



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**

etsii UPCT

# INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED

Titulación: INGENIERÍA DE  
ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

Intensificación: -

Alumno/a: RAMÓN GOMIS VIDAL

Director/a/s: JUAN ÁLVARO FUENTES  
MORENO / FCO. DE ASÍS  
RUZ VILA

Cartagena, 12 de Junio de 2013

<b>INDICE GENERAL</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 1 de 7</b>
-----------------------	--	--------------------

## **INDICE GENERAL**

### **DOCUMENTO 1. MEMORIA DESCRIPTIVA**

	Pág.
<b>1.1.- ANTECEDENTES</b> .....	1
<b>1.2.- OBJETO DEL PROYECTO</b> .....	1
<b>1.3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN</b> .....	1
<b>1.4.- LEGISLACIÓN APLICABLE</b> .....	2
<b>1.5.- CARACTERISTICAS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA</b> .....	3
1.5.1.- DATOS BÁSICOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	3
1.5.2.- MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	4
1.5.2.1.- Características constructivas.....	4
1.5.2.2.- Características eléctricas.....	5
1.5.2.3.- Características físicas.....	6
1.5.2.4.- Curvas eléctricas.....	7
1.5.3.- INVERSORES DE CONEXIÓN A RED.....	8
1.5.3.1.- Características técnicas del equipo.....	9
1.5.4.- CUADRO DE PROTECCIÓN Y MEDIDA.....	11
1.5.5.- PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS.....	12
1.5.6.- PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS.....	12
1.5.6.1.- Corriente continua.....	12
1.5.6.2.- Corriente alterna.....	12
1.5.7.- SEPARACIÓN GALVÁNICA .....	12
1.5.8.- PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS.....	13
1.5.8.1.- Corriente Continua.....	13
1.5.8.2.- Corriente Alterna.....	13
1.5.9.- TOMA DE TIERRA.....	13
1.5.10.- ARMÓNICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.....	14
1.5.11.- VARIACIONES DE TENSION Y FRECUENCIA EN LA RED.....	14
1.5.11.1.- Mínima y máxima tensión.....	14
1.5.11.2.- Mínima y máxima frecuencia.....	14
1.5.12.- INTERRUPTOR GENERAL MANUAL.....	14

<b>INDICE GENERAL</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 2 de 7</b>
-----------------------	--	--------------------

1.5.13.- PROTECCIÓN CONTRA EL FUNCIONAMIENTO EN MODO ISLA DEL INVERSOR.....	14
1.5.14.- CABLEADO INTERIOR DE LA INSTALACIÓN.....	15
1.5.14.1.- Descripción: longitud, sección y diámetro del tubo.....	16
1.5.14.2.- Número de circuitos, Identificación, destino y puntos de utilización de cada uno de ellos.....	16
1.5.15.- CONTADORES.....	16
1.5.16.- ACOMETIDA.....	17
1.5.17.- CANALIZACIONES Y TIPOS DE CONDUCTORES.....	19
1.5.18.- CONEXIÓN A RED.....	20
1.5.19.- ESTRUCTURA.....	20
1.5.19.1.- Movimiento de tierras.....	21
1.5.19.2.- Cimentación.....	21
1.5.19.3.- Placa de asiento de pilares.....	21
1.5.19.4.- Pórticos.....	22
1.5.19.5.- Vigas de atado.....	23
1.5.19.6.- Correas.....	23
1.5.19.7.- Fijación de los módulos.....	23

## **DOCUMENTO 2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

<b>2.1.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....</b>	<b>1</b>
2.1.1.- CÁLCULO DE INTENSIDADES.....	1
2.1.2.- CÁLCULO DE LA SECCION.....	1
2.1.2.1.- Ejemplo de cálculo de la sección de una de las líneas monofásicas (Línea 2).....	4
2.1.2.2.- Ejemplo de cálculo de la sección de una de las líneas trifásicas (Línea 4).....	5
2.1.3.- POTENCIA TOTAL INSTALADA.....	5
2.1.4.- CÁLCULOS ELECTRICOS CENTRAL SOLAR .....	7
2.1.5.- CÁLCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO.....	9

<b>INDICE GENERAL</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 3 de 7</b>
-----------------------	--	--------------------

2.1.5.1.- Ejemplo de cálculo para la elección del interruptor automático del cuadro de medida.....	9
2.1.6.- CÁLCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL FUSIBLE.....	11
2.1.6.1.- Ejemplo de cálculo de los fusibles de protección de una línea de series.....	11
<b>2.2.- CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA.....</b>	<b>13</b>
2.2.1.- DATOS INICIALES.....	13
2.2.2.- ACCIONES DE CÁLCULO.....	14
2.2.3.- ACCIONES PERMANENTES.....	14
2.2.3.1.- Carga permanente.....	14
2.2.3.2.- Peso propio de los elementos estructurales.....	15
2.2.4.- ACCIONES VARIABLES.....	15
2.2.4.1.- Sobrecarga de nieve.....	15
2.2.4.2.- Sobrecarga de viento.....	16
2.2.5.- CÁLCULO DE PORTICOS INTERIORES.....	17
2.2.5.1.- E L S de Deformación para los pilares de los pórticos interiores... 17	
2.2.5.2.- E L U de Resistencia para los pilares de los pórticos interiores.... 17	
2.2.5.3.- E L U de Pandeo para los pilares de los pórticos interiores..... 18	
2.2.5.4.- E L S de Deformación para los dinteles de los pórticos interiores..19	
2.2.5.5.- E L U de Resistencia para los dinteles de los pórticos interiores...20	
2.2.5.6.- ELU de Pandeo para los dinteles de los pórticos interiores.....21	
2.2.6.- CÁLCULO DE PORTICOS LATERALES.....	22
2.2.6.1.- E L S de Deformación para los pilares de los pórticos laterales.....22	
2.2.6.2.- E L U de Resistencia para los pilares de los pórticos laterales.....23	
2.2.6.3.- E L U de Pandeo para los pilares de los pórticos laterales.....24	
2.2.6.4.- E L S de Deformación para los dinteles de los pórticos laterales....25	
2.2.6.5.- E L U de Resistencia para los dinteles de los pórticos laterales.... 26	
2.2.6.6.- E L U de Pandeo para los dinteles de los pórticos laterales..... 27	
2.2.7.- CÁLCULO DE CORREAS.....	28
2.2.7.1.- E.L.S. de Deformación para las correas.....	28
2.2.7.2.- E.L.U. de Agotamiento por flexión para las correas.....	29

INDICE GENERAL	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR  FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	Hoja 4 de 7
----------------	---	-------------

## ANEXO 1. FICHERO DE SALIDA CYPE

### 1.- LISTADO DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

- 1.1.- DESCRIPCIÓN
- 1.2.- MEDICIÓN
- 1.3.- COMPROBACIÓN

### 2.- LISTADO DE PLACAS DE ANCLAJE

- 2.1.- DESCRIPCIÓN
- 2.2.- MEDICIÓN
  - 2.2.1.- Medición de placas de anclaje
  - 2.2.2.- Medición de pernos de anclaje
- 2.3.- COMPROBACIÓN

### LISTADO DEL PÓRTICO INTERIOR

### LISTADO DEL PÓRTICO LATERAL

## DOCUMENTO 3. PLANOS

<b>3.1.- SITUACIÓN</b> .....	1
<b>3.2.- EMPLAZAMIENTO</b> .....	2
<b>3.3.- PLANTA GENERAL</b> .....	3
<b>3.4.- PLANTA DE INSTALACIONES</b> .....	4
<b>3.5.- DISTRIBUCIÓN PANELES FOTOVOLTAICOS</b> .....	5
<b>3.6.- ESQUEMA UNIFILAR</b> .....	6
<b>3.7.- ESTRUCTURA</b> .....	7
<b>3.7.1.- DESCRIPCIÓN PERFILES IPE</b> .....	7.1
<b>3.8.- DISTRIBUCIÓN PERFIL C Y PERFIL DE ALUMINIO</b> .....	8
<b>3.9.- CIMENTACIÓN</b> .....	9
<b>3.10.- TIERRA DE MASAS</b> .....	10
<b>3.11.- DETALLE PUESTA A TIERRA</b> .....	11

INDICE GENERAL	<p style="text-align: center;"><b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b>  <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR  FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i></p>	Hoja 5 de 7
----------------	--	-------------

## DOCUMENTO 4. PLIEGO DE CONDICIONES

<b>4.1.- CALIDAD DE LOS MATERIALES</b> .....	1
4.1.1.- CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	1
4.1.2.- CONDUCTORES DE PROTECCIÓN.....	1
4.1.3.- IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES.....	1
4.1.4.- TUBOS DE PROTECCIÓN.....	2
4.1.5.- CAJAS DE CONEXIÓN.....	3
4.1.6.- APARATOS DE PROTECCIÓN.....	3
4.1.6.1. DIFERENCIALES.....	3
4.1.6.2. DISYUNTORES.....	3
4.1.6.3. FUSIBLES.....	4
<b>4.2.- NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES</b> .....	4
<b>4.3.- PRUEBAS REGLAMENTARIAS</b> .....	5
<b>4.4.- CONDICIONES DE USO MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD</b> .....	6
<b>4.5.- CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN</b> .....	7
<b>4.6.- LIBRO DE ÓRDENES</b> .....	7

## DOCUMENTO 5. PRESUPUESTO

<b>5.1.- CUADROS DE PROTECCION Y MEDIDA</b> .....	1
<b>5.2.- LÍNEAS Y CANALIZACIONES</b> .....	2
<b>5.3.- VARIOS</b> .....	2
<b>4. PRESUPUESTO TOTAL</b> .....	3

INDICE GENERAL	<p style="text-align: center;"><b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b>  <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR  FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i></p>	Hoja 6 de 7
----------------	--	-------------

## **DOCUMENTO 6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

<b>6.1.- OBJETO DEL PRESENTE ESTUDIO BÁSICO.....</b>	<b>1</b>
6.1.1.- OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	1
6.1.2.- ESTABLECIMIENTO POSTERIOR DE UN PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA.....	1
<b>6.2.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....</b>	<b>2</b>
6.2.1.- TIPO DE OBRA.....	2
6.2.2.- SITUACIÓN DEL TERRENO Y/O LOCALES DE LA OBRA.....	2
6.2.3.- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO Y/O DE LOS LOCALES.....	2
6.2.4.- SERVICIOS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN AFECTADOS POR LA OBRA. .	2
6.2.5.- DENOMINACIÓN DE LA OBRA. ....	2
6.2.6.- PROPIETARIO / PROMOTOR. ....	3
<b>6.3.-ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....</b>	<b>3</b>
6.3.1.- AUTOR DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	3
6.3.2.- PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN DE LA OBRA.....	3
6.3.3.- PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO. ....	3
6.3.4.- NÚMERO DE TRABAJADORES.....	3
6.3.5.- RELACIÓN RESUMIDA DE LOS TRABAJOS A REALIZAR.....	3
<b>6.4.- FASES DE OBRA CON IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.....</b>	<b>4</b>
<b>6.5.- RELACIÓN DE MEDIOS HUMANOS Y TÉCNICOS PREVISTOS CON             IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.....</b>	<b>5</b>
6.5.1.- MAQUINARIA. ....	5
6.5.2.- MEDIOS DE TRANSPORTE.....	6
6.5.3.- MEDIOS AUXILIARES.....	6
6.5.4.- HERRAMIENTAS.....	6
6.5.5.- MATERIALES.....	9
6.5.6.- MANO DE OBRA, MEDIOS HUMANOS.....	12
<b>6.6.- MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS.....</b>	<b>12</b>
6.6.1.- PROTECCIONES COLECTIVAS.....	12
6.6.2.- EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIS).....	15
6.6.3.- PROTECCIONES ESPECIALES.....	18

<b>INDICE GENERAL</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 7 de 7</b>
-----------------------	--	--------------------

6.6.4.-	NORMATIVA A APLICAR EN LAS FASES DEL ESTUDIO.....	20
6.6.5.-	DIRECTRICES GENERALES PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS DORSOLUMBARES.....	28
6.6.6.-	MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	30
<b>6.7.-</b>	<b>LEGISLACIÓN, NORMATIVAS Y CONVENIOS DE APLICACIÓN AL PRESENTE ESTUDIO.....</b>	<b>30</b>

## **DOCUMENTO 7. ESTUDIO DE VIABILIDAD**

<b>7.1.-</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>7.2.-</b>	<b>EXPOSICIÓN DE MOTIVOS.....</b>	<b>1</b>
7.2.2.-	BENEFICIOS ECONÓMICOS.....	1
7.2.3.-	FISCALIDAD DE LA CONEXIÓN A RED.....	2
7.2.4.-	ACTIVIDAD EMPRESARIAL.....	2
7.2.5.-	INTERÉS SOCIO-ECONÓMICO.....	3
<b>7.3.-</b>	<b>PROPUESTA DE ACTUACIÓN Y NECESIDADES.....</b>	<b>4</b>
<b>7.4.-</b>	<b>VALENCE ENERGÉTICO Y MEDIOAMBIENTAL.....</b>	<b>6</b>
<b>7.5.-</b>	<b>VIABILIDAD FINANCIERA.....</b>	<b>9</b>



INDICE MEMORIA DESCRIPTIVA	PROYECTO FIN DE CARRERA <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	Hoja 1 de 2
-------------------------------	---	-------------

## 1.- MEMORIA DESCRIPTIVA

	Pág.
<b>1.1.- ANTECEDENTES</b> .....	1
<b>1.2.- OBJETO DEL PROYECTO</b> .....	1
<b>1.3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN</b> .....	1
<b>1.4.- LEGISLACIÓN APLICABLE</b> .....	2
<b>1.5.- CARACTERISTICAS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA</b> .....	3
1.5.1.- DATOS BÁSICOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	3
1.5.2.- MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	4
1.5.2.1.- Características constructivas.....	4
1.5.2.2.- Características eléctricas.....	5
1.5.2.3.- Características físicas.....	6
1.5.2.4.- Curvas eléctricas.....	7
1.5.3.- INVERSORES DE CONEXIÓN A RED.....	8
1.5.3.1.- Características técnicas del equipo.....	9
1.5.4.- CUADRO DE PROTECCIÓN Y MEDIDA.....	11
1.5.5.- PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS.....	12
1.5.6.- PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS.....	12
1.5.6.1.- Corriente continua.....	12
1.5.6.2.- Corriente alterna.....	12
1.5.7.- SEPARACIÓN GALVÁNICA .....	12
1.5.8.- PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS.....	13
1.5.8.1.- Corriente Continua.....	13
1.5.8.2.- Corriente Alterna.....	13
1.5.9.- TOMA DE TIERRA.....	13
1.5.10.- ARMÓNICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.....	14
1.5.11.- VARIACIONES DE TENSION Y FRECUENCIA EN LA RED.....	14
1.5.11.1.- Mínima y máxima tensión.....	14
1.5.11.2.- Mínima y máxima frecuencia.....	14
1.5.12.- INTERRUPTOR GENERAL MANUAL.....	14

<b>INDICE</b> MEMORIA DESCRIPTIVA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 2 de 2</b>
--------------------------------------	--	--------------------

1.5.13.- PROTECCIÓN CONTRA EL FUNCIONAMIENTO EN MODO ISLA DEL INVERSOR.....	14
1.5.14.- CABLEADO INTERIOR DE LA INSTALACIÓN.....	15
1.5.14.1.- Descripción: longitud, sección y diámetro del tubo.....	16
1.5.14.2.- Número de circuitos, Identificación, destino y puntos de utilización de cada uno de ellos.....	16
1.5.15.- CONTADORES.....	16
1.5.16.- ACOMETIDA.....	17
1.5.17.- CANALIZACIONES Y TIPOS DE CONDUCTORES.....	19
1.5.18.- CONEXIÓN A RED.....	20
1.5.19.- ESTRUCTURA.....	20
1.5.19.1.- Movimiento de tierras.....	21
1.5.19.2.- Cimentación.....	21
1.5.19.3.- Placa de asiento de pilares.....	21
1.5.19.4.- Pórticos.....	22
1.5.19.5.- Vigas de atado.....	23
1.5.19.6.- Correas.....	23
1.5.19.7.- Fijación de los módulos.....	23

<b>INDICE</b> <b>CÁLCULOS</b> <b>JUSTIFICATIVOS</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR</i> <i>FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 1 de 2</b>
---	--	--------------------

## 2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

<b>2.1.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS</b> .....	1
2.1.1.- CÁLCULO DE INTENSIDADES.....	1
2.1.2.- CÁLCULO DE LA SECCION.....	1
2.1.2.1.- Ejemplo de cálculo de la sección de una de las líneas monofásicas (Línea 2).....	4
2.1.2.2.- Ejemplo de cálculo de la sección de una de las líneas trifásicas (Línea 4).....	5
2.1.3.- POTENCIA TOTAL INSTALADA.....	5
2.1.4.- CÁLCULOS ELECTRICOS CENTRAL SOLAR .....	7
2.1.5.- CÁLCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO.....	9
2.1.5.1.- Ejemplo de cálculo para la elección del interruptor automático del cuadro de medida.....	9
2.1.6.- CÁLCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL FUSIBLE.....	11
2.1.6.1.- Ejemplo de cálculo de los fusibles de protección de una línea de series.....	11
<b>2.2.- CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA</b> .....	13
2.2.1.- DATOS INICIALES.....	13
2.2.2.- ACCIONES DE CÁLCULO.....	14
2.2.3.- ACCIONES PERMANENTES.....	14
2.2.3.1.- Carga permanente.....	14
2.2.3.2.- Peso propio de los elementos estructurales.....	15
2.2.4.- ACCIONES VARIABLES.....	15
2.2.4.1.- Sobrecarga de nieve.....	15
2.2.4.2.- Sobrecarga de viento.....	16
2.2.5.- CÁLCULO DE PORTICOS INTERIORES.....	17
2.2.5.1.- E L S de Deformación para los pilares de los pórticos interiores...	17
2.2.5.2.- E L U de Resistencia para los pilares de los pórticos interiores....	17
2.2.5.3.- E L U de Pandeo para los pilares de los pórticos interiores.....	18
2.2.5.4.- E L S de Deformación para los dinteles de los pórticos interiores..	19
2.2.5.5.- E L U de Resistencia para los dinteles de los pórticos interiores...	20

<b>INDICE</b> CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 2 de 2</b>
---	--	--------------------

2.2.5.6.- ELU de Pandeo para los dinteles de los pórticos interiores.....	21
2.2.6.- CÁLCULO DE PORTICOS LATERALES.....	22
2.2.6.1.- E L S de Deformación para los pilares de los pórticos laterales.....	22
2.2.6.2.- E L U de Resistencia para los pilares de los pórticos laterales.....	23
2.2.6.3.- E L U de Pandeo para los pilares de los pórticos laterales.....	24
2.2.6.4.- E L S de Deformación para los dinteles de los pórticos laterales....	25
2.2.6.5.- E L U de Resistencia para los dinteles de los pórticos laterales....	26
2.2.6.6.- E L U de Pandeo para los dinteles de los pórticos laterales.....	27
2.2.7.- CÁLCULO DE CORREAS.....	28
2.2.7.1.- E.L.S. de Deformación para las correas.....	28
2.2.7.2.- E.L.U. de Agotamiento por flexión para las correas.....	29

<b>INDICE PLANOS</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 1 de 1</b>
--------------------------	--	--------------------

### 3.- PLANOS

<b>3.1.- SITUACIÓN</b> .....	1
<b>3.2.- EMPLAZAMIENTO</b> .....	2
<b>3.3.- PLANTA GENERAL</b> .....	3
<b>3.4.- PLANTA DE INSTALACIONES</b> .....	4
<b>3.5.- DISTRIBUCIÓN PANELES FOTOVOLTAICOS</b> .....	5
<b>3.6.- ESQUEMA UNIFILAR</b> .....	6
<b>3.7.- ESTRUCTURA</b> .....	7
<b>3.7.1.- DESCRIPCIÓN PERFILES IPE</b> .....	7.1
<b>3.8.- DISTRIBUCIÓN PERFIL C Y PERFIL DE ALUMINIO</b> .....	8
<b>3.9.- CIMENTACIÓN</b> .....	9
<b>3.10.- TIERRA DE MASAS</b> .....	10
<b>3.11.- DETALLE PUESTA A TIERRA</b> .....	11

<b>INDICE</b> PLIEGO DE CONDICIONES	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 1 de 1</b>
---	--	--------------------

## **4.- PLIEGO DE CONDICIONES**

<b>4.1.- CALIDAD DE LOS MATERIALES.....</b>	<b>1</b>
4.1.1.- CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	1
4.1.2.- CONDUCTORES DE PROTECCIÓN.....	1
4.1.3.- IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES.....	1
4.1.4.- TUBOS DE PROTECCIÓN.....	2
4.1.5.- CAJAS DE CONEXIÓN.....	3
4.1.6.- APARATOS DE PROTECCIÓN.....	3
4.1.6.1. DIFERENCIALES.....	3
4.1.6.2. DISYUNTORES.....	3
4.1.6.3. FUSIBLES.....	4
<b>4.2.- NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....</b>	<b>4</b>
<b>4.3.- PRUEBAS REGLAMENTARIAS.....</b>	<b>5</b>
<b>4.4.- CONDICIONES DE USO MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.....</b>	<b>6</b>
<b>4.5.- CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4.6.- LIBRO DE ÓRDENES.....</b>	<b>7</b>

<b>INDICE PRESUPUESTO</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 1 de 1</b>
-------------------------------	--	--------------------

## 5.- PRESUPUESTO

<b>5.1.- CUADROS DE PROTECCION Y MEDIDA.....</b>	<b>1</b>
<b>5.2.- LÍNEAS Y CANALIZACIONES.....</b>	<b>2</b>
<b>5.3.- VARIOS.....</b>	<b>2</b>
<b>4. PRESUPUESTO TOTAL.....</b>	<b>3</b>

<b>INDICE</b> ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR  FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 1 de 2</b>
---	---	--------------------

## **6.- ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

<b>6.1.- OBJETO DEL PRESENTE ESTUDIO BÁSICO</b> .....	1
6.1.1.- OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	1
6.1.2.- ESTABLECIMIENTO POSTERIOR DE UN PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA.....	1
<b>6.2.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA</b> .....	2
6.2.1.- TIPO DE OBRA.....	2
6.2.2.- SITUACIÓN DEL TERRENO Y/O LOCALES DE LA OBRA.....	2
6.2.3.- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO Y/O DE LOS LOCALES.....	2
6.2.4.- SERVICIOS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN AFECTADOS POR LA OBRA. .	2
6.2.5.- DENOMINACIÓN DE LA OBRA. ....	2
6.2.6.- PROPIETARIO / PROMOTOR. ....	3
<b>6.3.-ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD</b> .....	3
6.3.1.- AUTOR DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	3
6.3.2.- PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN DE LA OBRA.....	3
6.3.3.- PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO. ....	3
6.3.4.- NÚMERO DE TRABAJADORES.....	3
6.3.5.- RELACIÓN RESUMIDA DE LOS TRABAJOS A REALIZAR.....	3
<b>6.4.- FASES DE OBRA CON IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS</b> .....	4
<b>6.5.- RELACIÓN DE MEDIOS HUMANOS Y TÉCNICOS PREVISTOS CON  IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS</b> .....	5
6.5.1.- MAQUINARIA. ....	5
6.5.2.- MEDIOS DE TRANSPORTE.....	6
6.5.3.- MEDIOS AUXILIARES.....	6
6.5.4.- HERRAMIENTAS.....	6
6.5.5.- MATERIALES.....	9
6.5.6.- MANO DE OBRA, MEDIOS HUMANOS.....	12
<b>6.6.- MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS</b> .....	12
6.6.1.- PROTECCIONES COLECTIVAS.....	12
6.6.2.- EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIS).....	15
6.6.3.- PROTECCIONES ESPECIALES.....	18



<b>INDICE</b> ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR  FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 2 de 2</b>
---	---	--------------------

6.6.4.- NORMATIVA A APLICAR EN LAS FASES DEL ESTUDIO.....	20
6.6.5.- DIRECTRICES GENERALES PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS DORSOLUMBARES.....	28
6.6.6.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	30
<b>6.7.- LEGISLACIÓN, NORMATIVAS Y CONVENIOS DE APLICACIÓN AL  PRESENTE ESTUDIO.....</b>	<b>30</b>

<b>INDICE</b> ESTUDIO DE VIABILIDAD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 1 de 1</b>
---	--	--------------------

## **7.- ESTUDIO DE VIABILIDAD**

<b>7.1.- INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>7.2.- EXPOSICIÓN DE MOTIVOS</b> .....	1
7.2.2.- BENEFICIOS ECONÓMICOS.....	1
7.2.3.- FISCALIDAD DE LA CONEXIÓN A RED.....	2
7.2.4.- ACTIVIDAD EMPRESARIAL.....	2
7.2.5.- INTERÉS SOCIO-ECONÓMICO.....	3
<b>7.3.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN Y NECESIDADES</b> .....	4
<b>7.4.- VALENCE ENERGÉTICO Y MEDIOAMBIENTAL</b> .....	6
<b>7.5.- VIABILIDAD FINANCIERA</b> .....	9

<b>DOCUMENTO Nº 1</b> MEMORIA DESCRIPTIVA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 1 de 24</b>
--	--	---------------------

## **DOCUMENTO Nº1**

### **MEMORIA DESCRIPTIVA**

#### **1.1.- ANTECEDENTES**

A petición de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica de Cartagena, con domicilio en Campus Muralla del Mar - C/ Dr. Fleming S/N, 30202 - CARTAGENA, el estudiante de Ingeniería en Organización Industrial que suscribe procede al estudio y redacción del presente Proyecto Fin de Carrera para la Instalación Eléctrica de Baja Tensión de una Central Solar Fotovoltaica Conectada a la Red Eléctrica de 25.000 W de potencia nominal y 29.925 Wp de potencia en módulos, con estructura metálica fija.

#### **1.2.- OBJETO DEL PROYECTO**

El objeto del presente proyecto es realizar el documento técnico para la realización de una central de generación fotovoltaica de 25 kW para la venta de la producción obtenida a la compañía eléctrica receptora, así como analizar la viabilidad de la implantación de un sistema de generación de electricidad de estas características.

#### **1.3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN**

La central fotovoltaica se encuentra instalada sobre terreno en una parcela de 1.615 m<sup>2</sup> y sita en Ctra. La Ñora, Alcantarilla (MURCIA).

Para la ubicación del generador fotovoltaico será necesaria una superficie de aproximadamente 220 m<sup>2</sup> sin sombras.

DOCUMENTO Nº 1 MEMORIA DESCRIPTIVA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR  FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 2 de 24</b>
---------------------------------------	---	---------------------

#### **1.4.- LEGISLACIÓN APLICABLE**

- Ley 54/1997 de 27 de noviembre, de la Jefatura del Estado, por la que se regula el Sector Eléctrico.
- RD 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción
- RD 2818/1998 de 23 de Diciembre, sobre producción de energía eléctrica por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración.
- RD 1663/2000 de 29 de Septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- RD 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.
- RD 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico .
- RD 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- RD 661/2007 de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- RD 314/2006 de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Orden de 9 de septiembre de 2002, de la Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio, por la que se adoptan medidas de normalización en la tramitación de expedientes en materia de Industria, Energía y Minas.

DOCUMENTO Nº 1 MEMORIA DESCRIPTIVA	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 3 de 24
---------------------------------------	---	--------------

## 1.5.- CARACTERISTICAS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

### 1.5.1.- DATOS BÁSICOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Localización:	<b>Murcia</b>
Inclinación:	<b>30º</b>
Orientación:	<b>Sur</b>
Desviación:	<b>0º Sur</b>
Potencia Nominal Instalación:	<b>25.000W</b>
Potencia Generador Fotovoltaico:	<b>29.925Wp</b>

#### *Equipos principales:*

Módulos Fotovoltaicos:	<b>Suntech STP 175-24/Ac</b>
Potencia pico módulos (W):	<b>175Wp</b>
Tensión de circuito abierto del panel (Voc):	<b>44,2V</b>
Nº de módulos:	<b>171</b>
Modulos por serie:	<b>19</b>
Nº de grupos en paralelo:	<b>9</b>
Inversor:	<b>INGETEAM Ingecon Sun 25</b>
Nº de inversores:	<b>1</b>
Potencia Inversor:	<b>25.000 W</b>
Tipo de conexión eléctrica:	<b>Trifásica</b>

La producción de energía eléctrica en baja tensión se realizará por medio de un sistema generador de 171 módulos fotovoltaicos, formado por un inversor conectado a una unidad central, mediante 9 grupos en paralelo de 19 módulos en serie marca Suntech STP 175-24/Ac de 175 Wp, llegando a alcanzar el grupo generador una potencia instalada de 29.925 Wp.

La conexión en serie de los módulos se realiza por su parte posterior a través de una caja de derivación estanca provista de tapa de registro. A través de la tapa se accede a las bornes de conexión y a los diodos de derivación.

