción solar mensual. Fuente PVGIS.....	71

Índice de figuras

Figura 1. Niveles de iluminación	32
Figura 2. Intensidades nominales Interruptores diferenciales	40
Figura 3. Cálculo de protección interruptor general cuadro secundario 1. Fuente Demelect.	42
Figura 4. Cálculo de protección línea a cuadro secundario 1. Fuente Demelect.	42
Figura 5. Proceso fabricación panel solar	56
Figura 6. Panel monocristalino	56
Figura 7. Panel policristalino	57
Figura 8. Panel amorfo.....	57
Figura 9. Curva I-V panel fotovoltaico.....	58
Figura 10. Conexión paneles fotovoltaicos en serie.	59
Figura 11. Conexión paneles fotovoltaicos en paralelo.	59
Figura 12. Tipos de conexión baterías.	62
Figura 13. Ubicación.	64
Figura 14. Superficie de tejado donde se colocarán los paneles fotovoltaicos	68
Figura 15. Panel solar SR-M72HLPro de 550 Wp	68
Figura 16. Plano situación para el cálculo de sombras. Elaboración mediante PVSyst.	70
Figura 17. Ejemplo estructura coplanar.....	72
Figura 18. Inversor/Cargador Victron Multiplus II	73
Figura 19. Batería Pylontech US5000.....	75
Figura 20. Regulador de carga solar Victron MPPT 250/100	75
Figura 21. Cerbo Gx.....	76
Figura 22. Cerbo Gx y Gx Touch 50.	76
Figura 23. Calculadora de Victron.....	78
Figura 24. Ejemplo conexionado de baterías.....	83
Figura 25. SMA STP-20.....	115

1. MEMORIA

1.1. Características

1.1.1. Titular

Titular: Unió Musical d'Alcoi

1.1.2. Emplazamiento

C/Pintor Cabrera, nº 119.

1.1.3. Localidad

Alcoy.

1.1.4. Potencia instalada

Potencia instalada: 20737W.

1.1.5. Potencia de cálculo

Potencia de cálculo: 16589.6W.

1.1.6. Derivación individual

Consta de cable de cobre de 16mm² de sección.

1.1.7. Destino del local

El local está destinado para: SEDE UNIÓN MUSICAL D'ALCOI con una superficie útil total de 324,90m².

1.1.8. Aforo

La instalación dispone de un aforo de 143 personas.

1.2. Objeto del proyecto.

El presente proyecto tiene por objeto la renovación de la instalación de Baja Tensión y mejora energética mediante la instalación de placas solares fotovoltaicas de la sede de una de las bandas más antiguas de la localidad de Alcoy, la Societat Unió Musical d'Alcoi, aplicándose las normas que dicta el vigente el Reglamento electrotécnico de Baja Tensión (REBT), Real Decreto 842/2.002, de 2 de agosto de 2.002, y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC BT).

La instalación fotovoltaica se ha dimensionado para ahorrar en la factura, todo ello contando con las limitaciones de la cubierta y de un dimensionamiento para una futura ampliación de potencia del local. Conocidos estos factores se estudian diferentes alternativas que se pueden encontrar en el mercado actual y se le dan al cliente dos opciones según el dinero del que disponga y de la rentabilidad y amortización de la instalación. Todo ello se encuentra explicado y calculado en los anexos.

1.3. Nombre y domicilio social

La titularidad de la actividad pertenece: UNIÓN MUSICAL d'ALCOI.

1.4. Reglamentación y normas técnicas consideradas

La normativa aplicable en la redacción del siguiente proyecto es la siguiente:

- Decreto 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Orden de 12 de febrero de 2001, de la Consellería de Industria y Comercio, por la que se modifica la de marzo de 2000, sobre contenido mínimo en proyectos de industrias e instalaciones industriales.
- Resolución de 20 de junio de 2003 de la Dirección General de Industria y Energía, por la que se modifican los anexos de las órdenes de 17 de julio de 1989 de la Consellería de Industria y Comercio y Turismo y de 12 de febrero de 2001 de la Consellería de Industria y Comercio y Turismo sobre contenido mínimo de industrias e instalaciones industriales.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica aprobado por el decreto de 12 de marzo de 1954(BOE 15-4-54).

- Reglamento de Acometidas Eléctricas aprobado por Decreto 2949/1982 de 15 de octubre (BOE 12-11-82).
- Normas particulares de la compañía suministradora.
- Reglamentación sobre seguridad y salud.
- Ley de prevención de riesgos laborales.
- Normas UNE.
- Recomendaciones UNESA (RU).
- Condiciones impuestas por los organismos públicos afectados y ordenanzas municipales.

1.5. Emplazamiento de las instalaciones

La instalación se encuentra situada en la calle Pintor Cabrera nº 119 en la localidad de Alcoy (Alicante).

1.6. Potencia prevista

La potencia instalada prevista es de 20.737 W.

1.7. Descripción del local

El edificio antiguamente albergaba una escuela, la cual ha sido rehabilitada para adecuarse al uso objeto del presente, para la sede social de la banda de música, con sala de ensayos, aulas de formación, archivo, etc.

El edificio consta de dos plantas, planta baja y primera, con una superficie total de 324,90m².

RECINTO	SUP. ÚTIL(m ²)
AULA 1	20,00
AULA 2	21,50
AULA 3	20,00
AULA 4	19,50
AULA 5	11,20
ASEOS 1	7,85
ASEOS 2	7,30
ACCESO	15,70
PASILLO DISTRIBUIDOR	39,40
SUPERFICIE TOTAL PLANTA BAJA	162,45
SECRETARIA	13,53
DIRECCIÓN	5,67
SALA DE ENSAYOS	105,70
RECEPCIÓN	11,50
RESTO DE DEPENDENCIAS	26,05
SUPERFICIE TOTAL PLANTA BAJA	162,45
SUPERFICIE TOTAL	324,90

Tabla 1. Superficies edificio

1.8. Descripción de las instalaciones de enlace

1.8.1. Centro de transformación

El presente proyecto no dispone ni se instalará centro de transformación.

1.8.2. Caja general de protección

La caja general de protección será del tipo empotrado y esquema CGP-10 con una intensidad nominal de 400 A, según lo especificado en la recomendación de UNESA 1403 A.

La caja general de protección cumplirá en los que le sea de aplicación la Norma UNE-EN 60.349-1, y con un grado de inflamabilidad según lo que indica y le sea de aplicación en la Norma UNE-EN 60.439-1. Tendrá un grado de protección mínimo IP43 según lo definido en la Norma UNE 20.324, y un grado de protección contra impactos mínimo IK 08 según lo definido en la Norma UNE-EN 50.102.

La caja general de protección a instalar será precintable.

- **SITUACIÓN**

La C.G.P está ubicada en la fachada del edificio

- **PUESTA A TIERRA**

La C.G.P está ya instalada con su correspondiente puesta a tierra.

1.8.3. Equipos de medida

La medición de energía será realizada en Baja Tensión.

- **CARACTERÍSTICAS**

La instalación se realizará con un contador tarifador a 4 hilos de 15(60) A de intensidad nominal y tensión 400/230 V.

El equipo de medida se ubicará en armario CPM3-S4/4 según la designación UNESA 1412-A.

El armario de contadores será de poliéster reforzado con fibra de vidrio auto extingible según UNE-EN 60.439, resistente a la acción de los agentes químicos, de buen comportamiento a la temperatura y elevada resistencia al choque, la puerta llevará grabada el anagrama de electricidad y cerrada por medio de una llave especial, pudiendo efectuarse la lectura sin necesidad de abrir la puerta a través de una mirilla realizada de material transparente.

El grado de protección mínimo de acuerdo con las normas UNE 20.324 y UNE-EN 50.102, será para instalaciones de tipo interior IP40 con un grado de protección a los impactos IK09.

Deberá disponer de ventilación interna para evitar condensaciones, sin que disminuya su grado de protección.

El armario irá dotado de bases cortacircuitos por cada fase y tubo de neutro, para protección de los equipos de medida y la derivación individual, instalándose antes del contador.

Los cortacircuitos fusibles estarán calibrados a 100 A con un poder de corte de 100 kA.

Los cables serán de cobre clase 2 según la norma UNE 21.022 aislados e identificados según la ITC MIE-BT-26 y con una tensión asignada de 450/750 V. Serán no propagadores de incendio con emisión de humos y opacidad reducida.

- **SITUACIÓN**

El armario de contadores está situado en la fachada de la propia edificación.

- **PUESTA A TIERRA**

No es necesaria ya que el material del armario es de poliéster.

1.8.4. Línea general de alimentación

Canalización eléctrica que enlaza la caja general de protección con el equipo de medida. Es la existente para la alimentación del edificio.

1.8.5. Derivación individual

Línea eléctrica que enlaza el equipo de medida con el cuadro general de mando y protección de la instalación.

1.8.5.1. Descripción

La derivación individual tendrá una longitud de 47mts siendo su sección de 16mm², estando instalada en montaje empotrado bajo tubo por paredes y techos y en montaje superficial bajo tubo.

La caída de tensión máxima admisible será del 1%.

1.8.5.2. Canalizaciones

Se realizan en montaje bajo tubo empotrado en paredes y techos y en montaje superficial bajo tubo.

1.8.5.3. Conductores

Los conductores serán de cobre, unipolares y aislados, con un nivel de aislamiento de 450/750 V. Se identificarán conforme el código de colores indicado en la ITC-BT 19.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las normas UNE 21.123 o la norma UNE 211002 cumplen con esta característica.

1.8.5.4. Tubos protectores

Los tubos protectores han de estar clasificados como no propagadores de la llama de acuerdo con las normas UNE-EN 50.085-1 y UNE-EN 50.086-1.

1.8.5.5. Conductor de protección

Será de cobre y aislado, con un nivel de aislamiento de 450/750 V. Se identificará como color verde-amarillo y tendrá una sección mínima de 16mm².

1.9. Descripción de la instalación de interior

1.9.1. Clasificación y características de la instalación según el riesgo de las dependencias del local

1.9.1.1. Locales Pública Concurrencia (ITC-BT28).

El local se clasifica según la instrucción técnica básica ITC-BT-28 como local de pública concurrencia, por lo tanto, debe cumplir las prescripciones que corresponden a esta instrucción.

- **Prescripciones generales ITC-BT 28**

Las prescripciones para cumplir son:

- El alumbrado general debe ser complementado por alumbrado de emergencia, el cual debe funcionar constantemente durante la ocupación del local hasta su evacuación.
- Está compuesto por alumbrado de seguridad junto con alumbrado de evacuación (1 lux para rutas de evacuación a nivel del suelo y 5 lux en cuadros e instalaciones de protección contra incendios) y alumbrado de ambiente antipánico (con 0,5 lux a 2m desde el suelo).
- El cuadro general de distribución será instalado en zona donde no haya acceso al público.
- En cada interruptor del cuadro general se colocará placa distintiva del circuito al que pertenece cada uno.
- El cuadro general de mando y protección ha de ser colocado en el punto más próximo a la entrada de la línea general de alimentación o derivación individual. El cuadro general de mando y protección está formado por interruptores generales automáticos magnetotérmicos de corte omnipolar que permitan su accionamiento manual.

Estos elementos protegen de sobrecargas y cortocircuitos a los circuitos de la instalación.

- Desde el cuadro general nacen los correspondientes circuitos de distribución. Los cuales discurren en montaje empotrado bajo tubo de PVC flexible para cada una de las dependencias del local o bajo tubo de PVC rígido en exteriores. Estos tubos también deben ser no propagadores de la llama a lo largo del local.

- Los conductores de la instalación deben ser reconocidos fácilmente y se realizan de la siguiente forma:
 - Conductor neutro: color azul claro
 - Conductor de protección: colores amarillo y verde
 - Conductor de fase: color negro, marrón o gris
- Aparatos que consuman más de 15 A se alimentan directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.

1.9.1.2. Locales con riesgo de incendio (ITC-BT-29).

No procede para el presente proyecto.

1.9.1.3. Locales húmedos (ITC-BT-30).

No procede para el presente proyecto.

1.9.1.4. Locales mojados (ITC-BT-30).

No procede para el presente proyecto.

1.9.1.5. Locales con riesgo de corrosión (ITC-BT-30).

No procede para el presente proyecto.

1.9.1.6. Locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión (ITC-BT-30).

No procede para el presente proyecto.

1.9.1.7. Locales a temperatura elevada (ITC-BT-30).

No procede para el presente proyecto.

1.9.1.8. Locales a muy baja temperatura (ITC-BT-30).

No procede para el presente proyecto.

1.9.1.9. Locales en los cuales haya baterías de acumuladores (ITC-BT-30).

Este punto está justificado en el punto 6.1 Anexo I: Instalación solar fotovoltaica. 6.3 Anexo II: Cálculos justificativos instalación solar fotovoltaica.

1.9.1.10. Estaciones de servicio o garajes (ITC-BT-29).

No procede para el presente proyecto.

1.9.1.11. Locales con características especiales (ITC-BT-30).

No procede para el presente proyecto.

1.9.1.12. Instalaciones con fines especiales (ITC-BT-31, 32, 33, 34, 35, 38, 39).

No procede para el presente proyecto.

1.9.1.13. Instalaciones a muy baja tensión (ITC-BT-36).

No procede para el presente proyecto.

1.9.1.14. Instalaciones a tensiones especiales (ITC-BT-37).

No procede para el presente proyecto.

1.9.1.15. Instalaciones generadoras de baja tensión (ITC-BT-40)

Este punto está justificado en el punto 6.1 Anexo I: Instalación solar fotovoltaica. 6.3 Anexo II: Cálculos justificativos instalación solar fotovoltaica.

1.9.2. Cuadro General de distribución

Se instala protegido para evitar que sea accesible al público.

En él se instalarán los elementos de mando y protección de cada una de las líneas generales de distribución y las de alimentación directa a receptores.

1.9.2.1. Características y composición

El cuadro general alimenta las líneas de las cinco aulas situadas en la primera planta, los servicios, los accesos, pasillos y luces de escaleras, también alimenta la máquina de aire acondicionado y el cuadro secundario 1 y el cuadro secundario 2.

Y tendrá los siguientes elementos de protección:

APARATO	CANTIDAD
Interruptor automático General 50A	1
Interruptor diferencial bipolar 40A	8
Interruptor diferencial bipolar 25A	1
Interruptor diferencial tetrapolar 25A	2
Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar 25	1
Interruptor automático magnetotérmico bipolar 25	2
Interruptor automático magnetotérmico 10A	8
Interruptor automático magnetotérmico 16A	8

Tabla 2. Protecciones y mando cuadro general

1.9.2.2. Cuadros secundarios y composición

En la instalación se dispondrá de dos cuadros secundarios uno situado en la secretaria de la planta 1 y el otro cuadro situado en el almacén situado en el patio.

Los cuadros cuentan con sus respectivas protecciones según los cálculos realizados mediante el programa de cálculos eléctricos demELECT.

- **Cuadro secundario de Planta 1ª**

Alimenta los alumbrados tomas de corriente y luces de emergencia de la sala de ensayos ropería archivo dirección, secretaría y el alumbrado exterior.

El cuadro secundario 1 está compuesto por los siguientes elementos de protección:

APARATO	CANTIDAD
Interruptor automático General 25A	1
Interruptor diferencial bipolar 25A	8
Interruptor automático magnetotérmico 10A	8
Interruptor automático magnetotérmico 16A	8

Tabla 3. Protecciones y mando cuadro secundario 1

- **Cuadro secundario cuarto del patio:**

Alimenta la iluminación y tomas de corriente del cuarto del patio, el cual está formado por los siguientes elementos de protección:

APARATO	CANTIDAD
Interruptor automático General 25A	1
Interruptor diferencial bipolar 25A	1
Interruptor automático magnetotérmico 10A	1
Interruptor automático magnetotérmico 16A	1

Tabla 4. Protecciones y mando cuadro secundario 2

1.9.3. Líneas de distribución y canalizaciones

1.9.3.1. Sistema elegido para la instalación

El sistema adoptado es el de la instalación de conductores aislados bajo tubos protectores.

- **CONDUCTORES**

Los conductores y cables utilizados en la instalación son de cobre y aislados con una tensión asignada de 450/750V. La sección de los conductores se determinará de forma que la caída de tensión tanto de cualquier punto de la instalación como de la instalación interior sea menor del 3% para el alumbrado y un 5% para otros usos.

El valor de la caída de tensión se compensará entre la instalación de interior (3-5%) y la de la derivación individual (1%).

- **CANALIZACIONES**

Las canalizaciones serán fijas con conductores aislados y bajo tubos protectores en montaje empotrado en paredes y techos o montaje en superficie fabricadas según la norma UNE EN 50086.

Las conexiones entre conductores serán realizadas en el interior de cajas de derivación de policloruro de vinilo, las cuales son aislantes y protegidas contra la corrosión y con tapas accesibles. Las conexiones se realizarán mediante regletas de conexión.

- **LUMINARIAS**

En el caso de receptores con lámparas de descarga el factor de potencia de 0,9.

- **ASEOS**

Luminarias incandescentes cenitales y provistas para inclusión de una o dos lámparas según el recinto donde se encuentren instaladas.

- **TOMAS DE CORRIENTE**

Serán de tipo empotrable e irán dotadas de clavija de puesta a tierra.

1.9.3.2. Descripción

Los receptores de alumbrado, alumbrado de emergencia, tomas de corriente serán alimentados mediante líneas monofásicas de cobre, las cuales estarán instaladas bajo tubo flexible de PVC no propagador de la llama.

Para la maquinaria trifásica se alimentarán mediante el tendido de líneas de trifásicas de cobre.

1.9.3.3. Número de circuitos

Reflejado en esquemas adjuntos.

1.10. Suministros complementarios

1.10.1. Socorro

No es perceptiva la instalación en el presente proyecto la disposición de suministro de socorro por tener una ocupación inferior a 300 personas.

1.10.2. Reserva

No es perceptiva la instalación en el presente proyecto la disposición de un suministro de reserva.

1.10.3. Duplicado

No es perceptiva la instalación en el presente proyecto la disposición de un suministro de duplicado.

1.11. Alumbrado de emergencia

Tiene por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación del alumbrado normal, la iluminación del local y accesos hasta las salidas para asegurar una buena evacuación eventual.

La alimentación del alumbrado de emergencia será automática con corte breve, pero debe tener disponible la alimentación automática en un tiempo máximo de 0,5s.

1.11.1. Alumbrado de seguridad

En el presente proyecto, el alumbrado de emergencia está destinado para garantizar la seguridad de las personas que evacuen el local.

El alumbrado de seguridad debe de entrar en funcionamiento cuando se produce el fallo de alumbrado general o cuando la tensión del local baje a menos del 70% de su valor nominal.

La instalación del alumbrado de emergencia es fija y está provisto de fuentes propias de energía.

1.11.2. Reemplazamiento

En el presente proyecto no es necesaria la instalación de alumbrado de reemplazamiento.

1.12. Línea de puesta a tierra

1.12.1. Tomas de tierra

La toma de tierra a utilizar es la instalada en el propio edificio.

1.12.2. Líneas principales de tierra

Del borne de la toma de tierra saldrá un cable de 16mm² el cual está especificado en la ITC-BT-18 en el apartado 3.2 y será conectado con el borne instalado en el cuadro de distribución.

1.12.3. Derivaciones de las líneas principales de tierra

Los conductores de protección principales, de los cuales derivan los conductores de protección, salen del borne del cuadro de distribución.

Su sección será la misma que la de los conductores de fase.

El aislamiento mínimo del conductor es de 450/750 V.

1.12.4. Conductores de protección

Los conductores de protección unirán las masas metálicas de la instalación con el circuito principal de tierras.

Su sección será la misma que la de los conductores de fase.

El aislamiento mínimo del conductor es de 450/750 V.

2. Cálculos justificativos

2.1. Fórmulas utilizadas para cálculos eléctricos

Para la realización de los cálculos justificativos se han utilizado las siguientes fórmulas:

FÓRMULAS CÁLCULO INTENSIDAD				
MAGNITUD		MONOFÁSICA	TRIFÁSICA	UNIDADES
INTENSIDAD	I	$I = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$	A
I	Intensidad en Amperios			
U/V	Tensión en voltios			
P	Potencia en vatios			
cos φ	Factor de potencia			

Fórmula 1. Cálculo Intensidad

FÓRMULAS CÁLCULO POTENCIA				
MAGNITUD		MONOFÁSICA	TRIFÁSICA	UNIDADES
POTENCIA	P	$P = V \times I \times \cos \varphi$	$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$	W
P	Potencia en vatios			
V	Tensión en voltios			
I	Intensidad en Amperios			
cos φ	Factor de potencia			

Fórmula 2. Cálculo de Potencia

FÓRMULAS CÁLCULO TENSIÓN				
MAGNITUD		MONOFÁSICA	TRIFÁSICA	UNIDADES
TENSIÓN	U	$U = \frac{P}{I \times \cos \varphi}$	$U = \frac{P}{\sqrt{3} \times I \times \cos \varphi}$	V
U	Tensión en voltios			
I	Intensidad en Amperios			
P	Potencia en vatios			
cos φ	Factor de potencia			

Fórmula 3. Cálculo de Tensión

FÓRMULAS CÁLCULO CAÍDA DE TENSIÓN				
MAGNITUD		MONOFÁSICA	TRIFÁSICA	UNIDADES
CAÍDA DE TENSIÓN	e	$e = \frac{2 \times L \times P}{C \times s \times U}$	$e = \frac{L \times P}{C \times s \times U}$	V
e	Caída de tensión en voltios			
P	Potencia en vatios			
L	Longitud de línea en metros			
C	Conductividad			
U	Tensión de la línea			
s	Sección del conductor en mm ²			

Fórmula 4. Caída de tensión

FÓRMULAS CÁLCULO INTENSIDAD CORTOCIRCUITO				
MAGNITUD		MONOFÁSICA	TRIFÁSICA	UNIDADES
INTENSIDAD CORTOCIRCUITO	I _{cc}	$I_{cc} = \frac{U_n}{Z_{tot}}$	$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \times Z_{tot}}$	A
I _{cc}	Intensidad de cortocircuito en Amperios			
Z _{tot}	Impedancia total circuito			
U _n	Tensión nominal en voltios			

Fórmula 5. Intensidad cortocircuito

FÓRMULAS CÁLCULO POTENCIA CORTOCIRCUITO				
MAGNITUD		MONOFÁSICA	TRIFÁSICA	UNIDADES
POTENCIA CORTOCIRCUITO	P _{cc}	$P_{cc} = Z \times I_{cc}$	$P_{cc} = \sqrt{3} \times Z \times I_{cc}$	MVA
I _{cc}	Intensidad de cortocircuito en kA			
Z	Impedancia circuito (sumando la de la línea en cuestión más la de aguas arriba)			
U _n	Tensión nominal en kV			
P _{cc}	Potencia de cortocircuito en MVA			

Fórmula 6. Potencia cortocircuito

FÓRMULA CÁLCULO IMPEDANCIA RED			
MAGNITUDES			UNIDADES
IMPEDANCIA RED	Z_{RED}	$Z = \frac{U_n^2}{P_{cc}}$	Ω
Z_{red}	Impedancia de la red		
U_n	Tensión nominal en kV		
P_{cc}	Potencia de cortocircuito red en MVA		

Fórmula 7. Impedancia de red

FÓRMULA CÁLCULO IMPEDANCIA DERIVACIÓN INDIVIDUAL			
MAGNITUDES			UNIDADES
IMPEDANCIA DI	Z_{DI}	$Z_{DI} = \sqrt{R_{DI}^2 + X_{DI}^2}$	Ω
Z_{DI}	Impedancia derivación individual en Ohmios		
R_{DI}	Resistencia del conductor en Ohmios		
X_{DI}	Reactancia del conductor en Ohmios		

Fórmula 8. Impedancia derivación individual

FÓRMULA CÁLCULO TIEMPO QUE SOPORTA CONDUCTOR LA I_{cc}			
MAGNITUDES			UNIDADES
TIEMPO	t	$t \geq \frac{K^2 \times s^2}{I_{cc}^2}$	s
Z_{DI}	Impedancia derivación individual en Ohmios.		
K	Constante (obtenida de la tabla.)		
s	Sección de la línea		
I_{cc}	Intensidad de cortocircuito.		

Fórmula 9. Tiempo que soporta conductor I_{cc}

FÓRMULAS CÁLCULO SECCIÓN			
MAGNITUD	MONOFÁSICA	TRIFÁSICA	UNIDADES
SECCION	$S = \frac{2 \times L \times I \times \cos \varphi}{K \times u}$	$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi}{K \times u}$	mm^2
U	Tensión en voltios		
I	Intensidad en Amperios		
P	Potencia en vatios		
$\cos \varphi$	Factor de potencia		

Fórmula 10. Cálculo de sección

2.2. Tablas utilizadas para cálculos eléctricos

In Magnetotérmicos	
6 A	40 A
10 A	50 A
16 A	63 A
20 A	80 A
25 A	100 A reg
32 A	125 A reg

Tabla 5. Calibres PIAs

Métodos de Instalación

A1		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes
B1		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared
E		Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D
F		Cables unipolares en contacto mútuo. Distancia a la pared no inferior a D

Tabla 6. Métodos de instalación

Intensidades admisibles en amperios al aire (40 °C)

MÉTODO DE INSTALACIÓN TIPO SEGÚN TABLA 52-B2	TIPO DE AISLAMIENTO TÉRMICO (XLPE o PVC) + NÚMERO DE CONDUCTORES CARGADOS (2 o 3) (TEMPERATURA MÁXIMA DE LOS CONDUCTORES EN RÉGIMEN PERMANENTE → 70°C TIPO PVC Y 90°C TIPO XLPE)																			
	PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)		PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)					
A1																				
A2		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)													
B1				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)							XLPE3 (90 °C)				XLPE2 (90 °C)				
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)							XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)							
C						PVC3 (70 °C)						PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)		PVC2 (90 °C)				
D1/D2*		VER SIGUIENTE TABLA																		
E										PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)			
F											PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)			
Cobre	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13	
	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	21	21	23	25	
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	28	30	32	34		
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46	
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59	
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82	
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110	
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146	
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182	
	50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220	
	70	109	118	130	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282	
	95	131	143	156	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343	
	120	150	164	179	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397	
	150	171	188	196	224	236	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458	
	185	194	213	222	256	268	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523	
	240	227	249	258	299	315	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617	
300	259	285	295	343	360	398	396	432	414	461	468	516	524	547	549	630	674	713		

NOTAS: con fondo naranja figuran los valores que no se aplican en ningún caso. Los cables de aluminio no son termoplásticos (PVC2 o PVC3), ni suelen tener secciones inferiores a 16 (estos valores no son necesarios). Los valores con fondo azul no figuran en la tabla original y no es posible calcularlos con la UNE-HD 60364-5-52. Los valores con fondo amarillo no figuran en la tabla original y no es posible calcularlos con la UNE-HD 60364-5-52, por lo que se ha recurrido al método de cálculo de la última versión internacional de la norma IEC 60364-5-52, que curiosamente no ha eliminado el método de cálculo como se ha hecho en la versión UNE-HD.

Tabla 7. C.52.1. Intensidades conductor

Métodos de Instalación: D1 / D2

TABLA C.52.2 bis

* Métodos D1/D2	Sección mm ²	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cobre	PVC2	20	27	36	44	59	76	98	118	140	173	205	233	264	296	342	387
	PVC3	17	22	29	37	49	63	81	97	115	143	170	192	218	245	282	319
	XLPE2	24	32	42	53	70	91	116	140	166	204	241	275	311	348	402	455
	XLPE3	21	27	35	44	58	75	96	117	138	170	202	230	260	291	336	380
Aluminio	XLPE2	-	-	-	-	-	70	89	107	126	156	185	211	239	267	309	349
	XLPE3	-	-	-	-	-	58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	295

Tabla 8. C.52.2. Para la derivación individual

Sección mm ²	Resistencia (mohm/m)			Reactancia (mohm/m)
	20°C	70°C PVC	90°C EPR/XLPE	
1,5	12,34	14,81	15,80	-
2,5	7,40	8,88	9,48	-
4	4,63	5,55	5,92	-
6	3,09	3,70	3,95	-
10	1,85	2,22	2,37	-
16	1,16	1,39	1,48	-
25	0,74	0,89	0,95	-
35	0,53	0,63	0,68	-
50	0,37	0,44	0,47	-
70	0,26	0,32	0,34	-
95	0,19	0,23	0,25	-
120	0,15	0,19	0,20	-
150	0,12	0,15	0,16	0,02
185	0,10	0,12	0,13	0,02
240	0,08	0,09	0,10	0,02

Material conductor

Cobre

Tabla 9. Resistencias para cálculo de Icc

Diámetro de los tubos protectores

Tubos para canalizaciones EMPOTRADAS. (ITC-BT 021)

Tabla 5. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores.

Tabla 10. Diámetros de tubos protectores

2.3. Fórmulas y tablas utilizadas para los cálculos luminotécnicos

Para la realización de los cálculos luminotécnicos se han utilizado las siguientes fórmulas:

FÓRMULA CÁLCULO DE LUMINARIAS A INSTALAR		
MAGNITUDES	MONOFÁSICA	UNIDADES
Número de luminarias	$N = \frac{E \times S}{\Phi \times \mu \times u \times f_c}$	Cantidad de luminarias
E	Iluminación media en servicio en lux	
S	Superficie a iluminar en m ²	
Φ	Flujo luminoso unitario en lúmenes	
μ	Rendimiento de la luminaria	
u	Utilancia de la instalación	
f_c	Factor de conservación	
N	Número de lámparas	

Fórmula 11. Nº de luminarias

NIVELES DE ILUMINACION

ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACION (LUX)			TONOS DE LUZ RECOMENDADOS			ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACION (LUX)			TONOS DE LUZ RECOMENDADOS			ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACION (LUX)			TONOS DE LUZ RECOMENDADOS		
	MÍNIMO	BUENO	MUY BUENO	LUZ FRÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO		MÍNIMO	BUENO	MUY BUENO	LUZ FRÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO		MÍNIMO	BUENO	MUY BUENO	LUZ FRÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO
ASCENSORES							LOCALES INDUSTRIALES													
Interior	300	500	700				Comunes a todas las categorías													
Rellano	50	100	200				Alumbrado general	100	200	400				Industrias Químicas						
EDIFICIOS AGRÍCOLAS							Depósitos	50	200	400				Delante de los aparatos como: molinos	200	300	600			
Garajes, cocheras: Alumbrado general	50	100	200				Embalaje	100	200	400				Molido, mezclado, triturado	200	300	500			
Reparaciones	200	300	500				Entrada, pasillos, escaleras	100	200	500				Sobre el plano de la mesa	300	600	1200			
Cráneos, almocenas general	50	150	300				Instrumentos de medida y control	300	500	1000				Sobre mesas y pupitres	200	300	600			
Gallineros, porquerizas y conejeros	50	150	300				Oficinas de dibujo: Alumbrado general	100	200	500				Sobre niveles, manómetros	300	500	1000			
Preparación de los alimentos al ganado	100	200	400				Sobre las mesas de dibujo	700	1000	2000				Industrias Textiles						
ENSEÑANZA							Industrias bastas: Forja, laminación	200	400	600				Alumbrado localizado	1000	2000	3000			
Dibujo de arte, industrial y costura	500	700	1000				Industrias gran precisión	1000	2000	5000				Comparación de colores	700	1000	2500			
Gimnasios	150	300	500				Industrias de precisión: Ajuste, pulido	600	1000	2000				Control final	500	700	1200			
Pizarras	300	500	700				Industrias muy bastas	70	80	150				Preparación: Mezcla, yareado, estrado	150	300	600			
Salas de clases y laboratorios	200	500	1000				Industrias ordinarias: Talleres, tornados	300	600	800				Talleres de corte	300	500	1000			
Salas de conferencias	200	500	1000				Imprenta y Artes Gráficas							Trabajos sobre el bastidor	300	500	1000			
Vestibulos, habitaciones de paso	150	500	700				Guillotinas y apisonadoras	300	500	1000				Industrias Del Transporte						
Vestuarios, lockers, lavabos	50	100	250				Máquinas de composición médica	300	500	1000				Estación de Ferrocarril						
GARAJES							Máquinas de salida de las hojas	300	500	1000				Sala de espera	100	200	400			
Parkings	100	150	300				Máquinas para batir tintas	700	1000	2000				Estaciones de Servicio						
Reparaciones	200	300	500				Mesas de arreglo, composición	700	1000	2000				Lavado y reparaciones	200	300	500			
HABITACIONES							Industrias Alimenticias							Pellets y accesorios	150	200	500			
Cuartos de baño: Alumbrado general	50	100	250				Engatillado, cerrado de cajas	300	500	1000				Surtidores	200	300	600			
Espesios	200	500	1000				Escogido	300	500	1000				Garajes de Automóviles						
Cocinas	150	300	600				Esterilización	300	500	1000				Lavado, engrase, cuidado en general	100	150	300			
Cuartos de estar: Alumbrado general	70	200	400				Frigoríficos: Cámara frigorífica	300	500	1000				Reparaciones	200	300	500			
Lectura	200	500	700				Salas de máquinas	150	200	400				Hangares de Aviones						
Cuartos de niños	70	200	400				Laboratorio	300	500	1000				Alumbrado general	200	300	600			
Dormitorios: Alumbrado general	50	100	250				Preparación de pastas, llenado de latas	250	400	600				Entrenamiento y reparaciones	300	500	1000			
Camas	200	500	800				Tratamiento de subproductos	150	200	400				Museos Marítimos						
Escaleras	100	150	300				Industrias Metalúrgicas							Mercancías	50	100	200			
Trabajo de escolares en casa	300	500	750				Alumbrado localizado en los moldes	500	700	1200				Viajeros	100	200	400			
HOSPITALES Y CLÍNICAS							Ensaado	150	200	400				Alumbrado general	100	150	300			
Camas	100	200	400				Cabina de pulverización	700	1000	2500				Ardenes de viajeros	100	200	400			
Habitaciones y salas: Alumbrado general	50	100	250				Laminado, cizallado y treflado	200	300	600				Casilleros, Distribuidores y laquillas	300	500	1000			
Alumbrado de noche	10						Nave de guarnecido de carrocerías	200	300	600				Salas de equipajes	100	150	300			
Sobre la cama, examen y lectura	300	500	750				Preparación de chapas, pintura	300	500	1000				OFICINAS Y ADMINISTRACIONES						
Gabinetes dentales, sillón	700	2500	5000				Dosificación y mezcla de los colores	2000	3500	5000				Archivos	100	200	400			
Salas de espera	200	400	600				Pulido de pinturas, decoración, acabado	300	500	1000				Manejo de libros, mecanografía	300	500	1000			
Laboratorios (Patología e información)	300	500	1000				Inspección. Detalles a verificar minúsculos	3000	4000	5000				Vestibulos, habitaciones de paso	150	600	700			
Mesas de operación	3000	5000	8000				Detalles a verificar mediano	300	600	1200				TIENDAS						
Quirófanos	300	500	1000				Detalles a verificar fino	1000	2000	3000				Alumbrado general	300	500	1000			
Salas de examen	300	500	1000				Detalles a verificar muy fino	1500	2500	4000				Escaparates sobre calle comercial	1000	3000	5000			
Salas de recepción y espera	200	400	600				Rebarbado	200	300	600				Escaparates sobre calle no comercial	500	1000	2000			
CAFES Y RESTAURANTES							Talleres de montaje: Piezas muy pequeñas	1000	1500	3000				Estantes de mercancías	100	200	400			
Cocinas	200	400	700				Talleres de montaje de piezas medianas	200	300	600				Presentaciones, especímenes y vitrinas	1000	2000	3000			
Comedores y salones	100	300	600				Talleres de montaje de piezas pequeñas	500	1000	2000				Sobre los mostradores	500	700	1200			
Dormitorios: Alumbrado general	100	200	400				Talleres. Modelado, embutición, fusilaje	200	300	600				Pequeñas Superficies						
Camas	200	500	800				Trabajos de piezas medianas en banco	300	500	1000				Alumbrado general	200	300	500			
Recepción: Alumbrado general	100	200	400				Trabajos de piezas pequeñas en banco	500	700	1200				Sobre los mostradores	300	500	700			
Alumbrado localizado	300	500	750				Trabajos muy finos en banco o máquina	1000	1500	3000				Escaparates	500	1000	2000			

Figura 1. Niveles de iluminación

2.4. Potencia total instalada y demandada

Después de revisar todos los elementos instalados se obtiene que la potencia instalada son 20737W.

Para obtener la potencia calculada se ha considerado un coeficiente de simultaneidad de 0,8 para la derivación individual y un coeficiente de simultaneidad de 1 para el resto de las líneas.

CIRCUITOS	ID.	CONCEPTO	Pot. Inst. (W)	Pot. Cálculo (W) Sin Cs	Coef. Simul.	Pot. Cálculo TOTAL (W)
	DI	DERIVACIÓN INDIVIDUAL	20737,00	20737,00	0,8	16589,6
C1	L1.1	Alumbrado Aula 1	160,00	160,00	1	160
	L1.1	Alumbrado Emergencia 1	6,00	6,00	1	6
	L1.2	Tomas de corriente Aula 1	600,00	600,00	1	600
C2	L2.1	Alumbrado Aula 2	160,00	160,00	1	160
	L2.1	Alumbrado Emergencia 2	6,00	6,00	1	6
	L2.2	Tomas de corriente Aula 2	600,00	600,00	1	600
C3	L3.1	Alumbrado Aula 3	160,00	160,00	1	160
	L3.1	Alumbrado Emergencia 3	6,00	6,00	1	6
	L3.2	Tomas de corriente Aula 3	600,00	600,00	1	600
C4	L4.1	Alumbrado Aula 4	160,00	160,00	1	160
	L4.1	Alumbrado Emergencia 4	6,00	6,00	1	6
	L4.2	Tomas de corriente Aula 4	600,00	600,00	1	600
C5	L5.1	Alumbrado Aula 5	80,00	80,00	1	80
	L5.1	Alumbrado Emergencia 5	6,00	6,00	1	6
	L5.2	Tomas de corriente Aula 5	600,00	600,00	1	600
C6	L6.1	Alumbrado Servicio 1	25,00	25,00	1	25
	L6.1	Alumbrado Emergencia 6	6,00	6,00	1	6
	L6.2	Tomas corriente Servicio 1	200,00	200,00	1	200
C7	L7.1	Alumbrado Servicio 2	25,00	25,00	1	25
	L7.1	Alumbrado Emergencia 7	6,00	6,00	1	6
	L7.2	Tomas corriente Servicio 2	200,00	200,00	1	200
C8	L8.1	Alumbrado Escalera	50,00	50,00	1	50
	L8.1	Alumbrado pasillo y accesos	240,00	240,00	1	240
	L8.1	Alumbrado Emergencia 8	54,00	54,00	1	54
	L8.2	Tomas de corriente Pasillo	600,00	600,00	1	600
C9	L 9	Máquina aire acondicionado	10510,00	10510,00	1	10510

Tabla 11. Potencia de cálculo e instalada cuadro general

	LCS1	CUADRO SECUNDARIO PLANTA 1	4640,00	4640,00	1	4640
C10	L10.1	Alumbrado Dirección	40,00	40,00	1	40
	L10.1	Alumbrado Emergencia 9	6,00	6,00	1	6
	L10.2	Tomas de corriente Dirección	400,00	400,00	1	400
C11	L11.1	Alumbrado Secretaria	40,00	40,00	1	40
	L11.1	Alumbrado Emergencia 10	6,00	6,00	1	6
	L11.2	Tomas de corriente Secretaria	400,00	400,00	1	400
C12	L12.1	Alumbrado 1 Sala de Ensayos	240,00	240,00	1	240
	L12.1	Alumbrado Emergencia Sala de Ensayos	12,00	12,00	1	12
	L12.2	Tomas de corriente Sala de Ensayos	600,00	600,00	1	600
C13	L13.1	Alumbrado 2 Sala de Ensayos	240,00	240,00	1	240
	L13.1	Alumbrado Emergencia Sala de Ensayos	12,00	12,00	1	12
	L13.2	Tomas de corriente Sala de Ensayos	600,00	600,00	1	600
C14	L14.1	Alumbrado 3 Sala de Ensayos	240,00	240,00	1	240
	L14.1	Alumbrado Emergencia Sala de Ensayos	12,00	12,00	1	12
	L14.2	Tomas de corriente Sala de Ensayos	600,00	600,00	1	600
C15	L15.1	Luz exterior	300,00	300,00	1	300
C16	L16.1	Alumbrado Ropería	40,00	40,00	1	40
	L16.1	Alumbrado Emergencia Roperia	6,00	6,00	1	6
	L16.2	Tomas de corriente Roperia	400,00	400,00	1	400
C17	L17.1	Alumbrado Archivo	40,00	40,00	1	40
	L17.1	Alumbrado Emergencia Archivo	6,00	6,00	1	6
	L17.2	Tomas de corriente Archivo	400,00	400,00	1	400

Tabla 12. Potencia de cálculo e instalada Cuadro Secundario 1

	LCS2	CUADRO SECUNDARIO CUARTO PATIO	431,00	431,00	1	431
C18	L18.1	Alumbrado Almacén Patio	25,00	25,00	1	25
	L18.1	Alumbrado Emergencia Almacén Patio	6,00	6,00	1	6
	L18.2	Tomas de corriente Almacén Patio	400,00	400,00	1	400

Tabla 13. Potencia de cálculo e instalada Cuadro Secundario 2

2.5. Cálculos luminotécnicos

Para los cálculos luminotécnicos se ha utilizado la Fórmula 11. Nº de luminarias y la Figura 1. Niveles de iluminación.

De la figura 1 obtenemos que para la sala de ensayos y aulas hay un valor de luminosidad de 500lux. Para el pasillo y zonas comunes obtenemos un nivel de iluminación de 150 lux. Y, por último, para escaleras y baños un nivel de iluminación de 100lux.

El flujo unitario son 3600 lúmenes y se obtiene un rendimiento y un factor de conservación de 0,95. Y, por último, una utilancia igual a 1.

Por ejemplo, si realizamos el cálculo de la Aula 1:

$$N = \frac{E \times S}{\Phi \times \mu \times u \times f_c} = \frac{500 \times 20}{3600 \times 0,95 \times 1 \times 0,95} = 3,1 \cong 4 \text{ luminarias}$$

PLANTA BAJA			
RECINTO	SUP. ÚTIL(m2)	LUMINARIAS	LUMINARIAS TOT
AULA 1	20,00	3,1	4
AULA 2	21,50	3,3	4
AULA 3	20,00	3,1	4
AULA 4	19,50	3,0	4
AULA 5	11,20	1,7	2
ASEOS 1	7,85	0,2	1
ASEOS 2	7,30	0,2	1
ACCESO1	15,70	0,5	1
ACCESO2	15,70	0,5	1
PASILLO-DISTRIBUIDOR	39,40	1,8	3

Tabla 14. Luminarias planta baja

PLANTA PRIMERA			
RECINTO	SUP. ÚTIL(m ²)	LUMINARIAS	LUMINARIAS TOT
SECRETARIA	13,53	2,1	2
DIRECCIÓN	5,67	0,9	1
SALA DE ENSAYOS	105,70	16,3	18
RECEPCIÓN	11,50	0,5	1
RESTO DE DEPENDENCIAS	26,05	4,0	4

Tabla 15. Luminarias planta primera

2.6. Cálculos eléctricos

Para los cálculos tendremos en cuenta que la tensión nominal de la instalación es de 230/400V tratándose de un servicio trifásico.

2.6.1. Cálculos de sección por capacidad térmica

Para que el cálculo de sección sea correcto se debe cumplir la igualdad:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

I_B = Intensidad de cálculo del circuito (A)

I_N = Intensidad nominal o calibre del interruptor (A)

I_Z = Intensidad máxima admisible del conductor(A)

El primer paso para que se cumpla la anterior igualdad es calcular la I_B mediante la utilización de la fórmula de la intensidad trifásica, que se encuentra en la tabla del punto anterior

Una vez se ha obtenido la I_B se utiliza la *Tabla 5. Calibres PIAs* situada en el punto 2.1 y se escoge el valor normalizado que cumpla que $I_B \leq I_N$.

Posteriormente acudimos a la tabla de intensidades admisibles para el montaje D1 que es montaje enterrado *Tabla 8. C.52.2 Para la derivación individual* situada en el punto 2.1. Se utiliza esta tabla para la derivación individual en la cual se utiliza aislamiento de XLPE y cable de cobre.

Por último, se acude a la tabla de intensidades admisibles *Tabla 7. C.52.1* situada en el punto 2.1. Esta tabla se utiliza para el resto de líneas para las cuales elegimos el tipo de montaje B1 que consiste en conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra. El material del tubo es PVC. Y revisamos que realmente se cumple la igualdad citada anteriormente $I_B \leq I_N \leq I_Z$. Si cumple esta igualdad la sección obtenida es la adecuada para realizar la instalación y no tener pérdidas.

Como se puede observar en la tabla adjuntada posteriormente en se cumple en todas las líneas la igualdad $I_B \leq I_N \leq I_Z$.

Por ejemplo, si observamos la derivación individual Obtenemos que la $I_b=37,41$ A la cual es menor que la $I_N=40$ A y que a su vez es menor que la $I_2=75$ A.

CIRCUITOS	ID.	CONCEPTO	Pot. Cálcc. (W)	cos φ	Tensión (V)	Iz (Tabla UNE) (A)	Fac. Corr.	Iz (A)	In (A)	Ib (A)	Sección (mm ²)
	DI	DERIVACIÓN INDIVIDUAL	16589,60	0,80	400	75	0,8	75,00	40,00	29,93	16,00
C1	L1.1	Alumbrado Aula 1	160,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,87	1,50
	L1.1	Alumbrado Emergencia 1	6,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,03	1,50
	L1.2	Tomas de corriente Aula 1	600,00	0,80	230	20,00	1	20,00	10,00	3,26	2,50
C2	L2.1	Alumbrado Aula 2	160,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,87	1,50
	L2.1	Alumbrado Emergencia 2	6,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,03	1,50
	L2.2	Tomas de corriente Aula 2	600,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	3,26	2,50
C3	L3.1	Alumbrado Aula 3	160,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,87	1,50
	L3.1	Alumbrado Emergencia 3	6,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,03	1,50
	L3.2	Tomas de corriente Aula 3	600,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	3,26	2,50
C4	L4.1	Alumbrado Aula 4	160,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,87	1,50
	L4.1	Alumbrado Emergencia 4	6,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,03	1,50
	L4.2	Tomas de corriente Aula 4	600,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	3,26	2,50
C5	L5.1	Alumbrado Aula 5	80,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,43	1,50
	L5.1	Alumbrado Emergencia 5	6,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,03	1,50
	L5.2	Tomas de corriente Aula 5	600,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	3,26	2,50
C6	L6.1	Alumbrado Servicio 1	25,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,14	1,50
	L6.1	Alumbrado Emergencia 6	6,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,03	1,50
	L6.2	Tomas corriente Servicio 1	200,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	1,09	2,50
C7	L7.1	Alumbrado Servicio 2	25,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,14	1,50
	L7.1	Alumbrado Emergencia 7	6,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,03	1,50
	L7.2	Tomas corriente Servicio 2	200,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	1,09	2,50
C8	L8.1	Alumbrado Escalera	50,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,27	1,50
	L8.1	Alumbrado pasillo y accesos	240,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	1,30	1,50
	L8.1	Alumbrado Emergencia 8	54,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,29	1,50
	L8.2	Tomas de corriente Pasillo	600,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	3,26	2,50
C9	L 9	Máquina aire acondicionado	10510,00	0,80	400	24,00	1	24,00	20,00	18,96	4,00

Tabla 16. Cálculo secciones por capacidad térmica Cuadro General

	LCS1	CUADRO SECUNDARIO PLANTA 1	4640,00	0,80	230	36,00	1	36,00	32,00	25,22	6,00
C10	L10.1	Alumbrado Dirección	40,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,22	1,50
	L10.1	Alumbrado Emergencia 9	6,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,03	1,50
	L10.2	Tomas de corriente Dirección	400,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	2,17	2,50
C11	L11.1	Alumbrado Secretaria	40,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,22	1,50
	L11.1	Alumbrado Emergencia 10	6,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,03	1,50
C12	L11.2	Tomas de corriente Secretaria	400,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	2,17	2,50
	L12.1	Alumbrado 1 Sala de Ensayos	240,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	1,30	1,50
	L12.1	Alumbrado Emergencia Sala de Ensayos	12,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,07	1,50
	L12.2	Tomas de corriente Sala de Ensayos	600,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	3,26	2,50
C13	L13.1	Alumbrado 2 Sala de Ensayos	240,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	1,30	1,50
	L13.1	Alumbrado Emergencia Sala de Ensayos	12,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,07	1,50
	L13.2	Tomas de corriente Sala de Ensayos	600,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	3,26	2,50
C14	L14.1	Alumbrado 3 Sala de Ensayos	240,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	1,30	1,50
	L14.1	Alumbrado Emergencia Sala de Ensayos	12,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,07	1,50
	L14.2	Tomas de corriente Sala de Ensayos	600,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	3,26	2,50
C15	L15.1	Luz exterior	300,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	1,63	1,50
C16	L16.1	Alumbrado Ropería	40,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,22	1,50
	L16.1	Alumbrado Emergencia Ropería	6,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,03	1,50
	L16.2	Tomas de corriente Ropería	400,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	2,17	2,50
C17	L17.1	Alumbrado Archivo	40,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,22	1,50
	L17.1	Alumbrado Emergencia Archivo	6,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,03	1,50
	L17.2	Tomas de corriente Archivo	400,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	2,17	2,50

Tabla 17. Cálculo secciones por capacidad térmica Cuadro secundario 1

	LCS2	CUADRO SECUNDARIO CUARTO PATIO	431,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	2,34	6,00
C18	L18.1	Alumbrado Almacén Patio	25,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,14	1,50
	L18.1	Alumbrado Emergencia Almacén Patio	6,00	0,80	230	14,50	1	14,50	6,00	0,03	1,50
	L18.2	Tomas de corriente Almacén Patio	400,00	0,80	230	20,00	1	20,00	6,00	2,17	2,50

Tabla 18. Cálculo secciones por capacidad térmica Cuadro Secundario 2

2.6.2. Cálculos de sección por caída de tensión

CIRCUITO	ID.	CONCEPTO	Sección (mm ²)	Pot. Cál. (W)	Longitud (m)	Tensión (V)	Material Cond.	Tipo Aislam.	Temp. Amb. °C	lz (A)	lb (A)	Constante	Conduc. t. 20°C	Temp. Max	Temp. Real °C	Conduc. Tem. Real	%V parcial	%V acumulada
	DI	DERIVACIÓN INDIVIDUAL	16,00	20737,00	47,00	400	Cu	XLPE	40	75,00	29,93	0,00392	56	90	47,96	50,47	0,75	0,75
C1	L11	Alumbrado Aula 1	1,50	160,00	10,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,87	0,00392	56	70	40,11	51,91	0,08	0,83
	L11	Alumbrado Emergencia 1	1,50	6,00	12,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,03	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,00	0,76
	L12	Tomas de corriente Aula 1	2,50	600,00	10,00	230	Cu	PVC	40	20,00	3,26	0,00392	56	70	40,80	51,78	0,18	0,93
C2	L2.1	Alumbrado Aula 2	1,50	160,00	14,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,87	0,00392	56	70	40,11	51,91	0,11	0,86
	L2.1	Alumbrado Emergencia 2	1,50	6,00	16,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,03	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,00	0,76
	L2.2	Tomas de corriente Aula 2	2,50	600,00	14,00	230	Cu	PVC	40	20,00	3,26	0,00392	56	70	40,80	51,78	0,25	1,00
C3	L3.1	Alumbrado Aula 3	1,50	160,00	18,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,87	0,00392	56	70	40,11	51,91	0,14	0,89
	L3.1	Alumbrado Emergencia 3	1,50	6,00	20,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,03	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,01	0,76
	L3.2	Tomas de corriente Aula 3	2,50	600,00	18,00	230	Cu	PVC	40	20,00	3,26	0,00392	56	70	40,80	51,78	0,32	1,07
C4	L4.1	Alumbrado Aula 4	1,50	160,00	23,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,87	0,00392	56	70	40,11	51,91	0,18	0,93
	L4.1	Alumbrado Emergencia 4	1,50	6,00	25,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,03	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,01	0,76
	L4.2	Tomas de corriente Aula 4	2,50	600,00	23,00	230	Cu	PVC	40	20,00	3,26	0,00392	56	70	40,80	51,78	0,40	1,16
C5	L5.1	Alumbrado Aula 5	1,50	80,00	22,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,43	0,00392	56	70	40,03	51,92	0,01	0,76
	L5.1	Alumbrado Emergencia 5	1,50	6,00	24,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,03	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,01	0,76
	L5.2	Tomas de corriente Aula 5	2,50	600,00	22,00	230	Cu	PVC	40	20,00	3,26	0,00392	56	70	40,80	51,78	0,39	1,14
C6	L6.1	Alumbrado Servicio 1	1,50	25,00	10,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,14	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,01	0,77
	L6.1	Alumbrado Emergencia 6	1,50	6,00	12,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,03	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,00	0,76
	L6.2	Tomas corriente Servicio 1	2,50	200,00	10,00	230	Cu	PVC	40	20,00	1,09	0,00392	56	70	40,09	51,91	0,06	0,81
C7	L7.1	Alumbrado Servicio 2	1,50	25,00	8,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,14	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,01	0,76
	L7.1	Alumbrado Emergencia 7	1,50	6,00	10,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,03	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,00	0,76
	L7.2	Tomas corriente Servicio 2	2,50	200,00	8,00	230	Cu	PVC	40	20,00	1,09	0,00392	56	70	40,09	51,91	0,05	0,80
C8	L8.1	Alumbrado Escalera	1,50	50,00	40,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,27	0,00392	56	70	40,01	51,93	0,10	0,85
	L8.1	Alumbrado pasillo y accesos	1,50	240,00	40,00	230	Cu	PVC	40	14,50	1,30	0,00392	56	70	40,24	51,88	0,47	1,22
	L8.1	Alumbrado Emergencia 8	1,50	54,00	50,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,29	0,00392	56	70	40,01	51,93	0,13	0,89
	L8.2	Tomas de corriente Pasillo	2,50	600,00	30,00	230	Cu	PVC	40	20,00	3,26	0,00392	56	70	40,80	51,78	0,53	1,28
C9	L9	Máquina aire acondicionado	4,00	1050,00	20,00	400	Cu	XLPE	40	24,00	18,96	0,00392	56	90	71,21	46,64	0,70	1,46

Tabla 19. Cálculo de secciones por caída de tensión Cuadro General.

C10	LCS1	CUADRO SECUNDARIO PLANTA 1	6,00	4640,00	10,00	230	Cu	PVC	40	36,00	25,22	0,00392	56	70	54,72	49,29	0,59	1,35
	L10.1	Alumbrado Dirección	1,50	40,00	10,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,22	0,00392	56	70	40,01	51,93	0,02	0,77
	L10.1	Alumbrado Emergencia 9	1,50	6,00	12,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,03	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,00	0,76
	L10.2	Tomas de corriente Dirección	2,50	400,00	10,00	230	Cu	PVC	40	20,00	2,17	0,00392	56	70	40,35	51,86	0,12	0,87
C11	L11.1	Alumbrado Secretaría	1,50	40,00	4,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,22	0,00392	56	70	40,01	51,93	0,01	0,76
	L11.2	Alumbrado Emergencia 10	1,50	6,00	6,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,03	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,00	0,76
	L11.2	Tomas de corriente Secretaría	2,50	400,00	4,00	230	Cu	PVC	40	20,00	2,17	0,00392	56	70	40,35	51,86	0,05	0,80
C12	L12.1	Alumbrado 1 Sala de Ensayos	1,50	240,00	17,00	230	Cu	PVC	40	14,50	1,30	0,00392	56	70	40,24	51,88	0,20	0,95
	L12.1	Alumbrado Emergencia Sala de Ensayos	1,50	12,00	19,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,07	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,01	0,77
	L12.2	Tomas de corriente Sala de Ensayos	2,50	600,00	17,00	230	Cu	PVC	40	20,00	3,26	0,00392	56	70	40,80	51,78	0,30	1,05
C13	L13.1	Alumbrado 2 Sala de Ensayos	1,50	240,00	19,00	230	Cu	PVC	40	14,50	1,30	0,00392	56	70	40,24	51,88	0,22	0,98
	L13.1	Alumbrado Emergencia Sala de Ensayos	1,50	12,00	21,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,07	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,01	0,77
	L13.2	Tomas de corriente Sala de Ensayos	2,50	600,00	19,00	230	Cu	PVC	40	20,00	3,26	0,00392	56	70	40,80	51,78	0,33	1,09
C14	L14.1	Alumbrado 3 Sala de Ensayos	1,50	240,00	21,00	230	Cu	PVC	40	14,50	1,30	0,00392	56	70	40,24	51,88	0,24	1,00
	L14.1	Alumbrado Emergencia Sala de Ensayos	1,50	12,00	23,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,07	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,01	0,77
	L14.2	Tomas de corriente Sala de Ensayos	2,50	600,00	21,00	230	Cu	PVC	40	20,00	3,26	0,00392	56	70	40,80	51,78	0,37	1,12
C15	L15.1	Luz exterior	1,50	300,00	35,00	230	Cu	PVC	40	14,50	1,63	0,00392	56	70	40,38	51,86	0,51	1,26
C16	L16.1	Alumbrado Ropería	1,50	40,00	26,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,22	0,00392	56	70	40,01	51,93	0,05	0,80
	L16.1	Alumbrado Emergencia Ropería	1,50	6,00	28,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,03	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,01	0,76
	L16.2	Tomas de corriente Ropería	2,50	400,00	26,00	230	Cu	PVC	40	20,00	2,17	0,00392	56	70	40,35	51,86	0,30	1,06
C17	L17.1	Alumbrado Archivo	1,50	40,00	28,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,22	0,00392	56	70	40,01	51,93	0,05	0,81
	L17.1	Alumbrado Emergencia Archivo	1,50	6,00	30,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,03	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,01	0,76
	L17.2	Tomas de corriente Archivo	2,50	400,00	28,00	230	Cu	PVC	40	20,00	2,17	0,00392	56	70	40,35	51,86	0,33	1,08

Tabla 20. Cálculo de secciones por caída de tensión Cuadro Secundario 1.

C18	LCS2	CUADRO SECUNDARIO CUARTO PATIO	6,00	431,00	20,00	230	Cu	PVC	40	14,50	2,34	0,00392	56	70	40,78	51,78	0,10	0,86
	L18.1	Alumbrado Almacén Patio	1,50	25,00	3,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,14	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,00	0,76
	L18.1	Alumbrado Emergencia Almacén Patio	1,50	6,00	4,00	230	Cu	PVC	40	14,50	0,03	0,00392	56	70	40,00	51,93	0,00	0,76
	L18.2	Tomas de corriente Almacén Patio	2,50	400,00	3,00	230	Cu	PVC	40	20,00	2,17	0,00392	56	70	40,35	51,86	0,03	0,79

Tabla 21. Cálculo de secciones por caída de tensión Cuadro Secundario 2.

2.7. Cálculo intensidades de cortocircuito

Derivación Individual																
Icc Máxima (20°)				Fase						Neutro						Icc
Denominación	L (m)	Tipo	S	Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)	R (mOhm)	X (mOhm)	Rcc (mOhm)	Xcc (mOhm)	Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)	R (mOhm)	X (mOhm)	Rcc (mOhm)	Xcc (mOhm)	IccMáx (A)
Derivación Individual	47	4	16	1,16	0	54,52	0,000	54,520	0,000	1,16	0	54,52	0,000	54,520	0,000	4236
Icc Mínima (70° - 90°)				Fase						Neutro						Icc
Denominación	L (m)	Tipo	S	Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)	R (mOhm)	X (mOhm)	Rcc (mOhm)	Xcc (mOhm)	Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)	R (mOhm)	X (mOhm)	Rcc (mOhm)	Xcc (mOhm)	IccMín (A)
Derivación Individual	47	4	16	1,48	0	69,56	0,000	69,560	0,000	1,48	0	69,56	0,000	69,560	0,000	3320

Tabla 22. Cálculo de corrientes de cortocircuito derivación individual.

Cuadro General de Distribución o Protección	
---	--

Fase	
Rec (Anterior):	54,520
Xcc (Anterior):	0,000
Neutro	
Rec (Anterior):	54,520
Xcc (Anterior):	0,000

Icc Máxima (20°)				Fase						Neutro						Icc
Denominación	L (m)	Tipo	S	Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)	R (mOhm)	X (mOhm)	Rcc (mOhm)	Xcc (mOhm)	Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)	R (mOhm)	X (mOhm)	Rcc (mOhm)	Xcc (mOhm)	IccMáx (A)
L11	10,00	2	1,50	12,34	0	123,4	0,000	177,920	0,000	12,34	0	123,4	0,000	177,920	0,000	646
L11	12,00	2	1,50	12,34	0	148,08	0,000	202,600	0,000	12,34	0	148,08	0,000	202,600	0,000	568
L12	10,00	2	2,50	7,4	0	74	0,000	128,520	0,000	7,4	0	74	0,000	128,520	0,000	895
L2.1	14,00	2	1,50	12,34	0	172,76	0,000	227,280	0,000	12,34	0	172,76	0,000	227,280	0,000	506
L2.1	16,00	2	1,50	12,34	0	197,44	0,000	251,960	0,000	12,34	0	197,44	0,000	251,960	0,000	456
L2.2	14,00	2	2,50	7,4	0	103,6	0,000	168,120	0,000	7,4	0	103,6	0,000	168,120	0,000	727
L3.1	18,00	2	1,50	12,34	0	222,12	0,000	276,840	0,000	12,34	0	222,12	0,000	276,840	0,000	416
L3.1	20,00	2	1,50	12,34	0	246,8	0,000	301,320	0,000	12,34	0	246,8	0,000	301,320	0,000	382
L3.2	18,00	2	2,50	7,4	0	133,2	0,000	187,720	0,000	7,4	0	133,2	0,000	187,720	0,000	613
L4.1	23,00	2	1,50	12,34	0	283,82	0,000	338,340	0,000	12,34	0	283,82	0,000	338,340	0,000	346
L4.1	25,00	2	1,50	12,34	0	308,5	0,000	363,020	0,000	12,34	0	308,5	0,000	363,020	0,000	317
L4.2	23,00	2	2,50	7,4	0	170,2	0,000	224,720	0,000	7,4	0	170,2	0,000	224,720	0,000	512
L5.1	22,00	2	1,50	12,34	0	271,48	0,000	326,000	0,000	12,34	0	271,48	0,000	326,000	0,000	353
L5.1	24,00	2	1,50	12,34	0	296,16	0,000	350,680	0,000	12,34	0	296,16	0,000	350,680	0,000	328
L5.2	22,00	2	2,50	7,4	0	162,8	0,000	217,320	0,000	7,4	0	162,8	0,000	217,320	0,000	529
L6.1	10,00	2	1,50	12,34	0	123,4	0,000	177,920	0,000	12,34	0	123,4	0,000	177,920	0,000	646
L6.1	12,00	2	1,50	12,34	0	148,08	0,000	202,600	0,000	12,34	0	148,08	0,000	202,600	0,000	568
L6.2	10,00	2	2,50	7,4	0	74	0,000	128,520	0,000	7,4	0	74	0,000	128,520	0,000	895
L7.1	8,00	2	1,50	12,34	0	98,72	0,000	153,240	0,000	12,34	0	98,72	0,000	153,240	0,000	750
L7.1	10,00	2	1,50	12,34	0	123,4	0,000	177,920	0,000	12,34	0	123,4	0,000	177,920	0,000	646
L7.2	8,00	2	2,50	7,4	0	59,2	0,000	113,720	0,000	7,4	0	59,2	0,000	113,720	0,000	1011
L8.1	40,00	2	1,50	12,34	0	493,6	0,000	548,120	0,000	12,34	0	493,6	0,000	548,120	0,000	210
L8.1	40,00	2	1,50	12,34	0	493,6	0,000	548,120	0,000	12,34	0	493,6	0,000	548,120	0,000	210
L8.1	50,00	2	1,50	12,34	0	617	0,000	671,520	0,000	12,34	0	617	0,000	671,520	0,000	171
L8.2	30,00	2	2,50	7,4	0	222	0,000	276,520	0,000	7,4	0	222	0,000	276,520	0,000	416
L9	20,00	4	4,00	4,63	0	92,6	0,000	147,120	0,000	4,63	0	92,6	0,000	147,120	0,000	782
LCS1	10,00	2	6,00	3,09	0	30,9	0,000	85,420	0,000	3,09	0	30,9	0,000	85,420	0,000	1346
LCS2	20,00	2	6,00	3,09	0	61,8	0,000	116,320	0,000	3,09	0	61,8	0,000	116,320	0,000	989

Fase	
Rec (Anterior):	69,560
Xcc (Anterior):	0,000
Neutro	
Rec (Anterior):	69,560
Xcc (Anterior):	0,000

Icc Mínima (70° - 90°)				Fase						Neutro						Icc
Denominación	L (m)	Tipo	S	Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)	R (mOhm)	X (mOhm)	Rcc (mOhm)	Xcc (mOhm)	Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)	R (mOhm)	X (mOhm)	Rcc (mOhm)	Xcc (mOhm)	IccMín (A)
L11	10	2	1,50	14,81	0	148,1	0,000	217,660	0,000	14,81	0	148,1	0,000	217,660	0,000	528
L11	12	2	1,50	14,81	0	177,72	0,000	247,280	0,000	14,81	0	177,72	0,000	247,280	0,000	465
L12	10	2	2,50	8,88	0	88,8	0,000	158,360	0,000	8,88	0	88,8	0,000	158,360	0,000	726
L2.1	14	2	1,50	14,81	0	207,34	0,000	276,900	0,000	14,81	0	207,34	0,000	276,900	0,000	415
L2.1	16	2	1,50	14,81	0	236,96	0,000	306,520	0,000	14,81	0	236,96	0,000	306,520	0,000	375
L2.2	14	2	2,50	8,88	0	124,32	0,000	193,880	0,000	8,88	0	124,32	0,000	193,880	0,000	593
L3.1	18	2	1,50	14,81	0	266,58	0,000	336,140	0,000	14,81	0	266,58	0,000	336,140	0,000	342
L3.1	20	2	1,50	14,81	0	296,2	0,000	365,760	0,000	14,81	0	296,2	0,000	365,760	0,000	314
L3.2	18	2	2,50	8,88	0	159,84	0,000	229,400	0,000	8,88	0	159,84	0,000	229,400	0,000	501
L4.1	23	2	1,50	14,81	0	340,63	0,000	410,190	0,000	14,81	0	340,63	0,000	410,190	0,000	280
L4.1	25	2	1,50	14,81	0	370,25	0,000	439,810	0,000	14,81	0	370,25	0,000	439,810	0,000	261
L4.2	23	2	2,50	8,88	0	204,24	0,000	273,800	0,000	8,88	0	204,24	0,000	273,800	0,000	420
L5.1	22	2	1,50	14,81	0	325,82	0,000	395,380	0,000	14,81	0	325,82	0,000	395,380	0,000	291
L5.1	24	2	1,50	14,81	0	355,44	0,000	425,000	0,000	14,81	0	355,44	0,000	425,000	0,000	271
L5.2	22	2	2,50	8,88	0	195,36	0,000	264,920	0,000	8,88	0	195,36	0,000	264,920	0,000	434
L6.1	10	2	1,50	14,81	0	148,1	0,000	217,660	0,000	14,81	0	148,1	0,000	217,660	0,000	528
L6.1	12	2	1,50	14,81	0	177,72	0,000	247,280	0,000	14,81	0	177,72	0,000	247,280	0,000	465
L6.2	10	2	2,50	8,88	0	88,8	0,000	158,360	0,000	8,88	0	88,8	0,000	158,360	0,000	726
L7.1	8	2	1,50	14,84	0	118,72	0,000	188,280	0,000	14,84	0	118,72	0,000	188,280	0,000	611
L7.1	10	2	1,50	14,81	0	148,1	0,000	217,660	0,000	14,81	0	148,1	0,000	217,660	0,000	528
L7.2	8	2	2,50	8,88	0	71,04	0,000	140,600	0,000	8,88	0	71,04	0,000	140,600	0,000	818
L8.1	40	2	1,50	14,81	0	592,4	0,000	681,960	0,000	14,81	0	592,4	0,000	681,960	0,000	174
L8.1	40	2	1,50	14,81	0	592,4	0,000	681,960	0,000	14,81	0	592,4	0,000	681,960	0,000	174
L8.1	50	2	1,50	14,81	0	740,5	0,000	810,060	0,000	14,81	0	740,5	0,000	810,060	0,000	142
L8.2	30	2	2,50	8,88	0	266,4	0,000	335,960	0,000	8,88	0	266,4	0,000	335,960	0,000	342
L9	20	4	4,00	5,32	0	118,4	0,000	187,960	0,000	5,32	0	118,4	0,000	187,960	0,000	612
LCS1	10	2	6,00	3,7	0	37	0,000	106,560	0,000	3,7	0	37	0,000	106,560	0,000	1079
LCS2	20	2	6,00	3,7	0	74	0,000	143,560	0,000	3,7	0	74	0,000	143,560	0,000	801

Tablas 23 y 24. Cálculo de corrientes de cortocircuito cuadro general.