<b>DOCUMENTO N° 1</b> MEMORIA DESCRIPTIVA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 4 de 24</b>
--	--	---------------------

Se construirá una sala de control, que albergará el inversor y los dispositivos de protección de la instalación.

## 1.5.2.- MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

### 1.5.2.1.- Características constructivas

Están constituidos por 72 células 6x12 en serie de Silicio policristalino de alta eficiencia, estando el módulo provisto de dos terminales para conexión del polo positivo y negativo del tipo multi-contacto.

Los módulos Suntech STP 175-24/Ac utilizan células fotovoltaicas de Silicio policristalino. Las células son de alto rendimiento y son medidas individualmente y seleccionadas electrónicamente antes de ser interconectadas, teniendo aplicaciones en: instalaciones de conexión a red, electrificación del medio urbano, electrificación de emplazamientos aislados, telecomunicaciones, etc.

El encapsulado de las células está realizado entre dos capas de EVA (acetato de etil vinilo) resistentes a los rayos UV, una placa de vidrio templado de bajo contenido de hierro y una lámina de Tedlar. El recubrimiento EVA asegura condiciones de funcionamiento óptimas de las células en cualquier ambiente climático. El encapsulado vidrio/tedlar del módulo reduce su peso, protegiendo al mismo tiempo las células. La estructura de aluminio anodizado permite un montaje rápido y fácil en todas las instalaciones.

La parte trasera del módulo es estanco y protegido de los daños mecánicos por una hoja polimérica continua y resistente.

Gracias a su construcción con marcos laterales de aleación de aluminio y el frente de vidrio, de conformidad con estrictas normas de calidad, estos módulos soportan las inclemencias climáticas más duras, funcionando eficazmente sin interrupción durante su larga vida útil.

La caja de conexión IP-65 lleva incorporados los diodos de derivación, que evitan la posibilidad de avería de las células y su circuito, por sombreados parciales de uno o varios módulos dentro de un conjunto.

- Cubierta: ..... Vidrio templado
- Encapsulante: ..... Acetato de etilenvinilo (EVA)
- Dorso: ..... Tedlar
- Marco: ..... Aluminio Anodizado
- 

#### 1.5.2.2.- Características eléctricas

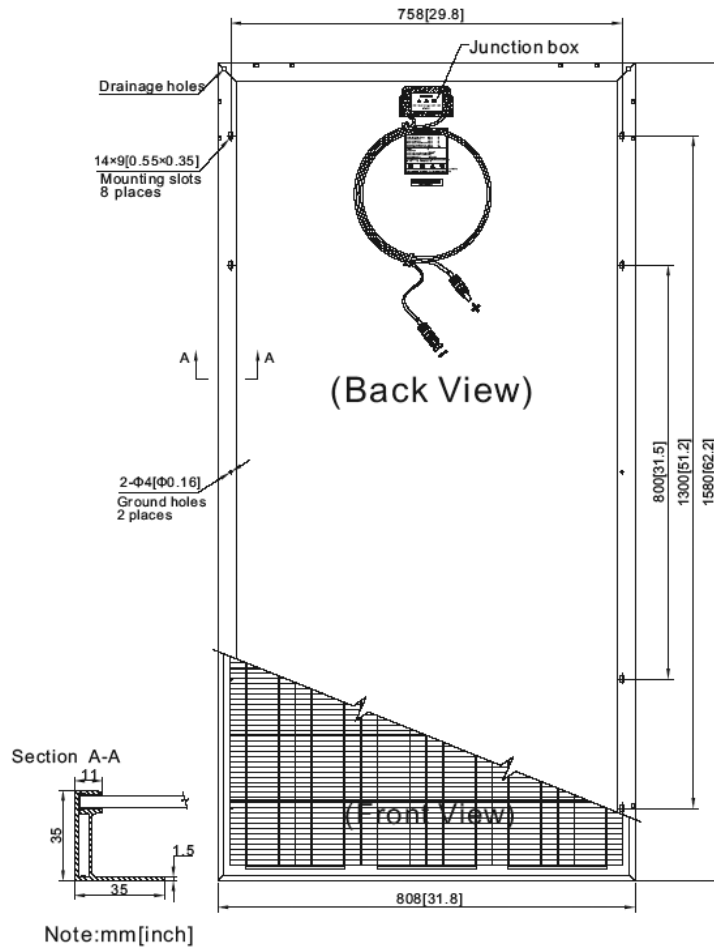
Potencia máxima nominal	<b>P<sub>max</sub></b>	175	<b>Wp</b>
Intensidad en el punto de máx. potencia	<b>I<sub>mp</sub></b>	4,95	<b>A</b>
Tensión en el punto de máx. potencia	<b>V<sub>mp</sub></b>	35,2	<b>V</b>
Intensidad de cortocircuito	<b>I<sub>sc</sub></b>	5,2	<b>A</b>
Tensión de circuito abierto	<b>V<sub>oc</sub></b>	44,2	<b>V</b>
Nº de células		72	

Medidas en las siguientes condiciones: T<sup>a</sup> de la célula 25°C, Radiación 1000W/m<sup>2</sup>, Espectro AM 1,5

#### 1.5.2.3.- Características físicas

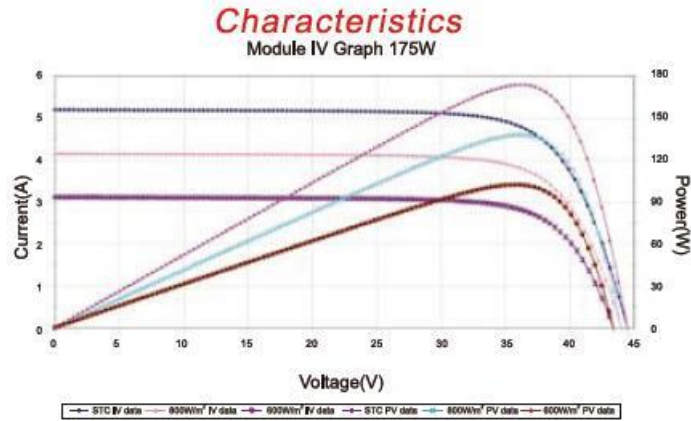
Dimensiones (mm)	1.580x808x35
Peso (kg)	15,5

DIMENSIONES

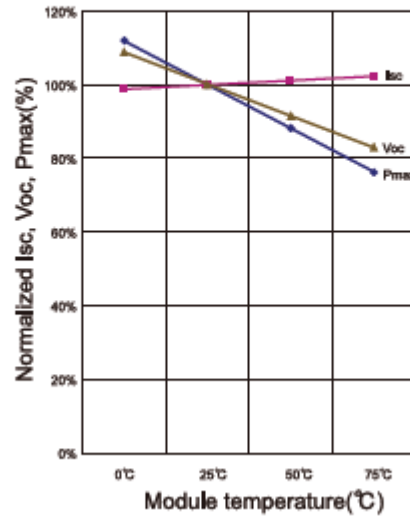




1.5.2.4.- Curvas eléctricas



**Normalized Isc, Voc, Pmax vs. module temperature characteristics**



DOCUMENTO Nº 1 MEMORIA DESCRIPTIVA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 8 de 24</b>
---------------------------------------	--	---------------------

### 1.5.3.- INVERSORES DE CONEXIÓN A RED

Para la conversión de la corriente continua procedente de los módulos fotovoltaicos, a la corriente alterna inyectada a red, se dispone de un inversor trifásico de conexión a red marca INGETEAM modelo Ingecon Sun 25 de 25 KW de potencia nominal.

Estos equipos están diseñados, para inyectar en la red eléctrica comercial la energía producida por un generador fotovoltaico, proporcionando una muy alta eficiencia eléctrica, con una construcción diseñada para garantizar su fiabilidad y una larga duración, dispone de una serie de opciones que permiten seleccionar el nivel de gestión deseado para la instalación. El sistema permite desde la instalación de los inversores para la inyección de energía en la red sin ninguna función adicional, hasta el más completo sistema de adquisición de datos y comunicaciones por RS-485 o fibra óptica. Módem para telefonía fija o GSM/GPRS.

A continuación se detallan las características principales:

- Amplio rango de tensión de entrada (405-750 Vdc). Máxima de hasta 900 Vdc.
- Seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT).
- Alto rendimiento energético, mayor del 96%. Muy baja distorsión armónica del 3% (THD). Factor de potencia seleccionable.
- Conexión directa a Red. Posibilidad de conexión en paralelo sin limitación. Protecciones eléctricas integradas. No requiere alimentación externa.
- Vigilancia Anti-Isla con desconexión automática. Posibilidad de desconexión manual de la Red.
- Pantalla LCD de 2x16 caracteres y teclado para monitorización en el frontal del equipo.
- Grado de protección IP20.
- Protecciones contra polarizaciones inversas, sobretensiones, cortocircuitos, fallo de aislamiento.
- Certificado CE. Directivas EMC y Baja Tensión.
- Vida útil de más de 20 años.

1.5.3.1.- Características técnicas del equipo

<b>Datos Nominales</b>	<b>Ingecon Sun 25</b>
Potencia Nominal	25 KW
Tensión de entrada CC	405-750 Vcc
Tensión de salida CA	3x400 Vca
Frecuencia de Salida CA	50/60 Hz

<b>Línea de Entrada CC</b>	<b>Ingecon Sun 25</b>
Tensión máxima de entrada	900Vcc
Rango PMP (Punto Máx. Potencia)	405-750 Vcc
Intensidad Máx. Entrada	71 A
Tensión de conexión CC	405-750 Vcc

<b>Línea de Salida CA</b>	<b>Ingecon Sun 25</b>
Potencia Máxima	27,5 Kw
Rango de Tensión de operación*	3x400 v
Intensidad Nominal CA	36 A
Factor de Potencia	1
Rango de Frecuencia*	50/60 Hz
Distorsión armónica Pn	3%
Forma de Onda	Sinusoidal
Control de la forma de Onda	Generador de corriente
Protecciones	Contra polarización inversa Contra sobretensiones transitorias en la entrada y a la salida Contra cortocircuitos y sobrecargas a la salida Contra fallos de aislamiento Sobretemperatura en el equipo Protección anti-isla

DOCUMENTO N° 1 MEMORIA DESCRIPTIVA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 10 de 24</b>
---------------------------------------	--	----------------------

<b>Datos de Instalación</b>	<b>Ingecon Sun 25</b>
Temperatura ambiente operación	-10°C ... 65°C
Humedad ambiente máx.	Sin condensaciones 90%
Refrigeración	Conv. natural sistema de Apoyo
Nivel de Protección	IP 20
Peso	320 Kg
Dimensiones AltoxAnchoxProfundo.	1.000x540x540 mm

<b>Comunicaciones</b>	<b>Ingecon Sun 25</b>
Conexiones de comunicaciones	RS-485

<b>Datos de Eficiencia</b>	<b>Ingecon Sun 25</b>
Eficiencia máxima	Mayor del 96%

DOCUMENTO N° 1 MEMORIA DESCRIPTIVA	<p style="text-align: center;"><b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b>  <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR  FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i></p>	Hoja 11 de 24
---------------------------------------	--	---------------

#### 1.5.4.- CUADRO DE PROTECCIÓN Y MEDIDA

La instalación, cumple con todas las consideraciones técnicas expuestas en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11):

1. Interruptor general manual magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.
2. Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte continua de la instalación.
3. Interruptor automático de interconexión controlado por software, controlador permanente de aislamiento, aislamiento galvánico y protección frente a funcionamiento en isla, todas ellas incluidas en el inversor. Serán certificadas por el fabricante.
4. Interruptor manual magnetotérmico situado en el cuadro de alterna, con el fin de proteger la instalación de sobreintensidades y cortocircuitos.
5. Puesta a tierra de la instalación sin alterar las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora.
6. Aislamiento clase I en los módulos, y clase II en cableado, cajas de conexión, etc.
7. Protección frente a funcionamiento en isla.
8. Aislamiento galvánico o tecnología equivalente.

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.

<b>DOCUMENTO Nº 1</b> MEMORIA DESCRIPTIVA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 12 de 24</b>
--	--	----------------------

#### 1.5.5.- PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Tanto en el lado de continua como en el de alterna no hay acceso directo a las conexiones, para lo cual se instalarán las siguientes protecciones:

- Módulos fotovoltaicos: Bornes de conexión en el interior de las cajas, con la tapa atornillada y prensaestopas en la entrada de cables.
- Cajas de conexión del campo de paneles: Bornes en el interior de la caja con la tapa atornillada y prensaestopas en la entrada de cables.
- Inversor: Bornes de conexión interiores con tapa de acceso a ellas atornillada, entrada de cables mediante prensaestopas.

En todos los casos se utilizarán cables de doble aislamiento según norma UNE 21123.

#### 1.5.6.- PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS

##### 1.5.6.1.- Corriente continua

El inversor, tiene en la entrada un grupo de fusibles cuya corriente nominal se indica en el esquema unifilar.

##### 1.5.6.2.- Corriente alterna

El inversor, tiene en la salida un interruptor magnetotérmico cuya corriente nominal se indica en el esquema unifilar.

#### 1.5.7.- SEPARACIÓN GALVÁNICA

El sistema de medición de la componente continua en la salida de alterna es de alta precisión e incorpora dispositivos de auto-calibración constante que compensan las derivas en las mediciones por cambios de temperatura.

En el caso de que el sistema de vigilancia de la componente continua detecte niveles superiores a los valores ajustados máximos, el inversor se detiene y desconecta de la Red, indicando la situación de alarma correspondiente.

DOCUMENTO N° 1 MEMORIA DESCRIPTIVA	PROYECTO FIN DE CARRERA <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	Hoja 13 de 24
---------------------------------------	---	---------------

## 1.5.8.- PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

### 1.5.8.1.- Corriente Continua

Detector de defectos de aislamiento en el inversor.

### 1.5.8.2.- Corriente Alterna

Se instalará un Interruptor automático tripolar diferencial cuya corriente nominal se indica en el esquema unifilar y con una sensibilidad 300mA a la salida del inversor.

Además se instalará un Diferencial de sensibilidad regulable junto al Interruptor Magnetotérmico General.

## 1.5.9.- TOMA DE TIERRA

La puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.

La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones, con base en el desarrollo tecnológico.

Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento electrotécnico para baja tensión, así como de las masas del resto del suministro.

Para ello se proyecta la instalación de un electrodo en anillo, formado por cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección, enterrado a una profundidad no inferior a 1m y, para disminuir al máximo la resistencia de puesta a tierra, se conecta cada esquina a lo largo de todo el anillo una pica de cobre.

<b>DOCUMENTO Nº 1</b> MEMORIA DESCRIPTIVA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 14 de 24</b>
--	--	----------------------

#### 1.5.10.- ARMÓNICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

La instalación cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 sobre armónicos y compatibilidad electromagnética.

#### 1.5.11.- VARIACIONES DE TENSIÓN Y FRECUENCIA EN LA RED

El inversor realizará de forma automática, mediante un relé electrónico, la desconexión y conexión de la instalación en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red mediante un programa de "software" valores según Real Decreto 1663/2000.

##### 1.5.11.1.- Mínima y máxima tensión

El inversor se desconectará automáticamente de la red si los valores de tensión están fuera de los parámetros aceptables, o sea, fuera de la siguiente ventana:  $0.85 \text{ Tensión Nominal} < \text{Tensión real de la red} < 1.1 \text{ Tensión Nominal}$ . Cuando los valores se restablezcan, el equipo se reconectará automáticamente.

##### 1.5.11.2.- Mínima y máxima frecuencia

El inversor se desconectará automáticamente de la red si los valores de frecuencia están fuera de los parámetros aceptables (entre 49 Hz y 51 Hz) con reconexión automática.

#### 1.5.12.- INTERRUPTOR GENERAL MANUAL

Se instalará un Magnetotérmico tetrapolar cuya corriente nominal se indica en el esquema unifilar (50 A).

#### 1.5.13.- PROTECCIÓN CONTRA EL FUNCIONAMIENTO EN MODO ISLA DEL INVERSOR

Para evitar que el inversor funcione en modo isla, el control del inversor verifica en forma permanente que la tensión y frecuencia de la red se encuentra dentro de la ventana de parámetros permitidos, desconectándose en el caso contrario hasta que estos valores se normalicen.



<b>DOCUMENTO Nº 1</b> MEMORIA DESCRIPTIVA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 15 de 24</b>
--	--	----------------------

#### 1.5.14.- CABLEADO INTERIOR DE LA INSTALACIÓN

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 CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 % y los de la parte CA para que la caída de tensión sea inferior del 2 %, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

Se incluirá toda la longitud de 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.

Su dimensionado se explica en el Documento Nº 2 "CALCULOS JUSTIFICATIVOS".

<b>DOCUMENTO Nº 1</b> MEMORIA DESCRIPTIVA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 16 de 24</b>
--	--	----------------------

1.5.14.1.- Descripción: longitud, sección y diámetro del tubo

DESCRIPCION	LONGITUD	SECCION	Colocación
TRAMO 1	33 m	2x6 mm <sup>2</sup>	Bajo tubo (Ø40 mm)
TRAMO 2	5m	2x16 mm <sup>2</sup>	Bajo tubo (Ø40 mm)
TRAMO 3	5 m	2x16 mm <sup>2</sup>	Bajo tubo (Ø40 mm)
TRAMO 4	75 m	3x16 mm <sup>2</sup>	Bajo tubo (Ø50 mm)

1.5.14.2.- Número de circuitos, Identificación, destino y puntos de utilización de cada uno de ellos.

Los circuitos y su identificación quedan reflejados en el plano de Planta de Instalación Eléctrica que acompaña a la presente memoria.

CIRCUITO	DESTINO	PUNTOS DE USO
TRAMO 1	9 grupos de 19 paneles solares 175 Wp	Caja Protecciones C.C
TRAMO 2	Caja Protecciones C.C	Inversor
TRAMO 3	Inversor	Cuadro Protección C.A
TRAMO 4	Cuadro Protección C.A	Cuadro Protección y Medida

1.5.15.- CONTADORES

El contador de salida tendrá capacidad de medir en ambos sentidos e irán colocados en el armario de protección y medida, tal y como se expone en el Real Decreto 1663/2000. Será de clase de precisión 2, según RD 875/1984, y tal que la intensidad correspondiente a la potencia nominal de la instalación fotovoltaica se encuentre entre el 50% de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión de dicho aparato.

Todos los elementos integrantes del equipo de medida, serán precintados por la empresa distribuidora y cumplirán con la MIE BT 015.

Para contabilizar la energía vendida y la energía consumida por la instalación (en periodos nocturnos), el equipo de conteo será uno de los modelos dentro del tipo y homologación que fija la compañía de distribución eléctrica.



#### 1.5.16.- ACOMETIDA

Unirá el armario de protección de C.A., situado junto a la instalación fotovoltaica, pasando a su vez por el armario de contadores, con el punto de conexión, situado en el embarrado de la Cía. Distribuidora cercano al actual cuadro de contadores del cliente.

Se utilizarán cables con aislamiento de dieléctrico seco, tipo RV-K, según norma HD 603 de las características siguientes:

-Cable tipo RV-K

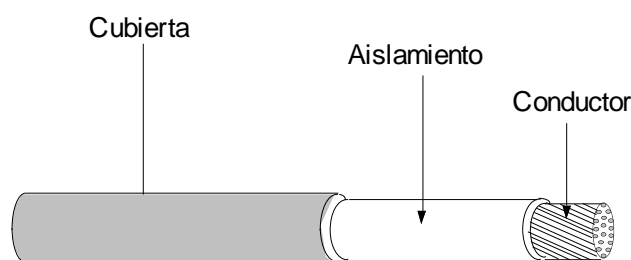
Conductor .....	Cobre
Sección .....	16 mm <sup>2</sup>
Tensión asignada .....	0,6/1 Kv
Aislamiento .....	Polietileno Reticulado
Cubierta .....	PVC

Tipos normalizados y características esenciales

Tipo Construc.	Tensión nominal Kv	Sección mm <sup>2</sup>	Int.Aire (A)	Int. Enterrado (A)	Caída Tensión (V/A.km)
RV-K	0,6/1	1 x 50	207	144	0,860
		1 x 70	268	178	0,603
		1 x 95	328	211	0,457
		1 x 150	444	271	0,286
		1 x 240	607	351	0,178

La constitución del cable (ver figura ) será la siguiente:

- Conductor: Flexible de hilos de cobre electrolítico recocido, formación clase 5 según UNE 21022/IEC 60228.
- Aislamiento: polietileno reticulado, tipo DIX-3 según la norma HD 603.
- Cubierta: De PVC flexible, tipo DMV-18, según norma HD 603, de color negro.



Las conexiones de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento.

Todas las líneas serán de un conductor, para cada fase y, estando debidamente protegidas contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y deberán tener resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

Los empalmes y conexiones de los conductores se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento. Asimismo, deberá quedar perfectamente asegurada su estanquidad y resistencia contra la corrosión que pueda originar el terreno.

Un método apropiado para la realización de empalmes y conexiones puede ser mediante el empleo de tenaza hidráulica y la aplicación de un revestimiento a base de cinta vulcanizable.

### Terminales

Sección	Tamaño	Núcleo	Nº	Material
20	YBPT	YS	LBPT	4
10	YBPT	YS	LBPT	2
9	YBPT	NBE	LBPT	2
5	YBPT	NBE	LBPT	2

Se cubrirá desde el borne terminal hasta la cubierta del cable con cintas Bopir y Nabip.

### Empalmes

Sección	Tamaño	Núcleo	Nº	Material
20	YBPT	YS	LBPT	8
10	YBPT	YS	LBPT	4
9	YBPT	YS	LBPT	4
5	YBPT	NBE		4

Para la construcción del aislamiento se empleará cinta autovulcanizante Bopir hasta formar 1,5 veces el espesor inicial del aislamiento y después se recubrirá con tres capas de cinta adhesiva Nabip.

#### 1.5.17.- CANALIZACIONES Y TIPOS DE CONDUCTORES

Se darán diferentes tipos de canalizaciones:

- Canalización al aire, mediante conductores de cobre de aislamiento de XLPE de tensión nominal 1000 V tipo RV-K 0,6/1KV UNE 21123-2 IEC 502 90, alojados en el interior de tubos de PVC. Para el campo solar fotovoltaico.
- Canalización al aire, mediante conductores de cobre de aislamiento de XLPE de tensión nominal 1000 V tipo RV-K 0,6/1KV UNE 21123-2 IEC 502 90, alojados en el

DOCUMENTO Nº 1 MEMORIA DESCRIPTIVA	<p style="text-align: center;"><b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b>  <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR  FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i></p>	Hoja 20 de 24
---------------------------------------	--	---------------

interior de tubo PVC y tubo Pensa. En la sala donde se albergará el inversor y los cuadros de protecciones de C.C. y C.A.

- Canalización al aire, mediante conductores de cobre de aislamiento de XLPE de tensión nominal 1000 V tipo RV-K 0,6/1KV UNE 21123-2 IEC 502 90, alojados en el interior de tubo de ACERO. Desde la sala donde se albergará el inversor y cuadro de protecciones de C.A hasta el cuadro de medida.

#### 1.5.18.- 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 la red de baja tensión, y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

#### 1.5.19.- ESTRUCTURA

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en la Normativa básica del CTE DB SE-A.

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.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado (30º) 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 mediante galvanizado, cumpliendo las normas UNE 37-501 y UNE 37-508, con un espesor mínimo de 80 micras.

La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder al galvanizado de la estructura.

<b>DOCUMENTO N° 1</b> MEMORIA DESCRIPTIVA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 21 de 24</b>
--	--	----------------------

Se admitirán tornillos galvanizados en este caso al ser la estructura galvanizada, 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.

#### 1.5.19.1.- Movimiento de tierras

Primeramente se procederá a realizar una limpieza del terreno, para posteriormente realizar un relleno de tierras y el replanteo de cimentación bajo la supervisión de la Dirección Técnica.

Se realizará la excavación de los elementos de cimentación mecánicamente, con las cotas y dimensiones especificadas en planos, refinando manualmente los bordes de dichos elementos.

#### 1.5.19.2.- Cimentación

La cimentación estará compuesta por zapatas aisladas para apoyo de pilares y correas de atado lateral de las zapatas aisladas de hormigón de planta HP-250 estando armadas con las armaduras indicadas en los planos, llevando asimismo embutido de pernos y placas de anclaje.

En todos los elementos de cimentación se dispondrá de 10 cm de hormigón de limpieza H-150.

Todos los elementos cumplirán la Norma EHE, siendo el nivel de control de tipo normal.

Todas las dimensiones y características que forman los elementos de cimentación quedan reflejados en los planos correspondientes.

#### 1.5.19.3.- Placa de asiento de pilares.

Las placas de asiento serán soldadas a tope en la base de pilares, y unida a la zapata mediante pernos de anclaje curvados en su extremo inferior y roscados en su parte superior.

DOCUMENTO N° 1 MEMORIA DESCRIPTIVA	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 22 de 24
---------------------------------------	---	---------------

#### 1.5.19.4.- Pórticos

La estructura estará formada por 4 pórticos, dos laterales y dos interiores, de acero laminado S275-JR galvanizado, con una inclinación de 30° a un agua y 5.2 m de separación entre ejes. Los pórticos serán empotrados en sus bases con una luz total de 12,25 m a ejes compuestos por pilares metálicos galvanizados con las siguientes características constructivas:

##### ***Pórticos laterales***

Pilar izquierdo: Perfil IPE-240 de 3m de longitud soldado a placa de anclaje de 400x500x18 mm, empotrada a zapata mediante 8 pernos de 20mm de diámetro.

Pilar central: Perfil IPE-220 de 6.536m de longitud soldado a placa de anclaje de 300x400x15 mm, empotrada a zapata mediante 4 pernos de 16mm de diámetro.

Pilar derecho: Perfil IPE-220 de 10m de longitud soldado a placa de anclaje de 300x400x15 mm, empotrada a zapata mediante 4 pernos de 16mm de diámetro.

Dintel izquierdo y derecho: Perfil IPE-220 de 7.07m de longitud soldado a pilares y arriostrado a vigas de atado cada 4.7 m.

##### ***Pórticos interiores***

Pilar izquierdo: Perfil IPE-300 de 3m de longitud soldado a placa de anclaje de 450x600x25 mm, empotrada a zapata mediante 10 pernos de 22 mm de diámetro.

Pilar central: Perfil IPE-240 de 6.536m de longitud soldado a placa de anclaje de 350x400x18 mm, empotrada a zapata mediante 6 pernos de 16 mm de diámetro.

Pilar derecho: Perfil IPE-240 de 10m de longitud soldado a placa de anclaje de 300x400x15 mm, empotrada a zapata mediante 4 pernos de 16mm de diámetro.

Dintel izquierdo y derecho: Perfil IPE-240 de 7.07m de longitud soldado a pilares y arriostrado a vigas de atado cada 4.7 m.



<b>DOCUMENTO N° 1</b> MEMORIA DESCRIPTIVA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 23 de 24</b>
--	--	----------------------

#### 1.5.19.5.- Vigas de atado

De pórtico a pórtico, se dispondrán de vigas de atado en perfiles normalizados IPE-180 continuas sobre dinteles a modo de correas con las separaciones indicadas en planos.

Los pilares derechos de los pórticos, debido a su excesiva longitud, se arriostran por medio de una viga de atado de perfil normalizado IPE-160 para minimizar el pandeo lateral a la altura indicada en planos.

#### 1.5.19.6.- Correas

Sobre los dinteles se colocarán los perfiles conformados CF 160.2.5 paralelos a éstos en forma de correas con las separaciones indicadas en planos, los cuales soportarán los perfiles de aluminio ranurados (colocados perpendicularmente a las correas CF) que sustentan los paneles fotovoltaicos unidos a ellos mediante unión atornillada.

#### 1.5.19.7.- Fijación de los módulos

Para la fijación de los módulos se utilizará un perfil de aluminio de sección zeta para los módulos de principio y fin de serie y perfil de sección omega para la fijación entre módulos.

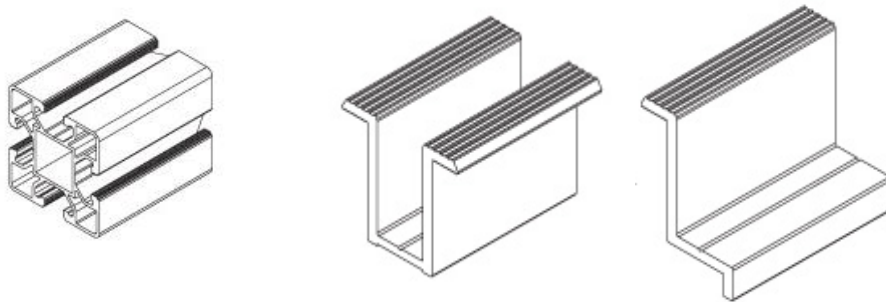
Estos perfiles fijarán los módulos mediante unión atornillada de acero inoxidable a un carril tipo Hepco MCS de aluminio colocado longitudinalmente a lo largo de toda la estructura fija.