TRABAJO FIN DE GRADO



Cuadro General de SECUNDARIO 1

Fase	
Rec (Anterior):	85,420
Xcc (Anterior):	0,000
Neutro	
Rec (Anterior):	85,420
Xcc (Anterior):	0,000

Denominación	L (m)	Tipo	S	Fase				Neutro				Icc Máx (A)				
				Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)	R (mOhm)	X (mOhm)	Rec (mOhm)	Xcc (mOhm)	Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)		R (mOhm)	X (mOhm)	Rec (mOhm)	Xcc (mOhm)
L10.1	10,00	2	1,50	12,34	0	123,4	0,000	208,820	0,000	12,34	0	123,4	0,000	208,820	0,000	551
L10.1	12,00	2	1,50	12,34	0	148,08	0,000	233,500	0,000	12,34	0	148,08	0,000	233,500	0,000	493
L10.2	10,00	2	2,50	7,4	0	74	0,000	159,420	0,000	7,4	0	74	0,000	159,420	0,000	721
L11.1	4,00	2	1,50	12,34	0	43,36	0,000	134,780	0,000	12,34	0	43,36	0,000	134,780	0,000	953
L11.1	8,00	2	1,50	12,34	0	74,04	0,000	159,460	0,000	12,34	0	74,04	0,000	159,460	0,000	721
L11.2	4,00	2	2,50	7,4	0	29,6	0,000	115,020	0,000	7,4	0	29,6	0,000	115,020	0,000	1000
L12.1	17,00	2	1,50	12,34	0	209,78	0,000	295,200	0,000	12,34	0	209,78	0,000	295,200	0,000	390
L12.1	19,00	2	1,50	12,34	0	234,46	0,000	319,880	0,000	12,34	0	234,46	0,000	319,880	0,000	360
L12.2	17,00	2	2,50	7,4	0	125,8	0,000	211,220	0,000	7,4	0	125,8	0,000	211,220	0,000	644
L13.1	19,00	2	1,50	12,34	0	234,46	0,000	319,880	0,000	12,34	0	234,46	0,000	319,880	0,000	360
L13.1	21,00	2	1,50	12,34	0	259,14	0,000	344,560	0,000	12,34	0	259,14	0,000	344,560	0,000	334
L13.2	19,00	2	2,50	7,4	0	140,6	0,000	226,020	0,000	7,4	0	140,6	0,000	226,020	0,000	509
L14.1	21,00	2	1,50	12,34	0	259,14	0,000	344,560	0,000	12,34	0	259,14	0,000	344,560	0,000	334
L14.1	23,00	2	1,50	12,34	0	283,82	0,000	369,240	0,000	12,34	0	283,82	0,000	369,240	0,000	311
L14.2	21,00	2	2,50	7,4	0	155,4	0,000	240,820	0,000	7,4	0	155,4	0,000	240,820	0,000	478
L15.1	35,00	2	1,50	12,34	0	431,9	0,000	517,320	0,000	12,34	0	431,9	0,000	517,320	0,000	222
L16.1	26,00	2	1,50	12,34	0	320,84	0,000	406,260	0,000	12,34	0	320,84	0,000	406,260	0,000	283
L16.1	28,00	2	1,50	12,34	0	345,52	0,000	430,940	0,000	12,34	0	345,52	0,000	430,940	0,000	267
L16.2	26,00	2	2,50	7,4	0	192,4	0,000	277,820	0,000	7,4	0	192,4	0,000	277,820	0,000	414
L17.1	28,00	2	1,50	12,34	0	345,52	0,000	430,940	0,000	12,34	0	345,52	0,000	430,940	0,000	267
L17.1	30,00	2	1,50	12,34	0	370,2	0,000	455,620	0,000	12,34	0	370,2	0,000	455,620	0,000	252
L17.2	28,00	2	2,50	7,4	0	207,2	0,000	292,620	0,000	7,4	0	207,2	0,000	292,620	0,000	393

Fase	
Rec (Anterior):	106,560
Xcc (Anterior):	0,000
Neutro	
Rec (Anterior):	106,560
Xcc (Anterior):	0,000

Denominación	L (m)	Tipo	S	Fase				Neutro				Icc Mín (A)				
				Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)	R (mOhm)	X (mOhm)	Rec (mOhm)	Xcc (mOhm)	Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)		R (mOhm)	X (mOhm)	Rec (mOhm)	Xcc (mOhm)
L10.1	10	2	1,50	14,81	0	148,1	0,000	254,680	0,000	14,81	0	148,1	0,000	254,680	0,000	452
L10.1	12	2	1,50	14,81	0	177,72	0,000	284,280	0,000	14,81	0	177,72	0,000	284,280	0,000	405
L10.2	10	2	2,50	8,88	0	88,8	0,000	195,360	0,000	8,88	0	88,8	0,000	195,360	0,000	589
L11.1	4	2	1,50	14,81	0	53,24	0,000	165,800	0,000	14,81	0	53,24	0,000	165,800	0,000	694
L11.1	6	2	1,50	14,81	0	88,86	0,000	195,420	0,000	14,81	0	88,86	0,000	195,420	0,000	588
L11.2	4	2	2,50	8,88	0	35,52	0,000	142,080	0,000	8,88	0	35,52	0,000	142,080	0,000	809
L12.1	17	2	1,50	14,81	0	251,77	0,000	359,330	0,000	14,81	0	251,77	0,000	359,330	0,000	321
L12.1	19	2	1,50	14,81	0	281,39	0,000	387,950	0,000	14,81	0	281,39	0,000	387,950	0,000	296
L12.2	17	2	2,50	8,88	0	150,96	0,000	257,520	0,000	8,88	0	150,96	0,000	257,520	0,000	447
L13.1	19	2	1,50	14,81	0	281,39	0,000	387,950	0,000	14,81	0	281,39	0,000	387,950	0,000	296
L13.1	21	2	1,50	14,81	0	311,01	0,000	417,570	0,000	14,81	0	311,01	0,000	417,570	0,000	275
L13.2	19	2	2,50	8,88	0	168,72	0,000	275,280	0,000	8,88	0	168,72	0,000	275,280	0,000	418
L14.1	21	2	1,50	14,81	0	311,01	0,000	417,570	0,000	14,81	0	311,01	0,000	417,570	0,000	275
L14.1	23	2	1,50	14,81	0	340,63	0,000	447,190	0,000	14,81	0	340,63	0,000	447,190	0,000	257
L14.2	21	2	2,50	8,88	0	186,48	0,000	293,040	0,000	8,88	0	186,48	0,000	293,040	0,000	392
L15.1	35	2	1,50	14,81	0	518,35	0,000	624,910	0,000	14,81	0	518,35	0,000	624,910	0,000	184
L16.1	26	2	1,50	14,81	0	385,06	0,000	491,620	0,000	14,81	0	385,06	0,000	491,620	0,000	234
L16.1	28	2	1,50	14,81	0	414,68	0,000	521,240	0,000	14,81	0	414,68	0,000	521,240	0,000	221
L16.2	26	2	2,50	8,88	0	230,88	0,000	327,440	0,000	8,88	0	230,88	0,000	327,440	0,000	341
L17.1	28	2	1,50	14,81	0	414,68	0,000	521,240	0,000	14,81	0	414,68	0,000	521,240	0,000	221
L17.1	30	2	1,50	14,81	0	444,3	0,000	550,860	0,000	14,81	0	444,3	0,000	550,860	0,000	209
L17.2	28	2	2,50	8,88	0	248,64	0,000	355,200	0,000	8,88	0	248,64	0,000	355,200	0,000	324

Tablas 25 y 26. Cálculo de corrientes de cortocircuito cuadro secundario 1.

Cuadro General de SECUNDARIO 2

Fase	
Rec (Anterior):	116,320
Xcc (Anterior):	0,000
Neutro	
Rec (Anterior):	116,320
Xcc (Anterior):	0,000

Denominación	L (m)	Tipo	S	Fase				Neutro				Icc Máx (A)				
				Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)	R (mOhm)	X (mOhm)	Rec (mOhm)	Xcc (mOhm)	Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)		R (mOhm)	X (mOhm)	Rec (mOhm)	Xcc (mOhm)
L18.1	3,00	2	1,50	12,34	0	37,02	0,000	153,340	0,000	12,34	0	37,02	0,000	153,340	0,000	730
L18.1	4,00	2	1,50	12,34	0	49,36	0,000	165,680	0,000	12,34	0	49,36	0,000	165,680	0,000	694
L18.2	3,00	2	2,50	7,4	0	22,2	0,000	138,520	0,000	7,4	0	22,2	0,000	138,520	0,000	830

Fase	
Rec (Anterior):	143,560
Xcc (Anterior):	0,000
Neutro	
Rec (Anterior):	143,560
Xcc (Anterior):	0,000

Denominación	L (m)	Tipo	S	Fase				Neutro				Icc Mín (A)				
				Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)	R (mOhm)	X (mOhm)	Rec (mOhm)	Xcc (mOhm)	Ru (mOhm/m)	Xu (mOhm/m)		R (mOhm)	X (mOhm)	Rec (mOhm)	Xcc (mOhm)
L18.1	3	2	1,50	14,81	0	44,43	0,000	187,990	0,000	14,81	0	44,43	0,000	187,990	0,000	612
L18.1	4	2	1,50	14,81	0	59,24	0,000	202,800	0,000	14,81	0	59,24	0,000	202,800	0,000	567
L18.2	3	2	2,50	8,88	0	26,64	0,000	170,200	0,000	8,88	0	26,64	0,000	170,200	0,000	676

Tablas 27 y 28. Cálculo de corrientes de cortocircuito cuadro secundario 2

2.8. Cálculo Protecciones

Las protecciones han sido calculadas mediante la utilización de los excels de la asignatura de Baja tensión y han sido comprobadas posteriormente con el programa informático demelect.

DIFERENCIALES						
ID	I _b (A)	I _n (A)	Sensib. (mA)	Nº Polos	Clase	Tipo Disparo
IDPS1	29,93	40	300,00	4,00	AC	Instantáneo
IDP1	3,26	40	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP2	3,26	40	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP3	3,26	40	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP4	3,26	40	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP5	3,26	40	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP6	0,14	40	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP7	0,14	40	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP8	0,27	40	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP9	18,96	25	300,00	4,00	AC	Instantáneo
IDP10	0,22	25	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP11	2,17	25	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP12	1,30	25	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP13	1,30	25	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP14	1,30	25	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP15	1,63	25	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP16	0,22	25	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP17	0,22	25	30,00	2,00	AC	Instantáneo
IDP18	0,14	25	30,00	2,00	AC	Instantáneo

Tabla 29. Cálculo de interruptores diferenciales.

Para el caso de los diferenciales se debe cumplir la siguiente igualdad:

$$I_B \leq I_N$$

Como se puede observar se cumple la igualdad citada en todas las líneas. Para la línea IDPS1 que es la denominada para la derivación se pone una sensibilidad de 300mA ya que tiene que soportar todas las cargas. También se escoge una sensibilidad de 300 mA para la línea 9 denominada IDP9 ya que es un motor. Para el resto de líneas al ser líneas de alumbrado sobra con una sensibilidad de 30mA.

Las intensidades nominales de los diferenciales son las siguientes:

Intensidades Nominales
25 A, 40 A, 63 A, 80 A y 100 A
Bipolares y Tetrapolares

Figura 2. Intensidades nominales Interruptores diferenciales

Para el caso de los magnetotérmicos se debe tener en cuenta el tipo de curva del equipo según las cargas que van a proteger, en este caso son todas curva C ya que son para alumbrado tomas de corriente et, a excepción de dos líneas con curva D ya que una es para la línea de la derivación individual y soporta todas las cargas y la otra curva D es la del magnetotérmico que protege la línea 9 que en este caso es la máquina de climatización.

Para la elección del magnetotérmico se ha tenido en cuenta la Ib y se ha observado la tabla Tabla 5. Calibres PIAs.

Protección mediante INTERRUPTORES MAGNETOTERMICOS										
ID	Nº Polos	Ib (A)	In (A)	Iz (A)	Iccmáx (A)	Iccmín (A)	P.corte (kA)	Irm (A)	Tipo Curva	TIEMPO
IMG	4	29,93	40,00	75,00	4236	3320	6,00	800	D	0,26
IM1.1	2	0,87	10,00	14,50	646	528	6,00	100	C	0,07
IM1.2	2	3,26	16,00	20,00	895	726	6,00	160	C	0,10
IM2.1	2	0,87	10,00	14,50	506	415	6,00	100	C	0,12
IM2.2	2	3,26	16,00	20,00	727	593	6,00	160	C	0,16
IM3.1	2	0,87	10,00	14,50	416	342	6,00	100	C	0,17
IM3.2	2	3,26	16,00	20,00	613	501	6,00	160	C	0,22
IM4.1	2	0,87	10,00	14,50	340	280	6,00	100	C	0,26
IM4.2	2	3,26	16,00	20,00	512	420	6,00	160	C	0,32
IM5.1	2	0,43	10,00	14,50	353	291	6,00	100	C	0,24
IM5.2	2	3,26	16,00	20,00	529	434	6,00	160	C	0,30
IM6.1	2	0,14	10,00	14,50	646	528	6,00	100	C	0,07
IM6.2	2	1,09	16,00	20,00	895	726	6,00	160	C	0,10
IM7.1	2	0,14	10,00	14,50	750	611	6,00	100	C	0,05
IM7.2	2	1,09	16,00	20,00	1011	818	6,00	160	C	0,08
IM8.1	2	0,27	10,00	14,50	210	174	6,00	100	C	0,68
IM8.2	2	3,26	16,00	20,00	416	342	6,00	160	C	0,48
IM9	4	18,96	20,00	24,00	782	612	6,00	400	D	0,35
IMCS1	4	25,22	32,00	36,00	1346	1079	6,00	320	C	0,26
IM10.1	2	0,22	10,00	14,50	551	452	6,00	100	C	0,10
IM10.2	2	2,17	16,00	20,00	721	589	6,00	160	C	0,16
IM11.1	2	0,22	10,00	14,50	853	694	6,00	100	C	0,04
IM11.2	2	2,17	16,00	20,00	1000	809	6,00	160	C	0,08
IM12.1	2	1,30	10,00	14,50	390	321	6,00	100	C	0,20
IM12.2	2	3,26	16,00	20,00	544	447	6,00	160	C	0,28
IM13.1	2	1,30	10,00	14,50	360	296	6,00	100	C	0,23
IM13.2	2	3,26	16,00	20,00	509	418	6,00	160	C	0,32
IM14.1	2	1,30	10,00	14,50	334	275	6,00	100	C	0,27
IM14.2	2	3,26	16,00	20,00	478	392	6,00	160	C	0,36
IM15	2	1,63	10,00	14,50	222	184	6,00	100	C	0,60
IM16.1	2	0,22	10,00	14,50	283	234	6,00	100	C	0,37
IM16.2	2	2,17	16,00	20,00	414	341	6,00	160	C	0,48
IM17.1	2	0,22	10,00	14,50	267	221	6,00	100	C	0,42
IM17.2	2	2,17	16,00	20,00	393	324	6,00	160	C	0,54
IMCS2	2	2,34	16,00	14,50	989	801	6,00	160	C	0,49
IM18.1	2	0,14	10,00	14,50	750	612	6,00	100	C	0,05
IM18.2	2	2,17	16,00	20,00	830	676	6,00	160	C	0,12

Tabla 30. Cálculo de interruptores magnetotérmicos.

Para la línea IMC1 se observa que se debería poner un magneto de 4 polos de 32 A pero según los cálculos realizados en el demElect obtenemos los siguientes valores:

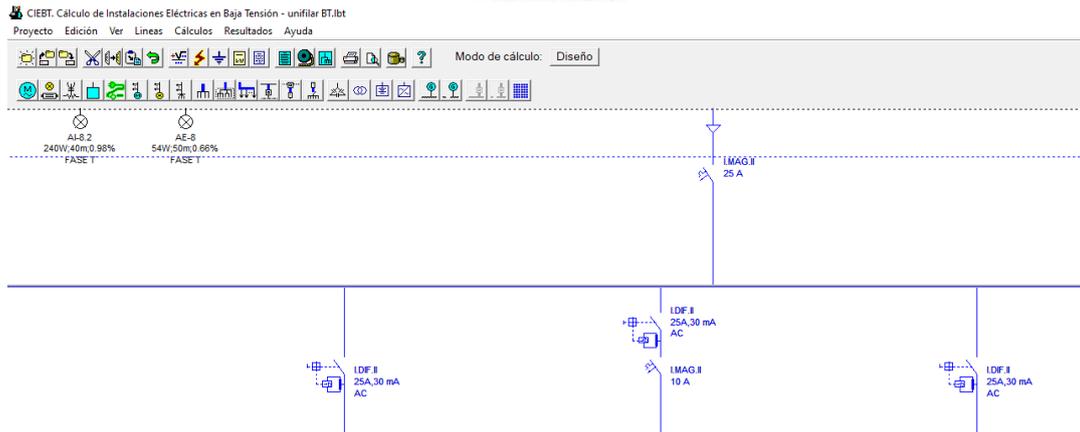


Figura 3. Cálculo de protección interruptor general cuadro secundario 1. Fuente Demelect.

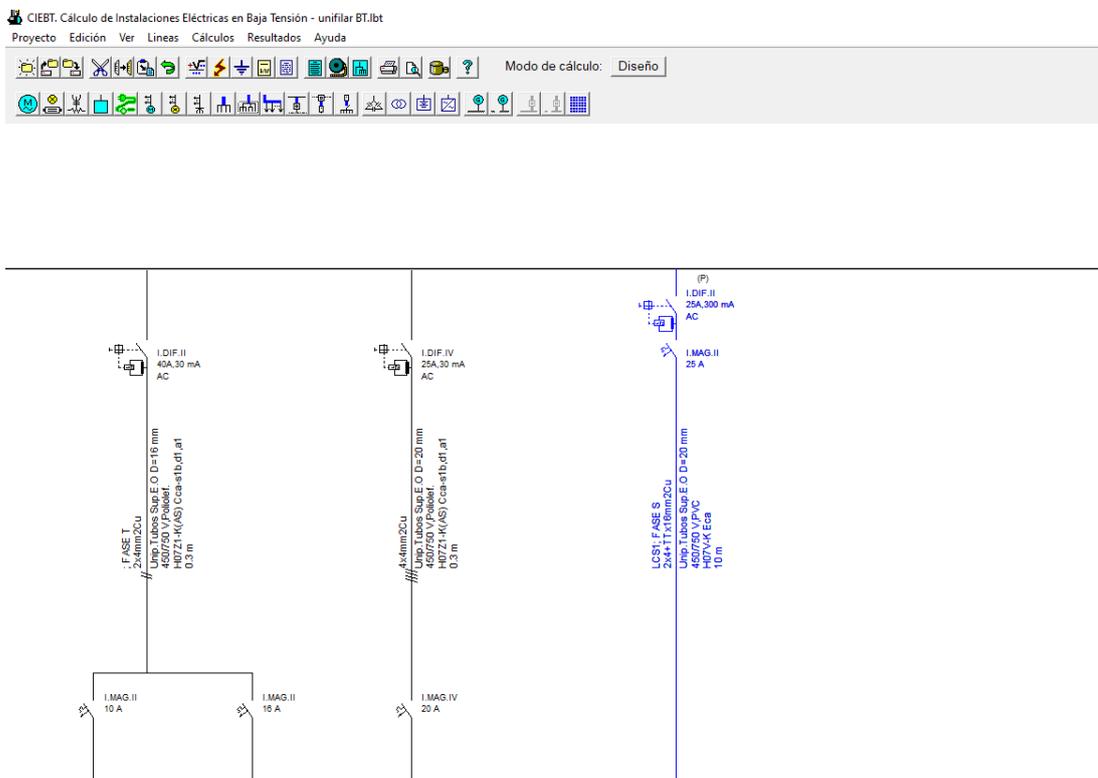


Figura 4. Cálculo de protección línea a cuadro secundario 1. Fuente Demelect.

Como podemos observar en la figura a la entrada del cuadro secundario hay un magnetotérmico de 25 A y aguas arriba va precedido por otro magnetotérmico de 25 A y un diferencial de 25 A. Por lo tanto, no haría falta poner uno de 32A

2.9. Cálculo diámetros tubo

Los diámetros de tubo se encuentran reflejados en el esquema unifilar. Para ello ha sido utilizada la Tabla 10. Diámetros de tubos protectores.

2.10. Cálculo de ventilación(garajes)

No procede para el presente proyecto.

2.11. Cálculo aforo del local

Para el cálculo del aforo se acude al Código técnico de la edificación (CTE) el cual se encuentra plenamente en vigor.

También se toman los siguientes valores de densidad reflejados en la tabla 2.1 del apartado 2 de la sección 3 – Evacuación de ocupantes del Documento Básico DB SI Seguridad en Caso de incendio contenido en el CTE para uso administrativo y para las diversas zonas que componen el edificio:

ZONAS	AFORO
Administrativa	1 persona/10 m ²
Formación	1 persona/1,5 m ²
Recepción	1 persona/2 m ²

Tabla 31. Valores densidad de aforo.

Siguiendo estas indicaciones tendremos una ocupación teórica de:

RECINTO	SUP. ÚTIL(m ²)	AFORO
AULA 1	20,00	14 personas
AULA 2	21,50	14 personas
AULA 3	20,00	14 personas
AULA 4	19,50	13 personas
AULA 5	11,20	8 personas
ASEO 1	7,85	4 personas
ASEO 2	7,30	4 personas
ACCESOS	15,70	8 personas
PASILLO	39,40	20 personas
SECRETARIA	13,53	2 personas
DIRECCIÓN	5,67	1 persona
SALA DE ENSAYOS	105,70	71 personas
RECEPCIÓN	11,50	6 personas
AFORO TOTAL		143 personas

Tabla 32. Valores densidad de aforo.

3. Pliego de condiciones

3.1. Calidad de los materiales

3.1.1. Conductores eléctricos

Para la instalación de interior se utilizarán conductores de cobre con un aislamiento de 450/750 V correspondientes con la denominación ES07Z1-K, siendo no propagadores de incendio, con emisión de humos y opacidad reducida.

Para la derivación individual se utilizarán cables de cobre con un nivel de aislamiento nominal de 0.6/1 kV correspondientes con la denominación RZ1-K XLPE con aislamiento de polietileno reticulado, siendo no propagadores del incendio, con emisión de humos y opacidad reducida.

3.1.2. Conductores de protección

Se utilizan conductores de cobre con aislamiento de 450/750 V correspondientes con la denominación ES07Z1-K, siendo no propagadores de incendio, con emisión de humos y opacidad reducida.

3.1.3. Identificación de los conductores

Serán identificados mediante los siguientes colores:

- Marrón, negro o gris para las fases.
- Azul claro para el neutro.
- Amarillo-verde para el conductor de protección.

Estos colores son los asignados por la ITC-BT-19.

3.1.4. Tubos protectores

- **Montaje superficial**

Las canalizaciones se realizarán mediante tubo rígido de PVC, no propagador de la llama según el código 4321 y según norma UNE-EN 50.086-2-1. Todo ello viene descrito según la norma ITC-BT-21.

Los diámetros deben permitir fácil alojamiento y extracción de los conductores, según norma ITC-BT-21.

- **Montaje empotrado**

Las canalizaciones se realizarán en montaje empotrado en obra mediante tubo flexible, no propagador de la llama según el código 2221 y según norma UNE-EN 50.086-2-3. Todo ello viene descrito según la norma ITC-BT-21.

Los diámetros deben permitir fácil alojamiento y extracción de los conductores, según norma ITC-BT-21.

- **Montaje al aire**

Las canalizaciones al aire son las utilizadas para la maquinaria, en este caso la bomba de calor del aire acondicionado. La instalación se realizará mediante tubo flexible no propagador de la llama según código 4321 y según norma UNE-EN 50.086-2-3. Todo ello viene descrito en la norma ITC-BT-21.

Los diámetros deben permitir fácil alojamiento y extracción de los conductores, según norma ITC-BT-21.

3.1.5. Cajas de empalmes y derivación

- Serán de material aislante y no propagador de la llama.
- Si son cajas metálicas se protegerán contra la corrosión.
- Las dimensiones de dichas cajas han de permitir que se puedan alojar holgadamente todos los conductores.
- Su profundidad deberá tener un mínimo de 40mm y su lado interior tendrá un mínimo de 60mm.
- Deben ser estancas, lo cual se debe garantizar mediante el uso de racores o prensaestopas adecuadas.

3.1.6. Aparatos de maniobra y mando

Deberán estar fabricados acorde a las normas UNE que les sean de aplicación según cada caso, además de haber sido sometidos a los controles necesarios calibraciones.

3.1.7. Aparatos de protección

Deberán estar fabricados acorde a las normas UNE que les sean de aplicación según cada caso, además de haber sido sometidos a los controles necesarios calibraciones.

3.2. Normas de ejecución de las instalaciones

Descritas en su apartado correspondiente.

3.3. Pruebas reglamentarias

Se realizarán verificaciones del aislamiento que presenta con relación a tierra y entre conductores mediante la utilización de un generador de corriente continua capaz de suministrar la tensión de ensayo de 500V con una corriente de 1mA y según especifica la tabla 3 de la Instrucción ITC-BT-19 apartado 2.9 la resistencia de aislamiento debe ser igual o superior a 500000 Ohmios.

3.4. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

La instalación solo puede ser manipulada por personal cualificado para ello. En ningún caso puede ser manipulada por parte del titular de la instalación.

Se realizarán revisiones periódicas de la instalación, realizando comprobaciones del correcto funcionamiento de los interruptores diferenciales y magnetotérmicos, comprobaciones del nivel aislamiento y que no exista la posibilidad de contactos indirectos.

3.5. Certificados y documentación

Una vez terminada la instalación se entregará en el Servei Territorial de Industria el certificado de fin de obra, firmado por el director de la misma y visado por el colegio oficial correspondiente, también se adjuntará el Certificado de instalaciones eléctricas, el cual estará firmado por el instalador autorizado.

3.6. Libro de ordenes

Libro donde se reflejarán las incidencias que hayan ocurrido durante la ejecución de la instalación y de las posibles observaciones a añadir para la mejora de la instalación.

4. Presupuesto instalación Baja tensión

El presupuesto total de la instalación de baja tensión asciende al precio de 9899,002€ y está desglosado en tres capítulos, los cuales son los siguientes:

Capítulo 1: Cableado Eléctrico			
Presupuesto			
Material	Cantidad (m)	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
Cable RZ1-K (AS) 0,6/1kV 16mm ²	50	3,28	164
Cable flexible 1.5mm ² Libre de halógenos Negro 750V H07z1-k	400	0,18068	72,272
Cable flexible 1.5mm ² Libre de halógenos Marrón 750V H07z1-k	400	0,18068	72,272
Cable flexible 1.5mm ² Libre de halógenos Azul 750V H07z1-k	400	0,18068	72,272
Cable flexible 1.5mm ² Libre de halógenos Amarillo/verde 750V H07z1-k	400	0,18068	72,272
Cable flexible 2.5mm ² Libre de halógenos Negro 750V H07z1-k	400	0,28955	115,82
Cable flexible 2.5mm ² Libre de halógenos Azul 750V H07z1-k	400	0,28955	115,82
Cable flexible 2,5mm ² Libre de halógenos Amarillo/verde 750V H07z1-k	400	0,28955	115,82
Cable flexible 4mm ² Libre de halógenos Negro 750V H07z1-k	300	0,44267	132,801
Cable flexible 4mm ² Libre de halógenos Gris 750V H07z1-k	300	0,44267	132,801
Cable flexible 4mm ² Libre de halógenos Marrón 750V H07z1-k	300	0,44267	132,801
Cable flexible 4mm ² Libre de halógenos Azul 750V H07z1-k	400	0,18068	72,272
Cable flexible 4mm ² Libre de halógenos Amarillo/verde 750V H07z1-k	400	0,18068	72,272
Tubo corrugado de 16mm	300	0,10597	31,791
Tubo corrugado de 20mm	600	0,12503	75,018
Tubo corrugado de 25mm	600	0,16558	99,348
Puntera hueca 4mm	100	0,0151	1,51
TOTAL(€)			1551,162

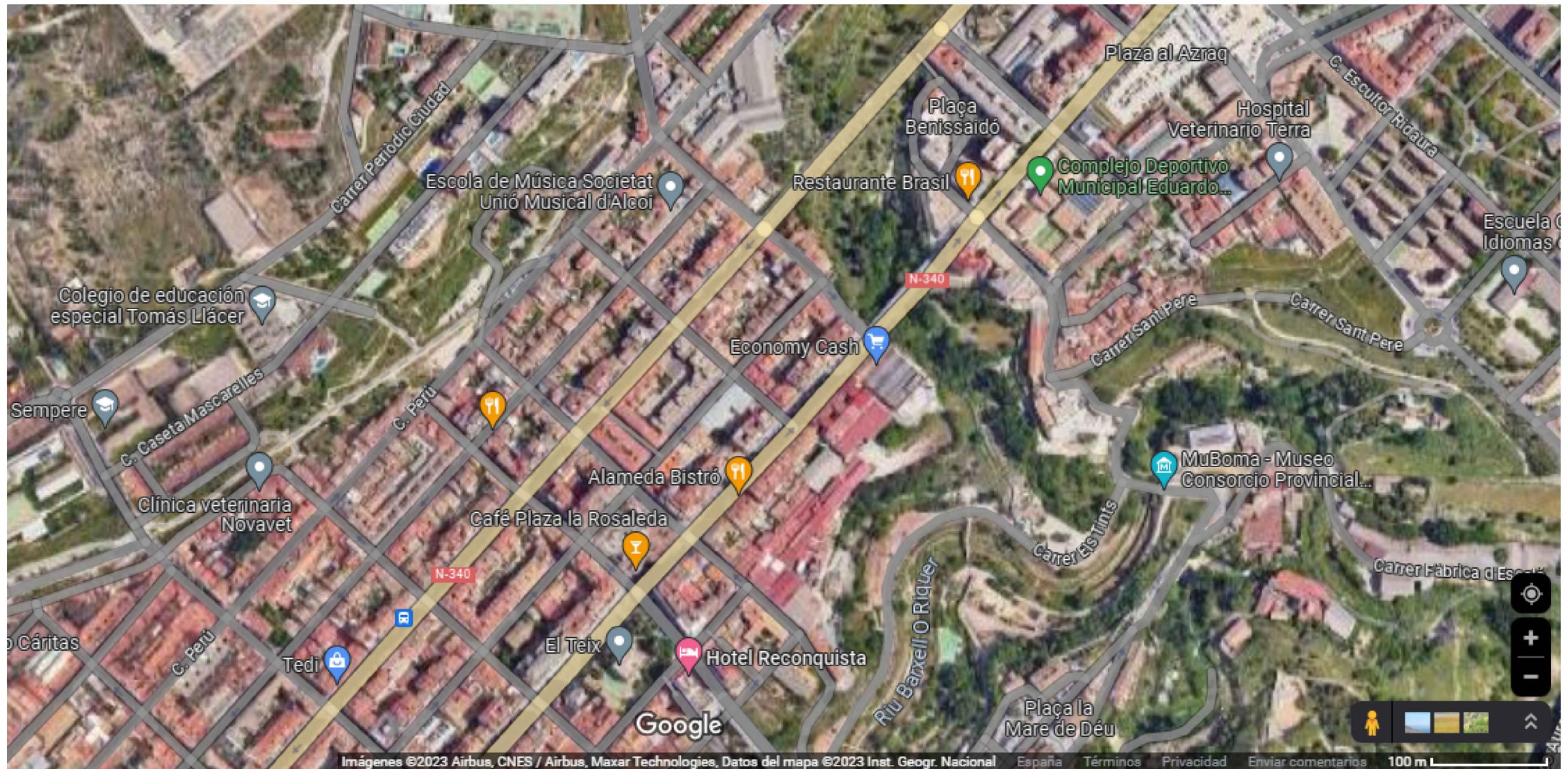
Capítulo 2: Elementos de protección			
Presupuesto			
Material	Unidades	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
Int.automático general 4P C50 6kA Gewiss	1	47	47
Int. Magnetotérmico 4P C25 6kA Gewiss	1	20	20
Int. Magnetotérmico 1P+N C25 6kA	12	2,75	33
Diferencial 25A 1P+N 30mA Gewiss	8	10	80
Diferencial 40A 1P+N 30mA Gewiss	8	10	80
Magnetotérmico 10A 1P+N 30mA Gewiss	17	5,35	90,95
Magnetotérmico 16A 1P+N 30mA Gewiss	16	9,5	152
Cuadro distribución estanco 36 módulos IP65 Gewiss	1	160	160
Cuadro distribución estanco 24 módulos IP65 Gewiss	1	111	111
Cuadro distribución estanco 12 módulos IP65 Gewiss	1	70,4	70,4
TOTAL(€)			844,35

Capítulo 3: Luminarias y tomas de corriente			
Presupuesto			
Material	Unidades	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
Panel LED 60x60 40W Phillips	46	19	874
Dow.Extrafino Gama 25W Blanco Redondo	3	9,25	27,75
Aplique escalera 25W Blanco	3	8,9	26,7
Alumbrado de emergencia 200 lúmenes serie 10 Aerlux	27	13,33	359,91
Proyector LED 100W Phillips	3	39,95	119,85
Interruptor/Conmutador Simon S270 Blanco	23	3,79	87,17
Tomas de corriente Schuko 2P+T 16A 250V	39	2,14	83,46
Toma Schuko Superficie gris Legrand	39	8,14	317,46
Marco 1 elemento Horizontal/ vertical blanco	62	0,92	57,04
TOTAL			1953,34

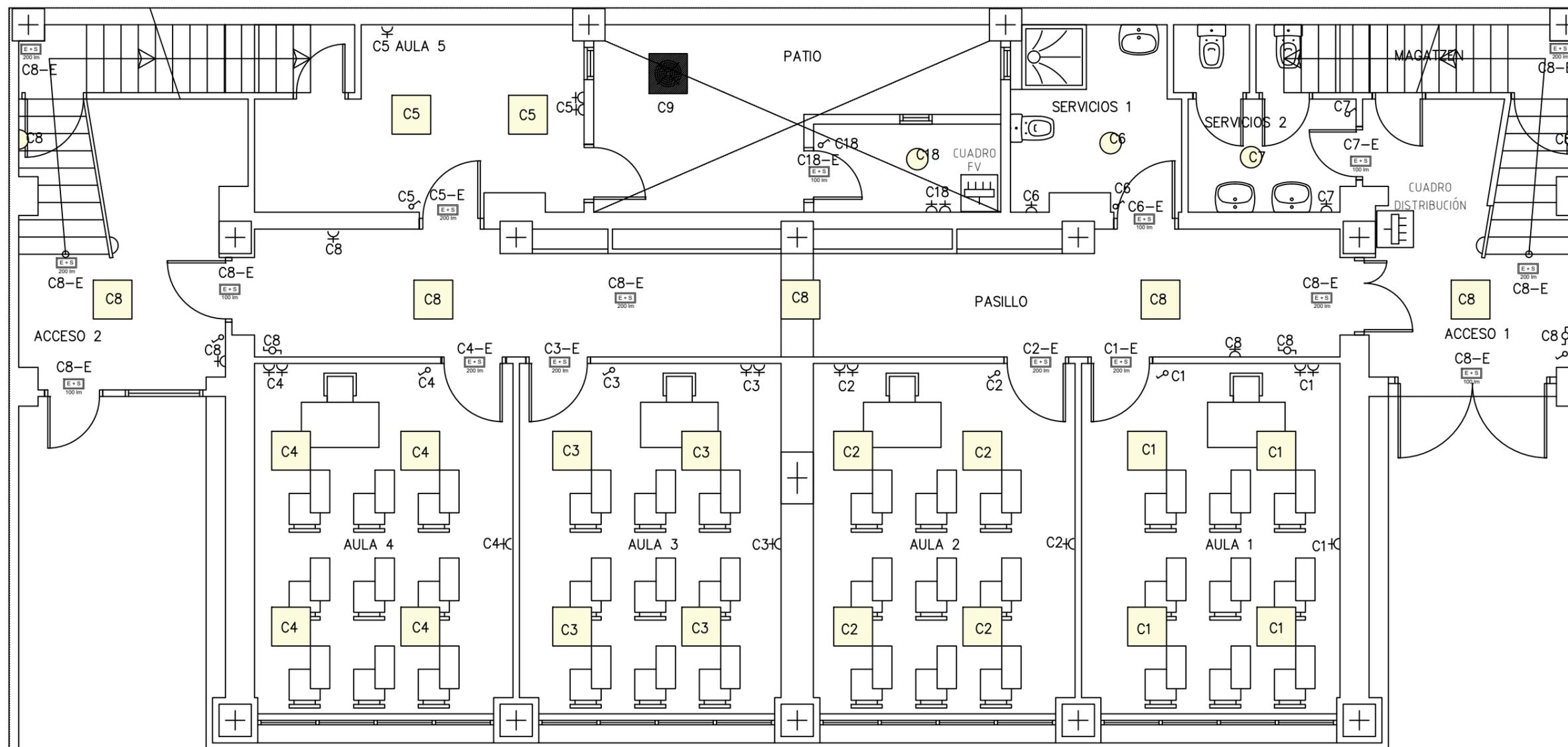
Capítulo 4: Mano de obra			
Presupuesto			
Material	Cantidad (h)	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
Oficial 1ª electricista.	126	25	3150
Ayudante electricista.	126	20	2520
TOTAL			5670

5. Planos

- 5.1. Plano de situación
- 5.2. Plano de planta baja
- 5.3. Plano de planta primera
- 5.4. Esquema unifilar



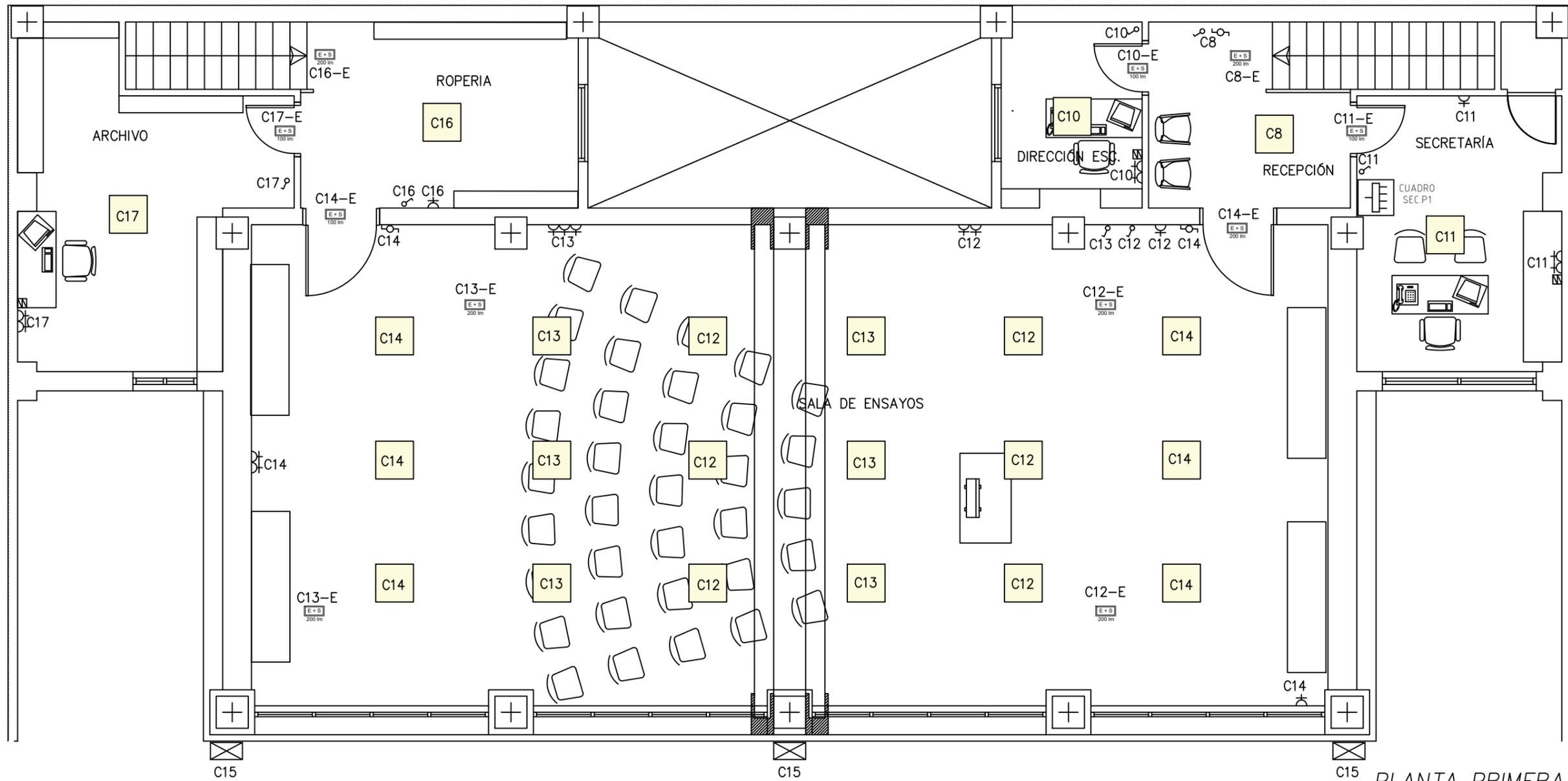
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	PLANO: Situación		PLANO Nº: 1
	ESCALA: 1:100	FECHA: 25/05/2023	SITUACIÓN: Alcoy (Alicante)
PROYECTO: INSTALACIÓN BT Y FOTOVOLTAICA EN ESCUELA DE MÚSICA			AUTOR: Mateo Egea Igual



PLANTA BAJA

LEYENDA DE ELECTRICIDAD	
	CUADRO DISTRIBUCION Y PROTECCION
	CUADRO SECUNDARIO FOTOVOLTAICA
	PANEL LED 60x60cm 40W
	LUMINARIA LED D.22mm 20W
	APLIQUE PARED 25W
	BOMBA CALOR AIRE ACONDICIONADO
	INTERRUPTOR COLOCADO.
	CONMUTADOR COLOCADO
	BASE DE ENCHUFE DE 16 A. COLOCADA
	LUZ DE EMERGENCIA 100lm
	LUZ DE EMERGENCIA 200lm

<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI</p>	PLANO: Alumbrado y tomas de corriente Planta Baja		PLANO Nº: 2
	ESCALA: 1:100	FECHA: 05/05/2023	SITUACIÓN: Alcoy (Alicante)
PROYECTO: INSTALACIÓN BT Y FOTOVOLTAICA EN ESCUELA DE MÚSICA			AUTOR: Mateo Egea Igual



PLANTA PRIMERA

LEYENDA DE ELECTRICIDAD	
	CUADRO SECUNDARIO PLANTA 1
	PANEL LED 60x60cm 40W
	LUMINARIA LED D.22mm 20W
	LUZ DE EMERGENCIA 200lm
	LUZ DE EMERGENCIA 100lm
	ALUMBRADO EXTERIOR
	INTERRUPTOR COLOCADO.
	CONMUTADOR COLOCADO
	BASE DE ENCHUFE DE 16 A. COLOCADA
	LUZ DE EMERGENCIA 200lm
	LUZ DE EMERGENCIA 100lm
	TOMA RJ45

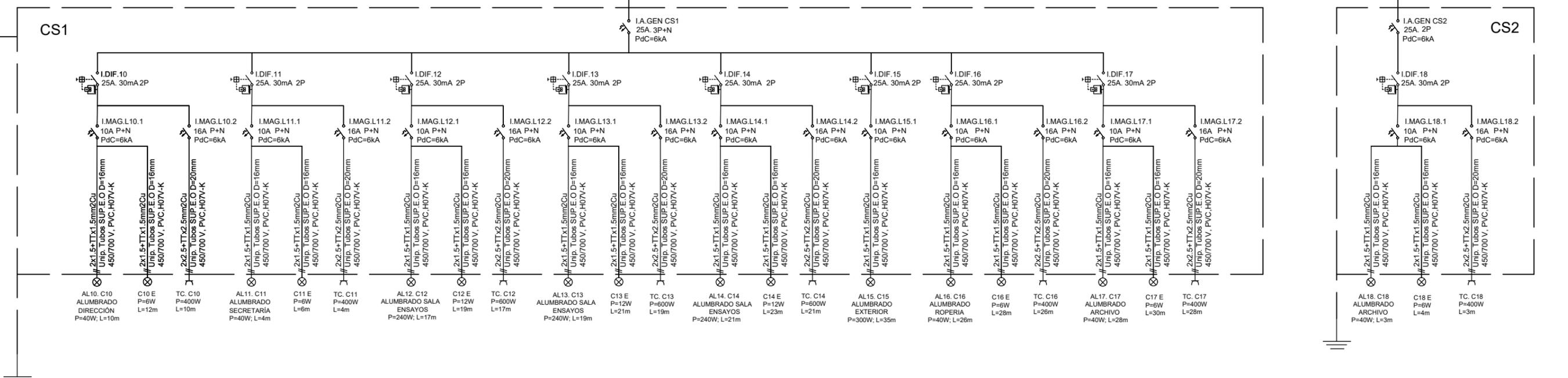
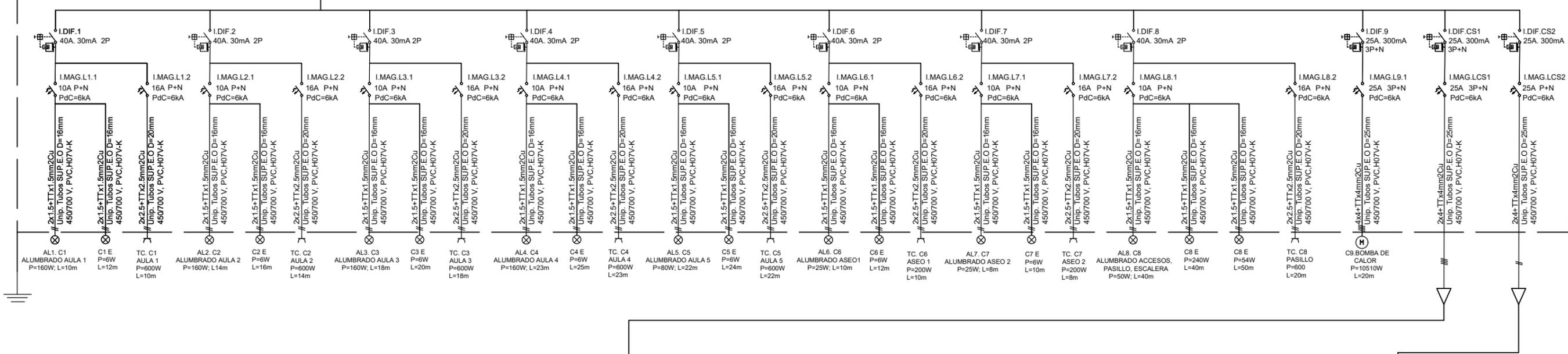
<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI</p>	PLANO: Alumbrado y tomas de corriente Planta Primera		PLANO Nº: 3
	ESCALA: 1:100	FECHA: 25/05/2023	SITUACIÓN: Alcoy (Alicante)
PROYECTO: INSTALACIÓN BT Y FOTOVOLTAICA EN ESCUELA DE MÚSICA			AUTOR: Mateo Egea Igual

P. inst 20737W

EQUIPO DE MEDIDA
DERIVACIÓN INDIVIDUAL:
4X16 | TTX16mm2Cu, D=63mm
1000 V, PVC,RZ1-K(A5)

INTERRUPTOR AUTOMÁTICO
GENERAL: 50A 3P+N 6kA

CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	PLANO: Esquema unifilar Instalación BT		PLANO N°: 4
	ESCALA: E/S	FECHA: 25/05/2023	SITUACIÓN: Alcoy (Alicante)
PROYECTO: INSTALACIÓN BT Y FOTOVOLTAICA EN ESCUELA DE MÚSICA		AUTOR: Mateo Egea Igual	

6. Anexos

6.1. Anexo I: Instalación fotovoltaica

6.1.1. Introducción Energía Solar

El sol es la fuente principal de vida en la Tierra, ya que puede satisfacer nuestras necesidades.

Además, genera una energía muy aprovechable ya que es inagotable y gratuita, y cada vez se necesita generar más energía eléctrica en el mundo, que además sea respetuosa con el medio ambiente.

La energía emitida por el Sol llega a la Tierra en forma de radiación, que al entrar en la atmósfera va poco a poco siendo absorbida o reflejada. De esta forma podremos hablar de tres tipos de radiación solar en la Tierra: la radiación directa, la difusa y la de albedo.

- **Radiación directa:** aquella que llega a la superficie terrestre sin que haya sido modificada su trayectoria, aunque sí es filtrada por la atmósfera.
- **Radiación difusa:** su trayectoria ha sido modificada debido a la dispersión en las distintas capas de la atmósfera.
- **Radiación de albedo:** es la radiación solar reflejada por cualquier superficie en la Tierra.

Es importante destacar la diferencia entre Radiación, Irradiancia (I) e Irradiación (H).

La primera es la potencia energética proveniente del Sol, por lo tanto, se mide en vatios (W). La Irradiancia es aquella radiación que incide en un instante sobre una superficie determinada (W/m^2) y la Irradiación sería la Irradiancia en un período de tiempo determinado (Wh/m^2).

6.1.2. Elementos de una instalación fotovoltaica

Una instalación fotovoltaica está compuesta por distintos equipos que conforman el sistema de producción eléctrica fotovoltaica. Cabe destacar que una instalación fotovoltaica puede estar conectada a la red, aislada. Y según el modelo de la instalación pueden aparecer elementos o no, por ejemplo, si funciona con baterías o no.

6.1.2.1. *Generador fotovoltaico*

El generador está compuesto por tres elementos los cuales son: célula, módulo y panel.

- **Célula:**

Es la encargada de transformar la radiación solar en energía eléctrica. Está formada por la unión de semiconductores dopados. El material base para la realización de los semiconductores es el silicio.

Hay diversos tipos de células. Células de lámina delgada y células solares orgánicas.

Las **células de lámina delgada** requieren menor uso de material, aunque su proceso tiende a ser más complejo. Esta dificultad se compensa con la ganancia en versatilidad del producto, ya que puede dar lugar a células flexibles, transparentes, de gran tamaño, etc. Esto es ideal para la integración arquitectónica.

Las **células solares orgánicas** constituyen una tecnología que ha crecido desde el año 2005 en investigación. Muchos investigadores ven en estas células la solución para la energía solar de bajo coste. Para producirlas se usan principalmente polímeros, y aunque su eficiencia no puede competir con el silicio, su uso es importante en aplicaciones características.

La fabricación de estas células es laboriosa, ya que hay grandes cantidades de silicio en la Tierra, pero el procesamiento de este material es muy complicado y por lo tanto aumentan los costes ya que requiere de procesos especiales para su fabricación.

El silicio reciclado procedente de la industria electrónica también sirve como materia prima para la fabricación de las células fotovoltaicas. En la actualidad se están estudiando materiales de mayor rendimiento.

Un dato a tener en cuenta es que para la fabricación de un panel solar todas las células que lo componen deben tener características similares.



Figura 5. Proceso fabricación panel solar

- **Panel solar o módulo fotovoltaico:**

- Su principal función es la de proporcionar energía a la instalación a partir de la irradiación solar.
- Un módulo fotovoltaico está formado por la interconexión de varias células solares en serie y/o paralelo, para adaptar el módulo a los niveles de tensión y corriente.
- Hay diferentes tipos de módulos: monocristalinos, policristalinos y amorfos.
- En los módulos monocristalinos la estructura es cristalina y completamente ordenada.



Figura 6. Panel monocristalino

- En los policristalinos la estructura está ordenada por regiones separadas.



Figura 7. Panel policristalino

- En los módulos amorfos se presenta un alto grado de desorden y un gran número de defectos estructurales en su combinación química. Son los más utilizados en instalaciones con conexión a red y permiten una mayor integración arquitectónica.



Figura 8. Panel amorfo

Para la realización de los cálculos se deben tener en cuenta una serie de características que tienen los paneles solares. Los datos siempre se extraen de la hoja de características del panel en concreto que vamos a utilizar. Estas características se observan en la curva I-V del panel.

- **Corriente de cortocircuito (I_{sc}):** intensidad máxima de corriente alcanzado en condiciones de cortocircuito.

- **Tensión a circuito abierto (V_{oc}):** tensión máxima cuando el sistema no posee cargas conectadas.
- **Tensión nominal (V_n):** Tensión de diseño a la que trabaja el panel. Por ejemplo: 12,24 o 48 V.
- **Potencia pico (P_p):** Es el punto correspondiente al máximo de la curva de potencia, y equivale al punto de máxima potencia en condiciones estándar, producidas en laboratorio para caracterizar los módulos. Estas condiciones son las siguientes: o Irradiancia de 1000W/m² o Temperatura en las células de 25 °C o Incidencia perpendicular de la radiación
- Intensidad y Tensión en el punto de máxima potencia (I_{pmp} y V_{pmp} respectivamente)
- **Factor de forma (FF):** es el cociente entre la potencia máxima real que da la célula y el producto de la I_{sc} por V_{oc} . Este valor varía poco de un dispositivo a otro y ronda entre el 0.7-0.8. Nos da una idea de la calidad de la célula, cuanto más aproximada a la unidad mejor será.

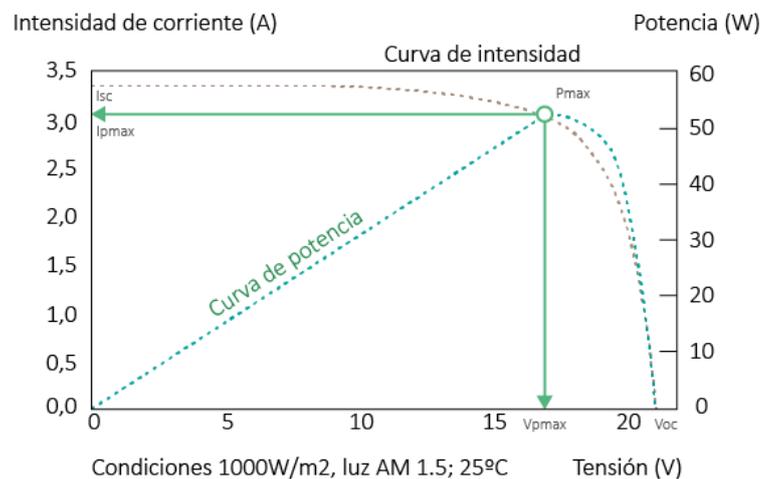


Figura 9. Curva I-V panel fotovoltaico

Es muy importante tener en cuenta que el rendimiento de un panel PV está muy ligado a la temperatura, de forma que hay que tener cuidado en la ubicación ya que normalmente el aumento de la intensidad luminosa acarrea una subida de la temperatura.

- **Conexión en serie o paralelo:**

- Conexión en serie:

Se conecta el polo positivo de un módulo con el polo negativo del siguiente. Con ello se aumenta la tensión y se mantiene el mismo valor de la intensidad.

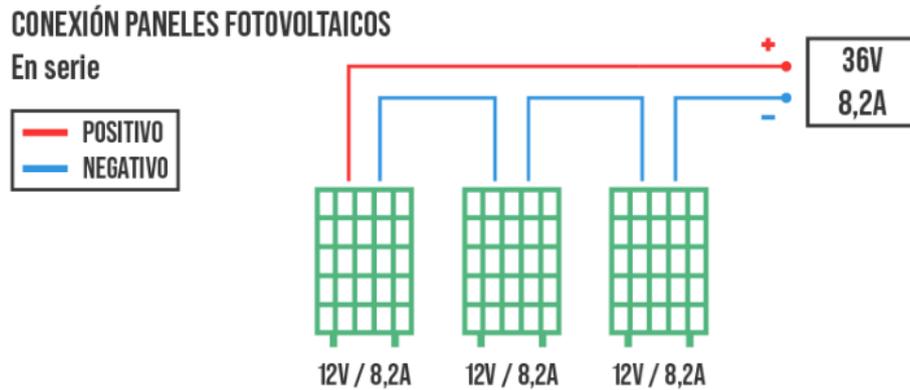


Figura 10. Conexión paneles fotovoltaicos en serie.

- Conexión en paralelo:

Se conectan todos los polos positivos y polos negativos por separado. Con ello se aumenta la intensidad.

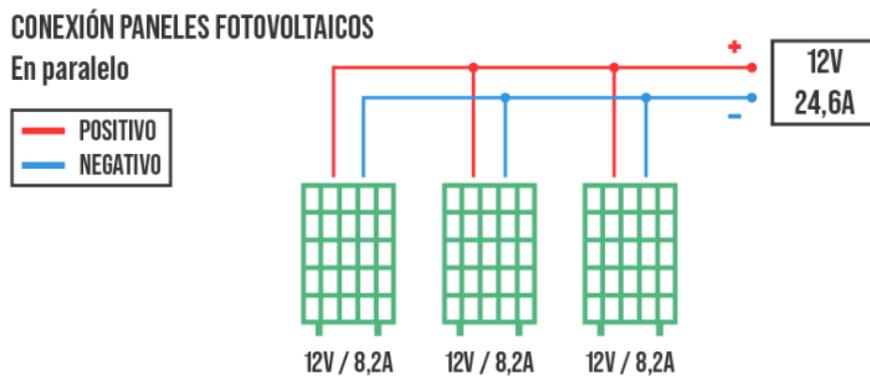


Figura 11. Conexión paneles fotovoltaicos en paralelo.

6.1.2.2. *Regulador de carga*

Es el encargado de controlar los procesos de carga y descarga de la batería. Los principales elementos que controla son:

- Tensión de sobrecarga de la batería (V_{sc}). Para evitar que una vez esté cargada la batería esta siga cargando.
- Tensión de rearme de carga (V_{rc}). Es la tensión de histéresis para reconectar el generador para cargar la batería.
- Tensión de corte de sobre descarga (V_{sc}). Valor de tensión que reconecta el consumo a la batería. Para evitar que en periodos de luz solar insuficiente si la batería se encuentra descargada que no continúe suministrando corriente a la instalación.
- Tensión de rearme de descarga (V_{rd}): valor de tensión que reconecta el consumo a la batería.

También debemos tener en cuenta que para la correcta conexión del sistema se debe de seguir un orden:

1. Cableado a baterías
2. Cableado a paneles
3. Cableado a las cargas

6.1.2.3. Baterías

Las baterías se suelen utilizar para instalaciones donde no se dispone de conexión eléctrica a la red o para soporte para instalaciones de autoconsumo como es el caso de este proyecto.

Centrándonos en las características de las baterías podemos introducir:

1. Capacidad (C): es un concepto fundamental y se refiere a la cantidad de energía que puede suministrar. Se mide en amperios hora (Ah), por lo que es función de la corriente de la descarga y el tiempo de la misma. Según los autores consultados (Cantos Serrano, 2016), en fotovoltaica se suele hablar de capacidad en cien horas de descarga (C100).

2. Tensión Nominal (VN): está normalizado y suele ser de 2, 6, 12, 24 o 48 V.

3. Tensión de carga (Vcar): la carga de una batería supone hacer un “esfuerzo eléctrico”, es decir, hay que vencer la tensión de la batería que tiende a la descarga. Por ello es necesario tener un valor de tensión de carga superior a la nominal. Al igual que al llenar un globo debemos ejercer presión.

4. Profundidad de descarga máxima (PDmax): “es el porcentaje de energía extraído en la descarga de una batería desde el punto de plena carga hasta alcanzar una tensión mínima” (Sanz Requena, 2009). Está acotado por el regulador. La profundidad de descarga está directamente relacionada con la vida útil de la batería.

5. Estado de carga (SOC, por sus siglas en inglés): cociente entre la capacidad actual de la batería y la que tiene a plena carga.

6. Régimen de carga o descarga: cociente entre la capacidad nominal de la batería y la corriente a la que se está cargando. Si atendemos a las unidades, nos daremos cuenta de que el cociente resulta que se mide en horas.

7. Eficiencia de carga (η_{car}): relación entre la energía que suministra la batería en su descarga y la necesaria para cargarla. Se mide en tanto por ciento.

8. Autodescarga (A): tendencia de pérdida de energía en situación de circuito abierto. Depende de la construcción de la batería y la temperatura.

Para las baterías igual que para los paneles fotovoltaicos también podemos realizar diferentes conexiones.

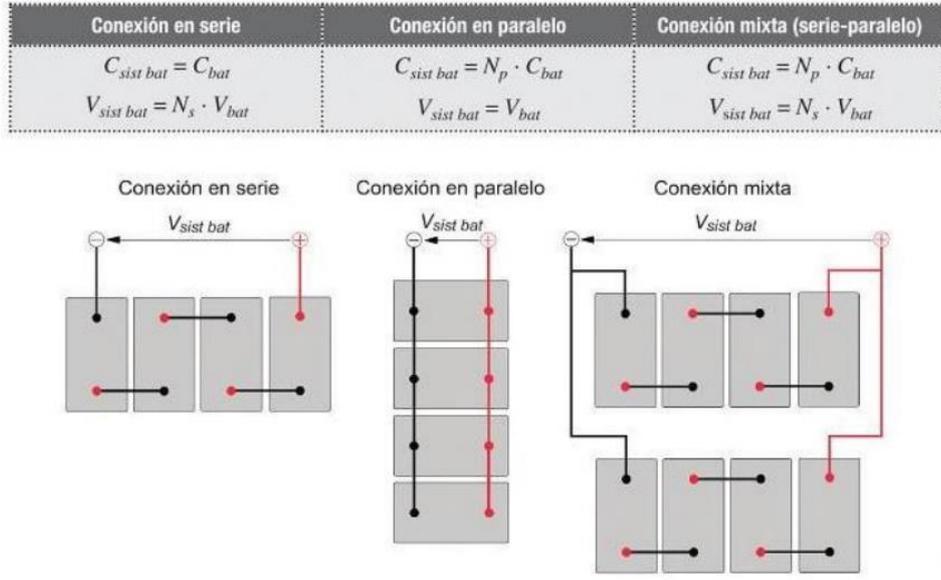


Figura 12. Tipos de conexión baterías.

Para calcular el sistema de acumulación que se necesita para una instalación se necesitara conocer la energía que consume nuestra instalación además de saber cuál es la autonomía deseada para la instalación. Todo ello se resume en la siguiente fórmula.

FÓRMULA CÁLCULO DIMENSIONADO SIST DE ACUMULACIÓN		
MAGNITUDES	MONOFÁSICA	UNIDADES
CAPACIDAD BATERIA	$Capacidad\ batería = \frac{E \times N}{V \times \eta \times Pd}$	Ah
E	Consumo diario de la instalación	
N	Días de autonomía deseados	
V	Tensión de suministro	
Pd	Profundidad de descarga (litio 95%, plomo-ácido 85%)	
η	Rendimiento	

Fórmula 12. Dimensionado sistema de acumulación

6.1.2.4. Inversor

Son los equipos encargados de transformar la corriente continua obtenida de paneles fotovoltaicos y baterías a corriente alterna para distribuirla a los diferentes consumos.

Estos dispositivos funcionan de la siguiente manera: cuando se le aplica un pulso a la puerta permiten flujo de corriente del ánodo al cátodo; según sea el diseño se modificará la tensión y corriente de trabajo admisible y el tiempo de interrupción. Es importante atender a las características eléctricas del lado de AC y de DC para no crear problemas en el funcionamiento del conjunto. Lo normal es encontrar inversores trifásicos, que requieren sincronismo con la red que alimentan, sobre todo cuando la instalación alimentada está conectada a la red de suministro.

Una segunda función del inversor será la modulación de la forma de onda entregada a las cargas del sistema. En función de esta forma de onda encontramos los inversores de onda cuadrada, de onda modificada (cuasi-senoidal) y de onda senoidal. La potencia de continua que puede obtener el inversor depende del punto de trabajo de la curva I-V. El inversor debe operar en todo momento en el punto de máxima potencia del generador fotovoltaico (dependiente de irradiancia, temperatura, etc.). Los buenos inversores se basan en el seguimiento del punto de máxima potencia (PMP) y tienen un parámetro que evalúa esa capacidad de seguimiento: el rendimiento de seguimiento del PMP. El seguimiento de este punto se consigue mediante algoritmos.

Los inversores deben cumplir con las directivas comunitarias de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética incorporando protecciones frente:

- Cortocircuitos en corriente alterna
- Tensión de red fuera de rango
- Frecuencia de red fuera de rango
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red.

Dispondrán de señalizaciones necesarias para su correcta operación e incorporarán los controles automáticos imprescindibles para su correcto funcionamiento. Los cuales son los siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión del inversor a la interfaz de corriente alterna y desconexión.

6.1.3. Dimensionado de la instalación fotovoltaica

6.1.3.1. Ubicación

En el presente proyecto se va a realizar un estudio para la realización de una instalación solar fotovoltaica en la ciudad de Alcoy (Alicante) para el ahorro de dinero en la factura de la energía eléctrica de la sede de la Unió Musical d'Alcoi.



Figura 13. Ubicación.

6.1.3.2. Modalidad de la instalación

Una vez se ha hablado con el cliente nos comenta que la modalidad de esta instalación es una instalación fotovoltaica de conexión a red con sistema de acumulación, es decir, instalación de autoconsumo.

En esta instalación el cliente no quiere vender el excedente de energía producido por lo tanto la modalidad de la instalación se denomina Autoconsumo sin compensación.

6.1.3.3. Estudio climatológico

Para el cálculo de una instalación fotovoltaica se ha de tener en cuenta el recurso solar, es decir, se deben conocer los valores de irradiancia y radiación para saber el potencial solar del proyecto.

Todo ello ha sido obtenido mediante el software PVGIS. Por lo tanto, se han obtenido los siguientes resultados:

- **Temperatura:**

Como bien se sabe la temperatura es un elemento que afecta directamente el rendimiento de los paneles fotovoltaicos, es decir, cuando hay temperaturas superiores a 25°C el rendimiento de un panel fotovoltaico empieza a disminuir. Por ello la potencia pico de los paneles fotovoltaicos se calculan en condiciones a dicha temperatura.

En la siguiente figura se puede observar la temperatura a lo largo de varios años obtenido por el software PVGIS. La temperatura media no se aleja mucho de los 25°C

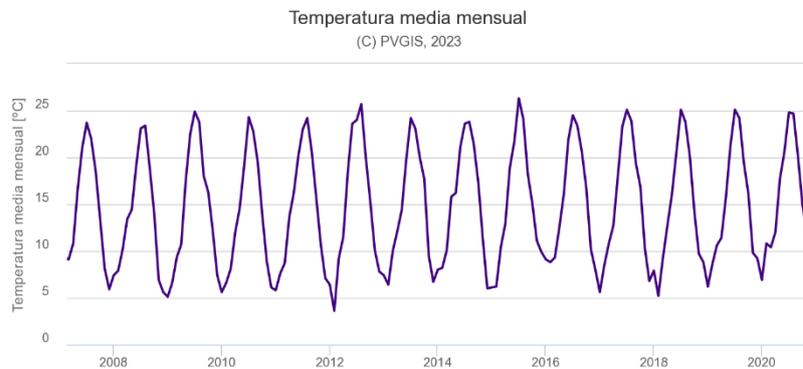


Gráfico 1. Temperatura mensual media en Alcoi entre 2006-2020. Fuente: PVGIS

Normalmente las temperaturas máximas suelen coincidir con las horas de mayor producción de energía, por lo tanto, hay que tenerlo en cuenta.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
TEMP MAX(°C)	8,98	8,61	11,31	13,81	17,98	23,23	27,69	26,89	21,93	17,82	11,76	2,77
TEMP MIN (°C)	1,72	0,75	2,75	5,29	8,39	12,43	16,61	16,59	12,73	9,96	4,75	9,62

Tabla 33. Temperaturas máximas y mínimas en Alcoi en 2020. Fuente: PVGIS

- **Pluviosidad:**

El factor de la lluvia es importante tenerlo en cuenta ya que genera una nubosidad que se interpone entre el sol y la instalación reduciendo considerablemente la generación de energía. Según se ha consultado en datos históricos de Alcoy hay más porcentaje de días despejados que de días nublados, por lo tanto, no hay que preocuparse en cuanto a la nubosidad ya que no tendríamos grandes pérdidas.

Fracción	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Más nublado	39 %	39 %	40 %	39 %	39 %	25 %	10 %	17 %	34 %	43 %	43 %	42 %
Más despejado	61 %	61 %	60 %	61 %	61 %	75 %	90 %	83 %	66 %	57 %	57 %	58 %

Tabla 34. Pluviosidad en Alcoy.

6.1.3.4. Consumos

- **Facturación:**

Como se ha comentado anteriormente la instalación está conectada a la red y por lo tanto se ha podido acceder a los datos por facturación mensuales.

La instalación tiene una potencia contratada de 13,856 kW.

A continuación, se inserta una tabla donde se observan los consumos mensuales extraídos de la factura y los consumos diarios obtenidos a partir de ellos dividiendo el valor mensual entre 30 días.

PERIODO FACTURACIÓN	CONSUMO(kWh/mes)	CONSUMO POR DIA(kWh/dia)
Enero	1081	34,87
Febrero	843	30,11
Marzo	917	29,58
Abril	794	26,47
Mayo	473	15,26
Junio	350	11,67
Julio	610	20,33
Septiembre	441	14,23
Octubre	414	13,80
Noviembre	425	13,71
Diciembre	1135	36,61

Tabla 35. Consumo instalación.

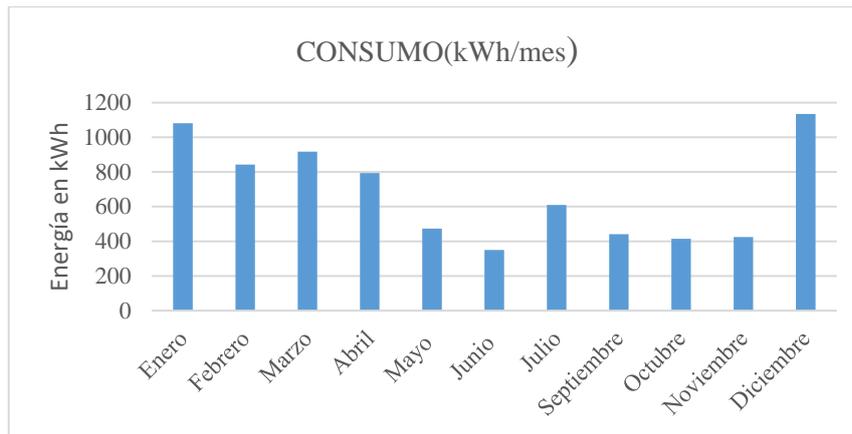


Gráfico 2. Consumos mensuales instalación

El mes de agosto no se tiene en cuenta debido a que no se realizan clases en la escuela por vacaciones de verano de los estudiantes y no se realizan ensayos hasta la primera semana de septiembre.

- **Contabilización de consumos**

Para llevar a cabo este estudio se ha procedido a realizar un trabajo de campo, el cual ha consistido en ir por el edificio aula a aula y sala a sala recogiendo todos los datos de la instalación para sacar un consumo diario estimado.

Para ello se ha realizado un Excel para la contabilización de los elementos instalados con sus potencias y horas estimadas de uso.

CONSUMOS				
Elementos	Cantidad	Potencia	Tiempo de uso	Consumo diario
Alumbrado aulas y sala ensayos	46	40	4 horas	7360 Wh/día
Alumbrado aseos y escaleras	5	25	3 horas	375 Wh/día
Proyector LED	3	100	3 horas	900 Wh/día
Ordenador	2	180	4 horas	1440 Wh/día
Otros usos	1	2000	2 horas	4000 Wh/día
Maq. Climatización	1	10510	3 horas	31530 Wh/día
SUMA CONSUMOS				45605 Wh/día

Tabla 36. Consumos estimados.

Como se puede observar en la tabla nos da un consumo de 45,605 kWh/día, lo cual es bastante ya que el consumo más elevado son los 36,61 kWh/día del mes de diciembre. Da más ya que este cálculo estimado sería si todos los elementos de la instalación estuviesen utilizándose a la vez y con más horas de lo que se utilizarían.

6.1.3.5. Dimensionado generador

6.1.3.5.1. Panel Fotovoltaico:

- **Elección del panel solar:**

Para la elección de los paneles fotovoltaicos partimos de la superficie de tejado de la cual disponemos. Y se ha hecho una comparativa de consumos obtenidos de la facturación mensual junto con los datos obtenidos de producción solar mensual obtenidos del PVGIS.



58m²

Figura 14. Superficie de tejado donde se colocarán los paneles fotovoltaicos

Una vez se han tenido en cuenta estos factores, se procede a realizar una medición de la superficie útil del tejado de la que disponemos que son 58 m².

Una vez hemos de instalar observamos que el panel que más se adecua a nuestra superficie del tejado es el panel SR-M72HLPro de 550 Wp de la marca Sunrise con sus dimensiones podríamos colocar hasta 22 paneles en el tejado.

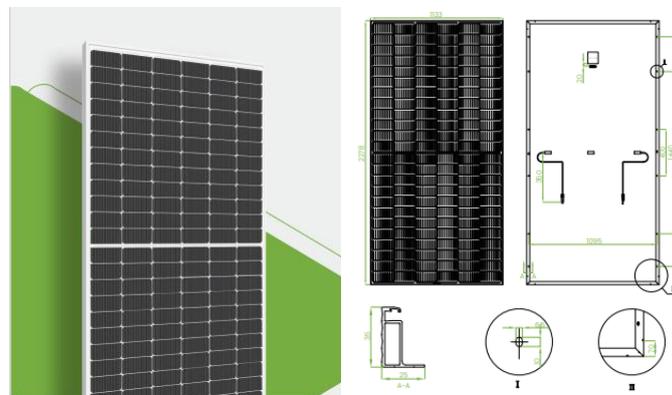


Figura 15. Panel solar SR-M72HLPro de 550 Wp

$$n^{\circ}\text{paneles} = \frac{\text{Àrea del tejado}}{\text{Àrea del panel}} = \frac{58\text{m}^2}{(2,278 \times 1.133)\text{m}^2} = \frac{58\text{m}^2}{2,60\text{m}^2} = 22,3 \cong 22 \text{ paneles}$$

Para que salga una mejor repartición de paneles se opta por colocar 18 paneles ya que también cubriríamos los consumos para todos los meses excepto para enero y diciembre, pero para estos dos meses ahorraríamos en el pago de factura como se adjunta en el estudio económico donde se ha hecho estudio del dinero ahorrado.

Por lo tanto, partimos de que con 18 paneles de 550 W tendríamos una potencia pico de 9900 W.

Una vez se saben todos estos datos se detallan los datos más importantes obtenidos mediante la herramienta PVGIS para el dimensionado de la instalación:

- Latitud en Alcoy: 38,705; -0,477
- Ángulo de azimut: -45°
- Ángulo de inclinación= 25°
- Potencia pico del generador: 9,9 kWp
- Pérdidas totales: -24,57%

- **Pérdidas por sombreado:**

En cuanto a las pérdidas por sombreado son importantes tenerlas en cuenta ya que reducen considerablemente el rendimiento de los paneles fotovoltaicos. Y se quiere comprobar si el edificio de al lado del local donde se realizará la instalación nos produce alguna sombra a lo largo del día.

Mediante la herramienta PVSYS se ha realizado una simulación para comprobar las pérdidas que puede haber por sombreado y que pueda afectar a nuestra instalación negativamente.

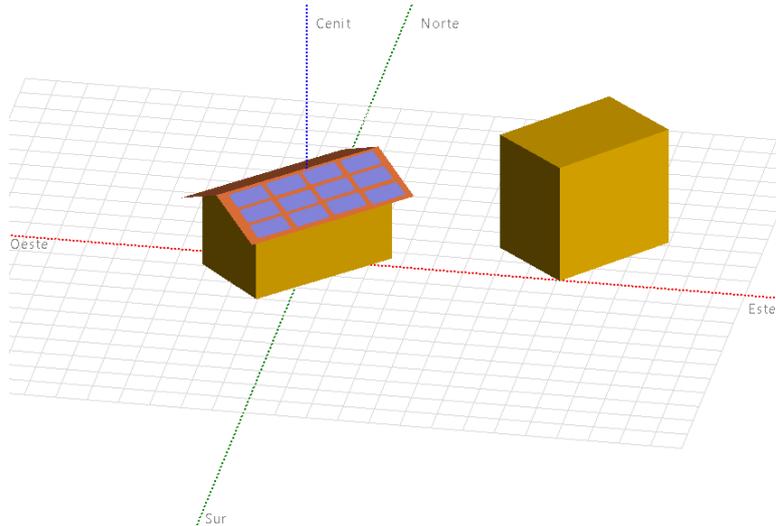


Figura 16. Plano situación para el cálculo de sombras. Elaboración mediante PVSyst.