Éste tipo de carril permite colocar elementos de fijación a lo largo de toda su longitud, por lo que para fijar los módulos a la estructura resulta un elemento idóneo.

Los elementos de fijación como tornillos, arandelas y tuercas serán de acero inoxidable.

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.

<b>DOCUMENTO Nº 1</b> MEMORIA DESCRIPTIVA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 24 de 24</b>
--	--	----------------------



## **CONCLUSION**

Una vez descrito y justificado el presente texto, se da por finalizada la redacción del DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA DESCRIPTIVA, del Proyecto Fin de Carrera de Instalación de Baja Tensión de una Central Solar Fotovoltaica Conectada a la Red Eléctrica de 25.000 W de potencia nominal y 29.925 Wp de potencia en módulos, con estructura fija, a nombre de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial quedando el alumno de Ingeniería de Organización Industrial que suscribe a disposición del Tribunal Competente para cuantas aclaraciones se consideren oportunas.

En Murcia, Junio de 2013.

Fdo. Ramón Gomis Vidal  
Ingeniero de Organización Industrial

DOCUMENTO Nº 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 1 de 30
--	---	--------------

## DOCUMENTO Nº 2

### CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

#### 2.1.-CALCULOS ELÉCTRICOS

##### 2.1.1.- CALCULO DE INTENSIDADES

Determinaremos la intensidad por aplicación de las siguientes expresiones:

- *Distribución monofásica:*

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi}$$

Siendo:

V = Tensión (V)

P = Potencia (W)

I = Intensidad de corriente (A)

Cos  $\varphi$  = Factor de potencia

- *Distribución trifásica:*

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

Siendo:

V = Tensión entre hilos activos.

##### 2.1.2.- CALCULO DE LA SECCION

Para el cálculo de la sección de conductores se tendrá en cuenta:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Instrucciones Técnicas Complementarias y normas UNE de referencia.
- La temperatura de servicio del cable.

DOCUMENTO Nº 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 2 de 30
--	---	--------------

- Intensidad máx. del cable según la naturaleza del aislamiento.
- La caída de tensión.
- La naturaleza del cable (cobre o aluminio).
- Intensidad de cortocircuito.
- Inductancia de los cables.
- Factores de corrección por agrupaciones de cables, bajo tubo,...

Las formulas empleadas para el cálculo de las secciones serán las siguientes:

**En corriente continua:**

$$S = 2 \times L \times I \times \delta / (V_A - V_B) = 2 \times L \times I / 44 \times (V_A - V_B)$$

Siendo:

L => La longitud de la conducción

I => La intensidad

$\delta$  => Resistencia específica cuyo valor a 90° C, para hilo estirado en frío, con una resistencia de más de 30 kg / mm<sup>2</sup> y con un diámetro mayor o igual a 1 mm es 1/44  $\Omega$  mm<sup>2</sup> m<sup>-1</sup> = 0.02273  $\Omega$  <sup>-1</sup> mm<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>.

(V<sub>A</sub> - V<sub>B</sub>) => Caída de tensión máxima admisible.

**En corriente alterna:**

$$\text{Trifásica } S = \sqrt{3} \times L \times I \times \delta \times \cos \varphi / (V_A - V_B)$$

$$\text{Monofásica } S = 2 \times L \times I \times \delta \times \cos \varphi / (V_A - V_B)$$

Siendo:

L => La longitud de la conducción

DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 3 de 30
--	---	--------------

$I \Rightarrow$  La intensidad

$\delta \Rightarrow$  Resistencia específica ó resistividad, el valor de la resistencia en función de la temperatura del cable será dada por la expresión.

$$\delta = \delta_0(1 + \alpha \Delta T)$$

Donde:

$\delta_0 \Rightarrow$  es el valor de la resistividad a 20° del hilo de cobre  $0.01786 \Omega^{-1}$

$\alpha \Rightarrow$  es un coeficiente cuyo valor es 0.00392.

$\Delta T \Rightarrow$  Temperatura cable – 20°

$(V_A - V_B) \Rightarrow$  Caída de tensión máxima admisible.

$\cos \varphi \Rightarrow$  Angulo de desfase entre la tensión e intensidad.

Temperatura máxima prevista en servicio de un cable:

La formula empleada para el calculo de la temperatura del cable es:

$$T = T_0 + (T_{\max} - T_0) * (I / I_{\max})^2$$

donde:

$T$  : Temperatura real estimada en el conductor.

$T_0$  : Temperatura ambiente del conductor.

$T_{\max}$  : Temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento

$I$  : Intensidad prevista para el conductor.

$I_{\max}$  : Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación.

Los valores de Temperatura máxima del conductor vienen dados por el RBT como 90°.

Los valores de la intensidad máxima viene definidos por la tabla 1 y la tabla 5 de la MIE-BT07, corregidos mediante los coeficientes apropiados.

DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 4 de 30
--	---	--------------

### 2.1.2.1.- Ejemplo de cálculo de la sección de una de las líneas monofásicas (Línea 2).

La tensión a máxima potencia de un módulo es de 35,2 V x 19 módulos en serie:

$$V_{\text{total línea}} = 35,2 \times 19 = 668,8 \text{ V}$$

La caída de tensión máxima admisible para esta línea es 1,5%:  $u = \frac{1,5 \cdot 668,8}{100} = 10,032 \text{ V}$

La intensidad en el punto de máxima potencia de cada módulo es de 4,95 A x 9 ramales en paralelo:

$$I_{\text{total línea}} = 4,95 \text{ A} \times 9 = 44,6 \text{ A}$$

La sección de los conductores:  $s = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{c \cdot u} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 44,6 \cdot 1}{44 \cdot 10,032} = 1,01 \text{ mm}^2$

La sección comercial elegida para esta línea por el proyectante es de 16 mm<sup>2</sup>, que según la ITC-BT-19, admite una intensidad de 73 A, mayor que los 44,6 A de Intensidad de la línea a máxima potencia.

Con lo cual, la caída de tensión máxima para esta línea es:

$$u = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{c \cdot s} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 44,6 \cdot 1}{44 \cdot 16} = 0,63 \text{ V} \quad \text{lo que en \% es: } u = \frac{0,63 \cdot 100}{668,8} = 0,09\%$$

DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 5 de 30
--	---	--------------

### 2.1.2.2.- Ejemplo de cálculo de la sección de una de las líneas trifásicas (Línea 4).

La tensión de línea generada por el inversor es de 400V.

La caída de tensión máxima admisible para esta línea es del 2%:  $u = \frac{2 \cdot 400}{100} = 8V$

La intensidad en el punto de máxima potencia del inversor es:

$$I_{max} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{27.500}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,96} = 41,3A$$

La sección de los conductores:  $s = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{c \cdot u} = \frac{1,73 \cdot 75 \cdot 41,3 \cdot 0,96}{44 \cdot 8} = 14,65mm^2$

La sección comercial más próxima por exceso es 16 mm<sup>2</sup>, que según la ITC-BT-19, admite una intensidad de 73 A, mayor que los 41,3 A de Intensidad de la línea a máxima potencia.

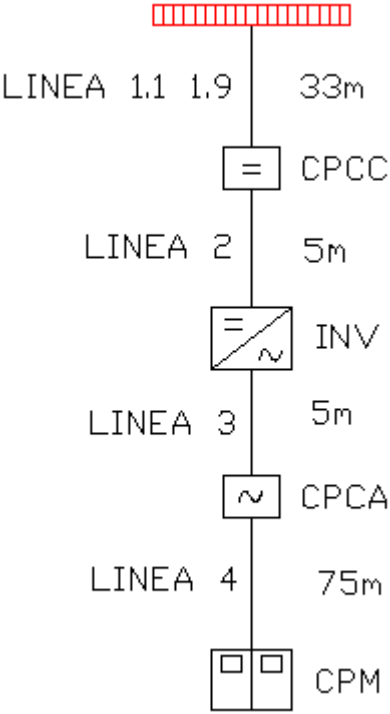
Con lo cual, la caída de tensión máxima para esta línea es:

$$u = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{c \cdot s} = \frac{1,73 \cdot 75 \cdot 41,3 \cdot 0,96}{44 \cdot 16} = 7,31V \quad \text{lo que en \% es: } u = \frac{7,31 \cdot 100}{400} = 1,83\%$$

### 2.1.3.- POTENCIA TOTAL INSTALADA

La producción de energía eléctrica en baja tensión se realizará por medio de un sistema generador de 171 módulos fotovoltaicos, formado por un inversor conectado a una unidad central, mediante 9 grupos en paralelo de 19 módulos en serie marca Suntech STP 175-24/Ac de 175 Wp. Llegando a alcanzar el grupo generador una potencia instalada de 29.925 Wp.

Potencia módulos	175 Wp
N° módulos serie	19
N° ramas paralelo	9
N° módulos fotovoltaicos	171
Pot. generador fotovoltaico	29.925 Wp
Pot. nominal /inversor	25.000 W
Pot. Máxima/inversor	27.500 W





### 2.1.4.- CALCULOS ELECTRICOS CENTRAL SOLAR

A continuación se adjuntan los cálculos eléctricos de la presente instalación.

TABLA 1. CARACTERISTICAS DE LOS CIRCUITOS

CIRCUITO	DATOS CIRCUITO						CONDUCTOR				CANALIZACIÓN		PROTECCIÓN DIFERENCIAL		PROTECCIÓN MAGNETOTERMICA	
	PC	Corr.	Ic	Cosφ	n	L	Aisl	S	Iz	ΔV%	Ø	Tipo	In	Is	In	Icc
<b>4-CGP</b>	27.500	CA	41,3	0,96	3	75	XLPE	16	73	1,83	50	Bajo tubo	---	---	63	15
<b>INVERSOR 1</b>																
3	27.500	CA	41,3	0,96	3	5	XLPE	16	73	0,12	40	Bajo tubo	63	300	63	6
2	29.795	CC	44,6		2	5	XLPE	16	73	0,09	40	Bajo tubo	---	---	---	---
1.1 a 1.9	3.478	CC	5,2		2	33	XLPE	6	45	0,19	40	Bajo tubo	---	---	Fusible 6	100

DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 8 de 30
--	---	--------------

De acuerdo con la TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS CIRCUITOS

Circ. = número de circuito.

Pc = potencia nominal del circuito en W.

Ic = intensidad nominal del circuito en A.

Cos φ= factor de potencia inductivo más desfavorable.

n = número de conductores activos del circuito.

L = longitud del circuito en m.

Aisl.= aislamiento del conductor.

S = sección del conductor elegida en mm<sup>2</sup>.

Iz = Intensidad admisible del conductor en A.

ΔV%= caída de tensión en tanto por ciento.

Ø = diámetro del tubo.

Tipo = tipo de canalización.

In = intensidad nominal del dispositivo de protección en A.

Is = sensibilidad del diferencial en mA.

Icc = intensidad de cortocircuito del magnetotérmico en KA.

### 2.1.5.-CÁLCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO

En la elección del interruptor automático se siguen los siguientes criterios:

- *Protección contra sobrecargas.* Eligiendo las relaciones:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \qquad I_2 \leq 1,45I_Z \qquad I_2 = 1,45I_n$$

donde:

$I_B$ : Intensidad de empleo o utilización.

$I_n$ : Intensidad nominal del aparato o intensidad o intensidad de ajuste en los aparatos que tengan esta posibilidad.

$I_Z$ : Intensidad máxima admisible en el conductor.

$I_2$ : Intensidad convencional de funcionamiento del aparato de protección.

DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 9 de 30
--	---	--------------

- *Protección contra cortocircuitos.* Eligiendo las relaciones:

$$PdC > I_{cc \max} < I_b \quad I_{cc \min} > I_a \quad t_{cable} = \frac{K^2 \cdot S^2}{I^2} > t_{IA}$$

donde:

- $PdC$  es el poder de corte del interruptor.
- $I_{cc \max}$  es la intensidad de cortocircuito al principio de la línea
- $I_{cc \min}$  es la intensidad de cortocircuito mínima (cortocircuito al final de la línea).
- $I_b$  es la intensidad que corresponde a la energía disipada admisible en el conductor.
- $I_a$  es la intensidad de regulación del disparador electromagnético.
- $K$  es una constante que depende del material conductor y del aislante.
- $S$  es la sección del conductor.
- $t_{cable}$  tiempo en cortocircuito del cable.
- $t_{IA}$  tiempo en cortocircuito del interruptor automático.

#### 2.1.5.1.- Ejemplo de cálculo para la elección del interruptor automático del cuadro de medida.

- Protección frente a sobrecargas:

$$I_B = 41,3 \text{ A}$$

$$I_Z = 73 \text{ A}$$

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad I_2 \leq 1,45 I_Z \quad I_2 = 1,45 I_n$$

La  $I_n$  del Interruptor automático debe ser mayor que 41,3 A y menor que 73 A ya que la condición de  $I_2 \leq 1,45 I_Z$  la cumple siempre. El interruptor automático de intensidad nominal inmediato superior a 41,3 A elegido es el de 63 A.

DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 10 de 30
--	---	---------------

- Protección frente cortocircuitos:

La intensidad equivalente real estimada (a falta de datos de la línea de BT) en el punto de principio de la instalación es:

$$I_{equiv.Real} = I_{cc \max} = 12000A \quad PdC > I_{cc \max}$$

El poder de corte del interruptor automático debe ser mayor que 12kA, con lo cual se elige un IA de poder de corte inmediato superior comercial de 15kA.

La resistencia equivalente de la línea de BT a 20°C es:

$$R_{equiv.Real} = \frac{V_L / \sqrt{3}}{I_{equiv.Real}} = \frac{400 / \sqrt{3}}{12000} = 1,91 \cdot 10^{-2} \Omega$$

La intensidad de cortocircuito de la línea 4 que va desde el cuadro de medida hasta el cuadro de alterna (75 m.) es:

$$R_{eqvReal}(90^\circ C) = 2 \cdot 1,91 \cdot 10^{-2} \cdot 1,28 = 0,0489 \Omega$$

$$R_{linea}(90^\circ C) = \frac{\rho(90^\circ C) \cdot l}{s} = \frac{0,023 \cdot 2 \cdot 75}{16} = 0,2156 \Omega$$

$$R(90^\circ C) = R_{equivReal}(90^\circ C) + R_{linea}(90^\circ C) = 0,0489 + 0,2156 = 0,2645 \Omega$$

$$I_{cc \min} = \frac{V}{R(90^\circ C)} = \frac{400}{0,2645} = 1512,16A$$

Para un interruptor automático de Curva C, la intensidad de regulación del disipador es:

$$I_a = 10 \cdot I_n = 500A$$

DOCUMENTO Nº 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 11 de 30
--	---	---------------

Con lo cual:

$$I_{cc \min} > I_a \quad 1512,16 > 500 \quad \text{CUMPLE}$$

El tiempo de cortocircuito máximo admisible por el cable es:

$$t_{cable} = \frac{K^2 \cdot s^2}{I^2} = \frac{143^2 \cdot 16^2}{12000^2} = 0,036s > t_{IA} = 0,02s \quad \text{CUMPLE}$$

### 2.1.6.- CALCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL FUSIBLE

En la protección con fusible, los criterios de protección son:

- *Protección frente a sobrecargas.* Eligiendo las relaciones:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad 1,6I_n \leq 1,45I_Z$$

- *Protección frente a cortocircuitos:*

$$PdC > I_{cc \max} \quad I_{cc \min} > I_f < I_s = \frac{K \cdot s}{\sqrt{5}} \quad L_{\max} > L_{real}$$

$I_f$  intensidad de fusión en 5 s.

2.1.6.1.- Ejemplo de cálculo de los fusibles de protección de una línea de series.

- *Protección frente a sobrecargas:*

$$I_B = 5,2 \text{ A}$$

$$I_Z = 45 \text{ A}$$

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad 1,6I_n \leq 1,45I_Z$$

La  $I_n$  del fusible debe ser mayor que 5,2 A y menor que 45 A y la condición de  $1,6I_n \leq 1,45I_Z$  debe cumplirse. El fusible de intensidad nominal inmediato superior a 5,2 A elegido es el de 6 A.

DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 12 de 30
--	---	---------------

- Protección frente a cortocircuitos:

La intensidad máxima en bornes de los paneles es:

$$I_{cc \max} = \frac{P_{\max}}{V} = \frac{3478}{668,8} = 5,2A \quad PdC > I_{cc \max}$$

El poder de corte de los fusibles cilíndricos tipo gG C-6 a tensión superior a 500V es de 100kA, con lo cual se cumple la condición  $PdC > I_{cc \max}$

La intensidad de fusión  $I_f$  en 5s de un fusible C-6 es de 50 A. Con lo cual se cumple la condición:

$$I_f < I_s = \frac{K \cdot s}{\sqrt{5}}, \text{ ya que } I_s = \frac{K \cdot s}{\sqrt{5}} = \frac{143 \cdot 6}{\sqrt{5}} = 383,7A \text{ y la } I_f = 50 A$$

La longitud máxima de cálculo es:

$$L_{\max} = \frac{0,8 \cdot V}{I_f \cdot \frac{2 \cdot \rho(90^\circ C)}{s}} = \frac{0,8 \cdot 668,8}{50 \cdot \frac{2 \cdot 0,023}{6}} = 1395,8m > L_{real} = 33m$$

Con lo cual Cumple la condición  $L_{\max} > L_{real}$

DOCUMENTO Nº 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 13 de 30
--	---	---------------

## 2.2.- CALCULO DE LA ESTRUCTURA

Para el cálculo de la estructura de la instalación se ha usado el programa de cálculo informático CYPE y se han tenido en cuenta la valoración de cargas que actúan sobre cada elemento de la misma, aplicándose las distintas hipótesis de cálculo determinadas por el DB SE-A del CTE y tomando la más desfavorable en cada caso.

La determinación de distintos perfiles y longitudes las obtenemos según la norma correspondiente que indica la fórmula de cálculo en cada caso para las estructuras metálicas.

Se realizará una comparativa entre los resultados del cálculo realizado mediante el programa informático CYPE y aquellos resultantes mediante cálculos clásicos.

### 2.2.1.- DATOS INICIALES.

Para el cálculo de todos los perfiles y las cimentaciones correspondientes partiremos de los siguientes datos iniciales:

- Longitud de la estructura..... 15,6 m.
- Anchura de la estructura.....12,25 m.
- Separación entre ejes de pilares.....5,2 m.
- Altura mínima de pilares deseada.....3 m.
- Ángulo de inclinación del pórtico.....30º
- Altitud topográfica..... 40 m.
- Situación..... normal.

DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 14 de 30
--	---	---------------

### 2.2.2.- Acciones de cálculo.

Serán las siguientes:

Cargas fijas: peso propio de los materiales que forman la estructura y peso de materiales que soportan éstas.

Cargas de viento: cargas de presión y succión producidas por la fuerza del viento perpendicular a la superficie vertical, determinada por la situación topográfica y características de la estructura. En este caso se considera la estructura como una marquesina a un agua.

Acción sísmica: la determinamos según la situación y características del terreno y la estructura.

Cargas de nieve: es la carga producida por la nieve, determinada por la situación topográfica de la estructura.

### 2.2.3.- Acciones permanentes

#### Carga permanente:

Compuesta por 171 paneles fotovoltaicos marca Suntech STP 175-24/Ac de 175 Wp siendo el peso propio de cada módulo de 15,5 Kg.

Módulos.....	15,5 Kg/1,27m <sup>2</sup> = 12,14Kg/m <sup>2</sup>
Elementos de fijación.....	3 Kg/m <sup>2</sup>
Total.....	15,14 Kg/m <sup>2</sup>



DOCUMENTO Nº 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 15 de 30
--	---	---------------

Peso propio de los elementos estructurales:

Partiremos de los perfiles obtenidos por CYPE y comprobaremos si cumple la Normativa, por tanto la carga debida al peso propio es:

IPE-160.....	15,8Kg/m
IPE-180.....	18,8Kg/m
IPE-220.....	26,2Kg/m
IPE-240.....	30,7Kg/m
IPE-300.....	42,2Kg/m

**2.2.4.- Acciones variables**

Sobrecarga de nieve:

Según el CTE DB SE-AE, la fórmula para determinar la carga de nieve es:

$$P_n = \mu * S_k$$

$\mu$  coeficiente de forma de la cubierta

$S_k$  el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

El valor de la sobrecarga de nieve  $S_k$  para Murcia, con una altitud topográfica de 40m es de  $20 \text{ Kg} / \text{m}^2$

El coeficiente de forma para una cubierta compuesta de un faldón con inclinación menor o igual que  $30^\circ$  en el que no hay impedimento al deslizamiento de la nieve tiene el valor de 1.

Con lo cual la carga debida a la nieve es:

$P_n$ .....  $20 \text{ Kg} / \text{m}^2$

Sobrecarga de viento:

La acción de viento, en general una fuerza de presión o de succión perpendicular a la superficie de cada punto expuesto,  $q_e$  puede expresarse según el CTE SE-AE como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

siendo:

$q_b$  la presión dinámica del viento, que de forma simplificada puede adoptarse 0,5kN/m<sup>2</sup> para cualquier punto del territorio español.

$c_e$  el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Por lo tanto según la tabla 3.3 del CTE SE-AE, para una altura de 9 metros con un grado de aspereza III le corresponde un valor al coeficiente de exposición de 2,3.

$c_p$  el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento. Un valor negativo indica succión. Para una marquesina a un agua con una pendiente de la cubierta de 30° y un grado de obstrucción de flujo de 1, le corresponde un valor al coeficiente de presión de 2,2 y -1,5 según la tabla D.8 del CTE SE-AE.

Por lo tanto:

$$q_b \dots\dots\dots 0,50\text{kN/m}^2$$

$$c_e \dots\dots\dots 2,3$$

$$c_p \dots\dots\dots 2,2 / -1,5$$

Viento de presión       $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,50\text{kN/m}^2 \cdot 2,3 \cdot 2,2 = 2,53\text{kN/m}^2$

Viento de succión       $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,50\text{kN/m}^2 \cdot 2,3 \cdot -1,52 = -1,73\text{kN/m}^2$

DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 17 de 30
--	---	---------------

## 2.2.5.- CÁLCULO DE PORTICOS INTERIORES

Para los pórticos interiores realizaremos tres comprobaciones a todas sus piezas (tres pilares y dos dinteles):

- Estado Límite de Servicio de Deformación.
- Estado Límite Último de Resistencia.
- Estado límite Último de Pandeo.

### 2.2.5.1.- E. L. S. de Deformación para los pilares de los pórticos interiores.

Se trata de comprobar que no superan las flechas máximas admitidas en la Normativa.

$$f_{\max} \leq f_{adm} = \frac{h_{pilar}}{250}$$

Obteniéndose fmax de la tabla de los resultados de CYPE para la hipótesis de carga más desfavorable.

Pieza	h pilar (m)	IU1=fmax	fadm (m)	CUMPLE
Pilar izq.	3	0,00523	0,012	SI
Pilar central	6,54	0,00316	0,026	SI
Pilar derecho	10	0,01011	0,04	SI

### 2.2.5.2.- E. L. S. de Resistencia para los pilares de los pórticos interiores.

Se trata de comprobar que no supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa.

$$M_{adm} = W_x \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{\max}(x)|}{A} \right) \geq |M_{\max}(x)| ; \quad N_{\max}(x) = N_i + \left( \frac{N_i - N_f}{l} \right) \cdot x_{M_{\max}}$$

$$M_{\max}(x) = M_i - V_i \cdot x_{M_{\max}} + a \cdot x_{M_{\max}}^2 ; \quad a = \frac{M_f - M_i + V_i \cdot l}{l^2} ; \quad 0 \leq x_{M_{\max} \text{ ó } \min} = \frac{V_i}{2 \cdot a} \leq l$$

<b>DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</b>	<b>Hoja 18 de 30</b>
---	--	----------------------

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la tabla de resultados de CYPE, de las tablas de características de los perfiles y del DB SE-AE dentro de CTE.

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen los siguientes resultados:

<i>Pieza</i>	<i>l (m)</i>	<i>Mf (N.m)</i>	<i>Mi (N.m)</i>	<i>Vi (N)</i>	<i>a (N)</i>	<i>x M max (m)</i>	<i>IMmaxl (Nm)</i>	<i>Nf (N)</i>	<i>Ni (N)</i>
Pilar izq.	3	-1476	129.033	-13172	-18892	0,34861932	129033	43.503	43.503
Pilar central.	6,54	-21445	24075	-113509	-18420	3,08107211	24075	6.964	6.964
Pilar derecho	10	-28198	19290	-44647	-4939,6	4,51931136	28198	4758	4758
<i>Pieza</i>	<i>Perfil</i>	<i>Wx (m3)</i>	<i>A (m2)</i>	<i>fy (N/m2)</i>	<i>γ M1</i>	<i>INmaxl (N)</i>	<i>IMadml (N.m)</i>	<i>IMmaxl (N.m)</i>	<i>CUMPLE</i>
Pilar izq.	IPE-300	0,000557	0,00538	275000000	1,05	43503	141377,0173	129.033	SI
Pilar central.	IPE-240	0,000324	0,00391	275000000	1,05	6964	84280,07483	24075	SI
Pilar dcho.	IPE-240	0,000324	0,00391	275000000	1,05	4758	84462,8738	28198	SI

### 2.2.5.3.- E.L.U. de Pandeo para los pilares de los pórticos interiores

Se trata de comprobar que no se supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa, evaluando el efecto del pandeo sobre los perfiles.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{k} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_1} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad k = 1 + \frac{0,6 \cdot \lambda_1 \cdot |N_{max}(x)| \cdot \gamma_{M1}}{A \cdot \chi_1 \cdot f_y}; \quad \chi_1 = \frac{1}{\phi_1 + \sqrt{\phi_1^2 - \lambda_1^2}} \leq 1$$

$$\phi_1 = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (\lambda_1 - 0,2) + \lambda_1^2]; \quad \lambda_1 = \frac{\beta_1 \cdot l}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2; \quad \beta_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Luz + 7,5 \cdot l}{Luz + 7,5 \cdot l}}$$

Para el pandeo en el plano perpendicular al pórtico aplicaremos las siguientes expresiones.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{0,8 \cdot k} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_2} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad \chi_2 = \frac{1}{\phi_2 + \sqrt{\phi_2^2 - \lambda_2^2}} \leq 1$$

$$\phi_2 = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (\lambda_2 - 0,2) + \lambda_2^2]; \quad \lambda_2 = \frac{0,7 \cdot l}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2$$

<b>DOCUMENTO Nº 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</b>	<b>Hoja 19 de 30</b>
---	--	----------------------

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la misma manera que el anterior E.L.U.

Para la hipótesis de carga más desfavorable tenemos los siguientes resultados:

Para el plano del pórtico									
Pieza	l (m)	Luz (m)	$\beta 1$	A (m <sup>2</sup> )	f <sub>y</sub> (N/m <sup>2</sup> )	E (N/m <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> (m <sup>4</sup> )	$\lambda 1$	CUMPLE
Pilar izq.	3	6,125	1,281375	0,00538	275000000	2,1E+11	0,0000836	0,35521496	SI
Pilar central	6,54	6,125	1,15457	0,00391	275000000	2,1E+11	0,00003892	0,87177757	SI
Pilar dcho.	10	6,125	1,107476	0,00391	275000000	2,1E+11	0,00003892	1,27862137	SI
$\phi 1$	X1	CUMPLE	INmaxl (N)	$\gamma M1$	k	W <sub>x</sub> (m <sup>3</sup> )	Madm (N.m)	IMmaxl (N.m)	CUMPLE
0,5793864	0,9642	SI	43503	1,05	1,0068243	0,00056	140252,743	129.033	SI
0,95053471	0,7522	SI	6964	1,05	1,0047287	0,00032	83694,2368	24075	SI
1,43069155	0,4825	SI	4758	1,05	1,0073877	0,00032	83423,6883	28198	SI
Para el plano perpendicular del pórtico									
Pieza	l (m)	Luz (m)	A (m <sup>2</sup> )	f <sub>y</sub> (N/m <sup>2</sup> )	E (N/m <sup>2</sup> )	Perfil	I <sub>y</sub> (m <sup>4</sup> )	$\lambda 2$	CUMPLE
Pilar izq.	3	6,125	0,00538	275000000	2,1E+11	IPE-300	0,00000604	0,72193446	SI
Pilar central	6,54	6,125	0,00391	275000000	2,1E+11	IPE-240	0,00000284	1,95663946	SI
Pilar dcho.	5+5	6,125	0,00391	275000000	2,1E+11	IPE-240	0,00000284	1,49590173	SI
$\phi 2$	X2	CUMPLE	INmaxl (N)	$\gamma M1$	k	W <sub>x</sub> (m <sup>3</sup> )	Madm (N.m)	IMmaxl (N.m)	CUMPLE
0,8153978	0,8372	SI	43503	1,05	1,0068243	0,00056	176825,042	129.033	SI
2,59866614	0,2321	SI	6964	1,05	1,0047287	0,00032	103450,21	24075	SI
1,75493067	0,3742	SI	4758	1,05	1,0073877	0,00032	105528,178	28198	SI

#### 2.2.5.4.- E.L.S de Deformación para los dinteles de los pórticos interiores.

Se trata de comprobar que no se superen las flechas máximas admitidas en la Normativa.

$$f_{\max} \leq f_{adm} = \frac{\min(2 \cdot x_{\sin g}; l)}{300}$$

Para dinteles se obtiene de la ecuación de flecha de cada dintel obteniendo los valores máximos, con las siguientes expresiones desde los valores de la tabla de CYPE.

$$a = \frac{M_f - M_i + V_i \cdot l}{l^2}; \quad b = \frac{a}{12} \cdot l^3 - \frac{V_i}{6} \cdot l^2 + \frac{M_i}{2} \cdot l; \quad 0 = \frac{a}{3} \cdot x^3 - \frac{V_i}{2} \cdot x^2 + M_i \cdot x + b$$

<b>DOCUMENTO Nº 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</b>	<b>Hoja 20 de 30</b>
---	--	----------------------

$$f(x) = \frac{1}{E \cdot I_x} \cdot \left( \frac{a}{12} \cdot x^4 - \frac{V_i}{6} \cdot x^3 + \frac{M_i}{2} \cdot x^2 + b \cdot x \right)$$

Sólo interesando los valores de x comprendidos entre 0 y l, puesto que son los puntos singulares donde f(x) tiene máximos absolutos.