Mediante la figura adjuntada realizada con el programa PVSyst se representan de forma esquemática los posibles elementos que pueden provocar alguna sombra a la instalación fotovoltaica y disminuir el rendimiento. En esta instalación el principal problema es el edificio contiguo ya que nos puede provocar algunas sombras a lo largo del día.



Gráfico 3. Simulación sombreado PVSyst

Como se puede observar en la figura anterior se obtienen un 1,2% de pérdidas en nuestra instalación que se producen de las 6:00 a las 8:00 h y de las 17:00 hasta la puesta del sol. De esta simulación podemos decir que las sombras son despreciables ya que no hay ninguna sombra hasta después del mediodía solar que es a las 12:00h.

Una vez elegido el panel y sabiendo cuantos necesitamos y teniendo en cuenta diferentes aspectos como las posibles sombras, se procede a realizar un estudio de producción mensual y realizar una comparación de la producción y los consumos de la instalación mediante la herramienta PVGIS.

COMPARATIVA CONSUMO-PRODUCCIÓN

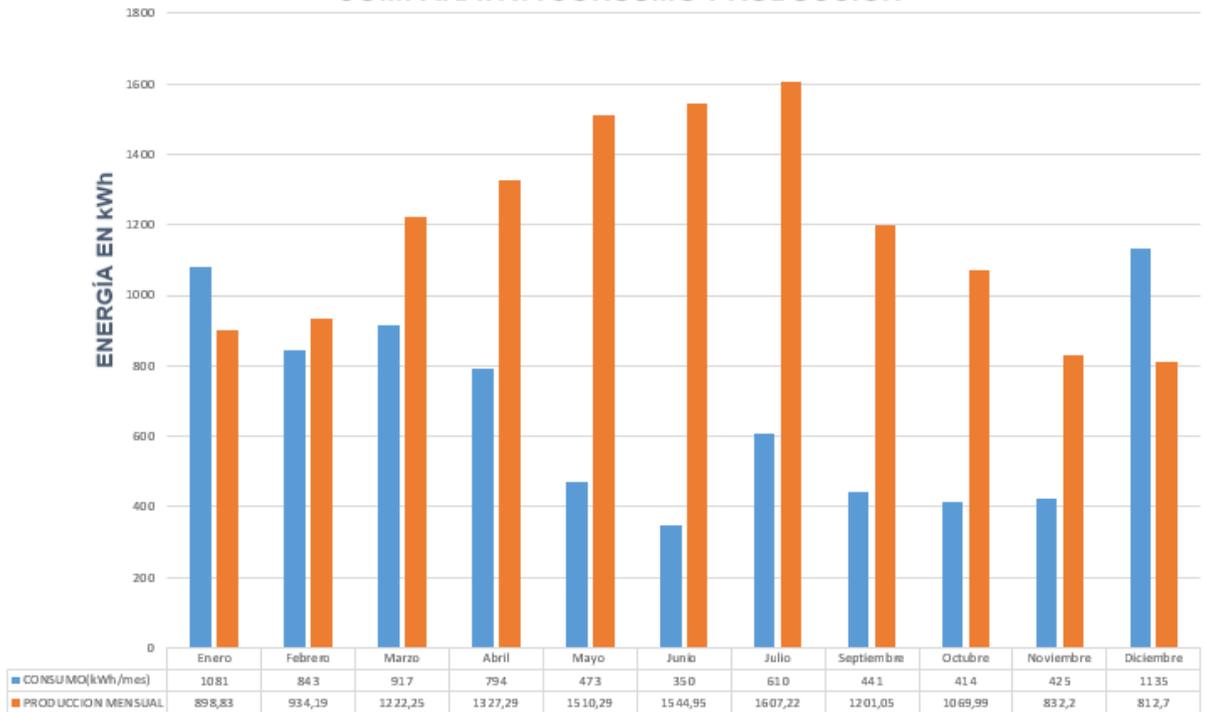


Gráfico 4. Comparativa consumo-producción solar mensual. Fuente PVGIS.

PERIODO FACTURACIÓN	CONSUMO(kWh/mes)	PRODUCCION (kWh/mes)
Enero	1081	898,83
Febrero	843	934,19
Marzo	917	1222,25
Abril	794	1327,29
Mayo	473	1510,29
Junio	350	1544,95
Julio	610	1607,22
Septiembre	441	1201,05
Octubre	414	1069,99
Noviembre	425	832,2
Diciembre	1135	812,7

Tabla 37. Comparativa consumo y producción.

Como se puede observar mediante la tabla y el grafico adjuntado para todos los meses a excepción de enero y diciembre tenemos más producción que consumo por lo tanto no habría problema de funcionar sin utilizar energía de la red.

Para enero y diciembre que es donde hay más consumo que producción se consumiría energía de la red, pero, aun así, se ahorrará dinero en la factura de la luz como se puede observar en el anexo de estudio económico.

Para los meses que tenemos un gran excedente de energía y no se va a inyectar a red, ese excedente se utilizará para cargar las baterías.

Para el peor mes que es diciembre con los 18 paneles se generará un consumo diario de 27,090 kWh, con ello no cubriríamos todo el consumo real de la instalación, y esa diferencia sería consumida por la red.

Todo ello está justificado en el anexo de estudio económico.

6.1.3.5.2. Estructura utilizada

En cuanto al sistema de fijación de los paneles se va a utilizar estructura coplanar, es decir, fijada al tejado aprovechando su inclinación de 25 grados.



Figura 17. Ejemplo estructura coplanar

Al poner este tipo de estructura al no tener ningún tipo de inclinación, no es necesario calcular las distancias entre colocación de paneles ya que van todos planos al tejado como se puede observar en los planos adjuntos.

6.1.3.6. Inversor

El inversor elegido es el MultiplusII 48/8000/110-100 de la marca Victron. Serán necesarios tres inversores debido a que tenemos una instalación trifásica la cual tiene una potencia pico de 15135W y cada inversor soporta una potencia de 8000 VA que son según la hoja de características 6400W Por lo tanto tenemos una potencia de 19200W con lo cual se cumple la igualdad anterior

$$P_{inversor} \geq \sum P_{Equipo} \times Cantidad$$

$$19200W \geq 15135W$$



Figura 18. Inversor/Cargador Victron Multiplus II

Otro factor a tener en cuenta de los inversores es que al no inyectar a red normalmente se necesita un dispositivo de anti vertido, pero en este caso el propio inversor tiene la opción de anular el vertido a red, este sistema se llama anti isla.

Este sistema consiste en que impide mediante los reguladores que cuando hay un excedente de energía y se tiene suficiente energía para abastecer la instalación no deje que los paneles fotovoltaicos le aporten más energía al inversor.

Todo ello está detallado en el anexo de especificaciones técnicas de los elementos de la instalación fotovoltaica.

6.1.3.7. Baterías

Como se ha comentado al inicio del dimensionamiento tenemos meses en los cuales tenemos excedentes de energía los cuales aprovecharemos para realizar la carga de baterías. Se han visto varias alternativas de modelo de batería entre plomo-ácido u litio y al final se ha optado por las baterías de litio.

Las baterías escogidas para esta instalación son de Litio de la marca Pylontech. De la cual elegimos el modelo US5000.

Los principales motivos por los que se eligen baterías de litio frente baterías de plomo-ácido son:

- La energía útil de una batería de plomo-ácido esta entre un 50-70%, mientras que en una batería de litio ronda entre un 80-100%.
- La eficiencia de carga en una batería de plomo-ácido es menor que la de una batería de litio ya que en una batería de litio todo lo que se carga se queda en el litio, mientras que en el plomo ácido no.
- La vida útil en ciclos de las baterías de litio es hasta seis veces mayor que en el plomo.
- Las baterías de litio tienen mayor vida con altas temperaturas, pero uno de los inconvenientes es que a temperaturas bajo cero no pueden trabajar. Otro de los inconvenientes es que tienen un alto coste inicial, pero su coste por ciclo es mucho menor.
- Por ejemplo:
 - Batería AGM -> 0,00073 €/Wh/ciclo (Plomo-ácido)
 - Batería Pylontech -> 0,00007€/Wh/ciclo (Litio)

Elegimos este modelo ya que se dispone de una potencia instalada de un consumo de 14075 Wh/día. Como se quiere un día de autonomía para la US5000 tenemos una capacidad de 325 Ah por lo tanto teniendo en cuenta que la capacidad recomendada para una batería de la US5000 necesitaríamos un total de 5 Baterías con un coste de 9075€.

De otro modo si hubiésemos elegido el modelo US2000C necesitaríamos un total de 13 Baterías aumentando el coste de la instalación a 14885€. Lo mismo ocurriría con el modelo US3000C ya que necesitaríamos un total de 9 Baterías y el coste sería de 12960€.



Figura 19. Batería Pylontech US5000

El cálculo de la batería está detallado en el Anexo III: Cálculos justificativos solar fotovoltaica.

6.1.3.8. Regulador de carga solar

En la instalación realizada necesitaremos dos reguladores de carga solar del modelo MPPT SmartSolar 250/100 ya que la máxima potencia que soporta uno de los reguladores de este modelo son 5800W y al tener una potencia pico total en paneles de 9900W no tendría suficiente con uno, por lo tanto, debido a este factor y calculado mediante la aplicación de Victron, deben instalarse dos reguladores de carga solar.

A uno de los reguladores se conectarán 9 paneles que están distribuidos de 3 ramas en paralelo de 3 paneles en serie, y lo mismo para el siguiente regulador.



Figura 20. Regulador de carga solar Victron MPPT 250/100

El cálculo del regulador se incluye en el Anexo III: Cálculos justificativos instalación solar fotovoltaica.

6.1.3.9. Monitorización del sistema

El sistema de monitorización es muy útil para que tanto el cliente como el instalador pueda tener un acceso a visionado de la instalación en momento real, es decir, visualizar la potencia que se está generando en el sistema fotovoltaico, ver los equipos que se encuentran en la instalación, inversores baterías etc. y sus parámetros. También la potencia total de los consumos que se están utilizando como se puede observar en la Figura 19.

Todo ello realizado mediante un equipo de Victron denominado Cerbo GX con el cual se puede configurar los parámetros de la instalación y ver si hubiese cualquier anomalía en la instalación. Todo ello se puede ver con una pantalla de la cual constará la instalación para poder ver en cualquier momento dado el estado de la instalación.



Figura 21. Cerbo Gx



Figura 22. Cerbo Gx y Gx Touch 50.

6.2. Anexo II: Cálculos justificativos instalación solar fotovoltaica

6.2.1. Cálculo de elementos que conforman la instalación

6.2.1.1. Cálculo de paneles solares y regulador

La instalación se realizará mediante dos grupos de 3 ramas en paralelo de 3 paneles en serie cada una, es decir, 9 paneles irán a un regulador y otros 9 paneles irán conectados al otro regulador. Para saber la tensión máxima se aplica las siguientes fórmulas:

FÓRMULAS CÁLCULO Voc Máx		
MAGNITUD		UNIDADES
Voc(max)	$Voc(Máx) = Voc(25^{\circ}C)(1 + (Tmin - 25) x (\frac{\Delta Voc}{100}))$	V

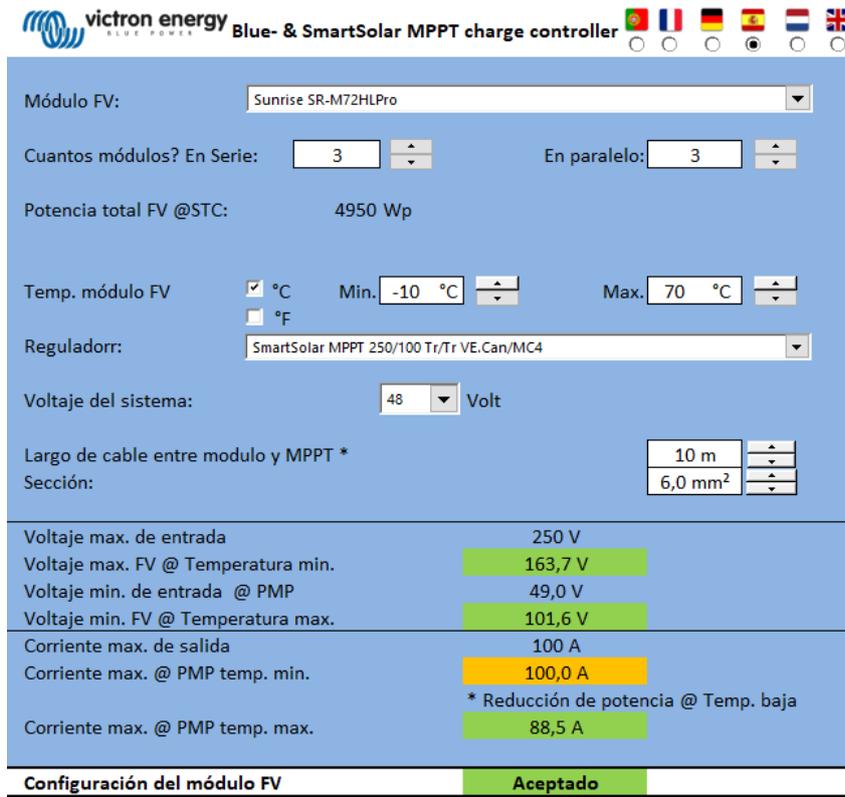
Fórmula 13. Voc Máxima

$$Voc(Máx) = Voc(25^{\circ}C)(1 + (Tmin - 25) x (\frac{\Delta Voc}{100})) = 3 x 49,65 x (1 + (-10 - 25) x (\frac{-0.282}{100})) = 163,65 V$$

Al tener 3 paneles en serie se ha de multiplicar la Voc por 3 para saber la tensión total que circula por la rama, la temperatura mínima del panel es -10°C. Mediante la calculadora de Victron añadimos el modelo de panel que utilizaremos para esta instalación y según el tipo de regulador que necesitemos sabremos como colocar los paneles en este caso y como se puede ver en la figura 20 se puede observar que el cálculo que se ha realizado coincide con el que nos da en la aplicación.

Como se puede observar en la figura 20, el panel cumple ya que la máxima tensión de entrada son 250V y tanto a temp mínima como a máxima tenemos una tensión inferior.

Como ya se ha mencionado anteriormente se utilizarán 18 paneles de 550Wp los cuales han de ser conectados a los reguladores.



Configuración del módulo FV **Aceptado**

Voltaje max. de entrada	250 V
Voltaje max. FV @ Temperatura min.	163,7 V
Voltaje min. de entrada @ PMP	49,0 V
Voltaje min. FV @ Temperatura max.	101,6 V
Corriente max. de salida	100 A
Corriente max. @ PMP temp. min.	100,0 A
Corriente max. @ PMP temp. max.	88,5 A

* Reducción de potencia @ Temp. baja

Figura 23. Calculadora de Victron

6.2.1.2. Cálculo del inversor

Para la elección del inversor se ha de tener en cuenta la potencia pico de los elementos de la instalación que funcionan en alterna en el peor caso, que es cuando todos los equipos están funcionando al mismo tiempo. Y para la elección del inversor correcto la potencia de salida del inversor ha de ser inmediatamente superior a la de todo el consumo.

Como se ha mencionado en el estudio de consumos estimados se han obtenido 45,605 kWh/día. Pero este valor no nos sirve, ya que necesitamos la potencia pico de la instalación en un día, que se obtiene multiplicando la cantidad de cada elemento instalado por su potencia. Por lo tanto, se debe de cumplir la siguiente igualdad:

$$P_{inversor} \geq \sum P_{Equipo} \times Cantidad$$

$$P_{pico} = (46 \times 40) + (5 \times 25) + (3 \times 100) + (2 \times 180) + (1 \times 2000) + (1 \times 10510) = 15135 \text{ W}$$

CONSUMOS		
Elementos	Cantidad	Potencia (W)
Alumbrado aulas y sala ensayos	46	40
Alumbrado aseos y escaleras	5	25
Proyector LED	3	100
Ordenador	2	180
Otros usos	1	2000
Maq. Climatización	1	10510
Potencia pico (Wp)	15135	

Tabla 38. Cálculo potencia pico.

Una vez se obtiene este resultado elegimos el inversor que más convenga. Que en este caso es el MultiplusII 48/8000/110-100 de la marca Victron mencionado anteriormente.

6.2.1.3. Dimensionado del sistema de acumulación

- **Obtención capacidad total del sistema de acumulación**

Aplicando la fórmula mencionada anteriormente:

FÓRMULA CÁLCULO DIMENSIONADO SIST DE ACUMULACIÓN		
MAGNITUDES	MONOFÁSICA	UNIDADES
CAPACIDAD BATERIA	$Capacidad\ batería = \frac{E \times N}{V \times \eta \times Pd}$	Ah
<i>E</i>	Consumo diario de la instalación	
<i>N</i>	Días de autonomía deseados	
<i>V</i>	Tensión de suministro	
<i>Pd</i>	Profundidad de descarga (litio 95%, plomo-ácido 85%)	
η	Rendimiento	

El sistema de acumulación se va a dimensionar para un día de autonomía y tomamos como referencia el consumo estimado de alumbrado y ordenadores y otros usos como por ejemplo las impresoras ya que son equipos que se utilizan diariamente y se consideran esenciales en el local.

Por lo tanto, se obtienen 14075 Wh/día.

$$Capacidad\ batería = \frac{Consumo \times Días\ autonomía}{V \times 95\% \times 95\%} = \frac{14075 \times 1}{48 \times 95\% \times 95\%} = 325\ Ah\ C_{100}$$

- **Número de baterías necesario:**

Una vez se ha obtenido la capacidad total necesaria para funcionar un día entero con baterías se deben calcular las baterías necesarias para la instalación que consiste en dividir la capacidad total entre la capacidad recomendada según la ficha técnica de la batería que se puede consultar en el Anexo VIII: Tablas especificaciones componentes instalación solar fotovoltaica y que para el caso de la batería US5000 son 80 Ah.

$$Total\ baterías\ instalación = \frac{Capacidad\ calculada}{Capacidad\ recomendada} = \frac{325}{80} = 4,06 \approx 5\ Baterías$$

En total necesitaríamos 5 baterías, pero según el manual para cada inversor se necesita un mínimo de batería y en el caso del modelo de inversor elegido se necesitarían 2 baterías por inversor para su correcto funcionamiento. Por lo tanto, se colocarán 6 baterías, dos para cada inversor.

Modelo de inversor/cargador	Inv vatios continuos a 25 grados	Clasificación de sobrevoltaje de vatios pico del inversor	Número de módulos Pylontech	Clasificación de vatios de descarga continua de la batería	Clasificación de vatios de descarga máxima de la batería
Multiplus 48/500/6	430	900	1	1200	4800
Multiplus 48/800/9	700	1600	1	1200	4800
Multiplus 48/1200/13	1000	2400	1	1200	4800
Multiplus 48/3000/35	2400	6000	2	2400	9600
Multiplus 48/5000/70	4000	10000	4	4800	19200
Quatro 48/8000/110-100/100	6500	16000	6	7200	28800

Tabla 39. Número de baterías por inversor. Manual Victron.

Como podemos observar en la tabla para el Multiplus 48/8000 se necesitarían 6 Baterías US2000 por inversor por lo tanto para calcular saber el número de baterías necesarias de la US5000 la potencia de descarga continua ha de ser mayor que la del inversor.

$$P_{Nom} = 48\ V \times (2 \times 80A) = 7680\ W$$

Se decide este modelo de batería por que se necesitan menos y por lo tanto es más barato que poner 6 baterías por cada inversor.

- **Estudio de profundidad de carga/descarga baterías:**

Para este punto es muy importante estudiar y conocer la potencia máxima de carga/descarga del sistema de acumulación ya que es posible que para cargar la batería instalada no sea posible aprovechar todo el excedente. Para realizar el cálculo se utilizará la siguiente fórmula:

FÓRMULA CÁLCULO DIMENSIONADO SIST DE ACUMULACIÓN		
MAGNITUDES	MONOFÁSICA	UNIDADES
P _{MAX} CARGA/DESCARGA	$P_{Max} = V_{Max} \times I_{Max}$	W

Fórmula 14. Profundidad carga y descarga

Para cargar y descargar la batería nos fijamos en las fichas técnicas de inversor y de la batería

- De la ficha técnica de la batería Pylontech US500 obtenemos:
 - Capacidad nominal: 4800 Wh
 - Tensión nominal: 48 V
 - Corriente nominal: 80 A
 - Corriente máxima en 15 seg: 200 A
- De la ficha técnica del multiplus II 48/8000 obtenemos:
 - Rango de tensión de trabajo: 48V-66V
 - Corriente máxima a la entrada: 100 A
 - Máx. Potencia de carga/descarga: 6400 W

Para el cálculo únicamente de batería, el sistema realizaría la carga/descarga de la misma con un total de:

$$P_{Max} = V_{Max} \times I_{Max} = 48 \times 200 = 9600 \text{ W}$$

Pero también se ha de tener en cuenta la potencia del inversor, ya que su tolerancia de corriente es inferior por lo tanto obtenemos un resultado de:

$$P_{Max} = V_{Max} \times I_{Max} = 48 \times 100 = 4800 \text{ W}$$

Para este cálculo nuestro inversor no podría cargar/descargar la batería a una potencia de 6400 W ya que durante 15 segundos serían 4800W.

Por lo tanto, se realiza el cálculo para una carga/descarga de manera continua y nos saldría el siguiente dato. Pese a que para la carga continua nos indica 100 A, se cogen los 80 A ya que es el valor recomendado por pylontech. En consecuencia, se obtiene el siguiente valor:

$$P_{Nom} = 48 \text{ V} \times 80 \text{ A} = 3840 \text{ W}$$

Pero en nuestro caso tendremos 2 baterías de litio por cada inversor:

$$P_{Nom} = 48 \text{ V} \times (2 \times 80 \text{ A}) = 7680 \text{ W}$$

La Potencia nominal de batería-inversor sería la siguiente:

$$P_{Nom} = 48 \text{ V} \times 100 = 4800 \text{ W}$$

Da menor al total de potencia de baterías ya que es deseable que se sobrecargue el inversor/cargador que la batería, debido a que el inversor se recuperará automáticamente, pero la batería no.

A continuación, se adjunta una imagen del conexionado de las baterías a la instalación:

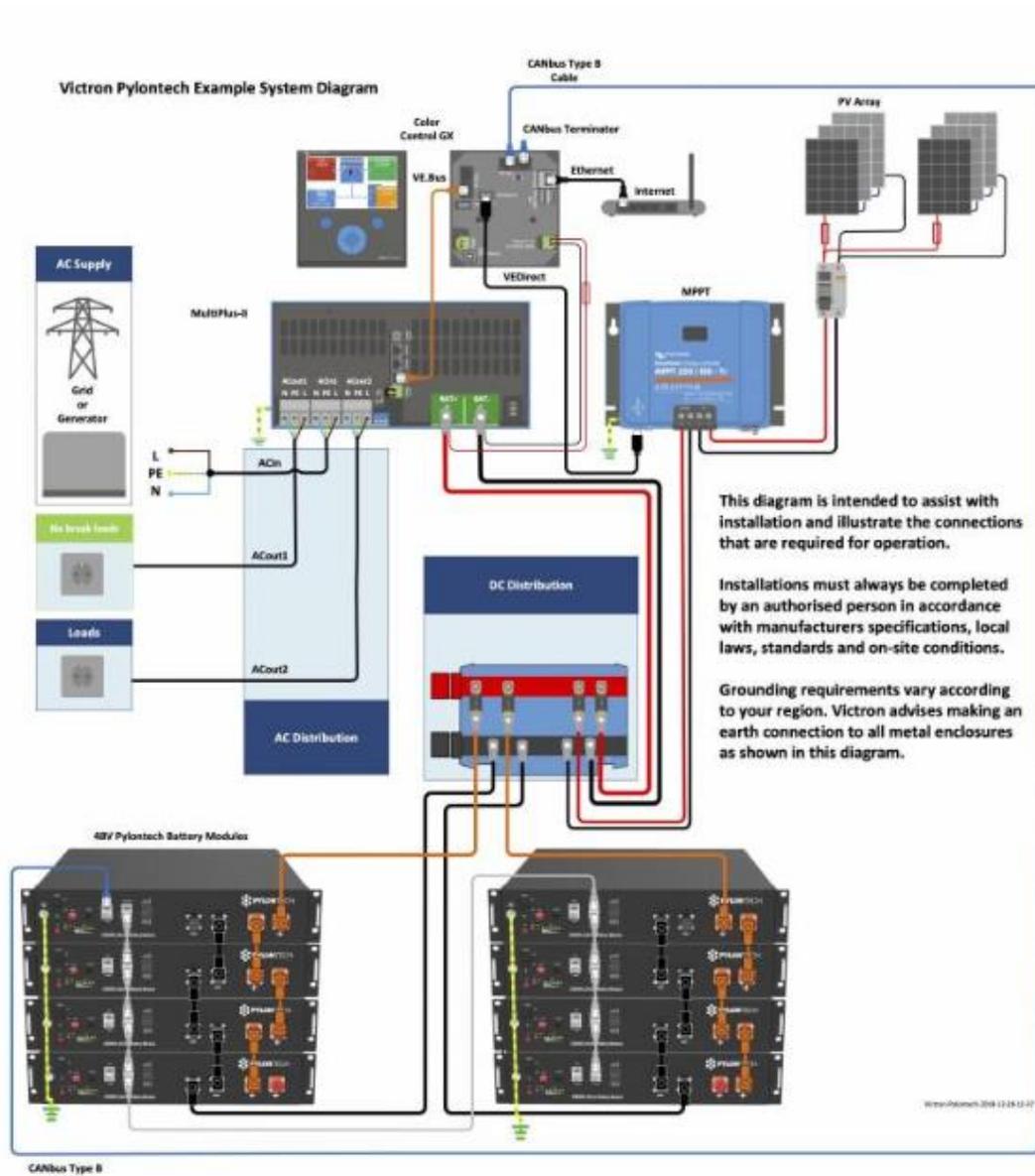


Figura 24. Ejemplo conexionado de baterías

También se podrá observar cableado y protecciones en esquemas adjuntos.

6.2.2. Cálculos eléctricos

6.2.2.1. Cálculo de secciones

- **Cálculo secciones CC**

Para el cálculo de secciones en la parte de corriente continua se utilizarán las siguientes fórmulas:

FÓRMULA CÁLCULO DE INTENSIDAD CORRIENTE CONTINUA		
MAGNITUDES	FORMULA	UNIDADES
INTENSIDAD	$I = \frac{P}{V}$	mm ²
<i>P</i>	Potencia	
<i>V</i>	Tensión	

Fórmula 15. Intensidad de CC

FÓRMULA CÁLCULO DE SECCIÓN CORRIENTE CONTINUA		
MAGNITUDES	FORMULA	UNIDADES
SECCIÓN	$u = \frac{V \times 1,5}{100}$	mm ²
<i>V</i>	Tensión CC	
1,5	Porcentaje de caída de tensión en CC según pliego de condiciones	

Fórmula 16. Caída de tensión CC

FÓRMULA CÁLCULO DE SECCIÓN CORRIENTE CONTINUA		
MAGNITUDES	FORMULA	UNIDADES
SECCIÓN	$S = \frac{2 \times L \times I}{K \times u}$	mm ²
<i>P</i>	Potencia	
<i>L</i>	Longitud de la línea en metros	
<i>I</i>	Intensidad	
<i>u</i>	Caída de tensión	
<i>K</i>	Conductividad (56 Cu,35Al)	

Fórmula 17. Sección CC

○ **Cálculo de sección paneles fotovoltaicos hacia el regulador:**

Uno de los primeros datos a tener en cuenta es la distancia de los paneles fotovoltaicos a los reguladores, la cual es una distancia de 25 metros.

Posteriormente también se ha de tener en cuenta la caída de tensión que según se especifica en el pliego de condiciones de las instalaciones fotovoltaicas en la parte de corriente continua debe haber máximo una caída de tensión de un 1,5%.

Para el caso de los paneles hacia el regulador primero se debe de averiguar la tensión que tendrá el sistema fotovoltaico que consiste en realizar el siguiente cálculo:

Como bien se sabe en un circuito en paralelo la tensión se mantiene, pero en serie no, por lo tanto, como se ha mencionado anteriormente la instalación consta de 3 ramas en paralelo de 3 paneles en serie cada una.

Por otro lado, también necesitamos la tensión nominal del panel fotovoltaico que se obtiene de su hoja de características y que tiene el valor de 40,99V. Por lo tanto, la tensión da el resultado de:

$$V = N^{\circ} \text{ paneles en serie} \times V_{nom} \text{ panel} = 3 \times 40,99 = 122,97V$$

Hay que tener en cuenta que son los mismos cálculos para los dos reguladores ya que son iguales y tienen la misma cantidad de paneles por lo que se realiza el cálculo para uno.

El siguiente cálculo para realizar es la intensidad ya que necesitamos conocerla para el cálculo de la sección.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{4950}{122,97} = 40,25$$

Una vez obtenida la intensidad se averigua la caída de tensión utilizando el 1,5%:

$$u = \frac{V \times 1,5}{100} = \frac{122,97 \times 1,5}{100} = 1,84V$$

Por último, se realiza el cálculo de la sección:

$$S = \frac{2 \times L \times I}{K \times u} = \frac{2 \times 25 \times 40,25}{56 \times 1,84} = 19,53 \text{ mm}^2 \cong 25 \text{ mm}^2$$

Obtenemos un valor de 19,53 mm². Pero no es una sección normalizada y por lo tanto se escoge la inmediatamente superior que son 25 mm².

○ **Cálculo de sección de los reguladores a baterías:**

Del regulador a la batería como ambos elementos están situados en la misma sala se tiene una distancia de 2 metros.

La potencia de salida del regulador son 4950W y lo mismo para el otro regulador.

Conforme se indica en el pliego condiciones, la caída de tensión en el lado de corriente continua debe de ser máximo un 1,5 %. Por otro lado, la tensión a introducir es la tensión del sistema de acumulación que son 48V.

Una vez se han tenido en cuenta los factores, se calcula la intensidad en corriente continua:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{4950}{48} = 103,12 \text{ A}$$

Una vez obtenida la intensidad se averigua la caída de tensión utilizando el 1,5%:

$$u = \frac{V \times 1,5}{100} = \frac{48 \times 1,5}{100} = 0,72 \text{ V}$$

Por último, se realiza el cálculo de la sección.

$$S = \frac{2 \times L \times I}{K \times u} = \frac{2 \times 2 \times 103,12}{56 \times 0,72} = 10,23 \text{ mm}^2 \cong 16 \text{ mm}^2$$

Obtenemos un valor de 10,23 mm². Pero no es una sección normalizada por lo tanto se escoge la sección de 16 mm².

- **Cálculo de la sección de inversores a baterías:**

De igual modo que del regulador a las baterías, como los inversores también se ubican en la misma sala se tiene una distancia de 2 metros.

Pero para el caso de la sección del inversor hacia las baterías se vuelve a acudir a la tabla obtenida del manual. Y observamos que para los inversores de la instalación se necesitarán en cada uno dos cables de positivo de 50mm² y dos cables de negativo de 50mm² ya que la distancia se sitúa entre 0-5 metros.

	12/3000/120	24/3000/70	48/3000/35	24/5000/120	48/5000/70	48/8000/110	48/10000/140
Capacidad de batería recomendada (Ah)	400-1200	200-700	100-400	400-1400	200-800	200-800	250-1000
Fusible CC recomendado	400 A	300 A	125 A	400 A	200 A	300 A	400 A
Sección recomendada (mm ²) para terminales + y -*,**							
0 – 5 m***	2x 50 mm ²	50 mm ²	35 mm ²	2x 50 mm ²	70 mm ²	2x 50 mm ²	2x 50 mm ²
5 – 10 m***	2x 70 mm ²	95 mm ²	70 mm ²	2x 70 mm ²	120 mm ²	2x 70 mm ²	2x 70 mm ²

Tabla 40. Sección de inversor a baterías. Manual Victron.

- **Cálculo de secciones en CA**

Para el cálculo de las secciones en corriente alterna deberemos utilizar las mismas fórmulas utilizadas para el cálculo realizado en la instalación de baja tensión las cuales son las siguientes:

FÓRMULAS CÁLCULO INTENSIDAD CORRIENTE ALTERNA				
MAGNITUD		MONOFÁSICA	TRIFÁSICA	UNIDADES
INTENSIDAD	I	$I = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$	A
I	Intensidad en Amperios			
U/V	Tensión en voltios			
P	Potencia en vatios			
cos φ	Factor de potencia			

FÓRMULAS CÁLCULO INTENSIDAD CORRIENTE ALTERNA		
MAGNITUD	FÓRMULA	UNIDADES
CAÍDA DE TENSIÓN	$u = \frac{V \times 2}{100}$	V
V	Tensión en voltios CA	
2	Porcentaje de caída de tensión según pliego de condiciones	

Fórmula 18. Caída de tensión CA

FÓRMULAS CÁLCULO SECCIÓN EN CORRIENTE ALTERNA			
MAGNITUD	MONOFÁSICA	TRIFÁSICA	UNIDADES
SECCION	$S = \frac{2 \times L \times I \times \cos \varphi}{K \times u}$	$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi}{K \times u}$	mm ²
U	Tensión en voltios		
I	Intensidad en Amperios		
L	Longitud de la línea en metros		
cos φ	Factor de potencia		
u	Caída de tensión		
K	Conductibilidad (56 Cu,35Al)		

Para el cálculo de secciones en el lado de corriente alterna, es decir de inversores a la red y consumos, se han de tener en cuenta los siguientes aspectos:

En cuanto a la caída de tensión, conforme se expone en el pliego de condiciones ha de ser del 2%. La tensión al ser una instalación trifásica hay una tensión de 400V. También se debe tener en cuenta la potencia ya que cada inversor tiene una potencia de 6400W y hay 3 por lo tanto se obtiene una potencia de 19200W.

Una vez conocido el dato de potencia se realiza el cálculo de la intensidad:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi} = \frac{19200}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,9} = 30,79 \text{ A}$$

Posteriormente se realiza el cálculo de caída de tensión, teniendo en cuenta que según el pliego de condiciones ha de ser de un 2%. Una vez se ha tenido en cuenta este dato se procede a realizar el cálculo:

$$u = \frac{V \times 2}{100} = \frac{400 \times 2}{100} = 8V$$

Por último, se calcula la sección desde los inversores hasta el cuadro general de consumos, distancia para la cual se tiene una longitud de 15m. Por lo tanto, el valor de la sección es:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi}{K \times u} = \frac{\sqrt{3} \times 15 \times 30,79 \times 0,9}{56 \times 8} = 1,6 \text{ mm}^2 \cong 6 \text{ mm}^2$$

Se escoge sección de 6 mm² ya que la sección del 2,5 mm² no cumpliría por intensidad según la tabla de intensidades admisibles.

6.2.2.2. Cálculo de protecciones

La instalación objeto de la presente memoria cumple en todo lo dispuesto en el artículo 11 del Real Decreto 1663/2000 sobre protecciones en instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de Baja tensión. También cumple con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión aprobado el 2 de Agosto de 2002, Real Decreto 842/2002. Aparte de cumplir estas normas, se siguen las recomendaciones de la empresa distribuidora cuya red se va a conectar la instalación solar fotovoltaica.

A continuación, se detalla un breve resumen de estas protecciones:

- Protección contra sobrecorrientes (en la parte CC) mediante fusibles seccionadores para cada serie de paneles.
- Protección contra sobrecorrientes (en la parte CA) mediante interruptores magnetotérmicos:
 - Interruptores magnetotérmicos manuales individuales para la salida de cada inversor.
 - Interruptor magnetotérmico general manual accesible a la empresa distribuidora.
- Protección contra contactos indirectos mediante interruptor automático diferencial. Puesta a tierra de todos los componentes metálicos de la instalación.
- Protección contra sobretensiones atmosféricas mediante la puesta a tierra de la estructura soporte, marcos de los paneles, canal conductora, etc.
- Separación galvánica de las partes de corriente continua (CC) y la de corriente alterna (CA) mediante transformador de alta frecuencia y Clase II incorporado en el inversor.
- Protecciones de máxima y mínima Tensión y Frecuencia incorporadas en el inversor.
- Protección ante funcionamiento en isla incorporado en el inversor y que realiza las funciones de conexión/desconexión de forma automática.

- **Cálculo de protecciones en CC**

Para el cálculo de las protecciones en corriente continua se utilizarán las siguientes fórmulas:

FÓRMULA CÁLCULO FUSIBLE DE PROTECCIÓN	
FÓRMULA	UNIDADES
$Fusible\ entrada\ regulador = \frac{P}{V_{nom\ panel} \times N^{\circ} \text{ Paneles Serie}}$	A
P	Potencia de paneles de entrada al regulador

Fórmula 17. Cálculo fusible entrada regulador

FÓRMULA CÁLCULO FUSIBLE DE PROTECCIÓN	
FÓRMULA	UNIDADES
$Fusible\ salida\ regulador = \frac{P}{V_{nom\ batería}}$	A
P	Potencia de salida regulador

Fórmula 18. Cálculo fusible salida regulador

- **Cálculo de protecciones de paneles fotovoltaicos hacia el regulador:**

La protección entre paneles fotovoltaicos se realiza mediante fusibles de cuchilla los cuales se calculan mediante la siguiente fórmula:

Como a cada uno de los reguladores se conectan 9 paneles y su potencia pico son 550W obtenemos:

$$P = 9 \text{ paneles} \times 550W = 4950W$$

Como se ha mencionado en los cálculos de sección se sabe en un circuito en paralelo la tensión se mantiene, pero en serie no, por lo tanto, como se ha mencionado anteriormente la instalación consta de 3 ramas en paralelo de 3 paneles en serie cada una.

Por otro lado, también necesitamos la tensión nominal del panel fotovoltaico que se obtiene de su hoja de características y que tiene el valor de 40,99V.

$$Fusible\ entrada\ regulador = \frac{P}{V_{nom\ panel} \times N^{\circ} \text{ Paneles Serie}} = \frac{4950}{3 \times 40,99} = 40,25 \text{ A}$$

Como no hay ningún fusible normalizado con ese valor acudimos a la tabla adjuntado al final de este punto. Al ser 40,25 A hemos de saltar al siguiente fusible, por lo tanto, debemos colocar dos fusibles de 50 A a la entrada de cada uno de los reguladores que en el caso de esta instalación hay dos.

○ **Cálculo de protecciones de regulador a batería:**

Para la salida del regulador a batería también se realiza protección mediante fusible solo que cambia el valor de la tensión según a la que funcione el sistema de batería que en el caso de esta instalación es a 48 V por lo tanto la fórmula es la siguiente:

$$Fusible\ entrada\ regulador = \frac{P}{V_{nom\ batería}} = \frac{4950}{48} = 103,125\ A$$

Como no hay ningún fusible normalizado con ese valor acudimos a la tabla adjuntado al final de este punto. Al ser 103,125 A, hemos de saltar al siguiente fusible, por lo tanto, debemos colocar dos fusibles de 125 A a la salida de cada uno de los reguladores que en el caso de esta instalación hay dos.

○ **Cálculo de protecciones de inversores a batería:**

En el caso de la protección e inversores hacia batería también es mediante fusible, pero en este caso se hace siguiendo el manual del inversor.

Como vemos en la siguiente tabla, la cual, ha sido extraída del manual del inversor, se ha de observar la columna 48/8000/110 (este número corresponde al modelo del inversor), ya que es el inversor que se haya en la instalación y según el manual debemos colocar en cada inversor un fusible de 300 A, como en la instalación disponemos de tres inversores, se colocarán 3 fusibles de cuchilla de 300 A.

	12/3000/120	24/3000/70	48/3000/35	24/5000/120	48/5000/70	48/8000/110	48/10000/140
Capacidad de batería recomendada (Ah)	400-1200	200-700	100-400	400-1400	200-800	200-800	250-1000
Fusible CC recomendado	400 A	300 A	125 A	400 A	200 A	300 A	400 A
Sección recomendada (mm ²) para terminales + y -*,**							
0 – 5 m***	2x 50 mm ²	50 mm ²	35 mm ²	2x 50 mm ²	70 mm ²	2x 50 mm ²	2x 50 mm ²
5 – 10 m***	2x 70 mm ²	95 mm ²	70 mm ²	2x 70 mm ²	120 mm ²	2x 70 mm ²	2x 70 mm ²

Tabla 40. Fusibles de protección inversor a batería. Manual Victron.

- **Cálculo protecciones en CA**

La fórmula utilizada es la siguiente:

FÓRMULAS CÁLCULO INTENSIDAD CORRIENTE ALTERNA				
MAGNITUD		MONOFÁSICA	TRIFÁSICA	UNIDADES
INTENSIDAD	I	$I = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$	A
I	Intensidad en Amperios			
U/V	Tensión en voltios			
P	Potencia en vatios			
cos φ	Factor de potencia			

Se utiliza la fórmula de la intensidad trifásica debido a que la instalación es trifásica y se conectará cada uno de los inversores a cada una de las fases de la protección por lo tanto teniendo en cuenta la fórmula obtenemos el siguiente resultado:

$$I_B = \frac{6400 \times 3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,9} = 30,79A$$

Para la elección de dos interruptores diferencial tetrapolares se debe cumplir la siguiente igualdad:

$$I_B \leq I_N$$

Como no hay protección normalizada con ese valor (30,79 A), se escoge la inmediatamente superior, siendo en este caso de 40 A. De esta manera se cumple la igualdad.

También se escogen dos interruptores magnetotérmicos de 40 A. También se necesitarán dos diferenciales.

Todo el conexionado de protecciones se puede ver en los esquemas adjuntos.

Calibres comerciales de fusibles e interruptores automáticos															
2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200

Tabla 41. Fusibles de protección normalizados

6.2. Anexo III Normativa y reglamentación instalación fotovoltaica

Para la ejecución de la Instalación Fotovoltaica se tendrán en cuenta los siguientes Reglamentos y Normas de la normativa estatal y autonómica vigente:

- Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 244/2019, del 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación y sus modificaciones.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002) y Normas UNE indicadas en el mismo.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.



- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Decreto 177/2005, de 18 de noviembre, del Consell de la Generalitat Valenciana, por el que se regula el procedimiento administrativo aplicable a determinadas instalaciones de energía solar fotovoltaica.
- Guía ITC-BT-40 de instalaciones generadoras de Baja tensión.
- Guía ITC-BT-30 de instalaciones en locales de características especiales.

6.3. Anexo IV: Pliego de condiciones instalación fotovoltaica

6.3.1. Condiciones generales

El instalador tendrá la obligación de suministrar materiales equipos mano de obra, servicios, accesorios y ejecución de todas las operaciones para el perfecto acabado y puesta en marcha de la instalación fotovoltaica.

6.3.2. Condiciones técnicas y particulares

6.3.2.1. *Sistemas generadores fotovoltaicos*

- Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos capa delgada, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.
- El módulo fotovoltaico llevará de claramente visible e indeleble el modelo y nombre del logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.
- Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación. En caso de variaciones respecto de estas características, éstas deberán ser aprobadas por el IDAE. 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. Los marcos laterales, si existen serán de aluminio o acero inoxidable.
- 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.
- 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. Se valorará positivamente una alta eficiencia de las células.
- La estructura del generador se conectará a tierra.

- Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

6.3.2.2. Estructura soporte.

- Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En caso contrario se deberá contar con la aprobación expresa del IDAE. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado por la NBE y demás normas aplicables.
- La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas de viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-AE-88.
- El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.
- Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.
- 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.
- 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 estructura.
- La tornillería será realizada en acero inoxidable, cumpliendo la norma MV-106.
- En el caso de ser la estructura galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.
- Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

- Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos sobre la cubierta sin superar el límite de sombras indicado en el punto 4.1.2 del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.
- La estructura soporte será calculada según el CTE para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.
- Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirá el CTE para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.
- Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE 37-501 y UNE 37-508, con un espesor mínimo de 80micras para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

6.3.2.3. Inversores

- Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.
- Las características básicas de los inversores serán las siguientes:
 - Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
 - Autoconmutados.
 - Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
 - No funcionarán en isla o modo aislado.
- Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:
 - Cortocircuitos en alterna.
 - Tensión de red fuera de rango.
 - Frecuencia de red fuera de rango
 - Sobretensiones, mediante varistores o similares.
 - Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.
- Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

- Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:
 - Encendido y apagado general del inversor.
 - Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA. Podrá ser externo al inversor.

- Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:
 - El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiación solar un 10% superiores a las CEM. Además, soportará los picos de magnitud un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
 - Los valores de eficiencia al 25% y 100% de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85% y 88% respectivamente (valores medios incluyendo el transformador de salida, si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5KW, y del 90% al 92% para inversores mayores de 5KW.
 - El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0,5% de su potencia nominal.
 - El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25% y el 100% de la potencia nominal.
 - A partir de potencias mayores del 10% de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

- Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.

- Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0º y 40ºC de temperatura y entre 0% y 85% de humedad relativa.

6.3.2.4. Cableado

- Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

- Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5% y los

de la parte de CA para que la caída de tensión sea inferior del 2% teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a las cajas de conexiones.

- Se incluirá toda la longitud del cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.
- Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

6.3.2.5. *Conexión a red*

- Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión, y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

6.3.2.6. *Medidas*

- Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 10) sobre medidas y facturación de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

6.3.2.7. *Protecciones*

- Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión, y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.
- En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

6.3.2.8. *Puesta a tierra*

- La instalación cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión.
- Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se justificarán los elementos utilizados para garantizar esta condición.

- Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectados a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el R.B.T.

6.3.2.9. *Armónicos y compatibilidad electromagnética*

- Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 13) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión.

6.3.3. Mantenimiento de la instalación

6.3.3.1. *Módulos fotovoltaicos*

- Los módulos fotovoltaicos requieren muy escaso mantenimiento, por su propia configuración, carente de partes móviles y con el circuito interior de las células y las soldaduras de conexión muy protegidas del ambiente exterior por capas de material protector.
- El mantenimiento abarca los siguientes procesos:
 - Limpieza periódica del panel, la periodicidad del proceso depende, lógicamente de la intensidad de ensuciamiento. En el caso de depósitos procedentes de las aves conviene evitarlos instalando pequeñas antenas elásticas en la parte alta del panel, impidiendo a aquellas que se posen. La operación de limpieza consiste simplemente en el lavado de los módulos con agua y algún detergente no abrasivo. Esta operación se tiene que realizar a primeras horas de la mañana, cuando el módulo esté frío. No es recomendable en ningún caso utilizar mangueras a presión.
 - Inspección visual de posibles degradaciones internas y de la estanqueidad del panel.
 - Control de las conexiones eléctricas y el cableado.
 - Revisión de los prensaestopas de la caja de conexión.

6.3.3.2. *Inversor*

- El mantenimiento del inversor no difiere especialmente de las operaciones normales en los equipos electrónicos. Las averías en condiciones normales de funcionamiento son poco frecuentes y la simplicidad de los equipos reduce el mantenimiento a las siguientes operaciones:
 - Observación visual general del estado y funcionamiento del inversor.
 - Comprobación del conexionado y cableado de los componentes.
 - Observación del funcionamiento de los indicadores ópticos.
 - Acumulación de polvo y suciedad que se pueda producir en el conducto de ventilación.

6.3.3.3. *Armarios de conexión*

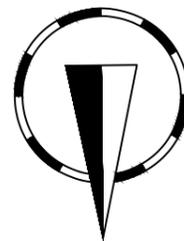
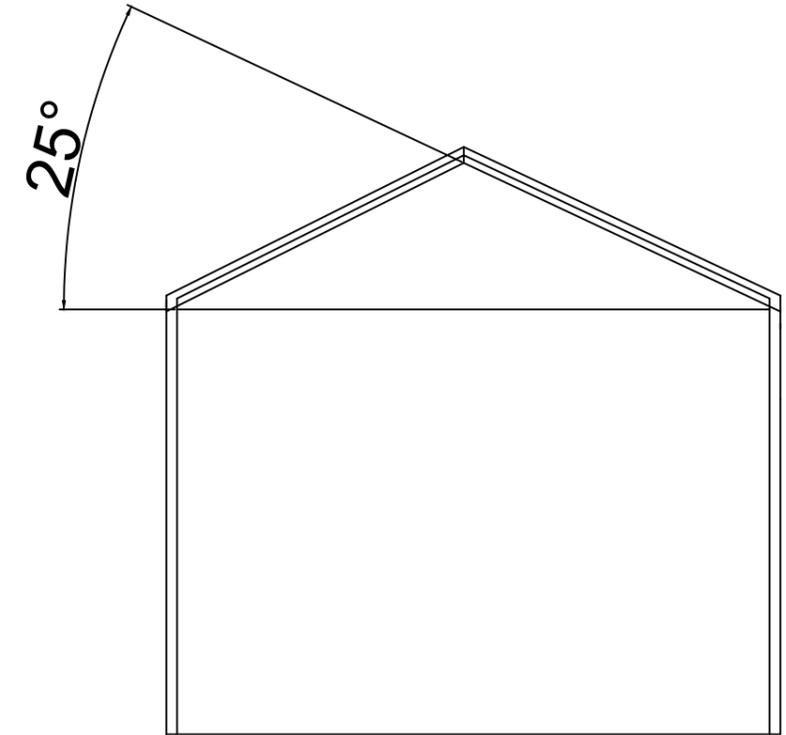
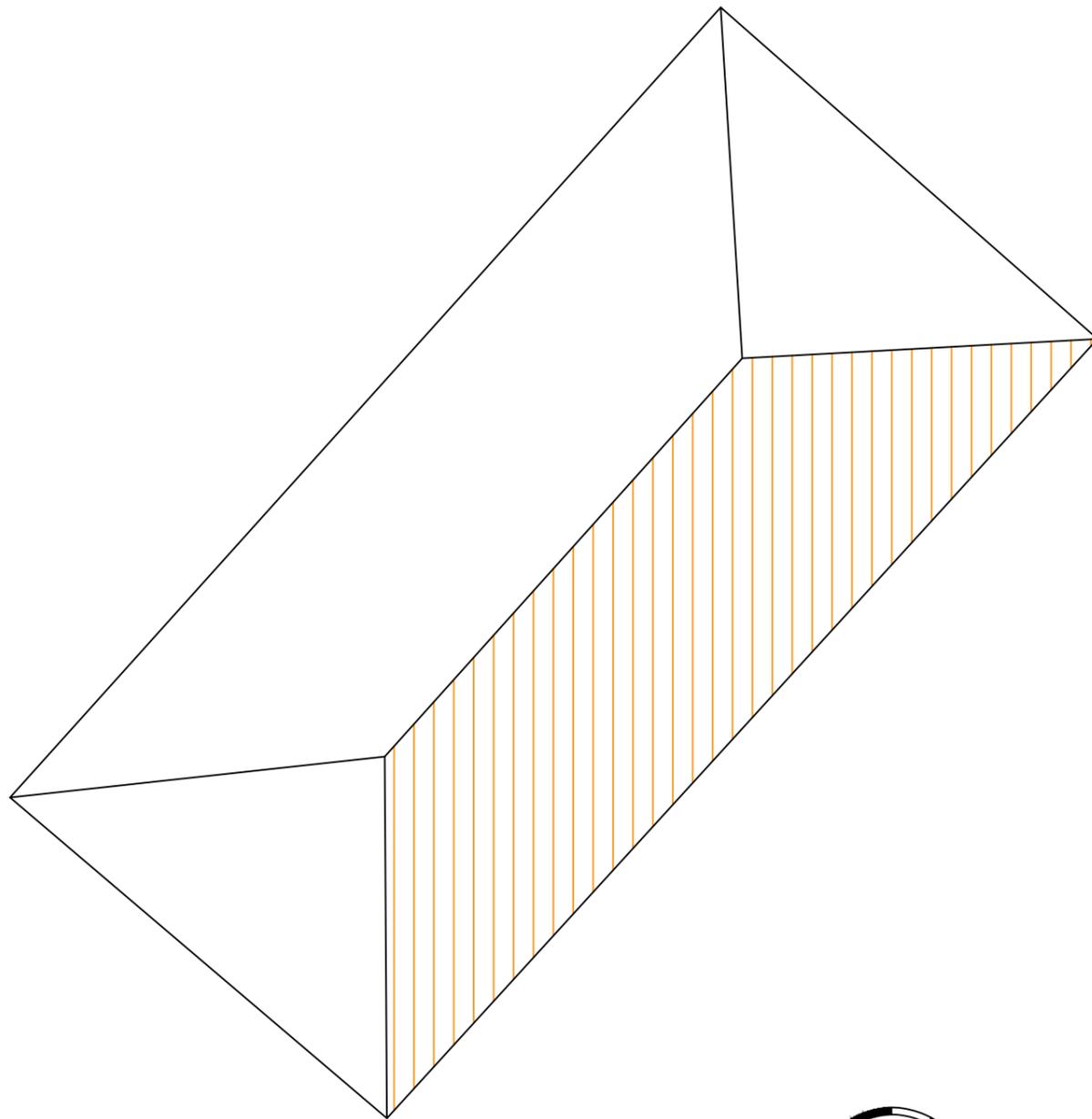
- Se observa la estanqueidad de los armarios y prensaestopas.
- Cableado general del armario.
- Apriete de bornas y detección de cables con temperatura elevada.
- Señalización de cables en buen estado.
- Comprobación de las protecciones. (Varistores, fusibles, magnetotérmicos, seccionadores, diodos, etc.)

6.3.3.4. *Caminos de cables*

- Eliminar suciedad en las conducciones que se encuentren en el exterior.
- Comprobación visual del aislamiento de los cables.
- Revisión de la fijación a bandejas, muros, etc.
- Señaladores de cables en buen estado.

6.4. Anexo V: Planos instalación fotovoltaica

- 6.4.1. Orientación y zona de colocación de paneles
- 6.4.2. Paneles en tejado
- 6.4.3. Esquema multifilar instalación
- 6.4.4. Esquema unifilar instalación
- 6.4.5. Esquema instalación alternativa



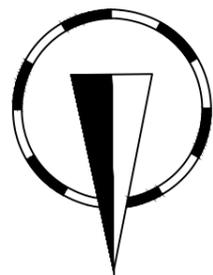
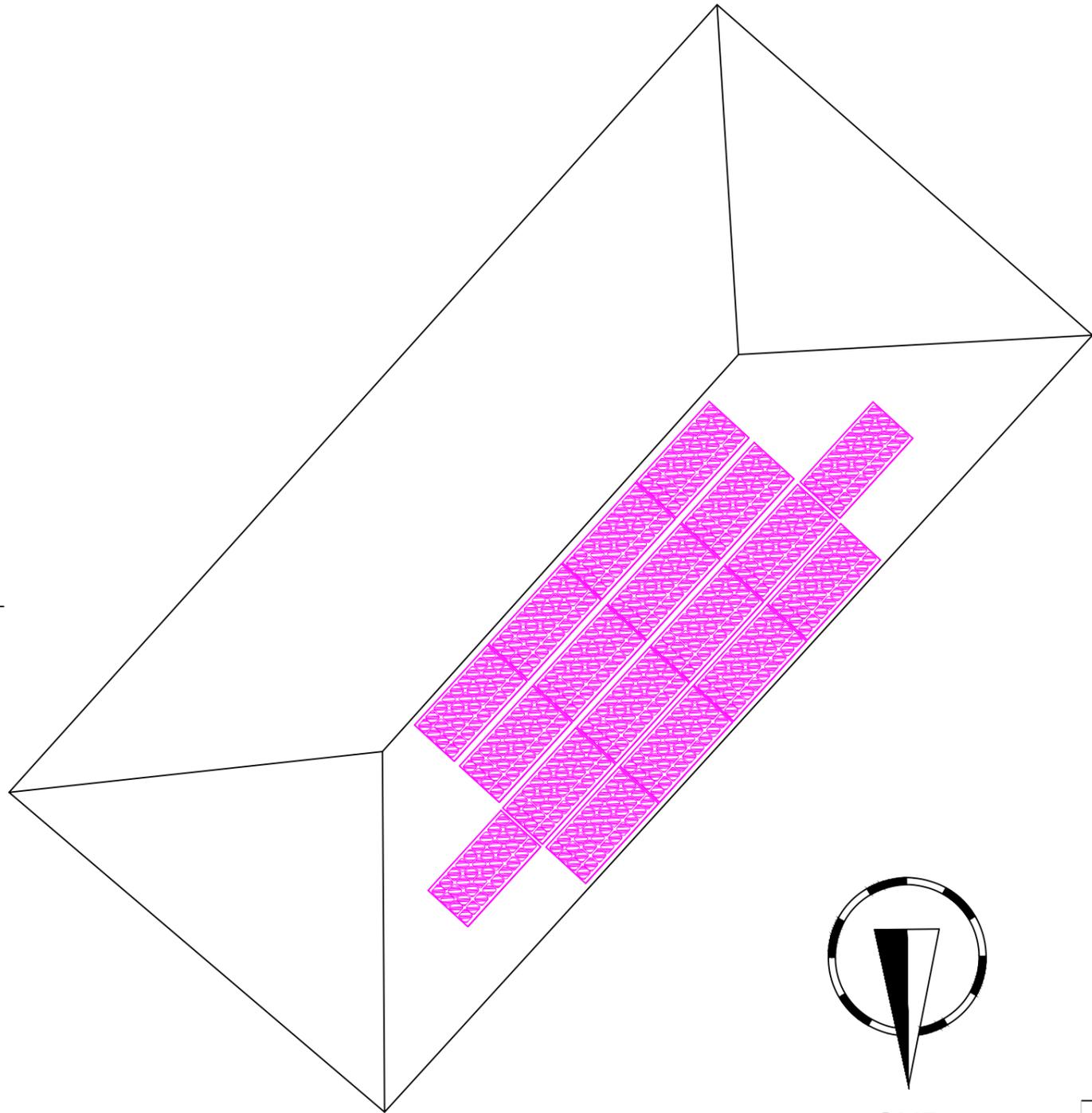
SUR



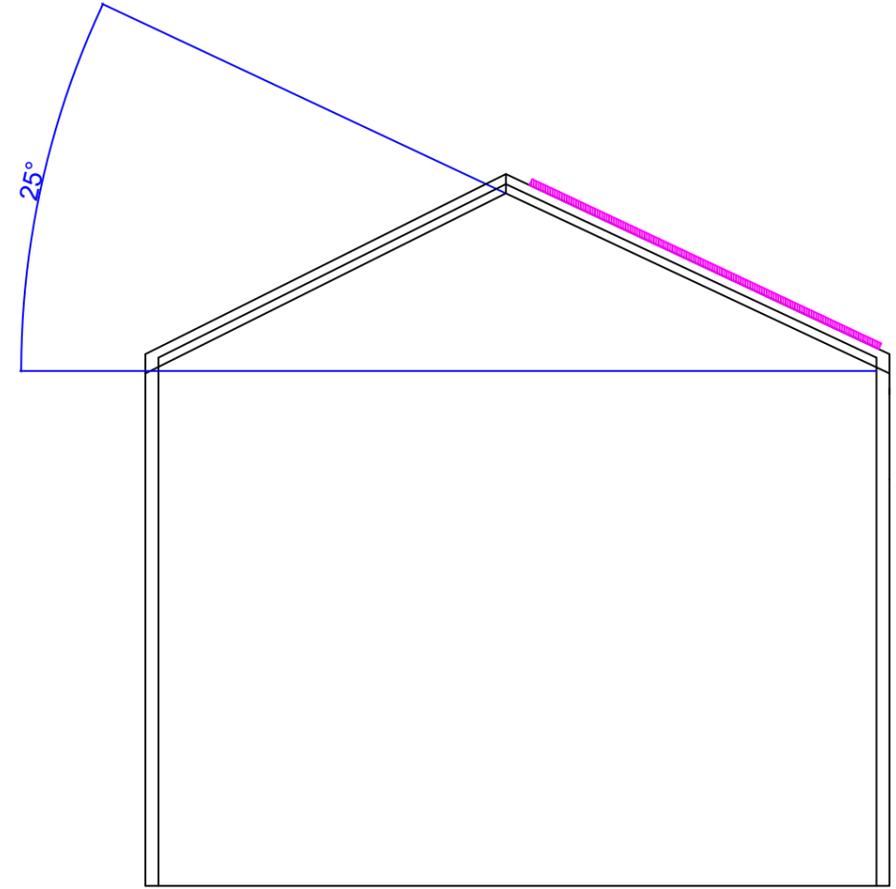
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

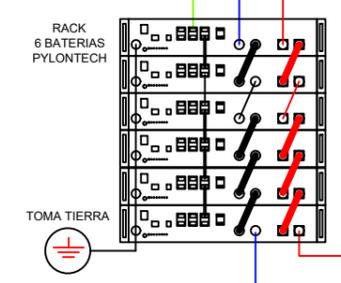
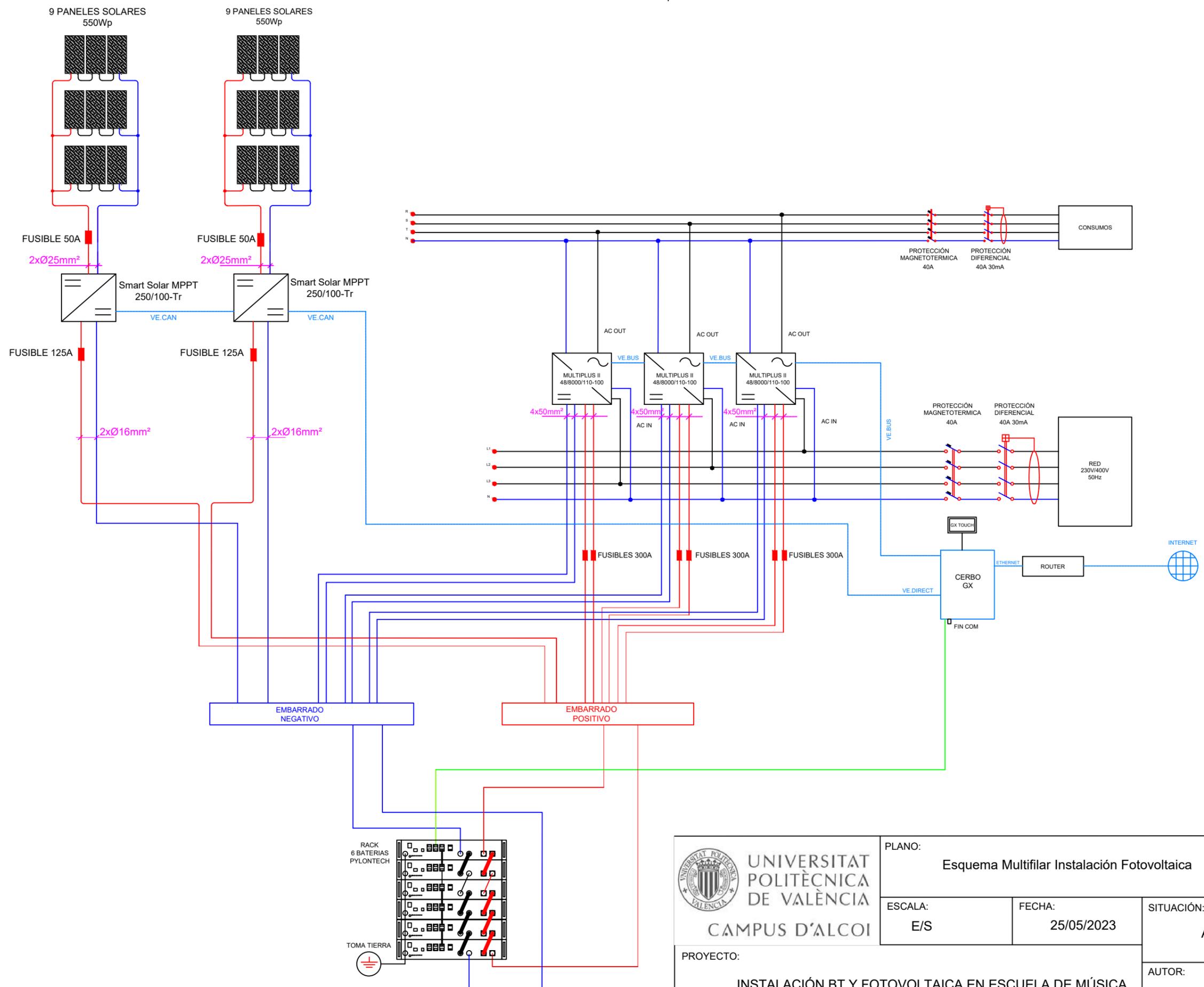
PLANO: Orientación, zona de colocación paneles e inclinación tejado		PLANO N°: 5
ESCALA: 1:100	FECHA: 25/05/2023	SITUACIÓN: Alcoy (Alicante)
PROYECTO: INSTALACIÓN BT Y FOTOVOLTAICA EN ESCUELA DE MÚSICA		AUTOR: Mateo Egea Igual



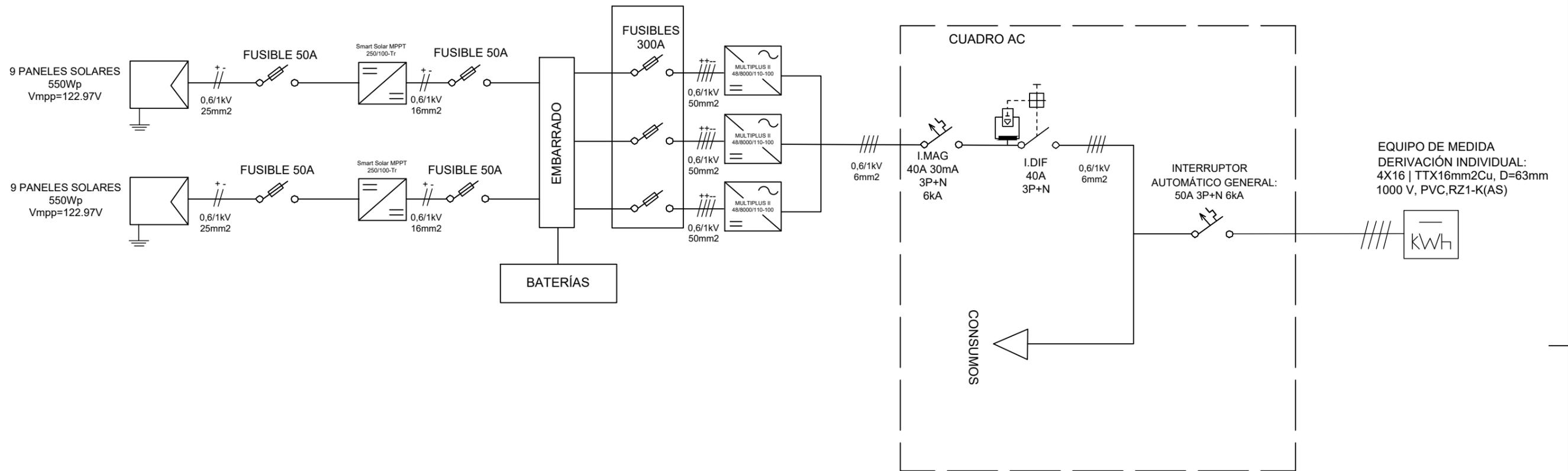
SUR



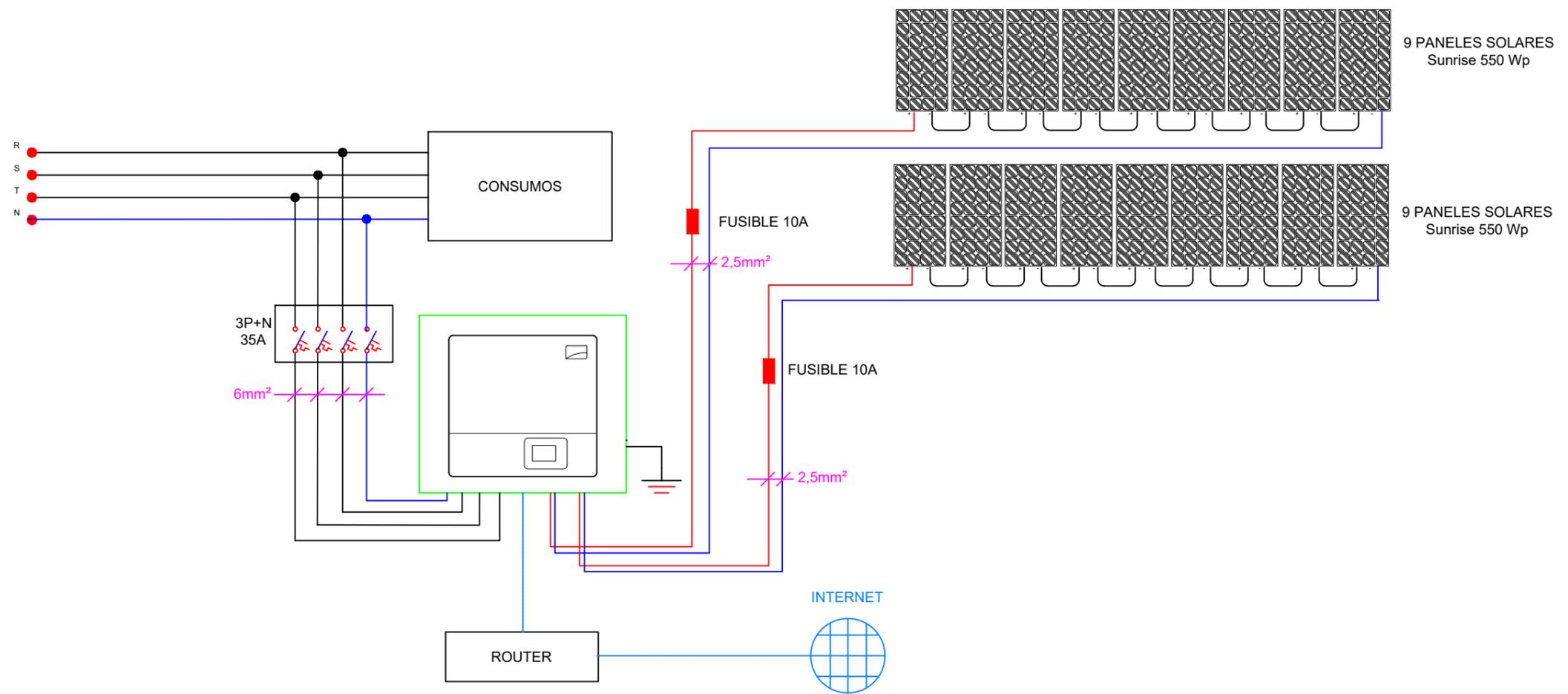
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	PLANO: Paneles en tejado		PLANO N°: 6
	ESCALA: 1:100	FECHA: 25/05/2023	SITUACIÓN: Alcoy (Alicante)
PROYECTO: INSTALACIÓN BT Y FOTOVOLTAICA EN ESCUELA DE MÚSICA			AUTOR: Mateo Egea Igual



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	PLANO: Esquema Multifilar Instalación Fotovoltaica		PLANO N°: 7
	ESCALA: E/S	FECHA: 25/05/2023	SITUACIÓN: Alcoy (Alicante)
PROYECTO: INSTALACIÓN BT Y FOTOVOLTAICA EN ESCUELA DE MÚSICA			AUTOR: Mateo Egea Igual



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	PLANO: Esquema Uniifilar Instalación Fotovoltaica		PLANO N°: 8
	ESCALA: E/S	FECHA: 25/05/2023	SITUACIÓN: Alcoy (Alicante)
PROYECTO: INSTALACIÓN BT Y FOTOVOLTAICA EN ESCUELA DE MÚSICA			AUTOR: Mateo Egea Igual



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	PLANO: Esquema Multifilar Instalación Fotovoltaica opción 2		PLANO N°: 9
	ESCALA: E/S	FECHA: 25/05/2023	SITUACIÓN: Alcoy (Alicante)
PROYECTO: INSTALACIÓN BT Y FOTOVOLTAICA EN ESCUELA DE MÚSICA			AUTOR: Mateo Egea Igual

6.5. Anexo VI: Estudio económico y presupuesto instalación solar fotovoltaica

6.5.1. Presupuesto instalación fotovoltaica

Capítulo 1: Equipos instalación fotovoltaica y cableado				
Presupuesto				
Material	UNIDAD	Cantidad	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
Inversor/cargador Multiplus-II 48/800110-100/100	Ud	3	3400	10200
Regulador solar SmartSolar 250/100 Tr- VE.Can	Ud	2	1006	2012
Panel solar Sunrise 450W 144cel Monocristalino	Ud	18	190	3420
Bateria US5000 DE PYLONTECH	Ud	6	1815	10890
Gx Touch	Ud	1	248	248
Cerbo Gx	Ud	1	364	364
TOTAL(€)				27134

Capítulo 2: Elementos de protección y				
Presupuesto				
Material	UNIDAD	Unidades	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
Int. Magnetotérmico 4P C40 6kA Gewiss 3P	Ud	2	27,00	54,00
Diferencial 40A 3P+N 300mA Gewiss 3P	Ud	2	50,00	100,00
Cuadro distribución estanco 12 módulos IP65	Ud	1	21,73	21,73
Cable Flexible libre de Halógenos 1kV Rz1 de 50mm	m	300	5,31	1593,50
Cable Flexible libre de Halógenos 1kV Rz1 de 25mm	m	50	3,03	151,50
Cable Flexible libre de Halógenos 1kV Rz1 de 16mm	m	320	1,99	636,25
Cable flexible 6mm ² Libre de halógenos Negro 750V H07z1-k	m	100	0,63	62,77
Cable flexible 6mm ² Libre de halógenos Gris 750V H07z1-k	m	100	0,63	63,00
Cable flexible 6mm ² Libre de halógenos Marron 750V H07z1-k	m	100	0,63	63,00
Cable flexible 6mm ² Libre de halógenos Azul 750V H07z1-k	m	100	0,63	63,00
Cable flexible 6mm ² Libre de halógenos Amarillo/verde 750V H07z1-k	m	100	0,63	63,00
Terminal Cu 16mm	Ud	12	0,18	2,15
Terminal Cu 50mm	Ud	12	0,54	6,48
Puntera hueca Verde 6mm	Ud	100	0,01	1,31
Fusible de Cuchilla Nh 50A L=12mm	Ud	2	1,82	3,63
Fusible de Cuchilla Nh-00 125A Gg	Ud	2	2,12	4,24
Fusible de Cuchilla Nh-00 315A Pronutec	Ud	6	6,21	37,24
Portafusibles Pronutec	Ud	10	8,10	81,00
Cables comunicación baterías con Buc-00	Ud	3	17,00	51,00
Kit cable conexión Inversor	Ud	3	20,00	60,00
TOTAL(€)				3118,80

)

Capítulo 3: Estructura				
Presupuesto				
Material	UNIDAD	Unidades	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
Estructura coplanar con varilla roscada en teja 4 Paneles	Ud	3	180	540
Estructura coplanar con varilla roscada en teja 6 Paneles	Ud	1	260	260
TOTAL				800

Capítulo 4: Mano de obra				
Presupuesto				
Material	UNIDAD	Cantidad (h)	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
Montaje	h	112	25	2800
Instalación	h	112	25	2800
TOTAL				5600

El presupuesto de la instalación asciende a una cifra de 36652,79€.