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen estos resultados:

Pieza	l (m)	Mf (N.m)	Mi (N.m)	Vi (N)	a (N)	b (N)	X1	X2	X3
Dintel izq.	7,07	-56595	14.760	49162	5526,076	-194643	14,36	0,305	0,305
Dintel der.	7,07	-27525	-56595	16315	2889,214	-250895	14	-2,760	-2,760
Perfil	Ix (m4)	E (N/m2)	f (x1)	f (x2)	f (x3)	fmax (m)	fadm (m)	CUMPLE	
IPE-240	0,0000389 2	2,1E+11	NO	0,022	-0,008743	0,022	0,025	SI	
IPE-240	0,0000389 2	2,1E+11	NO	0,017	NO	0,017	0,02	SI	

### 2.2.5.5.- E.L.U. de Resistencia para los dinteles de los pórticos interiores.

Se trata de comprobar que no se supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa.

$$M_{adm} = W_x \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A} \right) \geq |M_{max}(x)| ; \quad N_{max}(x) = N_i + \left( \frac{N_i - N_f}{l} \right) \cdot x_{M_{max}}$$

$$M_{max}(x) = M_i - V_i \cdot x_{M_{max}} + a \cdot x_{M_{max}}^2 ; \quad a = \frac{M_f - M_i + V_i \cdot l}{l^2} ; \quad 0 \leq x_{M_{max} \text{ ó } min} = \frac{V_i}{2 \cdot a} \leq l$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la tabla de resultados de CYPE, de las tablas de características de los perfiles y del DB SE-A dentro del CTE.

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen los siguientes resultados:

Pieza	l (m)	Mf (N.m)	Mi (N.m)	Vi (N)	a (N)	x M max (m)	IMmaxl (Nm)	Nf (N)	Ni (N)
Dintel izq.	7,07	-56.595	14.760	49.162	5526,1	4,4481837	56.595	53.368	-30.497
Dintel der.	7,07	-27.525	-56.595	16.315	2889,2	2,8234327	56.595	37.729	-46.150
Pieza	Perfil	Wx (m3)	A (m2)	fy	γ M1	INmaxl (N)	IMadml	IMmaxl	CUMPLE

DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"						Hoja 21 de 30	
--	---	--	--	--	--	--	---------------	--

				(N/m2)			(N.m)	(N.m)	
Dintel izq.	IPE-240	0,00032	0,00391	2,8E+08	1,05	83261,771	77.957,7	56.595	SI
Dintel der.	IPE-240	0,00032	0,00391	2,8E+08	1,05	79647,413	78.257,2	56.595	SI

### 2.2.5.6.- E.L.U. de Pandeo para los dinteles de los pórticos interiores.

Se trata de comprobar que no se supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa, evaluando el efecto del pandeo sobre los perfiles.

Para el pandeo en el plano del pórtico aplicaremos las siguientes expresiones.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{k \cdot c} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_1} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad k = 1 + \frac{0,6 \cdot \lambda_1 \cdot |N_{max}(x)| \cdot \gamma_{M1}}{A \cdot \chi_1 \cdot f_y}; \quad \chi_1 = \frac{1}{\phi_1 + \sqrt{\phi_1^2 - \lambda_1^2}} \leq 1$$

$$\phi_1 = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (\lambda_1 - 0,2) + \lambda_1^2]; \quad \lambda_1 = \frac{Luz}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2;$$

$$\text{Si } -1 \leq \alpha \leq 0 \rightarrow c = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha \leq 0,4;$$

$$\text{Si } 0 \leq \alpha \leq 1 \rightarrow c = 0,2 + 0,8 \cdot \alpha \geq 0,4$$

$$\alpha = \frac{M_{max\ central}}{M_{cabezapila}}$$

Para el pandeo en el plano perpendicular al pórtico aplicaremos las siguientes expresiones.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{0,8 \cdot k \cdot c} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_2} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad \chi_2 = \frac{1}{\phi_2 + \sqrt{\phi_2^2 - \lambda_2^2}} \leq 1$$

$$\phi_2 = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (\lambda_2 - 0,2) + \lambda_2^2]; \quad \lambda_2 = \frac{sc}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la misma manera que para el anterior E.L.U., siendo sc la separación entre correas de la cubierta.

<b>DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</b>	<b>Hoja 22 de 30</b>
---	--	----------------------

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen los siguientes resultados:

<b>Para el plano del pórtico</b>										
<i>Pieza</i>	<i>Luz (m)</i>	<i>A (m2)</i>	<i>fy (N/m2)</i>	<i>E (N/m2)</i>	<i>Ix (m4)</i>	$\lambda 1$	<b>CUMPLE</b>	$\phi 1$	<i>X1</i>	<b>CUMPLE</b>
Dintel izq.	6,125	0,00391	275000000	2,1E+11	3,89E-05	0,707154	SI	0,80328	0,84436	SI
Dintel der.	6,125	0,00391	275000000	2,1E+11	3,89E-05	0,707154	SI	0,80328	0,84436	SI
<i>M cab. Pilar</i>	<i>Mmax cent</i>	$\alpha$	<i>c</i>	<b>CUMPLE</b>	<i>INmaxl (N)</i>	<i>k</i>	<i>Wx (m3)</i>	<i>Madm (N.m)</i>	<i>IMmaxl (N.m)</i>	<b>CUMPLE</b>
14760	15277	1,03503	1,0280217	SI	83261,77	1,040857	0,00032	75740,3	56.595	SI
27525	19709	0,71604	0,772832	SI	79647,41	1,039083	0,00032	57300	56.595	SI
<b>Para el plano perpendicular del pórtico</b>										
<i>Pieza</i>	<i>sc (m)</i>	<i>Luz (m)</i>	<i>A (m2)</i>	<i>fy (N/m2)</i>	<i>E (N/m2)</i>	<i>Perfil</i>	<i>Iy (m4)</i>	$\lambda 2$	<b>CUMPLE</b>	
Dintel izq.	4,5	6,125	0,00391	275000000	2,1E+11	IPE-240	2,8E-06	1,9233	SI	
Dintel der.	4,5	6,125	0,00391	275000000	2,1E+11	IPE-240	2,8E-06	1,9233	SI	
$\phi 2$	<i>X2</i>	<b>CUMPLE</b>	<i>INmaxl (N)</i>	$\gamma M1$	<i>k</i>	<i>Wy (m3)</i>	<i>Madm (N.m)</i>	<i>IMmaxl (N.m)</i>	<b>CUMPLE</b>	
2,6425071	0,224486	SI	83261,771	1,05	1,040857	4,73E-05	59881,4	56595	SI	
2,6425071	0,224486	SI	79647,413	1,05	1,039083	4,73E-05	80093,4	56595	SI	

## 2.2.6.- CÁLCULO DE PORTICOS LATERALES

Para los pórticos interiores realizaremos tres comprobaciones a todas sus piezas (tres pilares y dos dinteles):

- Estado Límite de Servicio de Deformación.
- Estado Límite Último de Resistencia.
- Estado límite Último de Pandeo.

### 2.2.6.1.- E. L. S. de Deformación para los pilares de los pórticos laterales.

Se trata de comprobar que no superan las flechas máximas admitidas en la Normativa.



<b>DOCUMENTO Nº 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</b>	<b>Hoja 23 de 30</b>
---	--	----------------------

$$f_{\max} \leq f_{adm} = \frac{h_{pilar}}{250}$$

Obteniéndose fmax de la tabla de los resultados de CYPE para la hipótesis de carga más desfavorable.

<b>Pieza</b>	<b>h pilar (m)</b>	<b>IU1=fmax</b>	<b>fadm (m)</b>	<b>CUMPLE</b>
Pilar izq.	3	0,00449	0,012	SI
Pilar central	6,54	0,00272	0,026	SI
Pilar derecho	10	0,00716	0,04	SI

### 2.2.6.2.- E. L. S. de Resistencia para los pilares de los pórticos laterales.

Se trata de comprobar que no supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa.

$$M_{adm} = W_x \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{\max}(x)|}{A} \right) \geq |M_{\max}(x)| ; \quad N_{\max}(x) = N_i + \left( \frac{N_i - N_f}{l} \right) \cdot x_{M_{\max}}$$

$$M_{\max}(x) = M_i - V_i \cdot x_{M_{\max}} + a \cdot x_{M_{\max}}^2 ; \quad a = \frac{M_f - M_i + V_i \cdot l}{l^2} ; \quad 0 \leq x_{M_{\max} \text{ ó min}} = \frac{V_i}{2 \cdot a} \leq l$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la tabla de resultados de CYPE, de las tablas de características de los perfiles y del DB SE-AE dentro de CTE.

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen los siguientes resultados:

<b>Pieza</b>	<b>l (m)</b>	<b>Mf (N.m)</b>	<b>Mi (N.m)</b>	<b>Vi (N)</b>	<b>a (N)</b>	<b>x M max (m)</b>	<b>IMmaxl (Nm)</b>	<b>Nf (N)</b>	<b>Ni (N)</b>
Pilar izq.	3	-5729	56.214	-6557	-9068	0,3615372	56214	20.648	20.648
Pilar central.	6,54	-21445	24075	-113509	-18420	3,0810721	24075	6.964	6.964
Pilar derecho	10	-28198	19290	-44647	-4940	4,5193114	28198	4758	4758
<b>Pieza</b>	<b>Perfil</b>	<b>Wx (m3)</b>	<b>A (m2)</b>	<b>fy (N/m2)</b>	<b>γ M1</b>	<b>INmaxl (N)</b>	<b>IMadml (N.m)</b>	<b>IMmaxl (N.m)</b>	<b>CUMPLE</b>
Pilar izq.	IPE-240	0,00032	0,0039	2,8E+08	1,05	20648	83146,1577	56.214	SI

<b>DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</b>	<b>Hoja 24 de 30</b>
---	--	----------------------

Pilar central.	IPE-220	0,00025	0,0033	2,8E+08	1,05	6964	65474,5725	24075	SI
Pilar dcho.	IPE-220	0,00025	0,0033	2,8E+08	1,05	4758	84462,8738	28198	SI

### 2.2.6.3.- E.L.U. de Pandeo para los pilares de los pórticos laterales.

Se trata de comprobar que no se supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa, evaluando el efecto del pandeo sobre los perfiles.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{k} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_1} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad k = 1 + \frac{0,6 \cdot \lambda_1 \cdot |N_{max}(x)| \cdot \gamma_{M1}}{A \cdot \chi_1 \cdot f_y}; \quad \chi_1 = \frac{1}{\phi_1 + \sqrt{\phi_1^2 - \lambda_1^2}} \leq 1$$

$$\phi_1 = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (\lambda_1 - 0,2) + \lambda_1^2]; \quad \lambda_1 = \frac{\beta_1 \cdot l}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2; \quad \beta_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Luz + 7,5 \cdot l}{Luz + 7,5 \cdot l}}$$

Para el pandeo en el plano perpendicular al pórtico aplicaremos las siguientes expresiones.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{0,8 \cdot k} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_2} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad \chi_2 = \frac{1}{\phi_2 + \sqrt{\phi_2^2 - \lambda_2^2}} \leq 1$$

$$\phi_2 = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (\lambda_2 - 0,2) + \lambda_2^2]; \quad \lambda_2 = \frac{0,7 \cdot l}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la misma manera que el anterior E.L.U.

Para la hipótesis de carga más desfavorable tenemos los siguientes resultados:

Para el plano del pórtico									
Pieza	l (m)	Luz (m)	$\beta_1$	A (m2)	fy (N/m2)	E (N/m2)	lx (m4)	$\lambda_1$	CUMPLE
Pilar izq.	3	6,125	1,28137 5	0,00391	27500000 0	2,1E+1 1	3,9E-05	0,443818	SI
Pilar central	6,54	6,125	1,15457	0,00334	27500000 0	2,1E+1 1	2,8E-05	0,95473	SI
Pilar derecho	10	6,125	1,10747 6	0,00334	27500000 0	2,1E+1 1	2,8E-05	1,400286	SI
$\phi_1$	X1	CUMPLE	INmaxI (N)	$\gamma_{M1}$	k	Wx (m3)	Madm (N.m)	IMmaxI (N.m)	CUMPLE
0,6240883	0,94	SI	20648	1,05	1,0057067	0,00032	82.567,4	56.214	SI

<b>DOCUMENTO Nº 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</b>	<b>Hoja 25 de 30</b>
---	--	----------------------

	1								
1,0350008	0,69 7	SI	6964	1,05	1,0065425	0,00025	64.822,1	24.075	SI
1,6064298	0,41 8	SI	4758	1,05	1,0109389	0,00025	64.435,8	28.198	SI
<b>Para el plano perpendicular del pórtico</b>									
<b>Pieza</b>	<b>l (m)</b>	<b>Luz (m)</b>	<b>A (m2)</b>	<b>f<sub>y</sub> (N/m2)</b>	<b>E (N/m2)</b>	<b>Perfil</b>	<b>I<sub>y</sub> (m4)</b>	<b>λ2</b>	<b>CUMPLE</b>
Pilar izq.	3	6,125	0,00391	27500000 0	2,1E+11	IPE-240	2,8E-06	0,897541	SI
Pilar central	6,54	6,125	0,00334	27500000 0	2,1E+11	IPE-220	2,1E-06	2,098113	SI
Pilar derecho	5+5	6,125	0,00334	27500000 0	2,1E+11	IPE-220	2,1E-06	1,627309	SI
<b>Φ2</b>	<b>X2</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>INmaxl (N)</b>	<b>γ M1</b>	<b>k</b>	<b>Wx (m3)</b>	<b>IMadm (N.m)</b>	<b>IMmaxl (N.m)</b>	<b>CUMPLE</b>
1,0213719	0,66 3	SI	20648	1,05	1,0057067	0,00032	103.431	56.214	SI
3,0237192	0,19 2	SI	6964	1,05	1,0065425	0,00025	79.601,4	24.075	SI
2,0667107	0,29 9	SI	4758	1,05	1,0109389	0,00025	81.887	28.198	SI

#### 2.2.6.4.- E.L.S de Deformación para los dinteles de los pórticos laterales.

Se trata de comprobar que no se superen las flechas máximas admitidas en la Normativa.

$$f_{\max} \leq f_{adm} = \frac{\min(2 \cdot x_{\sin g}; l)}{300}$$

Para dinteles se obtiene de la ecuación de flecha de cada dintel obteniendo los valores máximos, con las siguientes expresiones desde los valores de la tabla de CYPE.

$$a = \frac{M_f - M_i + V_i \cdot l}{l^2}; \quad b = \frac{a}{12} \cdot l^3 - \frac{V_i}{6} \cdot l^2 + \frac{M_i}{2} \cdot l; \quad 0 = \frac{a}{3} \cdot x^3 - \frac{V_i}{2} \cdot x^2 + M_i \cdot x + b$$

$$f(x) = \frac{1}{E \cdot I_x} \cdot \left( \frac{a}{12} \cdot x^4 - \frac{V_i}{6} \cdot x^3 + \frac{M_i}{2} \cdot x^2 + b \cdot x \right)$$

Sólo interesando los valores de x comprendidos entre 0 y l, puesto que son los puntos singulares donde f(x) tiene máximos absolutos.

<b>DOCUMENTO Nº 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</b>	<b>Hoja 26 de 30</b>
---	--	----------------------

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen estos resultados:

<b>Pieza</b>	<b>l (m)</b>	<b>Mf (N.m)</b>	<b>Mi (N.m)</b>	<b>Vi (N)</b>	<b>a (N)</b>	<b>b (N)</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>
Dintel izq.	7,07	-42331	5.730	49162	5992,096	-212840	14,36	0,305	0,305
Dintel der.	7,07	-22515	-15124	16315	2159,773	-125777	14	-2,760	-2,760
<b>Perfil</b>	<b>lx (m4)</b>	<b>E (N/m2)</b>	<b>f (x1)</b>	<b>f (x2)</b>	<b>f (x3)</b>	<b>fmax (m)</b>	<b>fadm (m)</b>	<b>CUMPLE</b>	
IPE-220	2,8E-05	2,1E+11	NO	0,018	-0,008743	0,018	0,025	SI	
IPE-220	2,8E-05	2,1E+11	NO	0,01141	NO	0,01141	0,02	SI	

### 2.2.6.5.- E.L.U. de Resistencia para los dinteles de los pórticos laterales.

Se trata de comprobar que no se supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa.

$$M_{adm} = W_x \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A} \right) \geq |M_{max}(x)| ; \quad N_{max}(x) = N_i + \left( \frac{N_i - N_f}{l} \right) \cdot x_{M_{max}}$$

$$M_{max}(x) = M_i - V_i \cdot x_{M_{max}} + a \cdot x_{M_{max}}^2 ; \quad a = \frac{M_f - M_i + V_i \cdot l}{l^2} ; \quad 0 \leq x_{M_{max} \text{ ó } min} = \frac{V_i}{2 \cdot a} \leq l$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la tabla de resultados de CYPE, de las tablas de características de los perfiles y del DB SE-A dentro del CTE.

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen los siguientes resultados:

<b>Pieza</b>	<b>l (m)</b>	<b>Mf (N.m)</b>	<b>Mi (N.m)</b>	<b>Vi (N)</b>	<b>a (N)</b>	<b>x M max (m)</b>	<b>IMmaxl (Nm)</b>	<b>Nf (N)</b>	<b>Ni (N)</b>
Dintel izq.	7,07	-42.331	5.730	49.162	5992,1	4,1022371	42.331	28.249	-14.490
Dintel der.	7,07	-22.515	-15.124	16.315	2159,8	3,7770169	22.515	19.410	-23.341
<b>Pieza</b>	<b>Perfil</b>	<b>Wx (m3)</b>	<b>A (m2)</b>	<b>fy (N/m2)</b>	<b>γ M1</b>	<b>INmaxl (N)</b>	<b>IMadml (N.m)</b>	<b>IMmaxl (N.m)</b>	<b>CUMPLE</b>
Dintel izq.	IPE-220	0,00025	0,0033	27500000	1,05	39288,516	63035,717	42.331	SI
Dintel der.	IPE-220	0,00025	0,0033	27500000	1,05	46179,932	62515,766	22.515	SI

DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 27 de 30
--	---	---------------

### 2.2.6.6.- E.L.U. de Pandeo para los dinteles de los pórticos laterales.

Se trata de comprobar que no se supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa, evaluando el efecto del pandeo sobre los perfiles.

Para el pandeo en el plano del pórtico aplicaremos las siguientes expresiones.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{k \cdot c} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_1} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad k = 1 + \frac{0,6 \cdot \lambda_1 \cdot |N_{max}(x)| \cdot \gamma_{M1}}{A \cdot \chi_1 \cdot f_y}; \quad \chi_1 = \frac{1}{\phi_1 + \sqrt{\phi_1^2 - \lambda_1^2}} \leq 1$$

$$\phi_1 = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (\lambda_1 - 0,2) + \lambda_1^2]; \quad \lambda_1 = \frac{Luz}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2;$$

$$\text{Si } -1 \leq \alpha \leq 0 \rightarrow c = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha \leq 0,4;$$

$$\text{Si } 0 \leq \alpha \leq 1 \rightarrow c = 0,2 + 0,8 \cdot \alpha \geq 0,4$$

$$\alpha = \frac{M_{max\ central}}{M_{cabezapila}}$$

Para el pandeo en el plano perpendicular al pórtico aplicaremos las siguientes expresiones.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{0,8 \cdot k \cdot c} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_2} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad \chi_2 = \frac{1}{\phi_2 + \sqrt{\phi_2^2 - \lambda_2^2}} \leq 1$$

$$\phi_2 = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (\lambda_2 - 0,2) + \lambda_2^2]; \quad \lambda_2 = \frac{sc}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la misma manera que para el anterior E.L.U., siendo sc la separación entre correas de la cubierta.

<b>DOCUMENTO Nº 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</b>	<b>Hoja 28 de 30</b>
---	--	----------------------

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen los siguientes resultados:

<b>Para el plano del pórtico</b>											
<i>Pieza</i>	<i>Luz (m)</i>	<i>A (m2)</i>	<i>fy (N/m2)</i>	<i>E (N/m2)</i>	<i>lx (m4)</i>	<i>λ1</i>	<i>CUMPLE</i>	<i>φ1</i>	<i>X1</i>	<i>CUMPLE</i>	
Dintel izq.	6,125	0,00334	275000000	2,1E+11	2,77E-05	0,7744	SI	0,860196	0,80997938	SI	
Dintel der.	6,125	0,00334	275000000	2,1E+11	2,77E-05	0,7744	SI	0,860196	0,80997938	SI	
<i>M cab. Pilar</i>	<i>Mmax cent</i>	<i>α</i>	<i>c</i>	<i>CUMPLE</i>	<i>INmaxl (N)</i>	<i>k</i>	<i>Wx (m3)</i>	<i>Madm (N.m)</i>	<i>IMmaxl (N.m)</i>	<i>CUMPLE</i>	
5730	7671	1,33874	1,2709948	SI	39288,52	1,0258	0,00025	77.243,949	42.331	SI	
-22515	18179	-0,8074	-0,445934	SI	46179,93	1,0303	0,00025	-26.704,64	22.515	SI	
<b>Para el plano perpendicular del pórtico</b>											
<i>Pieza</i>	<i>sc (m)</i>	<i>Luz (m)</i>	<i>A (m2)</i>	<i>fy (N/m2)</i>	<i>E (N/m2)</i>	<i>Perfil</i>	<i>ly (m4)</i>	<i>λ2</i>	<i>CUMPLE</i>		
Dintel izq.	4,5	6,125	0,00334	275000000	2,1E+11	IPE-220	2,1E-06	2,0922551	SI		
Dintel der.	4,5	6,125	0,00334	275000000	2,1E+11	IPE-220	2,1E-06	2,0922551	SI		
<i>φ2</i>	<i>X2</i>	<i>CUMPLE</i>	<i>INmaxl (N)</i>	<i>γ M1</i>	<i>k</i>	<i>Wy (m3)</i>	<i>Madm (N.m)</i>	<i>IMmaxl (N.m)</i>	<i>CUMPLE</i>		
3,010449	0,193237	SI	39288,516	1,05	1,025766	4E-05	44.654,8	42.331	SI		
3,010449	0,193237	SI	46179,932	1,05	1,030285	4E-05	-32.606,9	22515	SI		

## 2.2.7.- CÁLCULO DE CORREAS

Para los dos tipos de correas de la estructura realizaremos las comprobaciones de dos estados límite en el orden a continuación:

- Estado Límite de Servicio de Deformación.
- Estado Límite Último de Agotamiento por Flexión.

### 2.2.7.1.- E.L.S. de Deformación para las correas.

Se trata de comprobar que no se superen las flechas máximas admitidas en la Normativa.

$$\frac{5 \cdot q \cdot cr^4}{384 \cdot E \cdot I_x} = f_{\max} \leq f_{adm} = \frac{cr}{250} ; \quad q = (pp + sc \cdot pc) + \left( sc \cdot \frac{sn}{cr} \right)$$

$$I_{x \min} \geq \frac{1250 \cdot \left( pp + sc \cdot pc + sc \cdot \frac{sn}{cr} \right) \cdot cr^3}{384 \cdot E}$$

DOCUMENTO N° 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 29 de 30
--	---	---------------

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la misma manera que para estados límite, siendo  $pp$  el peso propio de la correa,  $pc$  el peso de la cubierta,  $sn$  la carga de nieve,  $sc$  la separación entre correas y  $cr$  la separación entre pórticos.

Pieza	Perfil	pp (N/m)	sc (m)	pc (N/m)	Nieve (N/m)	cr (m)	E (N/m2)	Ix min (m4)	Perfil neces.
Correa	CF160.2.5	59,5	2,6	150	2038	4,7	2,10E+11	2,54E-06	CF160.2.5
Correa	CF180.2.5	63,5	2,6	150	2038	4,7	2,10E+11	2,54E-06	CF160.2.5

Pieza	Perfil	pp (N/m)	sc (m)	pc (N/m)	Nieve (N/m)	cr (m)	E (N/m2)	Ix min (m4)	Ix (m4)	CUMPLE
Correa	IPE-180	118	4,7	150	2038	5,2	2,10E+11	5,81E-06	0,000013 1	SI

### 2.2.7.2.- E.L.U. de Agotamiento por flexión para las correas.

Se trata de comprobar que no se superen las resistencias máximas admitidas en la Normativa.

$$\sigma_{\max}(x) = \frac{M_{\max}(x)}{W_x} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = \sigma_{adm}; \quad M_{\max}(x) = 0,125 \cdot q \cdot cr^2;$$

$$q = 1,35(pp + sc \cdot pc) + 1,5 \cdot \left( sc \cdot \frac{sn}{cr} \right);$$

$$W_{x\min} = \frac{0,125 \cdot \gamma_{M1} \cdot \left[ 1,35 \cdot (pp + sc \cdot pc) + 1,5 \cdot \left( sc \cdot \frac{sn}{cr} \right) \right] \cdot cr^2}{f_y}$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la misma manera que para estados límite, siendo  $pp$  el peso propio de la correa,  $pc$  el peso de la cubierta,  $sn$  la carga de nieve,  $sc$  la separación entre correas y  $cr$  la separación entre pórticos.

<b>DOCUMENTO Nº 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 30 de 30</b>
---	--	----------------------

<i>Pieza</i>	<i>Perfil</i>	$\gamma$ M1	<i>pp</i> (N/m)	<i>sc</i> (m)	<i>pc</i> (N/m)	<i>Nieve</i> (N/m)	<i>cr</i> (m)	<i>fy</i> (N/m <sup>2</sup> )	<i>Wx min</i> (m <sup>3</sup> )	<i>Perfil neces.</i>
Correa	CF160.2.5	1,05	59,5	2,6	150	2038	4,7	2,75E+08	2,42E-05	CF160.2.5
Correa	CF180.2.5	1,05	63,5	2,6	150	2038	4,7	2,75E+08	2,43E-05	CF160.2.5

<i>Pieza</i>	<i>Perfil</i>	$\gamma$ M1	<i>pp</i> (N/m)	<i>sc</i> (m)	<i>pc</i> (N/m)	<i>Nieve</i> (N/m)	<i>cr</i> (m)	<i>fy</i> (N/m <sup>2</sup> )	<i>Wx min</i> (m <sup>3</sup> )	<i>Wx</i> (m <sup>3</sup> )	<i>CUMPLE</i>
Correa	IPE-180	1,05	118	4,7	150	2038	5,2	2,75E+08	5,00E-05	0,00015	SI

## **CONCLUSION**

Una vez descrito y justificado el presente texto, damos por finalizada la redacción del DOCUMENTO Nº 2: CALCULOS JUSTIFICATIVOS, del Proyecto de Instalación de Baja Tensión de una Central Solar Fotovoltaica Conectada a la Red Eléctrica de 25.000 W de potencia nominal y 29.925 Wp de potencia en módulos, con estructura fija, a nombre de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial quedando el alumno de Ingeniería de Organización Industrial que suscribe a disposición del Tribunal Competente para cuantas aclaraciones se consideren oportunas.

En Murcia, Junio de 2013.