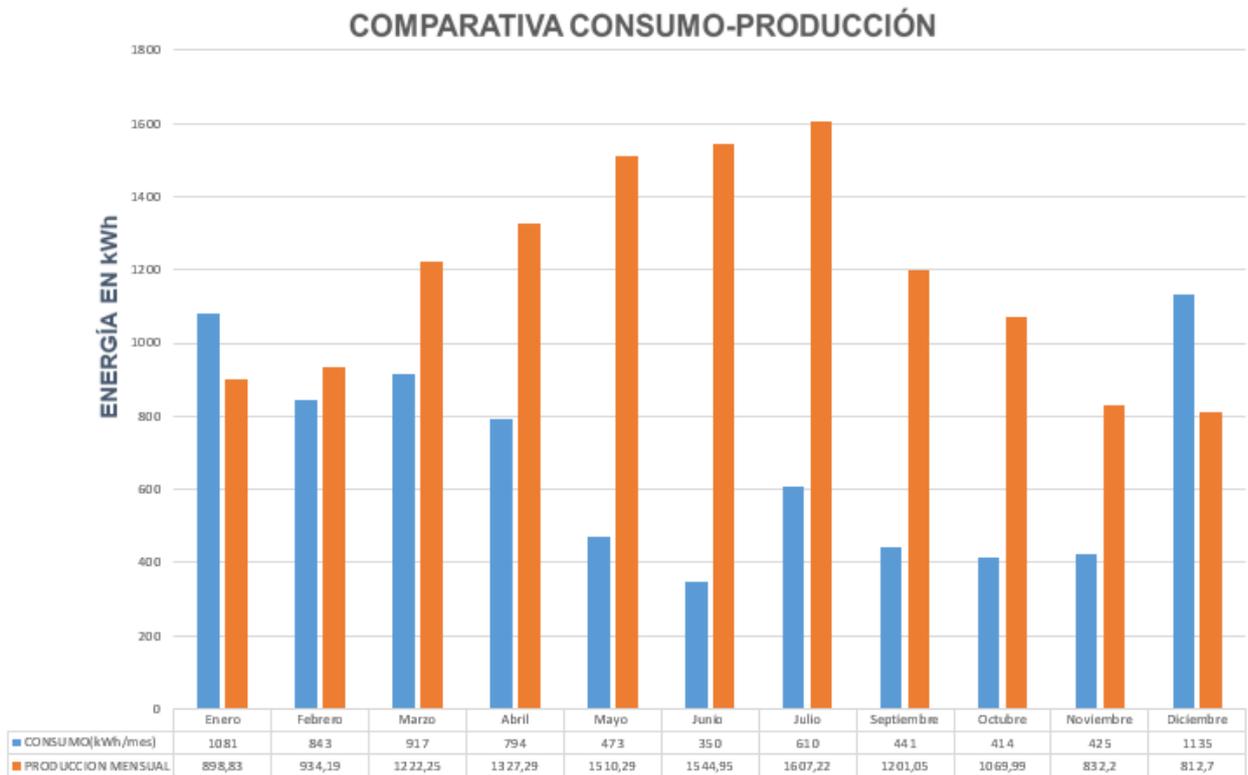
6.5.2. Estudio económico y financiero

Una vez se ha realizado el presupuesto de la instalación, que nos da la información de la inversión inicial del proyecto se debe realizar un análisis financiero que proporcionará una idea acerca de la rentabilidad y viabilidad económica del proyecto.

Al ser una instalación de autoconsumo este punto es importante debido a que el descuento del consumo es el que más interesa, debido a que es el principal motivo para la realización del presente proyecto.

6.5.2.1. Ahorro de energía

Para que sea más visual se utiliza la gráfica explicada anteriormente que consiste en la comparativa entre consumo y producción.



PERIODO FACTURACIÓN	CONSUMO(kWh/mes)	PRODUCCION (kWh/mes)
Enero	1081	898,83
Febrero	843	934,19
Marzo	917	1222,25
Abril	794	1327,29
Mayo	473	1510,29
Junio	350	1544,95
Julio	610	1607,22
Septiembre	441	1201,05
Octubre	414	1069,99
Noviembre	425	832,2
Diciembre	1135	812,7

Una vez visualizada la gráfica y la tabla con la comparativa de la producción se realiza el cálculo de excedentes que consiste en restar la producción menos el consumo y obtenemos los siguientes valores:

EXCEDENTES	
-182,17	Si se paga por energía (Consumo>Producción)
91,19	No se paga por energía (Producción>consumo)
305,25	No se paga por energía (Producción>consumo)
533,29	No se paga por energía (Producción>consumo)
1037,29	No se paga por energía (Producción>consumo)
1194,95	No se paga por energía (Producción>consumo)
997,22	No se paga por energía (Producción>consumo)
760,05	No se paga por energía (Producción>consumo)
655,99	No se paga por energía (Producción>consumo)
407,2	No se paga por energía (Producción>consumo)
-322,3	Si se paga por energía (Consumo>Producción)

Tabla 42. Excedentes de energía.

Como se puede observar en la gráfica, tan solo se pagaría energía en enero y diciembre ya que son los meses que nos da el excedente en negativo lo cual quiere decir que es la energía que se queda por pagar.

Por lo tanto, en enero se pagaría por 182,17 kWh y en diciembre por 322,3 kWh.

En el mes de enero la energía se pagó a 0,22917€ por lo tanto se pagarían 41,75 €/kWh.

$$\text{Pago energía en enero} = 182,17 \times 0,22917 = 41,75 \text{ €/kWh}$$

En el mes de diciembre la energía se pagó a 0,044712€ por lo tanto se pagarían 14,41 €/kWh.

$$\text{Pago energía en diciembre} = 322,3 \times 0,044712 = 14,41 \text{ €/kWh}$$

Para realizar el cálculo del ahorro de energía se adjuntan los datos de facturación y pagos mensuales:

PERIODO FACTURACIÓN	CONSUMO(kWh/mes)	ENERGIA FACTURADA MENSUAL(€/kWh)
Enero	1081	247,73
Febrero	843	193,19
Marzo	917	210,15
Abril	794	175,3
Mayo	473	104,01
Junio	350	76,95
Julio	610	134,13
Septiembre	441	89,8
Octubre	414	91,03
Noviembre	425	82,23
Diciembre	1135	219,6
PAGO ANUAL DE ENERGÍA (€/kWh)		1624,12

Tabla 43. Pago de energía.

Como se ha mencionado, tan solo habría que pagar por el mes de diciembre y enero. En enero se pagarían 41,75 €/kWh lo que supondría un ahorro de 205,98€/ kWh. Para el mes de diciembre se pagan 14,41 €/kWh y supondría un ahorro de 205,19€/ kWh.

El ahorro sumado de enero y diciembre más el ahorro de febrero a noviembre que al no pagar por tener más producción que consumo, se consigue un ahorro anual de 1567,96€/ kWh de energía facturada.

6.5.2.2. Amortización de la instalación

Habiendo averiguado tanto la inversión inicial como el ahorro de dinero en factura, se procede a realizar el cálculo de la amortización de la instalación. Este cálculo nos informa acerca del número de años necesarios para la recuperación de la inversión. Aquí entran en juego muchos parámetros, ya que las subvenciones influyen en el periodo de recuperación.

Hay que tener en cuenta que para esta instalación no se han tenido en cuenta subvenciones, por lo que tan solo se ha tenido en cuenta el ahorro de energía a pagar.

La fórmula para el cálculo de amortización de la instalación es la siguiente:

FÓRMULA CÁLCULO AMORTIZACIÓN	
$Amortización = \frac{I_i}{B_a}$	
I_i	Inversión inicial
B_a	Beneficio anual estimado

Fórmula 19. Cálculo amortización

$$Amortización = \frac{I_i}{B_a} = \frac{36652,80}{1567,96} = 23,37 \text{ años}$$

Como se puede observar se tardaría en amortizar 23,37 años nuestra instalación. Sabiendo que la vida útil de los paneles fotovoltaicos es de una media de 25 años no sería una instalación muy rentable. En el caso de que hubiese en un futuro más consumos debido a una ampliación si subiese el ahorro de energía seguramente saldría mucho más rentable ya que la amortización sería menor.

6.5.2.3. Alternativa más rentable para el cliente

Como se ha podido observar la amortización de la instalación inicial que se le ha proyectado al cliente según sus ideas, no es una instalación rentable debido a su amortización mucho más elevada. De este modo se ha realizado un presupuesto para una instalación con un inversor trifásico y sin baterías, pero si con los 18 paneles con los que se ha dimensionado la primera instalación.

El dimensionado de esta instalación alternativa se realizaría con un inversor de la marca alemana SMA concretamente el modelo STP-20 y se dispondría de una inversión inicial de 14815,49€. Con lo cual aplicando la fórmula de antes obtendríamos una amortización de:

$$\text{Amortización} = \frac{I_i}{B_a} = \frac{14815,49}{1567,96} = 9,44 \approx 10 \text{ años}$$

Saldría más rentable esta instalación ya que se amortizaría en 10 años.



Figura 25. SMA STP-20

6.6. Anexo VII: Tablas especificaciones componentes instalación solar fotovoltaica

6.6.1. Inversores

Inversor/cargador MultiPlus-II

230 V

▶ Página del producto en línea

https://ve3.nl/6H



Un MultiPlus, con funcionalidad ESS (Sistema de almacenamiento de energía)

El MultiPlus-II es un inversor/cargador multifuncional con todas las funciones del MultiPlus, más un sensor de corriente externa opcional que amplía las funciones PowerControl y PowerAssist hasta 50 A y 100 A respectivamente. El MultiPlus-II es ideal para su uso profesional en el ámbito marino, navegación de recreo, vehículos y aplicaciones terrestres no conectadas a la red. También dispone de una funcionalidad antiisla incorporada y homologaciones en cada vez países para su uso como ESS. Existen varias configuraciones del sistema posibles. Podrá encontrar información más detallada en el Manual de diseño y configuración de sistemas ESS.



PowerControl y PowerAssist – aumento de la capacidad de la red o de un generador

Se puede establecer una corriente máxima del generador o de la red. El MultiPlus-II tendrá en cuenta las demás cargas de CA y utilizará la corriente sobrante para cargar la batería, evitando así sobrecargar el generador o la red (función PowerControl). PowerAssist lleva el principio de PowerControl a otra dimensión. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, el MultiPlus-II compensará la falta de potencia del generador, de la toma de puerto o de la red con energía de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

Energía solar: Energía CA disponible incluso durante un apagón

El MultiPlus II puede utilizarse en sistemas fotovoltaicos, conectados a la red eléctrica o no, y en otros sistemas de energía alternativos. Es compatible tanto con controladores de carga solar como con inversores conectados a la red.

Dos salidas CA

La salida principal dispone de la función "no-break" (sin interrupción). El MultiPlus II se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la toma de puerto/generador. Esto ocurre tan rápidamente (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción. La segunda salida sólo está activa cuando la entrada del MultiPlus II tiene alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo (no para los modelos de 8k, 10k y 15k) y trifásico. Hasta 6 Multis pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 48/5000/70, por ejemplo, darán una potencia de salida de 25 kW/30 kVA y una capacidad de carga de 420 amperios.

Además de la conexión en paralelo, se pueden configurar tres unidades del mismo modelo para una salida trifásica. Pero eso no es todo: se pueden conectar en paralelo hasta 6 juegos de tres unidades que proporcionarán una capacidad de inversor de 75 kW / 90 kVA y más de 1200 amperios de capacidad de carga.

Configuración, seguimiento y control del sistema in situ

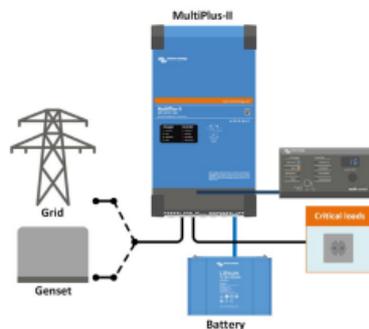
La configuración puede cambiarse en cuestión de minutos con el software VEConfigure (se necesita un ordenador o un portátil y una interfaz MK3-USB).

Hay varias opciones de seguimiento y control disponibles: Color Control GX, Venus GX, Octo GX, CANvu GX, portátil, ordenador, bluetooth (con la mochila opcional VE.Bus Smart), monitor de baterías, panel Digital Multi Control.

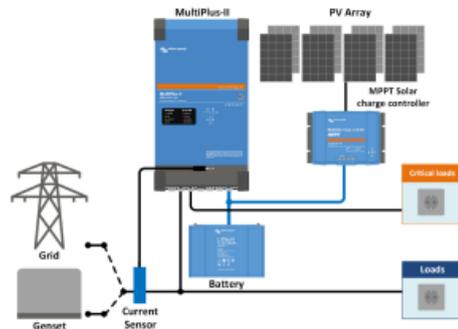
Configuración y seguimiento remotos

Instale un Color Control GX u otro producto GX para conectarse a Internet.

Los datos de funcionamiento se pueden almacenar y mostrar gratuitamente en la web VRM (Victron Remote Management). Una vez conectado a Internet, se puede acceder a los sistemas de forma remota y se puede cambiar la configuración.



Aplicación estándar marina, móvil o no conectada a la red
Las cargas que deberían apagarse cuando no hay energía en la entrada de CA pueden conectarse a una segunda salida (no se muestra en la imagen). La función PowerControl y PowerAssist tendrá en cuenta estas cargas para limitar la entrada de CA a un valor seguro.



Topología paralela a la red con controlador de carga solar MPPT
El MultiPlus-II utilizará los datos del sensor de CA externa (pedir por separado) o del medidor de energía para optimizar el autoconsumo y, si lo desea, evitar la devolución a la red del excedente de energía solar. En caso de un corte del suministro eléctrico, el MultiPlus-II seguirá alimentando las cargas críticas.



GX Touch y Cerbo GX
Facilita un control y un seguimiento intuitivos del sistema. Además del control y seguimiento del sistema, el Cerbo GX permite acceder a nuestra web de seguimiento remoto gratuita: el portal en línea VRM.



Portal VRM
Nuestra web gratuita de seguimiento remoto (VRM) mostrará todos los datos de su sistema en un completo formato gráfico. Los ajustes del sistema pueden modificarse a distancia a través del portal. Se pueden recibir alarmas por email.



App VRM
Controle y gestione su sistema Victron Energy desde su *smartphone* o tableta. Disponible tanto para iOS como para Android.



Mochila VE Bus Smart
Mide la tensión y temperatura de la batería y permite el seguimiento y control mediante *smartphone* u otro dispositivo bluetooth.



Área de conexión

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos
E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com



Sensor de corriente de 100 A/50 mA
Para implementar PowerControl y PowerAssist y optimizar el autoconsumo con sensor de corriente externo. Corriente máxima: 50 A y 100 A resp. Longitud del cable de conexión 1 m



Panel Digital Multi Control
Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.

MultiPlus-II 230V	12/3000/120-32 24/3000/70-32 48/3000/35-32	24/5000/120-50 48/5000/70-50	48/8000/ 110-100	48/10000/ 140-100	48/15000/ 200-100
PowerControl y PowerAssist	Sí				
Commutador de transferencia	32 A	50 A	100 A	100 A	100 A
Corriente máxima de entrada CA	32 A	50 A	100 A	100 A	100 A
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada CC	12V - 9,5-17 V	24V - 19-33V	48V - 38-66 V		
Salida	Tensión de salida: 230 V CA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1 % (1)				
Potencia cont. de salida a 25 °C (3)	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA	15000 VA
Potencia cont. de salida a 25 °C	2400 W	4000 W	6400 W	8000 W	12000 W
Potencia cont. de salida a 40 °C	2200 W	3700 W	5500 W	7000 W	10000 W
Potencia cont. de salida a 65 °C	1700 W	3000 W	4000 W	6000 W	7000 W
Balance neto máximo aparente (corriente retornada a la red)	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA	15000 VA
Pico de potencia	5500 W	9000 W	15000 W	18000 W	27000 W
Eficiencia máxima	93%/94%/95%	96%	95%	96%	95%
Consumo en vacío	13 / 13 / 11 W	18 W	29 W	38 W	55 W
Consumo en vacío en modo AES	9 / 9 / 7 W	12 W	19 W	27 W	39 W
Consumo en vacío en modo búsqueda	3 / 3 / 2 W	2 W	3 W	4 W	6 W
CARGADOR					
Entrada de CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 V CA Frecuencia de entrada: 45 - 65 Hz				
Tensión de carga de "absorción"	14,4 / 28,8 / 57,6 V				
Tensión de carga de "flotación"	13,8 / 27,6 / 55,2 V				
Modo de almacenamiento	13,2 / 26,4 / 52,8 V				
Máxima corriente de carga de la batería (4)	120 / 70 / 35 A	120 / 70 A	110 A	140 A	200 A
Sensor de temperatura de la batería	Sí				
GENERAL					
Salida auxiliar	Sí (32 A)		Sí (50 A)		
Sensor de CA externa (opcional)	50 A		100 A		
Relé programable (5)	Sí				
Protección (2)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo (no para los modelos de 8k, 10k y 15k) y trifásico, control remoto e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general	Sí, 2 puertos				
On/Off remoto	Sí				
Temperatura de trabajo	-40 a +65 °C (refrigerado por ventilador)				
Humedad (sin condensación)	máx. 95 %				
CARCASA					
Material y color	acero, azul RAL 5012				
Grado de protección	IP22				
Conexión de la batería	Pernos M8		Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)		
Conexión 230 V CA	Bornes de tornillo de 13 mm ² (6 AWG)		Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso	19 kg	30 kg	42 kg	49 kg	80 kg
Dimensiones (al x an x p)	546 x 275 x 147	607 x 330 x 149	642 x 363 x 206	677 x 363 x 206	810 x 405 x 217
	499 x 268 x 141	565 x 320 x 149			
	499 x 268 x 141				
NORMAS					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2				
Emisiones, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2				
	EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3 IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Sistema de alimentación ininterrumpida	Puede consultar los certificados en nuestro sitio web				
Antisía	Puede consultar los certificados en nuestro sitio web				
1) Puede ajustarse a 60 Hz 2) Claves de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería demasiado alta d) tensión de la batería demasiado baja e) temperatura demasiado alta f) 230 VCA en la salida del Inversor g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta 3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 4) Hasta 25 °C de temperatura ambiente 5) Relé programable que puede configurarse para las funciones de alarma general, subtensión CC o señal de arranque para el generador. Capacidad nominal CA: 230 V/4 A, Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC y 1 A hasta 60 VCC					



/ STP 12-50 / STP 15-50 / STP 20-50 / STP 25-50



Sunny Tripower X powered by ennexOS

12 / 15 / 20 / 25

Inteligencia integrada en un diseño
preparado para el futuro

 SMA Smart Connected
  SMA ArcFix
  SMA ShadeFix

Gestor de sistemas integrado

- Monitorización y control de hasta 5 inversores (máx. 13.5 kVA)
- Acceso directo a Sunny Portal powered by ennexOS
- SMA Dynamic Power Control

Seguridad incluida

- Función de protección contra arco voltaico SMA ArcFix
- Protección contra sobretensión de CC
- Protección simplificada de la planta y de la red

Máximo rendimiento

- Aumento del rendimiento gracias a la integración de SMA ShadeFix
- Diagnóstico de generadores $IV^{[1]}$
- SMA Smart Connected

Mayor flexibilidad

- 3 seguidores MPP
- Mayor corriente de entrada para módulos fotovoltaicos potentes
- Posibilidad de ampliación modular para futuras funciones de gestión energética

¹⁾ próximamente

El nuevo Sunny Tripower X es la solución innovadora para plantas fotovoltaicas industriales y plantas privadas de gran tamaño.

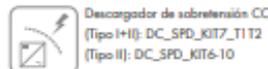
La función de gestor de sistemas integrada con acceso directo al Sunny Portal powered by ennexOS controla hasta cinco inversores SMA y un Energy Meter. Este permite regular de forma dinámica la potencia activa y reactiva a través de SMA Dynamic Power Control. Gracias a su amplio rango de tensión de entrada y a la alta capacidad de corriente de entrada es compatible con los potentes módulos fotovoltaicos de última generación. A través del innovador diseño de la carcasa se consigue una refrigeración eficiente de los componentes electrónicos, lo que maximiza la vida útil del Sunny Tripower X.

La puesta en marcha se puede realizar fácil y rápidamente de forma centralizada para todos los equipos del sistema. Durante el funcionamiento, los usuarios pueden disfrutar de las soluciones de software integradas: SMA ShadeFix, que eleva el rendimiento de la planta fotovoltaica incluso en caso de sombreado parcial y SMA ArcFix, que detecta de manera efectiva los arcos voltaicos, y permite reducir el riesgo de incendios.

Datos técnicos	Sunny Tripower X 12	Sunny Tripower X 15	Sunny Tripower X 20	Sunny Tripower X 25
Entrada (CC)				
Potencia máx. del generador fotovoltaico	18000 Wp STC	22500 Wp STC	30000 Wp STC	37500 Wp STC
Tensión de entrada máx.	1000 V			
Rango de tensión del MPP	210 V a 800 V	260 V a 800 V	345 V a 800 V	430 V a 800 V
Tensión asignada de entrada	580 V			
Tensión de entrada mín. / Tensión de entrada de inicio	150 V / 188 V			
Corriente máx. de entrada utilizable por seguidor del MPP	24 A			
Corriente máx. de cortocircuito por seguidor del MPP	37,5 A			
Cantidad de seguidores del MPP independientes / Strings por seguidor del MPP	3 / 2			
Salida (CA)				
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	12000 W	15000 W	20000 W	25000 W
Potencia aparente asignada / Potencia aparente máx.	12000 VA/12000 VA	15000 VA/15000 VA	20000 VA/20000 VA	25000 VA/25000 VA
Tensión nominal de CA	220 V / 380 V; 230 V / 400 V ; 240 V / 415 V			
Rango de tensión	176 V a 275 V / 304 V a 477 V			
Frecuencia de red / Rango	50 Hz / 44 Hz a 56 Hz 60 Hz / 54 Hz a 66 Hz			
Frecuencia de red asignada / Tensión de red asignada	50 Hz / 230 V			
Corriente de salida asignada / Corriente de salida máx.	17,4 A / 36,6 A	21,7 A / 36,6 A	29 A / 36,6 A	36,2 A / 36,6 A
Fases de inyección / Conexión de CA	3 / 3[N]-PE			
Factor de potencia a potencia asignada / Factor de desfase ajustable	1 / 0 inductivo a 0 capacitivo			
Armónicos (THD)	< 3 %			
Rendimiento				
Rendimiento máx. / Rendimiento europeo	98,2 % / 97,6 %	98,2 % / 97,8 %	98,2 % / 97,9 %	98,2 % / 98,0 %
Dispositivos de protección				
Punto de desconexión en el lado de entrada	●			
Monitorización de toma a tierra / Monitorización de red	● / ●			
Protección contra polarización inversa de CC / Resistencia al cortocircuito de CA	● / ●			
Dispositivo de monitorización de corriente residual sensible a cualquier corriente	●			
Clase de protección (según IEC 62109-1) / Categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)	I / CA; III; CC: II			
Función de protección contra arco voltaico (AFCI) / Diagnóstico de generadores LV	● / ● ¹⁾			
Descargador de sobretensión CC (tipo 2, tipo 1/2)	○			
Datos generales				
Dimensiones (ancho / alto / fondo)	728 mm / 762 mm / 266 mm (28,7 in / 30,0 in / 10,5 in)			
Peso	35 kg (77 lb)			
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 °C a +60 °C [-13 °F a +140 °F]			
Emissiones de ruido, máximo (1 m)	59 dB(A)			
Autoc consumo (nocturno)	< 5 W			
Topología / Principio de refrigeración	Sin separación galvánica / OptiCool			
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65			
Categoría de clima (según IEC 60721-3-4)	4K26			
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100 %			
Equipamiento / Función / Accesorios				
Conexión de CC / Conexión de CA	SUNCLIX / Borne de conexión por resorte			
Indicador led (estado / error / comunicación)	●			
Interfaz: Ethernet / WLAN / (cliente) RS485	● (2 puertos) / ● / ○ ¹⁾			
Protocolos de datos: SMA Modbus / SunSpec Modbus / Speedwire	● / ● ¹⁾ / ●			
Relé multifunción / Ranura para módulo de aplicación	● / ● (1 puerto)			
Número de entradas digitales	6			
Tipo de montaje	Montaje mural			
SMA ShadeFix / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	● / ● / ●			
Compatible con redes aisladas	●			
Garantía: 5 / 10 / 15 / 20 años	● / ○ / ○ / ○			
Certificados y autorizaciones (otras a petición)	CE, UKCA; EN 50549-1/2:2018; VDE-AR-N 4105:2018 incl. PAVE; VDE-AR-N 4110:2018; TOR Erzeuger Typ A:2019-12; C10/C1 1:2019 & V1:2020 I&M/W; VDE 0126-1-1:2013/ A1:2012; VFR 2019; CEI 0-16/0-21:2019 & V1:2020; UNE 217002:2020; TED/749/2020 incl. NTS2.1; EREC G99/1-8:2021 Type A; EFS 2018-2; PSE 2018; NRS 097-3:1:2017; NBR 16149:2013; IEC62109-1/2; AS4777.2:2020 ¹⁾ ; IEC 61727 ²⁾ ; IEC62116 ¹⁾			
Función de gestor de sistemas				
Número total de equipos compatibles, de los cuales:	6			
Número máximo de inversores SMA compatibles	5			
Número máximo de contadores de energía compatibles	1			
Potencia nominal de la planta máxima de los inversores fotovoltaicos (potencia nominal de CA)	135 kVA			
Puesta en marcha centralizada de todos los equipos en el sistema	●			
Parametrización remota de equipos de SMA con Sunny Portal powered by enexOS	●			
Venta directa con SMA SPOT (Alemania)	●			
SMA Dynamic Power Control (p. ej.: inyección cero / Q(U))	○ ²⁾			
Modelo comercial	STP 12-50	STP 15-50	STP 20-50	STP 25-50

● De serie ○ Opcional – No disponible *STC*: Condiciones de prueba estándares Datos en condiciones nominales Versión: 02/2023 1) próximamente 2) licencia gratuita actualmente

Accesorios



6.6.2. Bateria



Residential BESS

Rack Mounted type-LV

-  **Safety**
Multi-protection from self developed BMS
-  **Optimal Electricity Cost**
Long cycle life and superior performance
-  **Compact Size & East Installation**
Module design help for quick installation
-  **Easy to Scale Up**
Be workable to be parallel based on 48V
-  **Compatibility**
Compatible with Tier 1 inverter brands

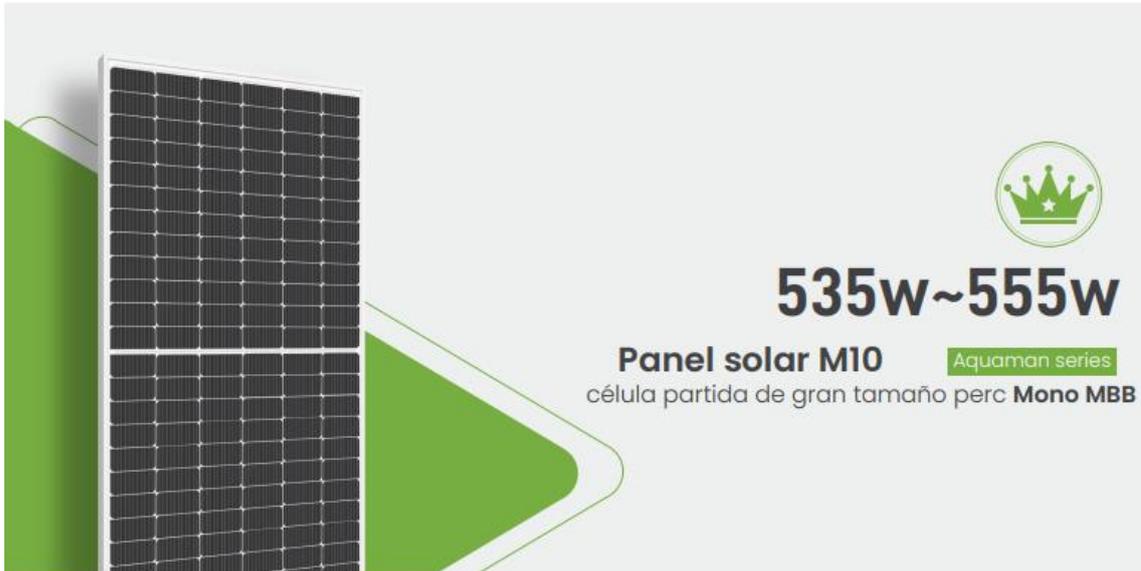
SPECIFICATION (48V)



Module	US2000C	US3000C	US5000	
Basic Parameters				
Nominal Voltage (Vdc)	48	48	48	
Nominal Capacity(Wh)	2400	3552	4800	
Usable Capacity(Wh)	2280	3374	4560	
Dimension(mm)	442*410*89	442*420*132	442*420*161	
Weight(kg)	22.5	32	39.7	
Charge/ Discharge Current(A)	(Recommend)	25	37	
	(Max. Continuous)	25	37	
	(Peak 1)	50~89@60sec	74~89@60sec	101~120@15min
	(Peak 2)	90~200@15sec	90~200@15sec	121~200@15sec
Communication Port	RS485,CAN			
Single string quantity(pcs)	16	16	16	
Working Temperature/ °C	Charge	0~50		
Working Temperature/ °C	Discharge	-10~50		
Shelf Temperature/ °C	-20~60			
Short current/duration time	<4000A/2ms	<4000A/2ms	<2000A/1ms	
IP rating of enclosure	IP20			
Cooling type	Natural			
Humidity	5% ~ 95%(RH) No Condensation			
Altitude(M)	<4000			
Design life	15+ Years (25°C/77°F)			
Cycle Life	>6,000 25°C			
Authentication Level	UL1642/ IEC62619 /IEC63056 /ICE61000-6-2/3 UN38.3	UL1973 /UL1642/UL9540A /VDE2510-50/IEC63056 /IEC62619/IEC62040/IEC62477-1 /ICE61000-6-2/UN38.3	UL1973/UL9540A IEC62619/IEC63056 /ICE61000-6-2/3 /UN38.3	

*: The recommended and max. continuous operation current is for a battery cell temperature within 10~40°C to consider, out of such temp. range will cause a derating on operation current.

6.6.3. Panel solar



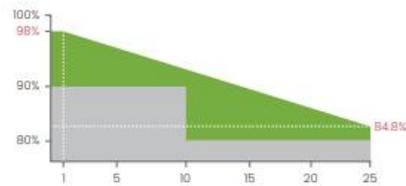
Excelentes ventajas técnicas y de diseño para lograr una alta confiabilidad, generación de energía, ganancia efectiva y reducción de costos EPC. Los paneles pueden trabajar bajo diferentes condiciones de instalación, teniendo en cuenta una amplia adaptabilidad y compatibilidad. Con una amplia experiencia y amplias posibilidades ante los inversores del mercado, son ideales para el diseño óptimo de plantas comerciales, industriales y grandes plantas sobre suelo.

CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO

-  Resistencia PID
-  Resistencia ante niebla salada
-  Resistencia al amoníaco
-  Resistencia al granizo
-  Gestión de la calidad total
-  Tolerancia positiva 0~+5W
-  Célula partida Mono MBB
-  Ahorro de costes
-  Corte no destructivo

CERTIFICACIÓN

- IEC61215/IEC61730
- ISO9001: Sistema de gestión de la calidad.
- ISO14001: Sistema de gestión Medio Ambiental
- ISO45001: Seguridad y salud en el trabajo.



-  Garantía de potencia lineal.
-  Garantía de producto

Distribuidor oficial:



P.I. Riu, Cno. del Riu, s/n
03420 Castalla (Alicante) España

Tel. 965 560 025 / 671 680 080

bornay@bornay.com
www.bornay.com

SR-72MHLPro 535w-555w Aquaman series



Tipo de módulo	SR-72M535HLPro		SR-72M540HLPro		SR-72M545HLPro		SR-72M550HLPro		SR-72M555HLPro	
Eficiencia módulo (%)	20.73		20.93		21.12		21.31		21.51	
Tolerancia (W)	0 - +5		0 - +5		0 - +5		0 - +5		0 - +5	
Condiciones	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia máxima (W)	535	398.16	540	401.88	545	405.61	550	409.33	555	413.05
Tensión circuito abierto (Voc)	49.18	46.42	49.34	46.58	49.5	46.73	49.65	46.87	49.81	47.02
Corriente de cortocircuito (Isc)	13.87	11.20	13.96	11.27	14.04	11.34	14.13	11.41	14.21	11.47
Tensión nominal (Vnom)	40.6	37.77	40.73	37.89	40.86	38.02	40.99	38.14	41.12	38.26
Corriente máxima (Inom)	13.18	10.54	13.26	10.60	13.34	10.67	13.42	10.73	13.5	10.80
Tipo célula (mm)	MBB-182 × 91mm (Silicio Mono-Cristalino)									
Número de celdas	144(6×24)									
Voltaje máx. admisible (Vmax)	DC1500									
Coef. Temp. Tensión (%/°C)	-0.282									
Coef. Temp. Corriente (%/°C)	0.05									
Coef. Temp. Potencia (%/°C)	-0.348									
Temperatura de trabajo (°C)	-40 a 85									
Temp. nominal de trabajo (NOCT) (°C)	45±2									
Fusible máx. series (A)	25									
Resistencia nieve (Pa)	5400									
resistencia viento (Pa)	2400									

STC: Condiciones de Test Standard: 1000W/m², 25°C, AM 1.5
 NOCT: Condiciones de Test Operativa nominal 800 W/m², 20°C, Viento 1 m/s

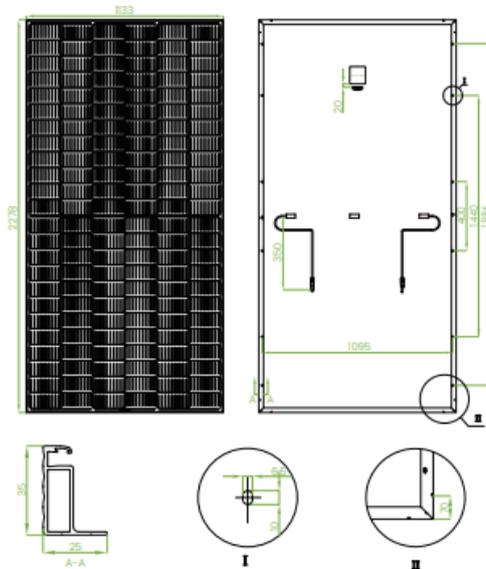
CARACTERISTICAS MATERIALES

Marco	Aluminio anodizado	Cristal	3.2mm, cristal templado.
Células	6 ×24 pcs mono	Caja de conexiones	IP>68, TÜVvUL
Diodos	3	Conector y cable	4mm², EVO2 o compatible
Longitud cable	1200 mm		

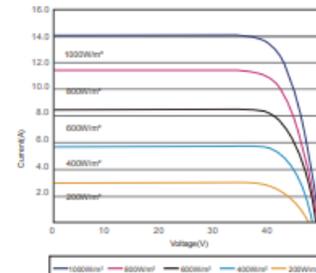
EMBALAJE

Dimensiones	2278×1133×35mm	Peso	28kg
Cantidad de carga	620 unidades /40HC	Contenido pallet	31 unidades

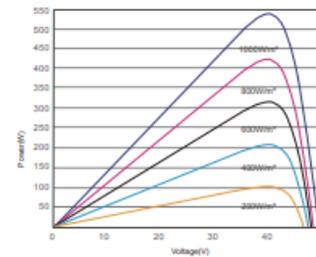
DIMENSIONES



CURVAS IV



CURVAS I-V DEL MÓDULO (545W)



CURVAS P-V DEL MÓDULO (545W)

6.6.4. Regulador de carga solar



Controladores de carga SmartSolar con interfaz VE.Can
MPPT 250/70 VE.Can hasta MPPT 250/100 VE.Can



Controlador de carga SmartSolar MPPT 250/100-Tr-VE.Can con pantalla conectable opcional



Controlador de carga SmartSolar MPPT 250/100-Tr-VE.Can sin pantalla



Sensor Bluetooth: Smart Battery Sense



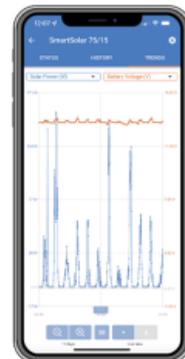
Sensor Bluetooth: Monitor de baterías BMV-712 Smart



Sensor Bluetooth: SmartShunt



Pantalla enchufable SmartSolar



Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30 %, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10 % en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En caso de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 99 %.