Fdo. Ramón Gomis Vidal  
Ingeniero de Organización Industrial



<b>ANEXO Nº 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA          SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A          RED"</i>	<b>Hoja 1 de 34</b>
--	--	---------------------

## **ANEXO 1: OBRA CIVIL.**

### **DATOS INICIALES.**

Para el cálculo de la estructura de la instalación se ha usado el programa de cálculo informático CYPE y se han tenido en cuenta la valoración de cargas que actúan sobre cada elemento de la misma, aplicándose las distintas hipótesis de cálculo determinadas por el DB SE-A del CTE y tomando la más desfavorable en cada caso.

La determinación de distintos perfiles y longitudes las obtenemos según la norma correspondiente que indica la fórmula de cálculo en cada caso para las estructuras metálicas

Para el cálculo de todos los perfiles y las cimentaciones correspondiente partiremos de los siguientes datos iniciales:

- Longitud de la estructura..... 15,6 m.
- Anchura de la estructura.....12,25 m.
- Separación entre ejes de pilares.....5,2 m.
- Altura mínima de pilares deseada.....3 m.
- Ángulo de inclinación del pórtico.....30°
- Altitud topográfica..... 40 m.
- Situación..... normal.

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA          SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A          RED"</i>	<b>Hoja 2 de 34</b>
--	--	---------------------

### 5.1. Acciones de cálculo.

Serán las siguientes:

Cargas fijas: peso propio de los materiales que forman la estructura y peso de materiales que soportan éstas.

Cargas de viento: cargas de presión y succión producidas por la fuerza del viento perpendicular a la superficie vertical, determinada por la situación topográfica y características de la estructura. En este caso se considera la estructura como una marquesina a un agua.

Acción sísmica: la determinamos según la situación y características del terreno y la estructura.

Cargas de nieve: es la carga producida por la nieve, determinada por la situación topográfica de la estructura.

## CAPITULO 2. MATERIAL DE COBERTURA.

La cubierta estará formada por **Acciones permanentes**

### Carga permanente:

Compuesta por 171 paneles fotovoltaicos marca Suntech STP 175-24/Ac de 175 Wp siendo el peso propio de cada módulo de 15,5 Kg.

Módulos.....	15,5 Kg/1,27m <sup>2</sup> = 12,14Kg/m <sup>2</sup>
Elementos de fijación.....	3 Kg/m <sup>2</sup>
Total.....	15,14 Kg/m <sup>2</sup>

<b>ANEXO Nº 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA          SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A          RED"</i>	<b>Hoja 3 de 34</b>
--	--	---------------------

Peso propio de los elementos estructurales:

Partiremos de los perfiles obtenidos por CYPE y comprobaremos si cumple la Normativa, por tanto la carga debida al peso propio es:

IPE-160.....	15,8Kg/m
IPE-180.....	18,8Kg/m
IPE-220.....	26,2Kg/m
IPE-240.....	30,7Kg/m
IPE-300.....	42,2Kg/m

**Acciones variables**

Sobrecarga de nieve:

Según el CTE DB SE-AE, la fórmula para determinar la carga de nieve es:

$$P_n = \mu * S_k$$

$\mu$  coeficiente de forma de la cubierta

$S_k$  el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

El valor de la sobrecarga de nieve  $S_k$  para Murcia, con una altitud topográfica de 40m es de  $20 \text{ Kg} / \text{m}^2$

El coeficiente de forma para una cubierta compuesta de un faldón con inclinación menor o igual que  $30^\circ$  en el que no hay impedimento al deslizamiento de la nieve tiene el valor de 1.

Con lo cual la carga debida a la nieve es:

$$P_n \dots \dots \dots 20 \text{Kg/m}^2$$

Sobrecarga de viento:

La acción de viento, en general una fuerza de presión o de succión perpendicular a la superficie de cada punto expuesto,  $q_e$  puede expresarse según el CTE SE-AE como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

<b>ANEXO Nº 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA          SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A          RED"</i>	<b>Hoja 4 de 34</b>
--	--	---------------------

siendo:

$q_b$  la presión dinámica del viento, que de forma simplificada puede adoptarse 0,5kN/m<sup>2</sup> para cualquier punto del territorio español.

$c_e$  el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Por lo tanto según la tabla 3.3 del CTE SE-AE, para una altura de 9 metros con un grado de aspereza III le corresponde un valor al coeficiente de exposición de 2,3.

$c_p$  el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento. Un valor negativo indica succión. Para una marquesina a un agua con una pendiente de la cubierta de 30° y un grado de obstrucción de flujo de 1, le corresponde un valor al coeficiente de presión de 2,2 y -1,5 según la tabla D.8 del CTE SE-AE.

Por lo tanto:

$$q_b \dots\dots\dots 0,50 \text{ kN/m}^2$$

$$c_e \dots\dots\dots 2,3$$

$$c_p \dots\dots\dots 2,2 / -1,5$$

$$\text{Viento de presión } q_e = q_b * c_e * c_p = 0,50 \text{ kN/m}^2 * 2,3 * 2,2 = 2,53 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Viento de succión } q_e = q_b * c_e * c_p = 0,50 \text{ kN/m}^2 * 2,3 * -1,52 = -1,73 \text{ kN/m}^2$$

### **CÁLCULO DE PORTICOS INTERIORES**

Para los pórticos interiores realizaremos tres comprobaciones a todas sus piezas (tres pilares y dos dinteles):

- Estado Límite de Servicio de Deformación.
- Estado Límite Último de Resistencia.
- Estado Límite Último de Pandeo.

<b>ANEXO Nº 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA          SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A          RED"</i>	<b>Hoja 5 de 34</b>
--	--	---------------------

**E. L. S. de Deformación para los pilares de los pórticos interiores.**

Se trata de comprobar que no superan las flechas máximas admitidas en la Normativa.

$$f_{\max} \leq f_{adm} = \frac{h_{pilar}}{250}$$

Obteniéndose fmax de la tabla de los resultados de CYPE para la hipótesis de carga más desfavorable.

<b>Pieza</b>	<b>h pilar (m)</b>	<b> U1 =fmax</b>	<b>fadm (m)</b>	<b>CUMPLE</b>
Pilar izq.	3	0,00523	0,012	SI
Pilar central	6,54	0,00316	0,026	SI
Pilar derecho	10	0,01011	0,04	SI

**E. L. S. de Resistencia para los pilares de los pórticos interiores.**

Se trata de comprobar que no supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa.

$$M_{adm} = W_x \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{\max}(x)|}{A} \right) \geq |M_{\max}(x)| ; \quad N_{\max}(x) = N_i + \left( \frac{N_i - N_f}{l} \right) \cdot x_{M_{\max}}$$

$$M_{\max}(x) = M_i - V_i \cdot x_{M_{\max}} + a \cdot x_{M_{\max}}^2 ; \quad a = \frac{M_f - M_i + V_i \cdot l}{l^2} ; \quad 0 \leq x_{M_{\max} \text{ ó } \min} = \frac{V_i}{2 \cdot a} \leq l$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la tabla de resultados de CYPE, de las tablas de características de los perfiles y del DB SE-AE dentro de CTE.

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen los siguientes resultados:

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	<b>Hoja 6 de 34</b>
--	---	---------------------

<i>Pieza</i>	<i>l (m)</i>	<i>Mf (N.m)</i>	<i>Mi (N.m)</i>	<i>Vi (N)</i>	<i>a (N)</i>	<i>x M max (m)</i>	<i>IMmaxl (Nm)</i>	<i>Nf (N)</i>	<i>Ni (N)</i>
Pilar izq.	3	-1476	129.033	-13172	-18892	0,34861932	129033	43.503	43.503
Pilar central.	6,54	-21445	24075	-113509	-18420	3,08107211	24075	6.964	6.964
Pilar derecho	10	-28198	19290	-44647	-4939,6	4,51931136	28198	4758	4758
<i>Pieza</i>	<i>Perfil</i>	<i>Wx (m3)</i>	<i>A (m2)</i>	<i>fy (N/m2)</i>	<i>γ M1</i>	<i>INmaxl (N)</i>	<i>IMadml (N.m)</i>	<i>IMmaxl (N.m)</i>	<i>CUMPLE</i>
Pilar izq.	IPE-300	0,000557	0,00538	275000000	1,05	43503	141377,0173	129.033	SI
Pilar central.	IPE-240	0,000324	0,00391	275000000	1,05	6964	84280,07483	24075	SI
Pilar dcho.	IPE-240	0,000324	0,00391	275000000	1,05	4758	84462,8738	28198	SI

### E.L.U. de Pandeo para los pilares de los pórticos interiores

Se trata de comprobar que no se supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa, evaluando el efecto del pandeo sobre los perfiles.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{k} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_1} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad k = 1 + \frac{0,6 \cdot \lambda_1 \cdot |N_{max}(x)| \cdot \gamma_{M1}}{A \cdot \chi_1 \cdot f_y}; \quad \chi_1 = \frac{1}{\phi_1 + \sqrt{\phi_1^2 - \lambda_1^2}} \leq 1$$

$$\phi_1 = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (\lambda_1 - 0,2) + \lambda_1^2]; \quad \lambda_1 = \frac{\beta_1 \cdot l}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2; \quad \beta_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Luz + 7,5 \cdot l}{Luz + 7,5 \cdot l}}$$

Para el pandeo en el plano perpendicular al pórtico aplicaremos las siguientes expresiones.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{0,8 \cdot k} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_2} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad \chi_2 = \frac{1}{\phi_2 + \sqrt{\phi_2^2 - \lambda_2^2}} \leq 1$$

$$\phi_2 = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (\lambda_2 - 0,2) + \lambda_2^2]; \quad \lambda_2 = \frac{0,7 \cdot l}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la misma manera que el anterior E.L.U.

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	<b>Hoja 7 de 34</b>
--	---	---------------------

Para la hipótesis de carga más desfavorable tenemos los siguientes resultados:

Para el plano del pórtico									
Pieza	l (m)	Luz (m)	$\beta 1$	A (m <sup>2</sup> )	f <sub>y</sub> (N/m <sup>2</sup> )	E (N/m <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> (m <sup>4</sup> )	$\lambda 1$	CUMPLE
Pilar izq.	3	6,125	1,281375	0,00538	275000000	2,1E+11	0,0000836	0,35521496	SI
Pilar central	6,54	6,125	1,15457	0,00391	275000000	2,1E+11	0,00003892	0,87177757	SI
Pilar dcho.	10	6,125	1,107476	0,00391	275000000	2,1E+11	0,00003892	1,27862137	SI
$\Phi 1$	X1	CUMPLE	INmaxl (N)	$\gamma M1$	k	Wx (m <sup>3</sup> )	Madm (N.m)	IMmaxl (N.m)	CUMPLE
0,5793864	0,9642	SI	43503	1,05	1,0068243	0,00056	140252,743	129.033	SI
0,95053471	0,7522	SI	6964	1,05	1,0047287	0,00032	83694,2368	24075	SI
1,43069155	0,4825	SI	4758	1,05	1,0073877	0,00032	83423,6883	28198	SI
Para el plano perpendicular del pórtico									
Pieza	l (m)	Luz (m)	A (m <sup>2</sup> )	f <sub>y</sub> (N/m <sup>2</sup> )	E (N/m <sup>2</sup> )	Perfil	I <sub>y</sub> (m <sup>4</sup> )	$\lambda 2$	CUMPLE
Pilar izq.	3	6,125	0,00538	275000000	2,1E+11	IPE-300	0,0000604	0,72193446	SI
Pilar central	6,54	6,125	0,00391	275000000	2,1E+11	IPE-240	0,00000284	1,95663946	SI
Pilar dcho.	5+5	6,125	0,00391	275000000	2,1E+11	IPE-240	0,00000284	1,49590173	SI
$\Phi 2$	X2	CUMPLE	INmaxl (N)	$\gamma M1$	k	Wx (m <sup>3</sup> )	Madm (N.m)	IMmaxl (N.m)	CUMPLE
0,8153978	0,8372	SI	43503	1,05	1,0068243	0,00056	176825,042	129.033	SI
2,59866614	0,2321	SI	6964	1,05	1,0047287	0,00032	103450,21	24075	SI
1,75493067	0,3742	SI	4758	1,05	1,0073877	0,00032	105528,178	28198	SI

### E.L.S de Deformación para los dinteles de los pórticos interiores.

Se trata de comprobar que no se superen las flechas máximas admitidas en la Normativa.

$$f_{\max} \leq f_{adm} = \frac{\min(2 \cdot x_{\sin g}; l)}{300}$$

Para dinteles se obtiene de la ecuación de flecha de cada dintel obteniendo los valores máximos, con las siguientes expresiones desde los valores de la tabla de CYPE.

$$a = \frac{M_f - M_i + V_i \cdot l}{l^2}; \quad b = \frac{a}{12} \cdot l^3 - \frac{V_i}{6} \cdot l^2 + \frac{M_i}{2} \cdot l; \quad 0 = \frac{a}{3} \cdot x^3 - \frac{V_i}{2} \cdot x^2 + M_i \cdot x + b$$

$$f(x) = \frac{1}{E \cdot I_x} \cdot \left( \frac{a}{12} \cdot x^4 - \frac{V_i}{6} \cdot x^3 + \frac{M_i}{2} \cdot x^2 + b \cdot x \right)$$

<b>ANEXO Nº 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	<b>Hoja 8 de 34</b>
--	---	---------------------

Sólo interesando los valores de x comprendidos entre 0 y l, puesto que son los puntos singulares donde f(x) tiene máximos absolutos.

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen estos resultados:

<b>Pieza</b>	<b>l (m)</b>	<b>Mf (N.m)</b>	<b>Mi (N.m)</b>	<b>Vi (N)</b>	<b>a (N)</b>	<b>b (N)</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>
Dintel izq.	7,07	-56595	14.760	49162	5526,076	-194643	14,36	0,305	0,305
Dintel der.	7,07	-27525	-56595	16315	2889,214	-250895	14	-2,760	-2,760
<b>Perfil</b>	<b>lx (m4)</b>	<b>E (N/m2)</b>	<b>f (x1)</b>	<b>f (x2)</b>	<b>f (x3)</b>	<b>fmax (m)</b>	<b>fadm (m)</b>	<b>CUMPLE</b>	
IPE-240	0,00003892	2,1E+11	NO	0,022	-0,008743	0,022	0,025	SI	
IPE-240	0,00003892	2,1E+11	NO	0,017	NO	0,017	0,02	SI	

### E.L.U. de Resistencia para los dinteles de los pórticos interiores.

Se trata de comprobar que no se supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa.

$$M_{adm} = W_x \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A} \right) \geq |M_{max}(x)| ; \quad N_{max}(x) = N_i + \left( \frac{N_i - N_f}{l} \right) \cdot x_{M_{max}}$$

$$M_{max}(x) = M_i - V_i \cdot x_{M_{max}} + a \cdot x_{M_{max}}^2 ; \quad a = \frac{M_f - M_i + V_i \cdot l}{l^2} ; \quad 0 \leq x_{M_{max} \text{ ó } min} = \frac{V_i}{2 \cdot a} \leq l$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la tabla de resultados de CYPE, de las tablas de características de los perfiles y del DB SE-A dentro del CTE.

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen los siguientes resultados:

<b>Pieza</b>	<b>l (m)</b>	<b>Mf (N.m)</b>	<b>Mi (N.m)</b>	<b>Vi (N)</b>	<b>a (N)</b>	<b>x M max (m)</b>	<b>IMmaxl (Nm)</b>	<b>Nf (N)</b>	<b>Ni (N)</b>
Dintel izq.	7,07	-56.595	14.760	49.162	5526,1	4,4481837	56.595	53.368	-30.497
Dintel der.	7,07	-27.525	-56.595	16.315	2889,2	2,8234327	56.595	37.729	-46.150
<b>Pieza</b>	<b>Perfil</b>	<b>Wx (m3)</b>	<b>A (m2)</b>	<b>fy (N/m2)</b>	<b>γ M1</b>	<b>INmaxl (N)</b>	<b>IMadml (N.m)</b>	<b>IMmaxl (N.m)</b>	<b>CUMPLE</b>
Dintel izq.	IPE-240	0,00032	0,00391	2,8E+08	1,05	83261,771	77.957,7	56.595	SI
Dintel der.	IPE-240	0,00032	0,00391	2,8E+08	1,05	79647,413	78.257,2	56.595	SI



<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA          SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A          RED"</i>	<b>Hoja 9 de 34</b>
--	--	---------------------

### E.L.U. de Pandeo para los dinteles de los pórticos interiores.

Se trata de comprobar que no se supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa, evaluando el efecto del pandeo sobre los perfiles.

Para el pandeo en el plano del pórtico aplicaremos las siguientes expresiones.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{k \cdot c} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_1} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad k = 1 + \frac{0,6 \cdot \lambda_1 \cdot |N_{max}(x)| \cdot \gamma_{M1}}{A \cdot \chi_1 \cdot f_y}; \quad \chi_1 = \frac{1}{\phi_1 + \sqrt{\phi_1^2 - \lambda_1^2}} \leq 1$$

$$\phi_1 = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (\lambda_1 - 0,2) + \lambda_1^2]; \quad \lambda_1 = \frac{Luz}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2;$$

$$\text{Si } -1 \leq \alpha \leq 0 \rightarrow c = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha \leq 0,4;$$

$$\text{Si } 0 \leq \alpha \leq 1 \rightarrow c = 0,2 + 0,8 \cdot \alpha \geq 0,4$$

$$\alpha = \frac{M_{max\ central}}{M_{cabezapila}}$$

Para el pandeo en el plano perpendicular al pórtico aplicaremos las siguientes expresiones.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{0,8 \cdot k \cdot c} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_2} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad \chi_2 = \frac{1}{\phi_2 + \sqrt{\phi_2^2 - \lambda_2^2}} \leq 1$$

$$\phi_2 = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (\lambda_2 - 0,2) + \lambda_2^2]; \quad \lambda_2 = \frac{sc}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la misma manera que para el anterior E.L.U., siendo sc la separación entre correas de la cubierta.

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	<b>Hoja 10 de 34</b>
--	---	--------------------------

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen los siguientes resultados:

Para el plano del pórtico										
Pieza	Luz (m)	A (m2)	fy (N/m2)	E (N/m2)	lx (m4)	λ1	CUMPLE	φ1	X1	CUMPLE
Dintel izq.	6,125	0,00391	275000000	2,1E+11	3,89E-05	0,707154	SI	0,80328	0,84436	SI
Dintel der.	6,125	0,00391	275000000	2,1E+11	3,89E-05	0,707154	SI	0,80328	0,84436	SI
M cab. Pilar	Mmax cent	α	c	CUMPLE	INmaxl (N)	k	Wx (m3)	Madm (N.m)	IMmaxl (N.m)	CUMPLE
14760	15277	1,03503	1,0280217	SI	83261,77	1,040857	0,00032	75740,3	56.595	SI
27525	19709	0,71604	0,772832	SI	79647,41	1,039083	0,00032	57300	56.595	SI
Para el plano perpendicular del pórtico										
Pieza	sc (m)	Luz (m)	A (m2)	fy (N/m2)	E (N/m2)	Perfil	ly (m4)	λ2	CUMPLE	
Dintel izq.	4,5	6,125	0,00391	275000000	2,1E+11	IPE-240	2,8E-06	1,9233	SI	
Dintel der.	4,5	6,125	0,00391	275000000	2,1E+11	IPE-240	2,8E-06	1,9233	SI	
φ2	X2	CUMPLE	INmaxl (N)	γ M1	k	Wy (m3)	Madm (N.m)	IMmaxl (N.m)	CUMPLE	
2,6425071	0,224486	SI	83261,771	1,05	1,040857	4,73E-05	59881,4	56595	SI	
2,6425071	0,224486	SI	79647,413	1,05	1,039083	4,73E-05	80093,4	56595	SI	

## CÁLCULO DE PORTICOS LATERALES

Para los pórticos interiores realizaremos tres comprobaciones a todas sus piezas (tres pilares y dos dinteles):

- Estado Límite de Servicio de Deformación.
- Estado Límite Último de Resistencia.
- Estado límite Último de Pandeo.

### E. L. S. de Deformación para los pilares de los pórticos laterales.

Se trata de comprobar que no superan las flechas máximas admitidas en la Normativa.

$$f_{\max} \leq f_{adm} = \frac{h_{pilar}}{250}$$

Obteniéndose fmax de la tabla de los resultados de CYPE para la hipótesis de carga más desfavorable.

<b>ANEXO Nº 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	<b>Hoja 11 de</b> <b>34</b>
--	---	--------------------------------

<b>Pieza</b>	<b>h pilar (m)</b>	<b>IU1=fmax</b>	<b>fadm (m)</b>	<b>CUMPLE</b>
Pilar izq.	3	0,00449	0,012	SI
Pilar central	6,54	0,00272	0,026	SI
Pilar derecho	10	0,00716	0,04	SI

### E. L. S. de Resistencia para los pilares de los pórticos laterales.

Se trata de comprobar que no supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa.

$$M_{adm} = W_x \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A} \right) \geq |M_{max}(x)| ; \quad N_{max}(x) = N_i + \left( \frac{N_i - N_f}{l} \right) \cdot x_{Mmax}$$

$$M_{max}(x) = M_i - V_i \cdot x_{Mmax} + a \cdot x_{Mmax}^2 ; \quad a = \frac{M_f - M_i + V_i \cdot l}{l^2} ; \quad 0 \leq x_{Mmax} \text{ ó } \min = \frac{V_i}{2 \cdot a} \leq l$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la tabla de resultados de CYPE, de las tablas de características de los perfiles y del DB SE-AE dentro de CTE.

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen los siguientes resultados:

<b>Pieza</b>	<b>l (m)</b>	<b>Mf (N.m)</b>	<b>Mi (N.m)</b>	<b>Vi (N)</b>	<b>a (N)</b>	<b>x M max (m)</b>	<b>IMmaxl (Nm)</b>	<b>Nf (N)</b>	<b>Ni (N)</b>
Pilar izq.	3	-5729	56.214	-6557	-9068	0,3615372	56214	20.648	20.648
Pilar central.	6,54	-21445	24075	-113509	-18420	3,0810721	24075	6.964	6.964
Pilar derecho	10	-28198	19290	-44647	-4940	4,5193114	28198	4758	4758
<b>Pieza</b>	<b>Perfil</b>	<b>Wx (m3)</b>	<b>A (m2)</b>	<b>fy (N/m2)</b>	<b>γ M1</b>	<b>INmaxl (N)</b>	<b>IMadml (N.m)</b>	<b>IMmaxl (N.m)</b>	<b>CUMPLE</b>
Pilar izq.	IPE-240	0,00032	0,0039	2,8E+08	1,05	20648	83146,1577	56.214	SI
Pilar central.	IPE-220	0,00025	0,0033	2,8E+08	1,05	6964	65474,5725	24075	SI
Pilar derecho	IPE-220	0,00025	0,0033	2,8E+08	1,05	4758	84462,8738	28198	SI

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA          SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A          RED"</i>	<b>Hoja 12 de          34</b>
--	--	-----------------------------------

### E.L.U. de Pandeo para los pilares de los pórticos laterales

Se trata de comprobar que no se supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa, evaluando el efecto del pandeo sobre los perfiles.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{k} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_1} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad k = 1 + \frac{0,6 \cdot \lambda_1 \cdot |N_{max}(x)| \cdot \gamma_{M1}}{A \cdot \chi_1 \cdot f_y}; \quad \chi_1 = \frac{1}{\phi_1 + \sqrt{\phi_1^2 - \lambda_1^2}} \leq 1$$

$$\phi_1 = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (\lambda_1 - 0,2) + \lambda_1^2]; \quad \lambda_1 = \frac{\beta_1 \cdot l}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2; \quad \beta_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Lu_z + 7,5 \cdot l}{Lu_z + 7,5 \cdot l}}$$

Para el pandeo en el plano perpendicular al pórtico aplicaremos las siguientes expresiones.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{0,8 \cdot k} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_2} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad \chi_2 = \frac{1}{\phi_2 + \sqrt{\phi_2^2 - \lambda_2^2}} \leq 1$$

$$\phi_2 = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (\lambda_2 - 0,2) + \lambda_2^2]; \quad \lambda_2 = \frac{0,7 \cdot l}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la misma manera que el anterior E.L.U.

Para la hipótesis de carga más desfavorable tenemos los siguientes resultados:

<b>ANEXO Nº 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	<b>Hoja 13 de</b> <b>34</b>
--	---	--------------------------------

Para el plano del pórtico									
Pieza	l (m)	Luz (m)	$\beta 1$	A (m2)	$f_y$ (N/m2)	E (N/m2)	$I_x$ (m4)	$\lambda 1$	CUMPLE
Pilar izq.	3	6,125	1,281375	0,00391	275000000	2,1E+11	3,9E-05	0,443818	SI
Pilar central	6,54	6,125	1,15457	0,00334	275000000	2,1E+11	2,8E-05	0,95473	SI
Pilar derecho	10	6,125	1,107476	0,00334	275000000	2,1E+11	2,8E-05	1,400286	SI
$\Phi 1$	X1	CUMPLE	INmaxl (N)	$\gamma M1$	k	Wx (m3)	Madm (N.m)	IMmaxl (N.m)	CUMPLE
0,6240883	0,941	SI	20648	1,05	1,0057067	0,00032	82.567,4	56.214	SI
1,0350008	0,697	SI	6964	1,05	1,0065425	0,00025	64.822,1	24.075	SI
1,6064298	0,418	SI	4758	1,05	1,0109389	0,00025	64.435,8	28.198	SI
Para el plano perpendicular del pórtico									
Pieza	l (m)	Luz (m)	A (m2)	$f_y$ (N/m2)	E (N/m2)	Perfil	$I_y$ (m4)	$\lambda 2$	CUMPLE
Pilar izq.	3	6,125	0,00391	275000000	2,1E+11	IPE-240	2,8E-06	0,897541	SI
Pilar central	6,54	6,125	0,00334	275000000	2,1E+11	IPE-220	2,1E-06	2,098113	SI
Pilar derecho	5+5	6,125	0,00334	275000000	2,1E+11	IPE-220	2,1E-06	1,627309	SI
$\Phi 2$	X2	CUMPLE	INmaxl (N)	$\gamma M1$	k	Wx (m3)	Madm (N.m)	IMmaxl (N.m)	CUMPLE
1,0213719	0,663	SI	20648	1,05	1,0057067	0,00032	103.431	56.214	SI
3,0237192	0,192	SI	6964	1,05	1,0065425	0,00025	79.601,4	24.075	SI
2,0667107	0,299	SI	4758	1,05	1,0109389	0,00025	81.887	28.198	SI

### E.L.S de Deformación para los dinteles de los pórticos laterales.

Se trata de comprobar que no se superen las flechas máximas admitidas en la Normativa.

$$f_{\max} \leq f_{adm} = \frac{\min(2 \cdot x_{\sin g}; l)}{300}$$

Para dinteles se obtiene de la ecuación de flecha de cada dintel obteniendo los valores máximos, con las siguientes expresiones desde los valores de la tabla de CYPE.

$$a = \frac{M_f - M_i + V_i \cdot l}{l^2}; \quad b = \frac{a}{12} \cdot l^3 - \frac{V_i}{6} \cdot l^2 + \frac{M_i}{2} \cdot l; \quad 0 = \frac{a}{3} \cdot x^3 - \frac{V_i}{2} \cdot x^2 + M_i \cdot x + b$$

$$f(x) = \frac{1}{E \cdot I_x} \cdot \left( \frac{a}{12} \cdot x^4 - \frac{V_i}{6} \cdot x^3 + \frac{M_i}{2} \cdot x^2 + b \cdot x \right)$$

<b>ANEXO Nº 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	<b>Hoja 14 de</b> <b>34</b>
--	---	--------------------------------

Sólo interesando los valores de x comprendidos entre 0 y l, puesto que son los puntos singulares donde f(x) tiene máximos absolutos.

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen estos resultados:

Pieza	l (m)	Mf (N.m)	Mi (N.m)	Vi (N)	a (N)	b (N)	X1	X2	X3
Dintel izq.	7,07	-42331	5.730	49162	5992,096	-212840	14,36	0,305	0,305
Dintel der.	7,07	-22515	-15124	16315	2159,773	-125777	14	-2,760	-2,760
Perfil	lx (m4)	E (N/m2)	f (x1)	f (x2)	f (x3)	fmax (m)	fadm (m)	CUMPLE	
IPE-220	2,8E-05	2,1E+11	NO	0,018	-0,008743	0,018	0,025	SI	
IPE-220	2,8E-05	2,1E+11	NO	0,01141	NO	0,01141	0,02	SI	

#### E.L.U. de Resistencia para los dinteles de los pórticos laterales.

Se trata de comprobar que no se supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa.

$$M_{adm} = W_x \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A} \right) \geq |M_{max}(x)| ; \quad N_{max}(x) = N_i + \left( \frac{N_i - N_f}{l} \right) \cdot x_{M_{max}}$$

$$M_{max}(x) = M_i - V_i \cdot x_{M_{max}} + a \cdot x_{M_{max}}^2 ; \quad a = \frac{M_f - M_i + V_i \cdot l}{l^2} ; \quad 0 \leq x_{M_{max} \text{ ó } min} = \frac{V_i}{2 \cdot a} \leq l$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la tabla de resultados de CYPE, de las tablas de características de los perfiles y del DB SE-A dentro del CTE.

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen los siguientes resultados:

Pieza	l (m)	Mf (N.m)	Mi (N.m)	Vi (N)	a (N)	x M max (m)	IMmaxl (Nm)	Nf (N)	Ni (N)
Dintel izq.	7,07	-42.331	5.730	49.162	5992,1	4,1022371	42.331	28.249	-14.490
Dintel der.	7,07	-22.515	-15.124	16.315	2159,8	3,7770169	22.515	19.410	-23.341
Pieza	Perfil	Wx (m3)	A (m2)	fy (N/m2)	γ M1	INmaxl (N)	IMadml (N.m)	IMmaxl (N.m)	CUMPLE
Dintel izq.	IPE-220	0,00025	0,0033	275000000	1,05	39288,516	63035,717	42.331	SI
Dintel der.	IPE-220	0,00025	0,0033	275000000	1,05	46179,932	62515,766	22.515	SI

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA          SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A          RED"</i>	<b>Hoja 15 de          34</b>
--	--	-----------------------------------

### E.L.U. de Pandeo para los dinteles de los pórticos laterales.

Se trata de comprobar que no se supere el momento máximo admitido por la sección en las condiciones que fija la Normativa, evaluando el efecto del pandeo sobre los perfiles.

Para el pandeo en el plano del pórtico aplicaremos las siguientes expresiones.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{k \cdot c} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_1} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad k = 1 + \frac{0,6 \cdot \lambda_1 \cdot |N_{max}(x)| \cdot \gamma_{M1}}{A \cdot \chi_1 \cdot f_y}; \quad \chi_1 = \frac{1}{\phi_1 + \sqrt{\phi_1^2 - \lambda_1^2}} \leq 1$$

$$\phi_1 = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (\lambda_1 - 0,2) + \lambda_1^2]; \quad \lambda_1 = \frac{Luz}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2;$$

$$\text{Si } -1 \leq \alpha \leq 0 \rightarrow c = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha \leq 0,4;$$

$$\text{Si } 0 \leq \alpha \leq 1 \rightarrow c = 0,2 + 0,8 \cdot \alpha \geq 0,4$$

$$\alpha = \frac{M_{max\ central}}{M_{cabezapila}}$$

Para el pandeo en el plano perpendicular al pórtico aplicaremos las siguientes expresiones.

$$M_{adm} = \frac{W_x}{0,8 \cdot k \cdot c} \cdot \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} - \frac{|N_{max}(x)|}{A \cdot \chi_2} \right) \geq |M_{max}(x)|; \quad \chi_2 = \frac{1}{\phi_2 + \sqrt{\phi_2^2 - \lambda_2^2}} \leq 1$$

$$\phi_2 = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (\lambda_2 - 0,2) + \lambda_2^2]; \quad \lambda_2 = \frac{sc}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{E \cdot I_x}} \leq 2$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la misma manera que para el anterior E.L.U., siendo  $sc$  la separación entre correas de la cubierta.

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	<b>Hoja 16 de</b> <b>34</b>
--	---	--------------------------------

Para la hipótesis de carga más desfavorable se obtienen los siguientes resultados:

Para el plano del pórtico										
Pieza	Luz (m)	A (m2)	fy (N/m2)	E (N/m2)	lx (m4)	λ1	CUMPLE	φ1	X1	CUMPLE
Dintel izq.	6,125	0,00334	275000000	2,1E+11	2,77E-05	0,7744	SI	0,860196	0,80997938	SI
Dintel der.	6,125	0,00334	275000000	2,1E+11	2,77E-05	0,7744	SI	0,860196	0,80997938	SI
M cab. Pilar	Mmax cent	α	c	CUMPLE	INmaxl (N)	k	Wx (m3)	Madm (N.m)	IMmaxl (N.m)	CUMPLE
5730	7671	1,33874	1,2709948	SI	39288,52	1,0258	0,00025	77.243,949	42.331	SI
-22515	18179	-0,8074	-0,445934	SI	46179,93	1,0303	0,00025	-26.704,64	22.515	SI
Para el plano perpendicular del pórtico										
Pieza	sc (m)	Luz (m)	A (m2)	fy (N/m2)	E (N/m2)	Perfil	ly (m4)	λ2	CUMPLE	
Dintel izq.	4,5	6,125	0,00334	275000000	2,1E+11	IPE-220	2,1E-06	2,0922551	SI	
Dintel der.	4,5	6,125	0,00334	275000000	2,1E+11	IPE-220	2,1E-06	2,0922551	SI	
φ2	X2	CUMPLE	INmaxl (N)	γ M1	k	Wy (m3)	Madm (N.m)	IMmaxl (N.m)	CUMPLE	
3,010449	0,193237	SI	39288,516	1,05	1,025766	4E-05	44.654,8	42.331	SI	
3,010449	0,193237	SI	46179,932	1,05	1,030285	4E-05	-32.606,9	22515	SI	

## CÁLCULO DE CORREAS

Para los dos tipos de correas de la estructura realizaremos las comprobaciones de dos estados límite en el orden a continuación:

- Estado Límite de Servicio de Deformación.
- Estado Límite Último de Agotamiento por Flexión.

### E.L.S. de Deformación para las correas.

Se trata de comprobar que no se superen las flechas máximas admitidas en la Normativa.

$$\frac{5 \cdot q \cdot cr^4}{384 \cdot E \cdot I_x} = f_{\max} \leq f_{adm} = \frac{cr}{250}; \quad q = (pp + sc \cdot pc) + \left( sc \cdot \frac{sn}{cr} \right)$$

$$I_{x \min} \geq \frac{1250 \cdot \left( pp + sc \cdot pc + sc \cdot \frac{sn}{cr} \right) \cdot cr^3}{384 \cdot E}$$



<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> "INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	<b>Hoja 17 de</b> <b>34</b>
--	---	--------------------------------

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la misma manera que para estados límite, siendo  $pp$  el peso propio de la correa,  $pc$  el peso de la cubierta,  $sn$  la carga de nieve,  $sc$  la separación entre correas y  $cr$  la separación entre pórticos.

Pieza	Perfil	$pp$ (N/m)	$sc$ (m)	$pc$ (N/m)	Nieve (N/m)	$cr$ (m)	$E$ (N/m <sup>2</sup> )	$I_x$ min (m <sup>4</sup> )	Perfil neces.
Correa	CF160.2.5	59,5	2,6	150	2038	4,7	2,10E+11	2,54E-06	CF160.2.5
Correa	CF180.2.5	63,5	2,6	150	2038	4,7	2,10E+11	2,54E-06	CF160.2.5

Pieza	Perfil	$pp$ (N/m)	$sc$ (m)	$pc$ (N/m)	Nieve (N/m)	$cr$ (m)	$E$ (N/m <sup>2</sup> )	$I_x$ min (m <sup>4</sup> )	$I_x$ (m <sup>4</sup> )	CUMPLE
Correa	IPE-180	118	4,7	150	2038	5,2	2,10E+11	5,81E-06	0,0000131	SI

#### E.L.U. de Agotamiento por flexión para las correas.

Se trata de comprobar que no se superen las resistencias máximas admitidas en la Normativa.

$$\sigma_{\max}(x) = \frac{M_{\max}(x)}{W_x} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = \sigma_{adm}; \quad M_{\max}(x) = 0,125 \cdot q \cdot cr^2;$$

$$q = 1,35(pp + sc \cdot pc) + 1,5 \cdot \left( sc \cdot \frac{sn}{cr} \right);$$

$$W_{x\min} = \frac{0,125 \cdot \gamma_{M1} \cdot \left[ 1,35 \cdot (pp + sc \cdot pc) + 1,5 \cdot \left( sc \cdot \frac{sn}{cr} \right) \right] \cdot cr^2}{f_y}$$

Donde las magnitudes necesarias se obtienen de la misma manera que para estados límite, siendo  $pp$  el peso propio de la correa,  $pc$  el peso de la cubierta,  $sn$  la carga de nieve,  $sc$  la separación entre correas y  $cr$  la separación entre pórticos.

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA          SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A          RED"</i>	<b>Hoja 18 de          34</b>
--	--	-----------------------------------

<i>Pieza</i>	<i>Perfil</i>	$\gamma M1$	$pp$ (N/m)	$sc$ (m)	$pc$ (N/m)	<i>Nieve</i> (N/m)	$cr$ (m)	$f_y$ (N/m <sup>2</sup> )	$W_x$ min (m <sup>3</sup> )	<i>Perfil neces.</i>
Correa	CF160.2.5	1,05	59,5	2,6	150	2038	4,7	2,75E+08	2,42E-05	CF160.2.5
Correa	CF180.2.5	1,05	63,5	2,6	150	2038	4,7	2,75E+08	2,43E-05	CF160.2.5

<i>Pieza</i>	<i>Perfil</i>	$\gamma M1$	$pp$ (N/m)	$sc$ (m)	$pc$ (N/m)	<i>Nieve</i> (N/m)	$cr$ (m)	$f_y$ (N/m <sup>2</sup> )	$W_x$ min (m <sup>3</sup> )	$W_x$ (m <sup>3</sup> )	<b>CUMPLE</b>
Correa	IPE-180	1,05	118	4,7	150	2038	5,2	2,75E+08	5,00E-05	0,00015	SI

diagrama de momentos flectores que corresponde a este tipo de viga corresponde a una parábola en la cual el momento flector máximo se produce en el centro del vano teniendo un valor:

$$Q \times L$$

$$M \text{ max} = \frac{\quad}{8}$$

Las hipótesis de carga que utilizaremos serán la Ia, Ib, Ic, II, III.

Una vez obtenidos los momentos flectores correspondientes a la combinación de cargas más desfavorables, se hace la comprobación de resistencia por medio de la expresión:

$$\sigma = \frac{M_{fy}}{W_z} + \frac{M_{fz}}{W_y} < \sigma_u \quad \text{Siendo } \sigma_u = 2600 \text{ Kp/cm}^2$$

Los módulos resistentes del perfil son los pertenecientes al perfil sobre el que se han realizado los cálculos y estos los obtendremos en las tablas facilitadas por el fabricante.

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA          SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A          RED"</i>	<b>Hoja 19 de          34</b>
--	--	-----------------------------------

La flecha "f" en el centro del vano de una viga apoyada de sección constante y perfil simétrico de canto "h" y luz "L", se calcula mediante la formula dada en la Norma para cálculo de flechas.

$$F \text{ (mm)} = a \frac{\sigma \text{ ( Kg/mm}^2\text{) } L^2 \text{ (m}^2\text{)}}{H \text{ (cm)}} \quad \text{siendo:}$$

$\sigma$  = la maxima tensión producida por el máximo flector característico "m" en Kg/mm<sup>2</sup>.

A = coeficiente que depende de la clase de sustentación y del tipo de carga.

Igualmente, esta misma Norma establece las limitaciones de las flechas que en este caso viene determinada por:

$$\text{Flecha/ luz} = \frac{1}{250}$$

Tras realizar los diferentes cálculos llegamos a que el perfil CF 120.2.5 cumple los requisitos correspondientes.

#### **CAPITULO 4. CARGAS SOBRE CUBIERTA.**

Acciones constantes:

- Carga permanente ..... 23,4 Kg/m<sup>2</sup>.

<p><b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA</p>	<p><b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i></p>	<p><b>Hoja 20 de 34</b></p>
---	--	---------------------------------

- Nieve ..... 40 Kg/m<sup>2</sup>.

Acciones variables:

Viento: \* sobre cubierta

Barlovento: -10 Kg/m<sup>2</sup>.

Sotavento: - 20 Kg/m<sup>2</sup>.

## **CAPITULO 5. CALCULO DE LOS PERFILES HASTIALES.**

### **1.5.1. Valoración de cargas.**

El cálculo de hastiales se calculará a flexión compuesta, debido a que las fuerzas que actúan sobre él son:

- Las de viento sobre fachada
- Reacción en la cabeza de hastial ( debida a la presión dinámica sobre la fachada, y que es comunicada por la viga contra-viento).
- Peso del cerramiento que gravita sobre el hastial.

Se calculará primero las cargas de viento. Todo el cálculo se efectuará en el hastial que está en condiciones más desfavorables, que es el que está unido al nudo de cumbrera, por ser este el que tiene mayor área afectada por la carga de viento.

Seguidamente se pasa a las cargas gravitatorias, teniendo en cuenta:

- Peso de la cubierta
- Peso propio de correas
- Peso de elementos de fijación y solape .

<p><b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA</p>	<p><b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i></p>	<p><b>Hoja 21 de 34</b></p>
---	--	---------------------------------

-Carga de nieve

Esta carga se reduce a una puntual (mayorando).

### 1.5.2. Cálculo.

Se calcula primero el cortante con las cargas sin mayorar a partir de las reacciones, se predimensiona el hastial y se comprueba su resistencia, obteniendo que el perfil correspondiente sometido a una tensión que debe cumplir perfectamente las sollicitaciones a que se encuentra sometido.

La Norma recomienda el cálculo de la flecha.

Una vez realizados los cálculos correspondientes se comprueba que el perfil utilizado cumple las limitaciones de flecha impuestas por la Norma.

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Flecha} & & 1 \\
 \text{-----} & < & \text{-----} \\
 \text{luz} & & 300
 \end{array}$$

Los perfiles obtenidos utilizando esta metodología son:

<p><b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA</p>	<p><b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i></p>	<p><b>Hoja 22 de 34</b></p>
---	--	---------------------------------

	Perfiles
Riostra	IPE 180
Cabio hastial	IPE 220
Pilar hastial	IPE 220
Cruz S. Andrés	# 40.4

**CAPITULO 6. CARGAS SEGÚN PREDISEÑO Y MOMENTO DE RIGIDEZ.**

Las cargas según prediseño son:

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 23 de 34</b>
--	--	--------------------------

Reacciones	Nudo 1	Nudo 5
Reacción vertical (TNS)	4.557	4.557
Reacción horizontal (TNS)	3.168	-5.868
Momento (M-TN)	-5.456Tnxm	13.55Tnxm

Los esfuerzos en barras obtenidos aplicando la Norma correspondiente son:

Esfuerzos en Barras	Pilares 330	Cabios IPE 220
Wx (cm <sup>3</sup> )	713cm <sup>3</sup>	252cm <sup>3</sup>
Momento Máx. (M-TNS)	13.55	5.007

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 24 de 34</b>
--	--	--------------------------

Tensión Máx. ( Kp/cm <sup>2</sup> )	1901	1987
--	------	------

Según el momento de rigidez:



Resumen de identificación de las barras

Barra	Extremo I	Extremo J	Barra	Longitud
I	1	2	1-2	6
II	2	3	2-3	10.09
III	3	4	3-4	10.09
IV	4	5	4-5	6

Resumen de características de barras

Barra	Perfiles	Sección	Inercia	Longitud
1-2	IPE - 330	62,5 cm <sup>2</sup>	11770 cm <sup>4</sup>	6 m
2-3	IPE - 220	33,4 cm <sup>2</sup>	2769 cm <sup>4</sup>	10,09 m

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 26 de 34</b>
--	--	--------------------------

3-4	IPE - 220	33,4 cm <sup>2</sup>	2769 cm <sup>4</sup>	10,09 m
4-5	IPE - 330	62.5 cm <sup>2</sup>	11770 cm <sup>4</sup>	6 m

Condiciones de los apoyos

Tenemos:      Desplazamiento H impedido..... G = 1  
                     Desplazamiento V impedido ..... G = 2  
                     Giro impedido ..... G = 3

Considerando que en cada base aparecen los tres apoyos G1, G2 G3, resultará la siguiente tabla:

Apoyo N°	Apoyo en	Desplazamiento
1	Nudo 1	G1
2	Nudo1	G2

3	Nudo1	G3
4	Nudo 5	G1
5	Nudo 5	G2
6	Nudo 5	G3

Acciones sobre la estructura

Tipo de fuerza: Puntual

Repartida

Momento

Dirección: Vertical

Horizontal

Normal

Otra

Tipos de acciones. N°2

Barra	Tipo de	Dirección	Abcisa de	Longitud	Fuerza

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA          SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A          RED"</i>	<b>Hoja 28 de          34</b>
--	--	-----------------------------------

1-2	R	H	0	6	0.3
2-3	R	V	0	10.09	0.4557
3-4	R	V	0	10.09	0.4557
4-5	R	H	0	6	-0.15

Fuerzas resultantes sobre nudos

Nudo	F Vertical	F Horizontal	Momento
1	0	0,9	- 0,9
2	- 2,279	0,9	- 2,898
3	- 4,554	0	0
4	- 2,275	- 0,45	3,347
5	0	- 0,45	0,45

Acciones sobre las barras

Extremo	F. Axial	F. Cortante	Momento	C.Agotam

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 30 de 34</b>
--	--	--------------------------

1	- 4,541	-2,798	-10,30	1491
2	- 4,541	-4,598	-11,88	1692
2	-5,184	3,861	11,88	
3	-4,552	-0,6489	4,308	1858
3	-4,556	0,6259	-4,308	1859
4	-5,186	-3,884	-12,15	
4	-4,565	4,598	12,15	1726
5	4,557	5,868	13,55	1800

Fuerzas resultantes en la base de pilar

ESFUERZO NORMAL MÁXIMO..... N= 4,557 Tm

MOMENTO MÁXIMO..... M= 13,55 Tnxm

ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO..... V= 5,868 Tm

**CAPITULO 7. CIMENTACIÓN. DATOS INICIALES.**

Esfuerzos en base de pilar

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA          SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A          RED"</i>	<b>Hoja 31 de          34</b>
--	--	-----------------------------------

Esfuerzo normal máximo "N" (TM) .....	4,557 Tm
Esfuerzo cortante máximo "V" (TN) .....	13,55 Tnxm
Momento máximo "M" (TM x M) .....	5,866 Tn
Separación entre pórticos .....	5
Separación entre hastiales .....	5

Bases de cálculo

Resistencia característica del hormigón (fck) .....	125 kg/m <sup>2</sup>
Resistencia característica del acero .....	Acero AEH 400 N... 4100 kg/m <sup>2</sup>
Coeficiente minoración del hormigón $\phi_c =$	1,5
Coeficiente minoración del acero $\phi_s =$	1,4
Coeficiente de mayoración de cargas $\phi_f =$	1,6
Tensión admisible del terreno $\sigma =$	20 Tm/m <sup>2</sup>
$\Phi$ de los redondos en mm .....	32 mm

Tipo de cerramiento

Muro prefabricado de hormigón.

Tipo de zapata

Tendremos tres tipos  $Z_1$   $Z_2$   $Z_3$  cuyas dimensiones se especifican en el plano de cimentación.

Zapata hastial  $Z_1$ ,  $Z_2$

<p><b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA</p>	<p><b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i></p>	<p><b>Hoja 32 de 34</b></p>
---	--	---------------------------------

Longitud  $a_2 = 1,2$  m

Anchura  $b_2 = 1,2$  m

Canto  $h = 0,8$  m

Recubrimiento  $d' = 0,07$

Armaduras formando # 180x180 a  $\Phi$  20

Zapata lateral

Longitud  $a_2 = 1,8$  m

Anchura  $b_2 = 1$  m

Canto  $h = 0,8$  m

Recubrimiento  $d' = 0,07$  m

Armaduras formando # 180x180 a  $\Phi$  20

Zuncho de atado

Dimensiones a x b ..... 40x 40 cm

Recubrimiento  $d' = 3$  cm

Armaduras: De compresión 2  $\Phi$  20

De tracción 2  $\Phi$  20

Estribos  $\Phi$  6 a 200 mm

Placa de anclaje



<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 33 de 34</b>
--	--	--------------------------

	Tipo A	Tipo B
Dimensiones	Longitud a = 400 Anchura b = 400 Espesor e = 20	= 500 = 300 = 20
Anclajes	4 $\Phi$ 22 de 1 m	4 $\Phi$ 27 de 1 m

Base de cálculo      R.C. hormigón = 125 kg/cm<sup>2</sup>  
                                  R.C. acero = 4100 kg/cm<sup>2</sup>  
                                  Recubrimiento = 5 mm

La placa de asiento ha de tener unas dimensiones tales que supuesta la hipótesis pésima de reparto de tensiones, estas no superen la tensión admisible del hormigón.

Como hemos dicho anteriormente la placa estará sometida a un momento M, y a un esfuerzo normal N perpendicular a la placa.

Este momento y esfuerzo normal se encuentran mayorados con lo cual vamos a desmayorarlos, para ello, los dividiremos por un coeficiente medio "m" de los coeficientes de ponderación.

<b>ANEXO N° 1</b> CALCULO DE LA ESTRUCTURA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 34 de 34</b>
--	--	--------------------------

Los cartabones transmiten los esfuerzos de la placa base a la parte inferior del pilar. Actuando como ménsula empotrada en la cara del pilar sometida a las reacciones de los apoyos con carga uniformemente repartida.

Los pernos de anclaje son los encargados de absorber los esfuerzos de tracción que se producen en la placa de asiento, como consecuencia del descentramiento de las solicitaciones actuantes.

Los pernos irán cogidos a la placa de asiento mediante tuercas, pues estos están roscados en su parte superior, debido a esto se considera para el cálculo el diámetro del núcleo.

<b>DOCUMENTO Nº 4</b> PLIEGO DE CONDICIONES	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 1 de 8</b>
---	--	--------------------

## **DOCUMENTO Nº 4**

### **PLIEGO DE CONDICIONES**

#### **4.1.- CALIDAD DE LOS MATERIALES**

##### **4.1.1.- CONDUCTORES ELÉCTRICOS.**

Los conductores serán de cobre electrolítico con aislamiento de doble aislamiento de XLPE para una tensión nominal de 1.000 V. en general, según los circuitos indicados en el capítulo de cálculos, debiendo estar homologados según norma UNE 21123.

La conexión entre conductores, se realizará, mediante accesorios adecuados a su clase. En ningún caso se permitirá la unión de conductores por medio de un simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberán utilizarse siempre utilizando bornas de conexión montadas individualmente o en forma de regletas.

##### **4.1.2.- CONDUCTORES DE PROTECCIÓN.**

Los conductores de protección, serán de cobre y presentarán el mismo aislamiento que los conductores activos y se instalarán por la misma canalización.

Las secciones mínimas de estos conductores serán las fijadas en la Tabla V de la instrucción ITC-BT-18, en función de los conductores activos de la instalación.

##### **4.1.3.- IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES.**

<b>DOCUMENTO Nº 4</b> PLIEGO DE CONDICIONES	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 2 de 8</b>
---	--	--------------------

Los conductores de la instalación se identificaran por los colores de su aislamiento, a saber:

En corriente alterna:

Azul claro, para el conductor neutro.

Amarillo verde, para el conductor de tierra y protección.

Marrón, negro y gris, para los conductores activos o fases.

En corriente continua:

Rojo, para el polo positivo

Negro, para el polo negativo

#### **4.1.4.- TUBOS DE PROTECCIÓN.**

Los tubos protectores empleados serán aislantes de P.V.C. rígido curvables en caliente.

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

Deberán cumplir con los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50.086-2-1.

Los diámetros interiores nominales mínimos en milímetros para los tubos protectores, en función del número, clase y sección de los conductores, que han de alojar, quedan reflejados en la tabla 2 de la instrucción ITC BT-21.

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores de sección diferente a instalar para un mismo tubo, la sección interior será como mínimo, igual a 2,5 veces la sección total ocupada, por los conductores.

<b>DOCUMENTO N° 4</b> PLIEGO DE CONDICIONES	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 3 de 8</b>
---	--	--------------------

Los tubos deberán soportar, como mínimo sin deformación alguna la temperatura de 60° para los tubos constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.

#### **4.1.5.- CAJAS DE CONEXIÓN**

Serán de material aislante y sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los elementos que deba contener.

En el interior deben estar claramente identificados cada uno de los circuitos, fusible; etc.

El acceso a esta caja debe estar limitado a personal autorizado, sobre todo si existen tensiones elevadas.

#### **4.1.6.- APARATOS DE PROTECCIÓN.**

##### **4.1.6.1. DIFERENCIALES.**

Son los interruptores diferenciales contra contactos indirectos, unos aparatos que deberán resistir las corrientes de fuga que se presentan en el punto de la instalación.

Están calculados según la resistencia de tierra que presenta la instalación. En general serán de 300 mA. de sensibilidad.

##### **4.1.6.2. DISYUNTORES.**

Serán del tipo magnetotérmico, de accionamiento manual y podrán cortar la corriente máxima del circuito que pueda presentarse en un punto de su instalación. Para la

<b>DOCUMENTO N° 4</b> PLIEGO DE CONDICIONES	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 4 de 8</b>
---	--	--------------------

protección contra el calentamiento de las líneas se regulará a una temperatura inferior a los 60 °C.

Llevarán marcadas la intensidad y la tensión nominal de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

Los interruptores magnetotérmicos, serán de accionamiento manual y cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados, sin dar lugar a la formación de arcos permanentes abriendo y cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar posición intermedia.

#### 4.1.6.3. FUSIBLES.

Serán calibrados a la intensidad del circuito que protegen. Se dispondrán sobre material aislante e incombustible y estarán contruidos de manera que no puedan proyectar metal al fundirse.

## 4.2.- NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

La ejecución de las canalizaciones, se efectuará bajo tubo protector, siguiendo preferentemente la línea paralela a las verticales y horizontales que delimitan el local donde se efectuará la instalación. Será posible la fácil introducción y retirado de los conductores en los tubos después, de colocados y fijados éstos y sus accesorios.

Los conductores se colocarán en los tubos después, de colocados éstos.

Todo conductor se podrá seccionar en cualquier punto de la instalación en que derive, utilizando un dispositivo apropiado, tal como borne de conexión, de forma que permita la separación completa de cada circuito derivado del resto de la instalación.

La instalación eléctrica deberá presentar una resistencia de aislamiento por lo menos igual a  $1.000 \times V$ . ohmios, siendo V la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

<b>DOCUMENTO N° 4</b> PLIEGO DE CONDICIONES	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 5 de 8</b>
---	--	--------------------

El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1.000 voltios y como mínimo 250 voltios con una carga extrema de 100.000 ohmios.

Se dispondrá una puesta a tierra accesible y señalizada, para poder señalar la medición de la resistencia de tierra.

No se permitirá más de tres conductores en las bornas de conexión.

La conexión de los interruptores unipolares, se realizará sobre el conductor de fase.

No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

#### **4.3.- PRUEBAS REGLAMENTARIAS**

Antes de la recepción de las instalaciones, deberán haber sido realizadas las siguientes mediciones con la obtención de resultados satisfactorios:

Medición del aislamiento de la instalación.

Medición de la toma de tierra.

También se deberán hacer las siguientes comprobaciones:

Comprobación visual de la instalación.

Comprobación del disparo de los diferenciales.

Comprobación del disparo de los interruptores automáticos.

<b>DOCUMENTO N° 4</b> PLIEGO DE CONDICIONES	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 6 de 8</b>
---	--	--------------------

#### **4.4.- CONDICIONES DE USO MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD**

Cada 5 años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales con relación a su sección, con la carga y en definitiva, con las posibles variaciones no comunicadas que se hayan podido efectuar en las instalaciones.

Para la limpieza de los módulos, cambio de un módulo y cualquier otra manipulación en la instalación, se desconectará el interruptor automático general.

Cada 5 años se comprobará el aislamiento de la instalación interior, que entre cada conductor y tierra y entre cada dos conductores no deberá ser inferior a lo que se indica en el proyecto.

Cada 5 años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Cada 2 años y en la época en que el terreno está más seco, se medirá la resistencia de la tierra y se comprobará que no sobrepase el valor prefijado, así mismo se comprobará mediante inspección visual el estado frente a la corrosión de la conexión de la barra de puesta a tierra con la arqueta y la continuidad de la línea que los une.

Cada 2 años se comprobará mediante inspección visual el estado frente a la corrosión de todas las conexiones, así como de la continuidad de las líneas.



<b>DOCUMENTO N° 4</b> PLIEGO DE CONDICIONES	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 7 de 8</b>
---	--	--------------------

#### **4.5.- CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN.**

El titular de la instalación, deberá poseer a la recepción de la misma, los siguientes documentos:

Ejemplar del proyecto técnico de la instalación, copia fidedigna del presentado ante la Administración.

Copia de la Certificación de Dirección y Terminación de Obra, con las variaciones y modificaciones que se hubieran producido durante la ejecución de las instalaciones, así como el valor de las mediciones efectuadas.

Copia del Certificado Final del Instalador, correspondiente a la instalación, adecuadamente diligenciado por la Administración.