Algoritmo de carga flexible

Un algoritmo de carga totalmente programable y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

Bluetooth Smart Integrado

La solución inalámbrica para configurar, controlar, actualizar y sincronizar los controladores de carga SmartSolar.

Sensor de temperatura Interno y sensor opcional externo de tensión, temperatura y corriente de la batería vía Bluetooth

Se puede usar un sensor Smart Battery Sense, un monitor de baterías BMV-712 Smart o un SmartShunt para comunicar la tensión y la temperatura de la batería (y la corriente, en caso de un BMV-712 o SmartShunt) a uno o más controladores de carga SmartSolar.

VE.Direct o VE.Can

Para una conexión de datos con cable a un panel Color Control GX, otros productos GX, un PC u otros dispositivos.

Carga en paralelo sincronizada con VE.Can o Bluetooth

Se pueden sincronizar hasta 25 unidades con VE.Can y hasta 10 unidades con Bluetooth.

Función de recuperación de baterías completamente descargadas

Empezará a cargar incluso si la batería está descargada hasta cero voltios.

Se reconectará a una batería de ion litio completamente descargada con función de desconexión interna.

VE.Can: la solución de controlador múltiple

Con VE.Can se pueden sincronizar hasta 25 unidades.

On/Off remoto

Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

Relé programable

Puede programarse para programar una alarma, u otros eventos.

Opcional: Pantalla LCD conectable SmartSolar

Simplemente retire el protector de goma del enchufe de la parte frontal del controlador y conecte la pantalla.

Controlador de carga SmartSolar con interfaz VE.Can	250/70	250/85	250/100
Tensión de la batería	Selección automática 12/24/48 V (36 V manual)		
Corriente de carga nominal	70 A	85 A	100 A
Potencia FV nominal, 12 V 1a,b)	1000 W	1200 W	1450 W
Potencia FV nominal, 24 V 1a,b)	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia FV nominal, 36 V 1a,b)	3000 W	3600 W	4350 W
Potencia FV nominal, 48 V 1a,b)	4000 W	4900 W	5800 W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	35 A (máx. 30 A por conector MC4)	70 A (máx. 30 A por conector MC4)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	250 V máximo absoluto en las condiciones más frías 245 V en arranque y funcionando al máximo		
Eficacia máxima	99 %		
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V		
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)		
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)		
Tensión de carga de "equalización"	Valores predeterminados: 16,2 V / 32,4 V / 48,6 V / 64,8 V (regulable)		
Algoritmo de carga	adaptativa multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario		
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C		
Protección	Polaridad inversa FV/Cortocircuito de salida/Sobretensión		
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)		
Humedad	95 %, sin condensación		
Altitud máxima	5.000 m (potencia nominal completa hasta los 2.000 m)		
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados		
Grado de contaminación	PD3		
Comunicación de datos	VE.Can, VE.Direct y Bluetooth		
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)		
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA: 240 VCA / 4 A Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC, 1 A hasta 60 VCC		
Funcionamiento en paralelo	Sí, funcionamiento sincronizado en paralelo con VE.Can (máx. 25 unidades) o Bluetooth (máx. 10 unidades)		
CARCASA			
Color	Azul (RAL 5012)		
Terminales FV 3)	35 mm ² / AWG2 (modelos Tr), Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4)	35 mm ² / AWG2 (modelos Tr), Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4)	
Bornes de la batería	35mm ² / AWG2		
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)		
Peso	3 kg	4,5kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm	Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MC4: 246 x 295 x 103	
NORMAS			
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2		
TENDENCIAS GUARDADAS			
Datos guardados	Tensión, corriente y temperatura de la batería, además de corriente de salida de carga, tensión FV y corriente FV.		
Número de días durante los que se guardan los datos de tendencias	46		
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia. 1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5 V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1 V. 2) Un sistema FV con una corriente de cortocircuito más alta podría dañar el controlador. 3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios pares de separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares Corriente máxima por conector MC4: 30 A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)			



Con VE.Can, pueden conectarse en cadena hasta 25 controladores de carga y conectarse a su vez a un Color Control GX o a otro dispositivo GX
Cada Controlador puede supervisarse por separado, por ejemplo, en un Color Control GX y en el sitio web VRM

6.6.5. Sistema de monitorización



Cerbo GX

Cerbo GX: centro de comunicaciones

Este centro de comunicaciones le permite tener un perfecto control de su sistema en todo momento y desde cualquier lugar para maximizar su rendimiento. Solo tiene que acceder a su sistema con nuestro portal Victron Remote Management (VRM) o directamente con la pantalla GX Touch opcional, una pantalla multifuncional o la aplicación VictronConnect, gracias a su opción de Bluetooth.

GX Touch: pantalla accesoria

El GX Touch 50 y el GX Touch 70 son pantallas accesorias para el Cerbo GX. Las pantallas táctiles, de cinco y siete pulgadas respectivamente, proporcionan una visión instantánea de su sistema y permite hacer ajustes en la configuración. Solo tiene que conectar el Cerbo GX con un único cable. Ambas pantallas GX Touch tienen un diseño resistente al agua, una configuración apta para su montaje en la parte superior y es fácil de instalar. La cubierta de protección proporcionada (del número de serie HQ2242) evita los daños causados por la luz UV durante la exposición prolongada a la luz solar.

Consola remota en WiFi

Monitoree, controle y configure el Cerbo GX a distancia a través de Internet. Con la consola remota es como si estuviera delante del dispositivo. También puede disponer de la misma funcionalidad en la red local LAN o con el punto de acceso WiFi del Cerbo GX.

Seguimiento y control perfectos

Monitoree inmediatamente el estado de carga de la batería, el consumo de energía, la captación de energía de las placas FV, el generador y la red eléctrica, o compruebe las mediciones de los niveles del tanque o de la temperatura. Controle fácilmente el límite de corriente de entrada de la toma del puerto, un generador con arranque/parada automático o haga ajustes para optimizar el sistema. Puede controlar las alertas, hacer comprobaciones de diagnóstico y resolver problemas a distancia.

Montaje y configuración sencillos

El Cerbo GX es fácil de montar y también puede colocarse en un carril DIN con un adaptador DIN35 pequeño (no incluido). Su pantalla táctil independiente puede atornillarse a un panel de control, sin que sea necesario cortar un hueco perfecto (como con el Color Control GX). La conexión es fácil con un solo cable, sin que haya que llevar un montón de cables al panel de control. La función Bluetooth permite una rápida conexión y configuración con nuestra aplicación VictronConnect.



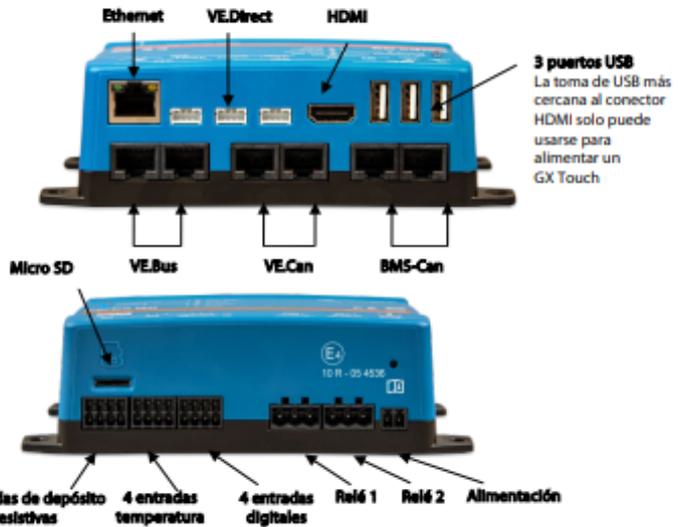
Accesorios Incluidos con el Cerbo GX



GX Touch 50 (pantalla opcional para Cerbo GX y Cerbo-S GX)



Cubierta de plástico protectora para GX Touch 50 y 70



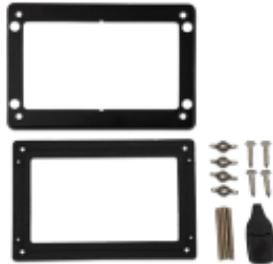
LED Indicador de WiFi
El Cerbo GX puede conectarse a una red WiFi

LED Indicador de Bluetooth
Se puede acceder al Cerbo GX directamente por Bluetooth con la aplicación VictronConnect



Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos
Correo electrónico: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com





Accesorios Incluidos con el GX Touch



Accesorios opcionales

Adaptador GX Touch para el hueco del CCGX
Este adaptador está diseñado para sustituir con facilidad la pantalla CCGX display con las novedosas GX Touch 50 o GX Touch 70. El paquete contiene el soporte metálico, el bisel de plástico y cuatro tornillos de montaje.



Sensor de temperatura para Quattro, MultiPlus y dispositivo GX (como el Cerbo GX).



Adaptador DIN35 pequeño
Adaptador de carril DIN para montar fácilmente un dispositivo en un carril DIN. Apto para el Cerbo GX.

	Cerbo GX	Cerbo-S GX
Tensión de alimentación	8 - 70 VCC	
Montaje	Pared o carril DIN (35 mm) ⁽¹⁾	
Puertos de comunicaciones		
Puertos VE.Direct (siempre aislados)	3 (máx. posible de dispositivos VE.Direct: 15) ⁽²⁾	
VE.Bus (siempre aislado)	2 tomas RJ45 en paralelo	
VE.Can	sí - sin aislar	
Puerto BMS-Can	Sí	No
Bluetooth	Sí ⁽³⁾	
ID		
Entradas nivel depósito combustible resistivas	4	0
Entradas del sensor de temperatura	4	0
Entradas digitales	4	4
Otros		
Dimensiones externas (al x an x p)	78 x 154 x 48 mm	
Rango de temperatura de trabajo	-20 a +50 °C	
Clasificación IP	IP20	
Normativas		
Seguridad	IEC 62368-1	
EMC	EN 301489-1, EN 301489-17	
Automoción	ECE R10-6	
GX Touch 50 / GX Touch 70		
Montaje	Con accesorios de montaje incluidos	
Tapa de protección	Incluida con todos los GX Touch a partir del número de serie HQ2242 También puede comprarse por separado: Referencia del artículo BPP900462050: Tapa de protección de GX Touch 50 Referencia del artículo BPP900462070: Tapa de protección de GX Touch 70	
Resolución de la pantalla	GX Touch 50: 800 x 480 GX Touch 70: 1024 x 600	
Clasificación IP	IP54 (sin conectores)	
Otros		
Dimensiones externas (al x an x p)	GX Touch 50: 87 x 128 x 12,4 mm GX Touch 70: 115 x 176 x 13,5 mm	
Longitud del cable	2 metros	
Notas		
1. Para más información acerca del Cerbo GX y del GX Touch, visite la página de la gama de productos Victron GX en Victron live: www.victronenergy.com/live/vermicordirect		
2. Para el montaje sobre un carril DIN se necesita un accesorio adicional: adaptador DIN35.		
3. El máximo indicado en la tabla anterior es el número total de dispositivos VE.Direct conectados, como controladores de carga solar MPPT. El total se refiere a todos los dispositivos conectados directamente más los dispositivos conectados mediante USB. El límite está determinado principalmente por la potencia de procesamiento de la CPU. Tenga en cuenta que también hay un límite para los otros tipos de dispositivos de los que a menudo se conectan varios: Inversores FV. Normalmente se pueden monitorizar hasta tres o cuatro inversores trifásicos en un CCGX. Los dispositivos con CPU más potentes pueden monitorizar más.		
4. La funcionalidad Bluetooth está pensada para ayudar con la conexión inicial y con la configuración de la red. No puede usar el Bluetooth para conectar otros productos de Victron (p.ej. controladores de carga SmartSolar).		

6.2. Anexo VIII: Informe PVGIS



PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

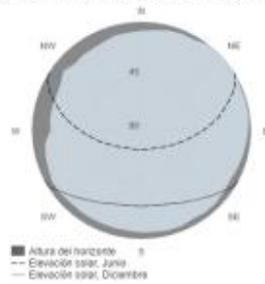
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 38.705,-0.477
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-SARAH2
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 9.9 kWp
 Pérdidas sistema: 14 %

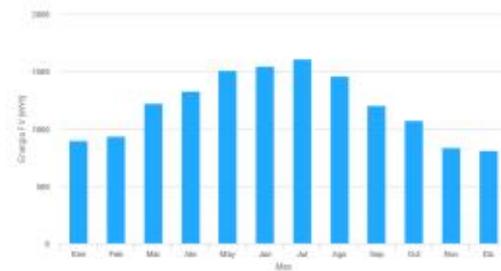
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 25 °
 Ángulo de azimut: -45 °
 Producción anual FV: 14421.55 kWh
 Irradiación anual: 1931.2 kWh/m²
 Variación interanual: 483.16 kWh
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -2.87 %
 Efectos espectrales: 0.61 %
 Temperatura y baja irradiancia: -10.24 %
 Pérdidas totales: -24.57 %

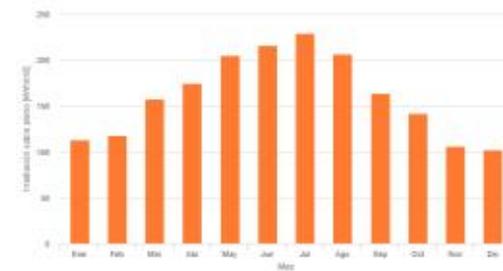
Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	898.8	112.6	112.1
Febrero	934.2	117.7	128.7
Marzo	1222.3	157.3	140.3
Abril	1327.3	174.7	115.0
Mayo	1510.3	204.6	132.4
Junio	1545.0	215.7	69.2
Julio	1607.2	229.2	65.7
Agosto	1480.6	206.1	59.3
Septiembre	1201.0	163.9	98.5
Octubre	1070.0	141.7	114.3
Noviembre	832.2	106.0	104.2
Diciembre	812.7	101.8	71.9

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].

H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

La Comisión Europea mantiene este sitio para facilitar el acceso público a la información sobre sus iniciativas y las políticas de la Unión Europea en general. Nuestra prioridad es maximizar la información precisa y al día. Truébanos de ser posible en inglés, que es nuestro idioma. Sin embargo, la Comisión acepta toda responsabilidad en relación con la información incluida en este sitio. Aunque hacemos lo posible por reducir al mínimo los errores humanos, algunos datos e informaciones suministrados en este sitio pueden haberse creado o actualizado en errores o fallos en el sistema de datos de origen, y no podemos garantizar que este sitio sea infalible o libre de errores de cualquier tipo. La Comisión no acepta ninguna responsabilidad por los problemas que puedan surgir al utilizar este sitio o otros servicios con enlaces al mismo. Para obtener más información, por favor visite http://ec.europa.eu/ef/legal/index_en.

PVGIS ©Unión Europea, 2001-2023. Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Informe creado el 2023/05/23



6.3. Anexo IX: Estudio básico de seguridad y salud

6.3.1. Objeto del presente estudio básico de seguridad y salud.

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud (E.B.S.S.) tiene como objeto servir de base para que las Empresas Contratistas y cualesquiera otras que participen en la ejecución de las obras a que hace referencia el proyecto en el que se encuentra incluido este Estudio, las lleven a efecto en las mejores condiciones que puedan alcanzarse respecto a garantizar el mantenimiento de la salud, la integridad física y la vida de los trabajadores de las mismas, cumpliendo así lo que ordena en su articulado el R.D. 1627/97 de 24 de Octubre (B.O.E. de 25/10/97).

6.3.2. Establecimiento de un plan de seguridad y salud en la obra.

El Estudio de Seguridad y Salud, debe servir de base para que las Empresas Constructoras, Contratistas, Subcontratistas y trabajadores autónomos que participen en las obras, antes del comienzo de la actividad en las mismas, puedan elaborar un Plan de Seguridad y Salud tal y como indica el articulado del Real Decreto citado en el punto anterior. En dicho Plan podrán modificarse algunos de los aspectos señalados en este Estudio con los requisitos que establece la mencionada normativa. El citado Plan de Seguridad y Salud es el que, en definitiva, permitirá conseguir y mantener las condiciones de trabajo necesarias para proteger la salud y la vida de los trabajadores durante el desarrollo de las obras que contempla este E.B.S.S.

6.3.3. Tipo de obra.

La obra, objeto de este E.B.S.S, consiste en la ejecución de las diferentes fases de obra e instalaciones para desarrollar posteriormente la actividad de: Instalación de baja tensión y de instalación de autoconsumo solar fotovoltaica.

6.3.4. Situación del local.

Calle y número: C/. Pintor Cabrera, 119.

Ciudad: Alcoy

Código postal: 03803

Provincia: Alicante

6.3.5. Características del local.

La actividad de baja tensión se desarrollará en el edificio, ocupando una superficie de 324,90 m².

Y la instalación fotovoltaica se desarrollará en el tejado del mismo, ocupando una superficie de 58 m².

6.3.6. Servicios y redes de distribución afectados por la obra.

No habrá ningún servicio ni red de distribución afectado por la obra.

6.3.7. Denominación de la obra.

Instalación eléctrica de baja tensión e instalación solar fotovoltaica de autoconsumo.

6.3.8. Propietario.

Titular: Unió Musical d'Alcoi

Dirección: C/. Pintor Cabrera 119.

Ciudad: Alcoy

Provincia: Alicante

Código postal: 03803

6.3.9. Autor estudio básico de seguridad y salud

Nombre y Apellidos: Mateo Egea Igual.

Titulación: Estudiante Grado Ingeniería Eléctrica UPV Campus d'Alcoi.

6.3.10. Presupuesto total de la obra

El presupuesto total de la obra asciende a lo indicado en el apartado de Presupuesto.

6.3.11. Plazo de ejecución de las obras.

El plazo de ejecución se estima en tres semanas.

6.3.12. Número de trabajadores.

Durante la ejecución de las obras se estima la presencia en las obras de 2 o 3 trabajadores aproximadamente.

6.3.13. Resumen de los trabajos a realizar.

Mediante la ejecución de las fases de obra antes citadas que, componen la parte técnica del proyecto al que se adjunta este E.B.S.S., se pretende la realización de la Instalación eléctrica de baja tensión del edificio y de la instalación fotovoltaica.

6.3.14. Fases de obra e identificación de riesgos.

Durante la ejecución de los trabajos se plantea la realización de las siguientes fases de obras con identificación de los riesgos que conllevan:

- **Instalaciones eléctricas de baja tensión.**
 - Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.
 - Quemaduras físicas y químicas. Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
 - Ambiente pulvígeno.
 - Aplastamientos.
 - Atrapamientos.
 - Atropellos y/o colisiones.
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Caídas de personas a distinto nivel.
 - Caídas de personas al mismo nivel.
 - Contactos eléctricos directos.
 - Cuerpos extraños en ojos.
 - Desprendimientos.
 - Exposición a fuentes luminosas peligrosas.
 - Golpe por rotura de cable.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
 - Pisada sobre objetos punzantes.
 - Sobreesfuerzos.
 - Ruido.
 - Vuelco de máquinas y/o camiones.
 - Caída de personas de altura.

6.3.15. Relación de medios humanos y técnicos con identificación de riesgos.

A continuación, se describen los medios técnicos y humanos que se van a utilizar para la realización del presente proyecto. Todos ellos siguiendo lo indicado en el Real decreto 1627/97.

- **Medios auxiliares:**

- Escaleras de mano.
 - Aplastamientos.
 - Atrapamientos.
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Caídas de personas a distinto nivel.
 - Caídas de personas al mismo nivel.
 - Contactos eléctricos directos.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
 - Sobreesfuerzos.

- **Herramientas**

- Taladradora
 - Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
 - Ambiente pulvígeno.
 - Atrapamientos.
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Contactos eléctricos directos.
 - Contactos eléctricos indirectos.
 - Cuerpos extraños en ojos.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria. Sobreesfuerzos
- Comprobador portátil de la instalación (polímetro, telurómetro,etc).
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Contactos eléctricos directos.
 - Contactos eléctricos indirectos.

- **Herramientas de mano**

- Bolsa porta herramientas
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
- Cortadora de tubos
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
- Destornilladores
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
 - Pisada sobre objetos punzantes.
 - Sobreesfuerzos.

- Pelacables
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

- Tenazas, martillos, alicates
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
 - Atrapamientos.

- Tijeras
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
 - Atrapamientos.

- **Materiales**
 - Bandejas
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
 - Sobreesfuerzos.

 - Cables, mangueras eléctricas
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
 - Sobreesfuerzos.

 - Regletas, anclajes
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
 - Sobreesfuerzos.

 - Chapas metálicas y accesorios
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
 - Sobreesfuerzos.

 - Clavos y puntas
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
 - Sobreesfuerzos.

 - Grapas abrazaderas y tornillería
 - Caída de objetos y/o de máquinas.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
 - Sobreesfuerzos.
 - Pisada sobre objetos punzantes.

6.3.16. Medida de prevención de riesgos

- **Protecciones colectivas**

- **Instalaciones eléctricas Baja Tensión:**

- **Protección contra caídas de altura de personas u objetos**

El riesgo de caída de altura de personas (precipitación, caída al vacío) es contemplado por el Anexo II del R.D. 1627/97 de 24 de octubre de 1.997 como riesgo especial para la seguridad y salud de los trabajadores, por ello, de acuerdo con los artículos 5.6 y 6.2 del mencionado Real Decreto se adjuntan las medidas preventivas específicas adecuadas. Los trabajos en andamios de borriquetas en los balcones deberán protegerse de los riesgos de caídas de alturas a distinto nivel mediante una protección colectiva tipo red o la colocación de líneas de vida ancladas a elementos estructurales o puntos de anclaje fijos, las que se unirá el arnés de seguridad mediante un conector apropiado. Las líneas de vida podrán ser temporales o fijas y deberán ser instaladas por personal con acreditada experiencia y formación.

- **Barandillas de protección:**

Se utilizarán como cerramiento provisional de huecos verticales y perimetrales de plataformas de trabajo, susceptibles de permitir la caída de personas u objetos desde una altura superior a 2 m; estarán constituidas por balaustre, rodapié de 20 cm de alzada, travesaño intermedio y pasamanos superior, de 90 cm. de altura, sólidamente anclados todos sus elementos entre sí y serán lo suficientemente resistentes.

- **Escaleras portátiles:**

Tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. Las escaleras que tengan que utilizarse en obra habrán de ser preferentemente de aluminio o hierro, a no ser posible se utilizarán de madera, pero con los peldaños ensamblados y no clavados. Estará dotadas de zapatas, sujetas en la parte superior, y sobrepasarán en un metro el punto de apoyo superior.

- **Equipos de protección individual (EPIS)**

- **Afecciones en la piel por dermatitis de contacto**

- Guantes de protección frente a abrasión.
- Guantes de protección frente a agentes químicos.

- **Quemaduras físicas y químicas**

- Guantes de protección frente a abrasión.
- Guantes de protección frente a agentes químicos.
- Guantes de protección frente a calor.
- Sombreros de paja (aconsejables contra riesgo de insolación).

- **Proyecciones de objetos y/o fragmentos**

- Calzado con protección contra golpes mecánicos.
- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas).

- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.
- **Aplastamientos**
 - Calzado con protección contra golpes mecánicos.
 - Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- **Atrapamientos**
 - Calzado con protección contra golpes mecánicos.
 - Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
 - Guantes de protección frente a abrasión.
- **Caída de objetos y/o máquinas**
 - Bolsa portaherramientas.
 - Calzado con protección contra golpes mecánicos.
 - Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- **Caída o colapso de andamios**
 - Cinturón de seguridad anti caídas.
 - Cinturón de seguridad clase para trabajos de poda y postes.
- **Caídas de personas a distinto nivel**
 - Cinturón de seguridad anti caídas.
 - Cinturón de seguridad clase para trabajos de poda y postes.
- **Caídas de personas al mismo nivel**
 - Bolsa portaherramientas.
 - Calzado de protección sin suela antiperforante.
- **Contactos eléctricos directos**
 - Calzado con protección contra descargas eléctricas.
 - Casco protector de la cabeza contra riesgos eléctricos.
 - Gafas de seguridad contra arco eléctrico.
 - Guantes dieléctricos
- **Exposición a fuentes luminosas peligrosas**
 - Pantalla facial para soldadura eléctrica, con arnés de sujeción sobre la cabeza y cristales con visor oscuro inactivo.
 - Sombreros de paja (aconsejables contra riesgo de insolación).
- **Golpe por rotura de cable**
 - Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
 - Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas).
 - Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.
- **Golpes y/o cortes con objetos o maquinaria**
 - Bolsa portaherramientas.
 - Calzado con protección contra golpes mecánicos.
 - Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
 - Chaleco reflectante para señalistas y estrobadores.
 - Guantes de protección frente a abrasión.
- **Pisada sobre objetos punzantes**
 - Bolsa portaherramientas.
 - Calzado de protección con suela antiperforante.
- **Sobreesfuerzos**
 - Cinturón de protección lumbar.

- **Ruido**
 - Protectores auditivos.

6.3.17. Protecciones especiales.

- **Instalaciones eléctricas de baja tensión:**

- **Caída de objetos:**

Se evitará el paso de personas bajo las cargas suspendidas; en todo caso se acotarán las áreas de trabajo bajo las cargas citadas. Las armaduras destinadas a los pilares se colgarán para su transporte por medio de eslingas bien enlazadas y provistas en sus ganchos de pestillo de seguridad. Preferentemente el transporte de materiales se realizará sobre bateas para impedir el corrimiento de la carga.

- **Condiciones preventivas del entorno de la zona de trabajo:**

Se comprobará que están bien colocadas las barandillas, horcas, redes, mallazo o ménsulas que se encuentren en la obra, protegiendo la caída de altura de las personas en la zona de trabajo.

No se efectuarán sobrecargas sobre la estructura de los forjados, copiando en el contorno de los capiteles de pilares, dejando libres las zonas de paso de personas y vehículos de servicio de la obra.

Debe comprobarse periódicamente el perfecto estado de servicio de las protecciones colectivas colocadas en previsión de caídas de personas u objetos, a diferente nivel, en las proximidades de las zonas de acopio y de paso.

- **Acopio de materiales sueltos:**

El abastecimiento de materiales sueltos a obra se debe tender a minimizar, remitiéndose únicamente a materiales de uso discreto. Los soportes, cartelas, cerchas, máquinas, etc. se dispondrán horizontalmente, separando las piezas mediante tacos de madera que aislen el acopio del suelo y entre cada una de las piezas. Los acopios se realizarán sobre superficies niveladas y resistentes. No se afectarán los lugares de paso. En proximidad a lugares de paso se deben señalar mediante cintas de señalización.

- **Condiciones preventivas del entorno:**

Los elementos y/o máquinas de estructura se acopiarán de forma correcta. El acopio de elementos y/o máquinas deberá estar planificado, de forma que cada elemento y/o máquina que vaya a ser transportado por la grúa, no sea estorbado por ningún otro.

En las inmediaciones de zonas eléctricas en tensión se mantendrán las distancias de seguridad: Alta tensión: 5 m y Baja tensión: 3 m

- **Acopio de botellas de oxígeno y acetileno:**

Los acopios de botellas que contengan gases licuados a presión se hará de forma que estén protegidas de los rayos del sol y de la intensa humedad, se señalarán con rótulos de "NO FUMAR" y "PELIGRO: MATERIAL INFLAMABLE". Se dispondrá de extintores adecuados al riesgo.

6.3.18. Normativa a aplicar en cada fase de la obra

- **Instalaciones eléctricas de baja tensión**

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas:

Tender a la normalización y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir adaptaciones artesanales y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.

Se procurará proyectar con tendencia a la supresión de operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando de esta forma la exposición de los trabajadores a riesgos innecesarios.

Se efectuará un estudio de acondicionamiento de las zonas de trabajo, para prever la colocación de plataformas, zonas de paso y formas de acceso, y poderlos utilizar de forma conveniente.

Después de haber adoptado las operaciones previas (apertura de circuitos, bloqueo de los aparatos de corte y verificación de la ausencia de tensión) a la realización de los trabajos eléctricos, se deberán realizar en el propio lugar de trabajo, las siguientes:

Verificación de la ausencia de tensión y de retornos.

Puesta en cortocircuito lo más cerca posible del lugar de trabajo y en cada uno de los conductores sin tensión, incluyendo el neutro y los conductores de alumbrado público, si existieran. Si la red conductora es aislada y no puede realizarse la puesta en cortocircuito, deberá procederse como si la red estuviera en tensión, en cuanto a protección personal se refiere, Delimitar la zona de trabajo, señalándola adecuadamente si existe la posibilidad de error en la identificación de la misma.

○ **Protecciones personales**

Los guantes aislantes, además de estar perfectamente conservados y ser verificados frecuentemente, deberán estar adaptados a la tensión de las instalaciones o equipos en los cuales se realicen trabajos o maniobras.

En los trabajos y maniobras sobre fusibles, seccionadores, bornas o zonas en tensión en general, en los que pueda cebarse intempestivamente el arco eléctrico, será preceptivo el empleo de: casco de seguridad normalizado para A.T., pantalla facial de policarbonato con atalaje aislado, gafas con ocular filtrante de color ópticamente neutro, guantes dieléctricos (en la actualidad se fabrican hasta 30.000 V), o si se precisa mucha precisión, guantes de cirujano bajo guantes de tacto en piel de cabritilla curtida al cromo con manguitos incorporados (tipo taponero).

○ **Intervención en instalaciones eléctricas**

Para garantizar la seguridad de los trabajadores y para minimizar la posibilidad de que se produzcan contactos eléctricos directos, al intervenir en instalaciones eléctricas realizando trabajos sin tensión; se seguirán al menos tres de las siguientes reglas (cinco reglas de oro de la seguridad eléctrica):

El circuito es abrirá con corte visible.

Los elementos de corte se enclavarán en posición de abierto, si es posible con llave.

Se señalarán los trabajos mediante letrero indicador en los elementos de corte.

6.3.19. Legislación y normativas aplicadas al presente estudio

- LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES (LEY 31/95 DE 8/11/95).
- REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN (R.D. 39/97 DE 7/1/97).
- ORDEN DE DESARROLLO DEL R.S.P. (27/6/97).
- DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (R.D.485/97 DE 14/4/97)

- DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO (R.D. 486/97 DE 14/4/97).
- DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA MANIPULACIÓN DE CARGAS QUE ENTRAÑEN RIESGOS, EN PARTICULAR DORSOLUMBARES, PARA LOS TRABAJADORES (R.D. 487/97 DE 14/4/97).
- PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS DURANTE EL TRABAJO (R.D. 664/97 DE 12/5/97).
- EXPOSICIÓN A AGENTES CANCERÍGENOS DURANTE EL TRABAJO (R.D. 665/97 DE 12/5/97 y R.D.1124/2000 DE 16/06/00).
- LOS AGENTES QUÍMICOS DURANTE EL TRABAJO (R.D. 374/2001 DE 06/04/01).
- DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (R.D. 773/97 DE 30/5/97).
- DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO (R.D. 1215/97 DE 18/7/97).
- PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A LOS RIESGOS DERIVADOS DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS EN EL LUGAR DE TRABAJO. (R.D. 681/2003 DE 12/06/03)
- DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN (RD. 1627/97 de 24/10/97).
- DISPOSICIONES MÍNIMAS PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES FRENTE AL RIESGO ELÉCTRICO (R.D. 614/2001 DE 8/06/01).

7. Conclusiones

Una vez realizado el estudio de la renovación de baja tensión y del estudio de diferentes alternativas comerciales en cuanto a la instalación solar fotovoltaica, se ha podido dar una solución al problema lo más cercano a la realidad posible.

En el presente proyecto destaca la definición de detalles como el estudio de materiales necesarios para la realización de la instalación de baja tensión como, por ejemplo, cableado, luminarias, cuadros de distribución, elementos de protección y se ha podido observar la cantidad de alternativas que hay en el mercado.

También se ha observado la cantidad de herramientas que hay al alcance de todos para poder realizar un dimensionado de una instalación fotovoltaica. Gracias a estos tipos de programas se ha podido observar la gran cantidad de alternativas de las que se disponen en el mercado para poder realizar una instalación fotovoltaica.

Este proyecto final de carrera me ha servido para obtener un aprendizaje extra muy importante para poder aplicar los conocimientos de algunas de las asignaturas de la carrera como por ejemplo la asignatura de baja tensión, aplicar programas utilizados en la carrera como autocad, demelect. Con todos estos conocimientos obtenidos durante los años de carrera se ha intentado realizar un proyecto lo más entendible y cercano a la realidad.

El hecho de poder aplicar los conceptos teóricos aprendidos a una aplicación en la vida real da una perspectiva bastante positiva del alumno para la preparación de cara al futuro próximo de cara al trabajo y solución de problemas en la vida real una vez salga del ámbito académico.

8. Referencias

- Pareja, M (2016). Energía solar fotovoltaica. Barcelona: Marcombo.
- Díaz, P (2015). Sistemas De energías renovables. Madrid: Paraninfo.
- BOE. Agencia Estatal del Boletín oficial del Estado. <https://boe.es/>
- BOE. Agencia Estatal del Boletín oficial del Estado. Reglamento electrotécnico para baja tensión e ITC. https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/codigo.php?modo=2&id=326 Reglamento el ectrotécnico para baja tension e ITC
- BOE. Agencia Estatal del Boletín oficial del Estado. https://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/reglamentos/Guia_Tecnica_REBT/guia_bt_28_sep04R2.pdf
- Comisión europea. PVGIS. <https://visitors-centre.jrc.ec.europa.eu/en/media/tools/photovoltaic-geographical-information-system>
- Apuntes de la asignatura de Instalaciones Eléctricas de Baja tensión de la Universidad Politécnica de Valencia. https://poliformat.upv.es/portal/site/GRA_12090_2022
- Documentación compatibilidad de batería. https://www.victronenergy.com/live/battery_compatibility:pylontech_phantom.
- <https://www.victronenergy.com.es/>
- <https://www.sma-iberica.com/>
- CTE Documento Básico de Utilización y Accesibilidad.
- CTE Documento Básico de protección frente al ruido.
- CTE Documento Básico de Seguridad en caso de incendio.
- <https://www.bornay.com/es>

9. Agradecimientos

A mi familia por todo lo que han invertido en mi formación para que pueda tener un mejor futuro el día de mañana y por el apoyo recibido durante todos estos años de estudio. Y a todos y cada uno de los profesores y profesoras que he tenido durante los cuatro cursos de la universidad en el campus de Alcoy.