#### **4.6.- LIBRO DE ÓRDENES.**

Desde el momento de inicio de los trabajos, el instalador deberá proporcionar una persona con capacidad Técnica y probada experiencia, que sea aceptada por el Director Facultativo y que desempeñará el cargo de Director de los trabajos a todos los efectos civiles y penales.

El Director Facultativo dará sus instrucciones al citado Director de los trabajos, debiendo procederse a su sustitución inmediata a simple requerimiento del mismo.

Así mismo, deberá sustituirse en las mismas condiciones cualquier elemento o elemento operante en el lugar del trabajo que actué inadecuadamente.

<b>DOCUMENTO Nº 4</b> PLIEGO DE CONDICIONES	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 8 de 8</b>
---	--	--------------------

La Dirección Facultativa será nombrada por la Empresa Propietaria y sobre ella recaerán las responsabilidades previstas por las leyes vigentes.

Será competencia de la Dirección Facultativa, impartir las disposiciones técnicas necesarias para la correcta ejecución de las instalaciones y prestaciones, incluso no previstas en el proyecto o correspondientes a variaciones del mismo.

Le compete también, ordenar al instalador la realización de los trabajos necesarios para eliminar eventuales irregularidades en obras efectuadas. En la citada instalación se llevará un libro de órdenes, en el cual se anotará cualquier variación sufrida.

## **CONCLUSION**

Una vez descrito y justificado el presente texto, damos por finalizada la redacción del DOCUMENTO Nº 4: PLIEGO DE CONDICIONES, del Proyecto de Instalación de Baja Tensión de una Central Solar Fotovoltaica Conectada a la Red Eléctrica de 25.000 W de potencia nominal y 29.925 Wp de potencia en módulos, con estructura fija, a nombre de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial quedando el alumno de Ingeniería de Organización Industrial que suscribe a disposición del Tribunal Competente para cuantas aclaraciones se consideren oportunas.

En Murcia, Junio de 2013.

Fdo. Ramón Gomis Vidal  
Ingeniero de Organización Industrial

<b>DOCUMENTO Nº 5</b> PRESUPUESTO	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 1 de 3</b>
--------------------------------------	--	--------------------

**DOCUMENTO Nº 5**

**PRESUPUESTO**

**5.1.- CUADROS DE PROTECCION Y MEDIDA**

<b>Nº/OR</b>	<b>Cantidad</b>	<b>UD.</b>	<b>Concepto</b>	<b>Precio/UD</b>	<b>Total</b>
5.1.1	1	Ud	Equipo para instalación fotovoltaica de hasta 25 Kw. Normalizado para zona de Iberdrola. De dimensiones 660x540x230mm., incluso juego de embarrado.	224,00	224,00
5.1.2	1	Ud	Interruptor automático magnetotérmico de 3P, 63A, 6 KA. Curva C.	79,41	79,41
5.1.3	1	Ud	Diferencial Clase AC 4P x 63A 300mA	67,18	67,18
5.1.4	1	Ud	Armario Sistema G para protecciones de CA, IP 30 9 módulos incluido barras de tierra. De dimensiones 600x480x180 mm.	262,00	262,00
5.1.5	1	Ud.	Cajas de protecciones de CC, con portafusibles, embarrado e interruptor seccionador para CC (250 A)	460,00	460,00
5.1.6	1	P.A.	Terminales, cableado, pequeño material y mano de obra.	419,50	419,50
<b>TOTAL CUADROS DE PROTECCIÓN Y MEDIDA</b>					<b>1.512,09 €</b>

<b>DOCUMENTO Nº 5</b> PRESUPUESTO	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 2 de 3</b>
--------------------------------------	--	--------------------

## 5.2.- LÍNEAS Y CANALIZACIONES

Nº/OR	Cantidad	Ud.	Concepto	Precio/ud	Total
5.2.1	80	m.l.	Cable RV-K 0,6/1 KV 3x16 mm2	4,65	372,00
5.2.2	10	m.l.	Cable RV-K 0,6/1 KV 1x16 mm2	1,75	17,5
5.2.3	550	m.l.	Cable RV-K 0,6/1 KV 1x6 mm2	0,5	275,00
5.2.4	50	m.l.	Tubo PVC de diámetro 40 mm	1,54	77,00
5.2.5	80	m.l.	Tubo acero de diámetro 50 mm	7,17	573,60
5.2.6	1	P.A.	Mano de obra	1.181,70	1.181,70
<b>TOTAL LÍNEAS Y CANALIZACIONES</b>					<b>2.496,80 €</b>

## 5.3.- VARIOS

Nº/or	Cantidad	Ud.	Concepto	Precio/ud	Total
5.3.1	1	Ud.	Toma de tierra instalación	297,34	297,34
5.3.2	1	Ud.	Estructura	16.500,00	16.500,00
5.3.3	1	Ud.	Cimentación	3.000,00	3.000,00
5.3.4	171	Ud.	Paneles fotovoltaicos 29920 Wp	2,98	89.161,60
5.3.5	1	Ud.	Inversor Ingecon Sun 25 kW	11.830,00	11.830,00
5.3.6	1	Ud.	Bancada	200,00	200,00
5.3.7	1	Ud.	Plataforma elevadora 3 días	150,00	450,00
5.3.8	1	P.P	Mano de obra de montaje, ajuste y puesta en marcha.	2.687,24	2.687,24
<b>TOTAL VARIOS</b>					<b>124.126,18 €</b>

<b>DOCUMENTO Nº 4</b> PRESUPUESTO	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 3 de 3</b>
--------------------------------------	--	--------------------

#### 5.4.- PRESUPUESTO TOTAL

Nº/or	Concepto	Total
1	TOTAL CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN	1.512,09 €
2	TOTAL LÍNEA Y CANALIZACIONES	2.496,80 €
3	VARIOS	124.126,18 €
<b>TOTAL</b>		<b>128.135,07 €</b>

Asciende el presente Presupuesto a la cantidad de: **CIENTO VEINTIOCHO MIL CIENTO TREINTA Y CINCO EUROS, CON SIETE CENTIMOS DE EURO.**

#### CONCLUSION

Una vez descrito y justificado el presente texto, se da por finalizada la redacción del DOCUMENTO Nº 5 PRESUPUESTO, del Proyecto de Instalación de Baja Tensión de una Central Solar Fotovoltaica Conectada a la Red Eléctrica de 25.000 W de potencia nominal y 29.925 Wp de potencia en módulos, con estructura fija, a nombre de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial quedando el alumno de Ingeniería de Organización Industrial que suscribe a disposición del Tribunal Competente para cuantas aclaraciones se consideren oportunas.

En Murcia, Junio de 2013.

Fdo. Ramón Gomis Vidal  
Ingeniero de Organización Industrial

<b>DOCUMENTO Nº 6</b> ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 1 de 34</b>
---	--	---------------------

**DOCUMENTO Nº 6**  
**ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

**6.1.- OBJETO DEL PRESENTE ESTUDIO BÁSICO**

**6.1.1.- 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 las 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).

**6.1.2.- ESTABLECIMIENTO POSTERIOR DE UN PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA.**

El Estudio de Seguridad y Salud, debe servir también 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.

## **6.2.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

### **6.2.1.- 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: CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA.

### **6.2.2.- SITUACIÓN DEL TERRENO Y/O LOCALES DE LA OBRA.**

*Calle y número: Ctra. La Ñora*

*Ciudad: Murcia*

*Distrito postal: 30.830*

*Provincia: MURCIA*

### **6.2.3.- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO Y/O DE LOS LOCALES.**

La actividad se desarrollará en las cubiertas de las naves principales, ocupando unos 220 m2 de superficie. Así como canalización destinada a conducciones eléctricas generales.

### **6.2.4.- SERVICIOS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN AFECTADOS POR LA OBRA.**

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

### **6.2.5.- DENOMINACIÓN DE LA OBRA.**

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA CENTRAL ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED.

<b>DOCUMENTO Nº 6</b> ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 3 de 34</b>
---	--	---------------------

#### **6.2.6.- PROPIETARIO / PROMOTOR.**

*Titular: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial*

*Dirección: Campus Muralla del Mar - C/ Dr. Fleming S/N*

*Ciudad: CARTAGENA*

*Provincia: MURCIA*

*Código postal: 30.202*

#### **6.3.-ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

##### **6.3.1.- AUTOR DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

*Nombre y Apellidos: Ramón Gomis Vidal*

*Titulación: Ingeniero de Organización Industrial*

##### **6.3.2.- PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN DE LA OBRA.**

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

##### **6.3.3.- PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO.**

El plazo de ejecución se estima en un mes.

##### **6.3.4.- NÚMERO DE TRABAJADORES.**

Durante la ejecución de las obras se estima la presencia de 4 trabajadores aproximadamente.

##### **6.3.5.- RELACIÓN RESUMIDA 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 la central fotovoltaica.

#### **6.4.- FASES DE OBRA CON 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 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 maquinas.

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.

## **6.5.- RELACIÓN DE MEDIOS HUMANOS Y TÉCNICOS PREVISTOS CON IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS**

Se describen, a continuación, los medios humanos y técnicos que se provee utilizar para el desarrollo de este proyecto.

De conformidad con lo indicado en el R.D. 1627/97 de 24/10/1997 se identifican los riesgos inherentes a tales medios técnicos

### **6.5.1.- MAQUINARIA.**

#### **CAMIÓN GRÚA.**

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Atropellos y/o colisiones.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caídas de personas a distinto nivel.

Contactos eléctricos directos.

Desprendimientos.

Golpe por rotura de cable.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Vibraciones.

Sobreesfuerzos.

Ruido.

Vuelco de máquinas y/o camiones.

#### **6.5.2.- MEDIOS DE TRANSPORTE.**

Accidentes de trabajo, en el desplazamiento diario desde el centro de trabajo a la obra.

#### **6.5.3.- 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.

#### **6.5.4.- HERRAMIENTAS**

##### HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS

*Chequeado portátil de la instalación (Polímetro, Telurómetro, etc).*

Caída de objetos y/o de máquinas.

Contactos eléctricos directos.

Contactos eléctricos indirectos.

*Grupo de soldadura*

- Quemaduras físicas y químicas.
- Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
- Atmósfera anaerobia (con falta de oxígeno) producida por gases inertes.
- Atmósferas tóxicas, irritantes.
- Caída de objetos y/o de máquinas.
- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos Indirectos.
- Cuerpos extraños en ojos.
- Exposición a fuentes luminosas peligrosas.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
- Incendios.
- Inhalación de sustancias tóxicas.

*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.

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*

Atrapamientos.

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.

*Sierra de metales*

Caída de objetos y/o de máquinas.

Cuerpos extraños en ojos.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

*Tenacillas*

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes can objetos y/o maquinaria.

*Tenazas, martillos, alicates*

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

*Tijeras*

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

#### **6.5.5.- MATERIALES**

##### **BANDEJAS, SOPORTE**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

##### **CABLES, MANGUERAS ELÉCTRICAS Y ACCESORIOS**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

##### **CAJETINES, REGLETAS, ANCLAJES, PRENSACABLES**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

#### CHAPAS METÁLICAS Y ACCESORIOS

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

#### CLAVOS Y PUNTAS

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

#### ESPÁRRAGOS

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caídas de personas al mismo nivel.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

#### GRAPAS, ABRAZADERAS Y TORNILLERÍA

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

#### LUMINARIAS, SOPORTES BÁCULOS, COLUMNAS, ETC

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Contactos eléctricos directos.

Contactos eléctricos indirectos.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

#### TORNILLERÍA

Caída de objetos y/o de maquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

Sobreesfuerzos.

#### TUBERÍAS COBRE Y ACCESORIOS

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de maquinas.

Caídas de personas al mismo nivel.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

*Tuberías en distintos materiales (cobre, hierro, PVC, fibrocemento, hormigón y accesorios)*

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caídas de personas al mismo nivel.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.



*Tubos de conducción (corrugados, rígidos, etc)*

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caídas de personas al mismo nivel.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

#### **6.5.6.- MANO DE OBRA, MEDIOS HUMANOS**

Los medios humanos que se prevén son los de 4 trabajadores.

#### **6.6.- MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS**

##### **6.6.1.- PROTECCIONES COLECTIVAS**

*PROTECCIONES COLECTIVAS PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA:*

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

<b>DOCUMENTO N° 6</b> ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 13 de 34</b>
---	--	----------------------

6.2 del mencionado Real Decreto se adjuntan las medidas preventivas específicas adecuadas.

Líneas de vida:

Se colocaran de un extremo a otro de la cubierta en la parte superior mediante sus apoyos correspondientes y cable de acero fiador, donde se colocara el anticaída retráctil provisto de una función de bloqueo automático y un mecanismo automático de tensión y de retroceso para el elemento de amarre retráctil.

Dicho elemento de amarre retráctil puede ser un cable metálico, una banda o una cuerda de fibras sintéticas.

El dispositivo anticaídas retráctil puede llevar incorporado un elemento de disipación de energía, bien en el propio dispositivo anticaídas o en el elemento de amarre retráctil.

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 si 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. Estarán dotadas de zapatas, sujetas en la parte superior, y sobrepasarán en un metro el punto de apoyo superior. Previamente a su utilización

<b>DOCUMENTO N° 6</b> ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 14 de 34</b>
---	--	----------------------

se elegirá el tipo de escalera a utilizar, en función de la tarea a la que esté destinada y se asegurará su estabilidad. No se emplearán escaleras excesivamente cortas ó largas, ni empalmadas.

### ***Accesos y zonas de paso del personal, orden y limpieza***

Las aperturas de huecos horizontales sobre los forjados, deben condenarse con un tablero resistente, red, mallazo electrosoldado o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en sus inmediaciones con independencia de su profundidad o tamaño. Las armaduras y/o conectores metálicos sobresalientes de las esperas de las mismas estarán cubiertas por resguardos tipo "seta" o cualquier otro sistema eficaz, en previsión de punciones o erosiones del personal que pueda colisionar sobre ellos.

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos, se realizarán mediante pasarelas.

### ***Plataformas de trabajo***

Las plataformas de madera tradicionales deberán reunir las siguientes características mínimas:

Anchura mínima 60 cm (tres tablones de 20 cm de ancho).

La madera deberá ser de buena calidad sin grietas ni nudos. Será elección preferente el abeto sobre el pino.

Escuadra de espesor uniforme sin alabeos y no inferior a 7 cm de canto (5 cm si se trata de abeto).

Longitud máxima entre apoyos de tablones 2,50 m.

Los elementos de madera no pueden montar entre si formando escalones ni sobresalir en forma de llantas, de la superficie lisa de paso sobre las plataformas.

No puede volar más de cuatro veces su propio espesor (máximo 20 cm).

Estarán sujetos por lías o sargentos a la estructura portante.

<b>DOCUMENTO N° 6</b> ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 15 de 34</b>
---	--	----------------------

Las zonas perimetrales de las plataformas de trabajo así como los accesos, pesos y pasarelas a las mismas, susceptibles de permitir caídas de personas u objetos desde más de 2 m de altura, estarán protegidos con barandillas de 90 cm. de altura, equipada con listones intermedios y rodapiés de 20 cm de altura, de construcción segura y suficientemente resistente.

La distancia entre el paramento y plataforma será tal, que evite la caída de los operarios. En el caso de que no se pueda cubrir el espacio entre la plataforma y el paramento, se habrá de cubrir el nivel inferior, sin que en ningún caso supere una altura de 1,80 m.

Para acceder a las plataformas, se instalarán medios seguros. Las escaleras de mano que comuniquen los diferentes pisos del andamio habrán de salvar, cada una, la altura de dos pisos seguidos. La distancia que han de salvar no sobrepasará 1,80 m.

Cuando se utilicen andamios móviles sobre ruedas, se usarán dispositivos de seguridad que eviten cualquier movimiento, bloqueando adecuadamente las ruedas; para evitar la caída de andamios, se fijarán a la fachada o pavimento con suficientes puntos de amarre, que garanticen su estabilidad. Nunca se amarrarán a tubos de gas o a otro material. No se sobrecargarán las plataformas más de lo previsto en el cálculo.

#### **6.6.2.- 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

#### AMBIENTE PULVÍGENO.

Equipos de protección de las vías respiratorias con filtro mecánico

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

#### ATMÓSFERAS TÓXICAS, IRRITANTES.

Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado

Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)

Impermeables, trajes de agua

Mascarilla respiratoria de filtro para humos de soldadura

Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco

**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 DE MÁQUINAS.**

Bolsa portaherramientas

Calzado con protección contra golpes mecánicos

Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos

**CAÍDA Ó COLAPSO DE ANDAMIOS.**

Cinturón de seguridad anticaídas

Cinturón de seguridad clase para trabajos de poda y postes

**CAÍDAS DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL.**

Cinturón de seguridad anticaídas

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

**CUERPOS EXTRAÑOS EN OJOS.**

Gafas de seguridad contra proyección de líquidos

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.

**EXPOSICIÓN A FUENTES LUMINOSAS PELIGROSAS.**

Pantalla facial para soldadura eléctrica, con arnés de sujeción sobre la cabeza y cristales con visor oscuro inactínico

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 Y/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

SOBRESFUERZOS.

Cinturón de protección lumbar

RUIDO.

Protectores auditivos

CAÍDA DE PERSONAS DE ALTURA.

Cinturón de seguridad anticaídas

### **6.6.3.- PROTECCIONES ESPECIALES**

PROTECCIONES ESPECIALES PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA:

INSTALACIONES ELÉCTRICAS 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 cestillo 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, acopiando 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.

El apilado en altura de los diversos materiales se efectuaré en función de la estabilidad que ofrezca el conjunto.

Los pequeños materiales deberán acopiarse a granel en bateas, cubilotes o bidones adecuados, para que no se diseminen por la obra.

Se dispondrá en obra, para proporcionar en cada caso, el equipo indispensable al operario, una provisión de palancas, cuñas, barras, puntales, picos, tablonos, bridas, cables, ganchos y lonas de plástico. Para evitar el uso continuado de la sierra circular en obra, se procurará que las piezas de pequeño tamaño y de uso masivo, en obra (por ejemplo cuñas), sean realizadas en talleres especializados. Cuando haya piezas de madera que por sus características tengan que realizarse en obra con la sierra circular, ésta reunirá los requisitos que se especifican en el apartado de protecciones colectivas.

Se dispondrá de un extintor de polvo polivalente junto a la zona de acopio y corte.

***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 aíslen el acopio del suelo y entre cada una de las piezas.

Los acopios de realizarán sobre superficies niveladas y resistentes.

No se afectarán los lugares de paso.

En proximidad a lugares de paso se deben señalizar mediante cintas de señalización.

***Condiciones preventivas del entorno:***

Los elementos y/o maquinas 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

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.

Los recipientes de oxígeno y acetileno estarán en dependencias separadas y a su vez separados de materiales combustibles (maderas, gasolina, disolventes, etc.).

**6.6.4.- NORMATIVA A APLICAR EN LAS FASES DEL ESTUDIO.**

***NORMATIVA PARTICULAR A CADA FASE DE OBRA:***

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS 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

<b>DOCUMENTO N° 6</b> ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 22 de 34</b>
---	--	----------------------

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 en 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 estuviere en tensión, en cuanto a protección personal se refiere.

Delimitar la zona de trabajo, señalizándola 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 se 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.

***NORMATIVA PARTICULAR A CADA MEDIO A UTILIZAR:***

**Cortadora de tubos. Pelacables. Sierra de metales. Tenacillas. Tenazas. Martillos.**

**Alicates. Tijeras. Bolsa porta herramientas. Herramientas de corte:**

***Causas de los riesgos:***

Rebabas en la cabeza de golpeo de la herramienta.

Rebabas en el filo de corte de la herramienta.

Extremo poco afilado.

Sujetar inadecuadamente la herramienta o material a talar o cercenar.

Mal estado de la herramienta.

***Medidas de prevención:***

Las herramientas de corte presentan un filo peligroso.

La cabeza no debe presentar rebabas.

Los dientes de las sierras deberán estar bien afilados y triscados.

La hoja deberá estar bien templada (sin recalentamiento) y correctamente tensada.

Al cortar las maderas con nudos, se deben extremar las precauciones.

Cada tipo de sierra sólo se empleará en la aplicación específica para la que ha sido diseñada.

En el empleo de alicates y tenazas, y para cortar alambre, se girará la herramienta en plano perpendicular al alambre, sujetando uno de los lados y no imprimiendo movimientos laterales.

No emplear este tipo de herramienta para golpear.

***Medidas de protección:***

En trabajos de corte en que los recortes sean pequeños, es obligatorio el uso de gafas de protección contra proyección de partículas.

Si la pieza a cortar es de gran volumen, se deberá planificar el corte de forma que el abatimiento no alcance al operario o sus compañeros.

En el afilado de éstas herramientas se usarán guantes y gafas de seguridad.

**Destornilladores. Herramientas punzantes:**

***Causas de los riesgos:***

Cabezas de cinceles y punteros floreados con rebabas.

Inadecuada fijación al astil o mango de la herramienta.

Material de calidad deficiente.

Uso prolongado sin adecuado mantenimiento.

Maltrato de la herramienta.

Utilización inadecuada por negligencia o comodidad.

Desconocimiento o imprudencia de operario.

***Medidas de prevención:***

En cinceles y punteros comprobar las cabezas antes de comenzar a trabajar y desechar aquellos que presentan rebabas, rajadas o fisuras.

No se lanzarán las herramientas, sino que se entregarán en la mano.

Para un buen funcionamiento, deberán estar bien afiladas y sin rebabas.

No cincelar, taladrar, marcar, etc. hacia uno mismo ni hacia otras personas.

Deberá hacerse hacia afuera y procurando que nadie esté en la dirección del cincel.

No se emplearán nunca los cinceles y punteros para aflojar tuercas.

El vástago será lo suficientemente largo como para poder cogerlo cómodamente con la mano o bien utilizar un soporte para sujetar la herramienta.

No mover la broca, el cincel, etc. hacia los lados para así agrandar un agujero, ya que puede partirse y proyectar esquirlas.

Por tratarse de herramientas templadas no conviene que cojan temperatura con el trabajo ya que se tornan quebradizas y frágiles. En el afilado de este tipo de herramientas se tendrá presente este aspecto, debiéndose adoptar precauciones frente a los desprendimientos de partículas y esquirlas.

#### ***Medidas de protección:***

Deben emplearse gafas contra impactos de seguridad, homologadas para impedir que esquirlas y trozos desprendidos de material puedan dañar a la vista.

Se dispondrá de pantallas faciales protectoras abatibles, si se trabaja en la proximidad de otros operarios.

Utilización de protectores de goma maciza para asir la herramienta y absorber el impacto fallido (protector tipo "Gomanos" o similar).

#### **Grupo de soldadura. Soldadura eléctrica**

En previsión de contactos eléctricos respecto al circuito de alimentación, se deberán adoptar las siguientes medidas:

Revisar periódicamente el buen estado del cable de alimentación.

Adecuado aislamiento de los bornes.

Conexión y perfecto funcionamiento de la toma de tierra y disyuntor diferencial.

Respecto al circuito de soldadura se deberá comprobar:

Que la pinza esté aislada.

Los cables dispondrán de un perfecto aislamiento.

Disponen en estado operativo el limitador de tensión de vacío (50 V / 110 V).

El operario utilizará careta de soldador con visor de características filtrantes.

En previsión de proyecciones de partículas incandescentes se adoptarán las siguientes previsiones:

El operario utilizará los guantes de soldador, pantalla facial de soldador, chaqueta de cuero, mandil, polainas y bolas de soldador (de desatado rápido).

Se colocarán adecuadamente las mantas ignífugas y las mamparas opacas para resguardar de rebotes al personal próximo.

En previsión de la inhalación de humos de soldadura se dispondrá de:

Extracción localizada con expulsión al exterior, o dotada de filtro electrostático si se trabaja en recintos cerrados.

Ventilación forzada.

Cuando se efectúen trabajos de soldadura en lugares cerrados húmedos o buenos conductores de la electricidad se deberán adoptar las siguientes medidas preventivas adicionales:

Los porta electrodos deberán estar completamente aislados.

El equipo de soldar deberá instalarse fuera del espacio cerrado o estar equipado con dispositivos reductores de tensión (en el caso de tratarse de soldadura al arco con corriente alterna).

Se adoptarán precauciones para que la soldadura no pueda dañar las redes y cuerdas de seguridad como consecuencia de entrar en contacto con calor, chispas, escorias o metal candente.

Provocar incendios al entrar en contacto con materiales combustibles.

Provocar deflagraciones al entrar en contacto con vapores y sustancias inflamables.

<b>DOCUMENTO N° 6</b> ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 27 de 34</b>
---	--	----------------------

Los soldadores deberán tomar precauciones para impedir que cualquier parte de su cuerpo o ropa de protección húmeda cierre un circuito eléctrico o con el elemento expuesto del electrodo o porta electrodo, cuando esté en contacto con la pieza a soldar.

Se emplearán guantes aislantes para introducir los electrodos en los porta electrodos.

Se protegerá adecuadamente contra todo daño los electrodos y los conductores de retomo.

Los elementos bajo tensión de los porta electrodos deberán ser inaccesibles cuando no se utilicen.

Cuando sea necesario, los restos de electrodos se guardarán en un recipiente piroresistente.

No se dejará sin vigilancia alguna ningún equipo de soldadura al arco baja tensión.

### **Taladradora.**

De forma genérica las medidas de seguridad a adoptar al utilizar las máquinas eléctricas portátiles son las siguientes:

Cuidar de que el cable de alimentación esté en buen estado, sin presentar abrasiones, aplastamientos, punzaduras, cortes o cualquier otro defecto.

Conectar siempre la herramienta mediante clavija y enchufe adecuados a la potencia de la máquina.

Asegurarse de que el cable de tierra existe y tiene continuidad en la instalación si la maquina a emplear no es de doble aislamiento.

Al terminar se dejará la máquina limpia y desconectada de la corriente.

Cuando se empleen en emplazamientos muy conductores (lugares muy húmedos, dentro de grandes masas metálicas, etc.) se utilizarán herramientas alimentadas a 24 V. como máximo o mediante transformadores separadores de circuitos.

El operario debe estar adiestrado en el uso, y conocer las presentes normas:



<b>DOCUMENTO N° 6</b> ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 28 de 34</b>
---	--	----------------------

Utilizar gafas antimpactos o pantalla facial.

La ropa de trabajo no presentará partes sueltas o colgantes que pudieran engancharse en la broca.

En el caso de que el material a taladrar se desmenuzara en polvo fino, utilizar mascarilla con filtro mecánico (pueden utilizarse las mascarillas de celulosa desechables).

Para fijar la broca al porta brocas utilizar la llave específica para tal uso.

No frenar el taladro con la mano.

No soltar la herramienta mientras la broca tenga movimiento.

No inclinar la broca en el taladro con objeto de agrandar el agujero, se debe emplear la broca apropiada a cada trabajo.

En el caso de tener que trabajar sobre una pieza suelta ésta estará apoyada y sujeta.

Al terminar el trabajo retirar la broca de la máquina.

Utilizar gafas anti-impacto o pantalla facial.

La ropa de trabajo no presentará partes sueltas o colgantes que pudieran engancharse en la broca.

Para fijar el plato flexible al porta brocas utilizar la llave específica para tal uso.

No frenar la rotación inercial de la herramienta con la mano.

No soltar la herramienta mientras esté en movimiento.

No inclinar el disco en exceso con objeto de aumentar el grado de abrasión, se debe emplear la recomendada por el fabricante para el abrasivo apropiado a cada trabajo.

En el caso de tener que trabajar sobre una pieza suelta, ésta estará apoyada y sujeta.

Al terminar el trabajo, retirar el plato flexible de la máquina.

### **Maquinas eléctricas portátiles:**

De forma genérica las medidas de seguridad a adoptar al utilizar las máquinas eléctricas portátiles son las siguientes:

Cuidar de que el cable de alimentación esté en buen estado, sin presentar abrasiones, aplastamientos, punzaduras, cortes o cualquier otro defecto.

Conectar siempre la herramienta mediante clavija y enchufe adecuados a la potencia de la máquina.

Asegurarse de que el cable de tierra existe y tiene continuidad en la instalación si la máquina a emplear no es de doble aislamiento.

Al terminar se dejará la máquina limpia y desconectada de la corriente.

Cuando se empleen en emplazamientos muy conductores (lugares muy húmedos, dentro de grandes masas metálicas, etc.) se utilizarán herramientas alimentadas a 24 V. como máximo o mediante transformadores separadores de circuitos.

El operario debe estar adiestrado en el uso, y conocer las presentes normas.

#### **6.6.5.- DIRECTRICES GENERALES PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS DORSOLUMBARES**

En aplicación a lo dispuesto en el anexo del R.D. 487/97 se tendrán en cuenta, en su caso, los métodos o criterios a que se refiere el apartado 3 del artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

##### **1) Características de la carga.**

La manipulación manual de una carga puede presentar un riesgo, en particular dorso lumbar, en los casos siguientes:

Cuando la carga es demasiado pesada o demasiado grande.

Cuando es voluminosa o difícil de sujetar.

Cuando está en equilibrio inestable o su contenido corre el riesgo de desplazarse.

<b>DOCUMENTO N° 6</b> ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 30 de 34</b>
---	--	----------------------

Cuando está colocada de tal modo que debe sostenerse o manipularse a distancia del tronco o con torsión o inclinación del mismo.

Cuando la carga, debido a su aspecto exterior o a su consistencia, pueda ocasionar lesiones al trabajador, en particular en caso de golpe.

## **2) Esfuerzo físico necesario.**

Un esfuerzo físico puede entrañar un riesgo, en particular dorso lumbar, en los casos siguientes:

Cuando es demasiado importante.

Cuando no puede realizarse más que por un movimiento de torsión o de flexión del tronco.

Cuando puede acarrear un movimiento brusco de la carga.

Cuando se realice mientras el cuerpo está en posición inestable.

Cuando se trate de alzar o descender la carga con necesidad de modificar el agarre.

## **3) Características del medio de trabajo.**

Las características del medio de trabajo pueden aumentar el riesgo, en particular dorso lumbar en los casos siguientes:

Cuando el espacio libre, especialmente vertical resulte insuficiente para el ejercicio de la actividad de que se trate.

Cuando el suelo es irregular y, por tanto, puede dar lugar a tropiezos o bien es resbaladizo para el calzado que lleve el trabajador.

Cuando la situación o el medio de trabajo no permite al trabajador la manipulación manual de cargos a una altura segura y en una postura correcta.

Cuando el suelo o el plano de trabajo presentan desniveles que implican la manipulación de la carga en niveles diferentes.

Cuando el suelo o el punto de apoyo son inestables.

Cuando la temperatura, humedad o circulación del aire son inadecuadas.

Cuando la iluminación no sea adecuada.

Cuando exista exposición a vibraciones.

#### **4) Exigencias de la actividad.**

La actividad puede entrañar riesgo, en particular dorso lumbar, cuando implique una o varias de las exigencias siguientes:

Esfuerzos físicos demasiado frecuentes o prolongados en los que intervenga en particular la columna vertebral.

Período insuficiente de reposo fisiológico o de recuperación.

Distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte.

Ritmo impuesto por un proceso que el trabajador no pueda modular.

#### **5) Factores individuales de riesgo.**

Constituyen factores individuales de riesgo:

La falta de aptitud física para realizar las tareas en cuestión.

La inadecuación de las ropas, el calzado u otros efectos personales que lleve el trabajador.

La insuficiencia o inadaptación de los conocimientos o de la formación.

La existencia previa de patología dorso lumbar.

### **6.6.6.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARTICULAR A CADA FASE DE OBRA:

DOCUMENTO N° 6 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 32 de 34
--	---	---------------

## INSTALACIONES ELÉCTRICAS BAJA TENSIÓN

Medidas preventivas de esta fase de obra ya incluidas en el epígrafe de medidas preventivas generales.

### **6.7.- LEGISLACIÓN, NORMATIVAS Y CONVENIOS DE APLICACIÓN AL PRESENTE ESTUDIO:**

LEGISLACIÓN:

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).

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

<b>DOCUMENTO N° 6</b> ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 33 de 34</b>
---	--	----------------------

Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO (R.D. 1215/97 DE 18/7/97).

DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN (RD. 1627/97 de 24/10/97).

ORDENANZA LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN VIDRIO Y CERÁMICA (O.M. de 28/8/70).

ORDENANZA GENERAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO (O.M. DE 9/3/71) Exclusivamente su Capitulo VI, y art. 24 y 75 del Capitulo VII.

REGLAMENTO GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (OM de 31/1/40) Exclusivamente su Capitulo VII.

REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN (R.D. 2413 de 20/9/71).

O.M. 9/4/86 SOBRE RIESGOS DEL PLOMO.

R. MINISTERIO DE TRABAJO 11/3/77 SOBRE EL BENCENO.

O.M. 2617/93 SOBRE EL AMIANTO.

R.D. 1316/89 SOBRE EL RUIDO.

R.D. 53/92 SOBRE RADIACIONES IONIZANTES.

**NORMATIVAS:**

<b>DOCUMENTO Nº 6</b> ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR  FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 34 de 34</b>
---	---	----------------------

**NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN:**

Norma NTE ISA/1973 Alcantarillado

ISB/1973 Basuras

ISH/I 974 Humos y gases

ISS/1974 Saneamiento

Norma UNE 81 707 85 Escaleras portables de aluminio simples y de extensión.

Norma UNE 81 002 85 Protectores auditivos. Tipos y definiciones.

Norma UNE 81 101 85 Equipos de protección de la visión. Terminología. Clasificación y uso.

Norma UNE 81 200 77 Equipos de protección personal de las vías respiratorias. Definición y clasificación.

Norma UNE 81 208 77 Filtros mecánicos. Clasificación. Características y requisitos.

Norma UNE 81 250 80 Guantes de protección. Definiciones y clasificación

Norma UNE 81 304 83 Calzado de seguridad. Ensayos de resistencia a la perforación de la suela.

Norma UNE 81 353 80 Cinturones de seguridad. Clase A: Cinturón de sujeción. Características y ensayos.

Norma UNE 81 650 80 Redes de seguridad. Características y ensayo

<b>DOCUMENTO Nº 6</b> ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 35 de 34</b>
---	--	----------------------

### **CONVENIOS DE LA OIT RATIFICADOS POR ESPAÑA:**

Convenio Nº 62 de la OIT de 23/6/37 relativo a prescripciones de seguridad en la industria de la edificación. Ratificado por Instrumento de 1216/58. (BOE de 20/8/59).

Convenio Nº 167 de la OIT de 20/6/88 sobre seguridad y salud en la Industria de la construcción.

Convenio Nº 119 de la OIT de 25/6/63 sobre protección de maquinaria. Ratificado por Instrucción de 26/11171 (BOE de 30/11172).

Convenio Nº 155 de la OIT de 22/6/81 sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo. Ratificado por Instrumento publicado en el BOE de 11/11/85.

Convenio nº 127 de la OIT de 29/6/67 sobre peso máximo de carga transportada por un trabajador. (BOE de 15/10/70).

### **CONCLUSION**

Una vez descrito y justificado el presente texto, se da por finalizada la redacción del DOCUMENTO Nº 6: ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD, del Proyecto de Instalación de Baja Tensión de una Central Solar Fotovoltaica Conectada a la Red Eléctrica de 25.000 W de potencia nominal y 29.925 Wp de potencia en módulos, con estructura fija, a nombre de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial quedando el alumno de Ingeniería de Organización Industrial que suscribe a disposición del Tribunal Competente para cuantas aclaraciones se consideren oportunas.



<b>DOCUMENTO Nº 6</b> ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 36 de 34</b>
---	--	----------------------

En Murcia, Junio de 2013.

Fdo. Ramón Gomis Vidal  
Ingeniero de Organización Industrial

<b>DOCUMENTO Nº 7</b> ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 1 de 12</b>
--	--	---------------------

## **DOCUMENTO Nº 7**

# **ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA**

## **7.1.- INTRODUCCIÓN**

La presente propuesta tiene por objeto estudiar la viabilidad económica, técnica y financiera para la implantación de una central solar fotovoltaica de 29.925 Wp conectada a red en Alcantarilla (MURCIA).

Es deseable que la actividad política y empresarial sea cada vez más solidaria y responsable con el entorno donde se desarrolla, aportando a éste nuevas formas de producción energética de origen renovable, contribuyendo así al objetivo común de ahorro de emisiones contaminantes.

Los Reales Decretos 661/2007 y 1578/2008 han propiciado un nuevo escenario estable y atractivo para la inversión de energías renovables en general y en energía solar fotovoltaica en particular.

Una considerable cantidad de municipios, empresas y particulares de sectores muy diversos comienzan a ser conocidos no sólo por su actividad principal, sino por acometer actuaciones en el campo de las energías renovables.

## **7.2.- EXPOSICIÓN DE MOTIVOS**

Algunos de los motivos por los que éste es el momento para invertir en energía solar fotovoltaica, son:

### **7.2.1.-NOVEDADES LEGISLATIVAS**

Nuevo Real Decreto 1578/2008 de 26 de Septiembre, publicado en el BOE nº 234 con fecha 27 de Septiembre de 2008.

DOCUMENTO Nº 7 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	<p style="text-align: center;"><b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b>  <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR  FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i></p>	<b>Hoja 2 de 12</b>
---	--	---------------------

En lo que se refiere a energía solar fotovoltaica, las características más destacables son:

- Garantía de cobro de tarifa regulada de forma estable durante 25 años.
- Primas para instalaciones en cubierta: 34 c€/Kwh para instalaciones con una potencia inferior o igual a 20 KW y 32 c€/Kwh para una potencia superior a 20 KW.
- Primas para instalaciones en terreno: 32 c€/Kwh para este tipo de instalaciones.

#### 7.2.2.- BENEFICIOS ECONÓMICOS.

El Real Decreto al que se ha hecho referencia y del que se han aportado algunos datos, fija unas primas a la producción de energía eléctrica de origen fotovoltaico.

Contamos por tanto con los parámetros necesarios para plantear cualquier tipo de inversión no sólo medioambiental sino de carácter puramente financiero, tales como:

- Coste de la instalación.
- Rendimiento de la misma: prima.
- Garantía de cobro mediante R.D. 1578/2008

#### 7.2.3.- FISCALIDAD DE LA CONEXIÓN A RED

Uno de los aspectos más importantes en el diseño de la política financiera y de inversiones de cualquier empresa, es la repercusión fiscal que implica.

En el caso de este tipo de actuaciones nos encontramos con aspectos muy favorables desde el punto de vista fiscal.

La instalación de conexión a red conlleva, desde el punto de vista fiscal, los siguientes puntos:

- Alta en el Registro de Actividades Económicas (I.A.E.) y Registro Territorial de Impuestos Especiales (C.A.E.)
- Alta en el Registro de Pre-Asignación de Retribución dependiente del Ministerio de Industria.

DOCUMENTO Nº 7 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	<p style="text-align: center;"><b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b>  <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR  FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i></p>	Hoja 3 de 12
---	--	--------------

- Si el propietario es una persona física, está exento del pago de este impuesto, pero aún así deberá registrarse. Ley 51/2002 de 27 de Diciembre sobre impuestos locales.
- Declaración de los ingresos y gastos derivados de la instalación en el Impuesto Sobre la Renta (I.R.P.F) si el propietario es persona física, o en el Impuesto de Sociedades (I.S.) si es persona jurídica.

Ingresos: retribuciones de la compañía eléctrica y las subvenciones recibidas (amortizándolas linealmente por el 10% anual, en un plazo máximo de 10 años).

Gastos: amortización fiscal de la instalación, gastos de reparación, mantenimiento, seguros, intereses de préstamos,...

- Amortización Fiscal: La instalación se amortizará linealmente por el 10% anual, en un plazo máximo de 20 años.
- Declaración del I.V.A trimestral (soportado y repercutido).
- Deducción del 8% de la inversión no subvencionada en el Impuesto de Sociedades por inversión en renovables.

#### 7.2.4.- ACTIVIDAD EMPRESARIAL

La actividad empresarial cada vez debe estar más comprometida y responsabilizada en potenciar aquellas actuaciones de mejora medioambiental. El uso de energías renovables permite una mayor disponibilidad de energía para un desarrollo humano más equilibrado, sostenible y solidario.

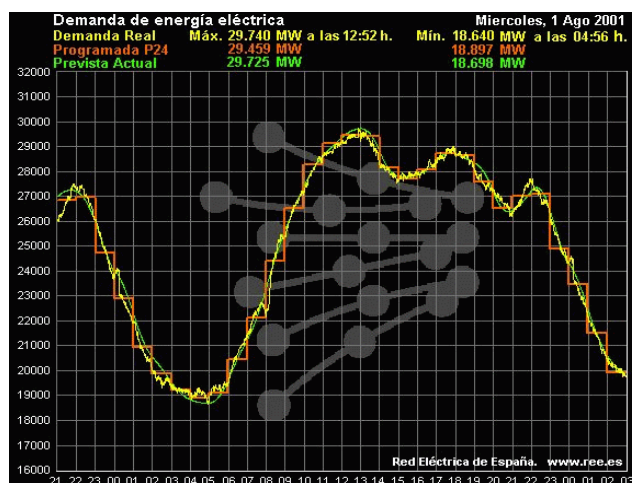
Acometidas por las propias empresas, estas actuaciones actuarán como ejemplo y referencia de cara a los ciudadanos, que verán en ellas una imagen de compromiso medioambiental cada vez más exigida por el conjunto de la sociedad.

### 7.2.5.- INTERÉS SOCIO-ECONÓMICO

En general, el interés socio-económico de cualquier Instalación Fotovoltaica queda intrínsecamente demostrado ya que, en el caso de instalaciones aisladas, la posibilidad del disfrute de la energía eléctrica en lugares donde no se dispone de ella ya da fe del bien social que brinda a los usuarios, además repercute en la divulgación de las energías renovables que tan necesaria es en nuestro mundo desarrollado.

En el caso de Instalaciones de Conexión a Red no es menos evidente su interés socio-económico, ya que además de fomentar nuestra conciencia ecológica, contribuyen a la reducción de CO<sub>2</sub>, y posibilitan la mejora del servicio a los demás usuarios de la red, ya que las instalaciones de conexión a red producen electricidad coincidiendo en periodos de aumento de la demanda energética.

Si analizamos la curva de demanda diaria del sistema eléctrico español, observamos el interés energético que tiene la presente instalación, ya que entre las 12:00 y las 14:00 se produce el máximo consumo energético diario, y es en estos momentos cuando los sistemas fotovoltaicos más energía aportan a la red.



Por otro lado la energía eléctrica alterna de origen fotovoltaico es originada con un factor de potencia elevado (entre 0.96 y 1), esto, y la cercanía del punto de generación a los consumidores, prueba el alto interés energético y la contribución a la calidad del sistema

<b>DOCUMENTO Nº 7</b> ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 5 de 12</b>
--	--	---------------------

eléctrico de distribución español que ésta energía puede y debe llevar a cabo con la ayuda de todos.

### **7.3.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN Y NECESIDADES**

Planteamos la ejecución de una instalación de 29.925 Wp en Alcantarilla. La potencia elegida es la óptima teniendo en cuenta las dimensiones, situación y orientación de la parcela.

La ubicación del generador fotovoltaico, de posición fija, se prevé sobre suelo de la parcela, propiedad del cliente, perteneciente al municipio de Alcantarilla (MURCIA).

Como necesidad adicional se destaca el hecho de precisar un punto de conexión adecuado para la potencia de la instalación, preferentemente en baja tensión, de forma que la potencia de la instalación fotovoltaica represente menos del 50% de la capacidad de la línea donde se realice la conexión.

En caso de no existir un punto de conexión adecuado en baja tensión, será necesario instalar un centro de transformación específico para la instalación fotovoltaica en conexión a MT (media tensión), cuya repercusión económica precisaría una valoración particular, fuera del alcance de esta propuesta.

DOCUMENTO Nº 7 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	Hoja 6 de 12
---	---	--------------

#### 7.4.- VALENCE ENERGÉTICO Y MEDIOAMBIENTAL

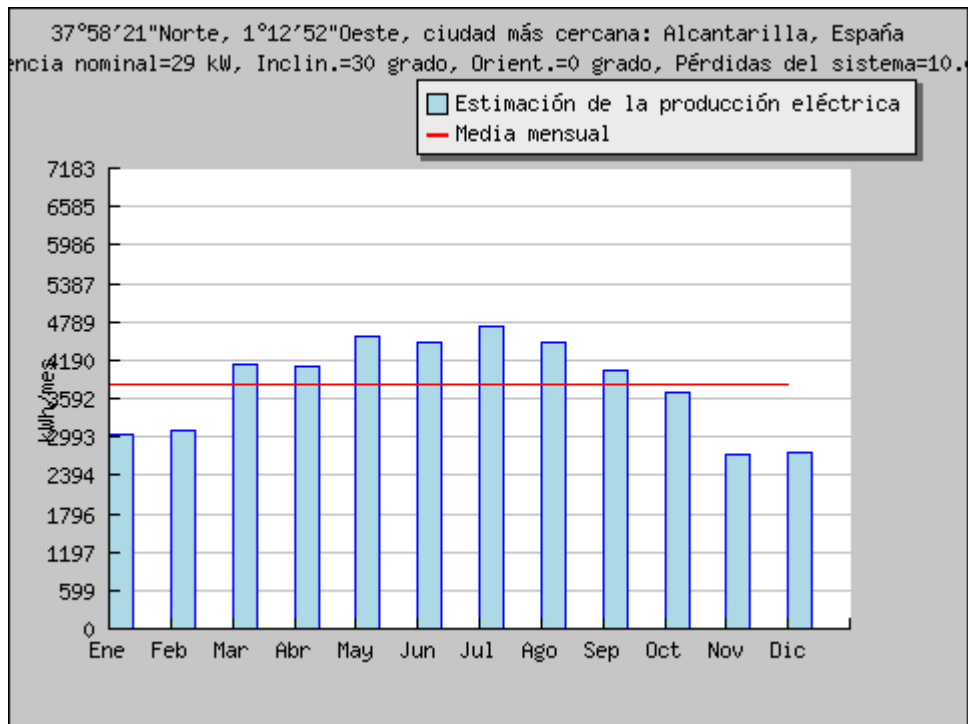
<b>Datos de la instalación</b>		
Localización	Alcantarilla	
Orientación (este negativo, oeste positivo)	0°	
Inclinación	30°	
Latitud	37° 59' 11"	
Longitud	01° 11' 1"	
Potencia generador fotovoltaico (Kwp)	29,93	

<b>Datos de radiación</b>		
<b>(*) Radiación media anual sobre plano horizontal (Kwh/m2)</b>	<b>1.696</b>	(*) y (**) FUENTE: PVGIS
<b>(**) Radiación media anual efectiva sobre el generador fotovoltaico (Kwh/m2)</b>	<b>1.949</b>	(**) Incluye los efectos de sombreado, inclinación y orientación, incidencia no perpendicular y polvo

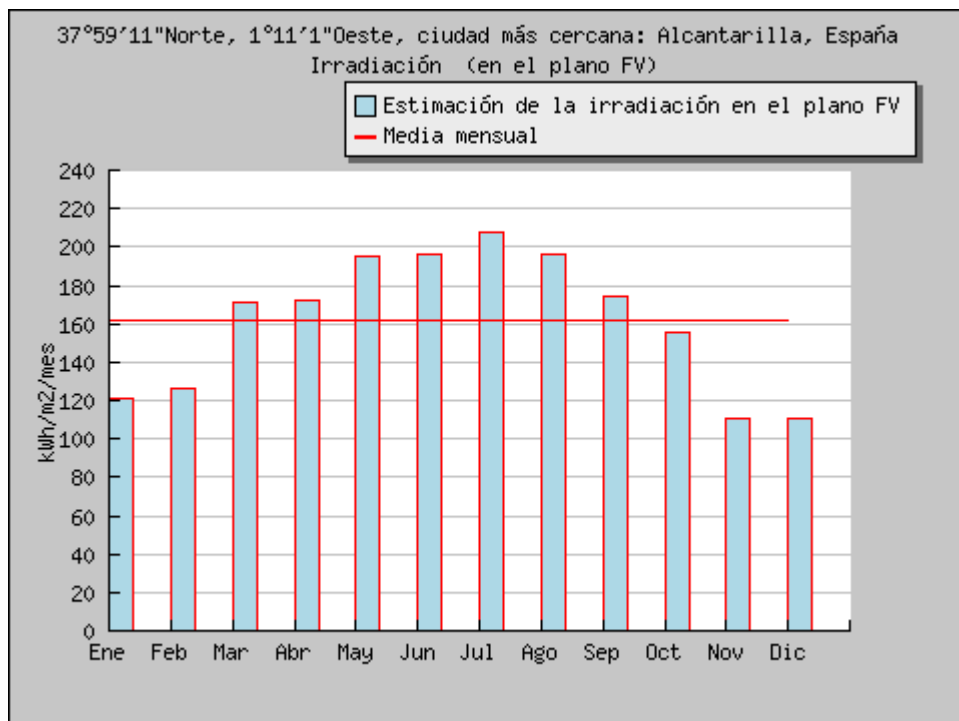
<b>Relación de eficiencia considerada (PR)</b>	<b>77%</b>
Incluye pérdidas por:	
1. Dispersión de parámetros del generador fotovoltaico	
2. Temperatura de trabajo de los módulos superior a 25 ° C	
3. Pérdidas en el cableado y rendimiento del inversor	
4. Falta de disponibilidad de la instalación (averías, fallos de red, labores de mantenimiento y umbral de arranque)	

<b>BALANCE ENERGÉTICO/ECONÓMICO</b>		
<i>Energía total generada (Kwh/año)</i>	<i>Ratio de generación: Kwh anuales/Kwp</i>	<i>Prima económica (€)</i>
<b>45.719</b>	<b>1.527,53</b>	<b>14.630,08</b>

<b>BALANCE MEDIOAMBIENTAL</b>		
<b>CANTIDADES QUE SE DEJAN DE EMITIR A LA ATMÓSFERA</b>	CO2 (Ton)	SOX (kg)
	<b>35,47</b>	<b>173,732</b>



Estimación mensual de la producción de energía fotovoltaica



Irradiación mensual efectiva sobre el plano del generador fotovoltaico



<b>Producción de electricidad FV por:</b> <b>Pn=29.9kW,</b> <b>Pérdidas del sistema =10.4%</b>		
	<b>Inclin. =30 grado,</b> <b>Orient. =0 grado</b>	
Mes	Producción mensual (kWh)	Producción diaria (kWh)
Ene	3017	97
Feb	3089	110
Mar	4116	133
Abr	4084	136
May	4553	147
Jun	4479	149
Jul	4709	152
Ago	4475	144
Sep	4043	135
Oct	3683	119
Nov	2714	90
Dic	2756	89
<b>Media anual</b>	<b>3810</b>	<b>125</b>
Producción total anual (kWh)	<b>45719</b>	

<b>Irradiación (en el plano FV) por:</b>			<b>Inclin.=30 grado,</b> <b>Orient.=0 grado</b>
Mes	Irradiación mensual (kWh/m2)	Irradiación diaria (kWh/m2)	
Ene	123	4.0	
Feb	127	4.5	
Mar	173	5.6	
Abr	173	5.8	
May	196	6.3	
Jun	196	6.5	
Jul	208	6.7	
Ago	197	6.4	
Sep	175	5.8	
Oct	157	5.1	
Nov	112	3.7	
Dic	112	3.6	
<b>Media anual</b>	<b>162</b>	<b>5.3</b>	
Irradiación total anual (kWh/m2)	<b>1949</b>		

<b>DOCUMENTO N° 7</b> ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> "INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"	<b>Hoja 9 de 12</b>
--	--	---------------------

### **7.5.- VIABILIDAD FINANCIERA**

Para el estudio financiero de este proyecto se han tenido en cuenta:

- Producción de energía eléctrica en la zona y con la instalación proyectada.
- Presupuesto.
- Ayudas.
- Amortización del préstamo de banco.
- Mantenimiento y seguros.
- Se tiene en cuenta la pérdida de rendimiento de los módulos fotovoltaicos por el paso de tiempo.
- Se tiene en cuenta el aumento de precio de la energía anual %.

El estudio económico se realiza con un horizonte temporal de 25 años (pasados los cuales los módulos siguen aportando aún un 80% de la potencia).

Como se muestra en el estudio financiero (tabla), la inversión es rentable ya que se cumplen los siguientes criterios:

#### ***Tasa Interna de Retorno (TIR)***

Se define como la tasa de descuento que iguala el VAN a cero.

Este valor nos proporciona una medida de rentabilidad del proyecto anualizada y comparable.

Tiene en cuenta la cronología de los distintos flujos de caja.

Si el valor obtenido es superior a la tasa de descuento, podemos afirmar la viabilidad de la inversión.

Por el contrario, si el valor obtenido es inferior a la tasa de descuento, la inversión no resulta rentable.

<b>DOCUMENTO Nº 7</b> ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 10 de 12</b>
--	--	----------------------

### **Valor Actual Neto (VAN)**

Consiste en actualizar a valor presente todos los flujos de caja futuros que va a generar la instalación, bajo la hipótesis de que tales cobros y pagos se reinviertan o financien, respectivamente, a igual tipo de interés que el utilizado para el cálculo del rendimiento, hasta el vencimiento del activo.

<b>Energía producida (kWh)</b>	<b>45.719</b>
<b>Prima (€)</b>	0,3200
<b>Rendimiento instalación (€)</b>	14.630
<b>Coste instalación (€)</b>	128.135
<b>Potencia (Wp)</b>	<b>29.920</b>
<b>Repercusión Wp (€)</b>	<b>4,28</b>
<b>Mantenimiento 3% (€)</b>	439

<b>Coste</b>		128.135 €
<b>Aportación Inicial</b>	<b>20,00%</b>	25.627 €
<b>Subvención CARM</b>		
<b>Total préstamo</b>	<b>10 Años</b>	102.508 €
<b>Cuota anual</b>	<b>4,75%</b>	13.115 €
<b>VAN</b>		124.793 €
<b>TIR</b>		18,90%

<b>Año</b>	<b>Energía producida a kW año</b>	<b>Prima</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Ingresos acumulados</b>	<b>Aportación inicial</b>	<b>Capital + interés a 10 años</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Flujo de caja</b>	<b>Acumulado</b>
0	0,00	0,00	0	0	25.627	0	0	-25.627	-25.627
1	45.719,00	0,320	14.630	14.630		13.115	439	1.077	-24.550
2	45.490,41	0,329	14.957	29.587		13.115	445	1.397	-23.153
3	45.262,95	0,338	15.292	44.879		13.115	452	1.725	-21.428
4	45.036,64	0,347	15.634	60.513		13.115	459	2.060	-19.368
5	44.811,46	0,357	15.983	76.496		13.115	466	2.403	-16.965
6	44.587,40	0,366	16.301	92.797		13.115	473	2.714	-14.252
7	44.364,46	0,375	16.625	109.422		13.115	480	3.030	-11.221
8	44.142,64	0,384	16.955	126.377		13.115	487	3.354	-7.867
9	43.921,93	0,394	17.292	143.670		13.115	494	3.683	-4.184
10	43.702,32	0,404	17.636	161.306		13.115	502	4.020	-164
11	43.483,80	0,414	17.987	179.292			509	17.477	17.313

<b>DOCUMENTO N° 7 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA</b>	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA "INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</b>	<b>Hoja 11 de 12</b>
---	--	----------------------

12	43.266,39	0,424	18.344	197.636			517	17.827	35.140
13	43.050,05	0,435	18.709	216.345			525	18.184	53.324
14	42.834,80	0,445	19.080	235.425			533	18.548	71.872
15	42.620,63	0,457	19.460	254.885			541	18.919	90.791
16	42.407,53	0,468	19.846	274.732			549	19.298	110.088
17	42.195,49	0,480	20.241	294.972			557	19.684	129.772
18	41.984,51	0,492	20.643	315.616			565	20.078	149.850
19	41.774,59	0,504	21.053	336.669			574	20.480	170.330
20	41.565,72	0,517	21.472	358.141			582	20.890	191.219
21	41.357,89	0,529	21.899	380.040			591	21.308	212.527
22	41.151,10	0,543	22.334	402.374			600	21.734	234.261
23	40.945,34	0,556	22.778	425.151			609	22.169	256.429
24	40.740,61	0,570	23.230	448.382			618	22.612	279.042
25	40.536,91	0,584	23.692	472.074			627	23.065	<b>302.107</b>

## CONCLUSION

Según los resultados en la tabla obtenemos:

VAN > 0

TIR > 4,75% (Tasa de descuento)

Años de retorno de la inversión es de 11

Con estos datos podemos afirmar la viabilidad de la inversión.

Una vez descrito y justificado el presente texto, se da por finalizada la redacción del DOCUMENTO N° 7 : ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA, del Proyecto Fin de

<b>DOCUMENTO Nº 7</b> ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	<b>PROYECTO FIN DE CARRERA</b> <i>"INSTALACIÓN EN BAJA TENSION DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 25 KW CONECTADA A RED"</i>	<b>Hoja 12 de 12</b>
--	--	----------------------

Carrera de Instalación de Baja Tensión de una Central Solar Fotovoltaica Conectada a la Red Eléctrica de 25.000 W de potencia nominal y 29.925 Wp de potencia en módulos, con estructura fija, a nombre de la Escuela Politécnica Superior de Elche quedando el alumno de Ingeniero Técnico Industrial que suscribe a disposición del Tribunal Competente para cuantas aclaraciones se consideren oportunas.

En Murcia, Junio de 2013.

Fdo. Ramón Gomis Vidal  
Ingeniero de Organización Industrial