



**UNIVERSITAT  
JAUME I**

UNIVERSITAT JAUME I

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIES I CIÈNCIES  
EXPERIMENTALS

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**TRABAJO FINAL DE GRADO:**

***RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE  
UNA CENTRAL MINIHIDRÁULICA EN LA  
LOCALIDAD DE TORRES TORRES***

**Autor: Jordi Bellés Moliner**

**Tutor: Néstor Aparicio Marín**

**Castellón, enero 2021**

## **ÍNDICE GENERAL**

➤ MEMORIA .....	7
➤ ANEXOS .....	75
➤ PLANOS.....	161
➤ PRESUPUESTO.....	179
➤ PLIEGO DE CONDICIONES.....	189
➤ ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	213

## **NORMATIVA**

La confección del proyecto se ha realizado teniendo en cuenta la siguiente normativa y disposiciones legales:

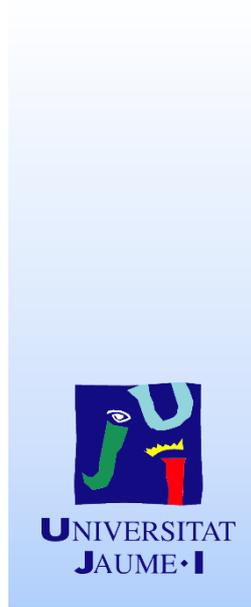
- Reglamento de Centrales Generadoras de Energía Eléctrica. Orden del Ministerio de Industria del 23 de febrero de 1949.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad de instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias ITC BT 01 a BT 51.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- BOE del 16 de febrero de 2013 Orden IET/221/2013, de 14 de febrero, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2013 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, por la que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

- Normas UNE que sean de aplicación
- Normas CEI que sean de aplicación
- Normas técnicas de edificación que sean de aplicación.
- Normas particulares de la compañía Iberdrola.
- Recomendaciones de UNESA que sean de aplicación.

## **ABREVIATURAS**

CT: centro de transformación	$n_s$ : velocidad específica
MT: media tensión	$n_{m\acute{a}x}$ : velocidad de embalamiento
BT: baja tensión	f: frecuencia
F: fase	$\rho$ : resistividad superficial del terreno
N: neutro	D: distancia
CdP: conductor de protección	L: longitud
PdC: Poder de corte	$f_{temp}$ : factor de corrección por temperatura del suelo
CML: celda de línea	$f_{res}$ : factor de corrección por resistividad del terreno
CMM: celda de medida	$f_{agrup}$ : factor de corrección por a
CMP-F: celda de protección con fusibles	grupamiento de circuitos
PaT-P: puesta a tierra de masas	S: potencia aparente
PaT-S: puesta a tierra de servicio	$S_{cc}$ : potencia de cortocircuito de la red
IPC: Índice de Precios de Consumo	Q: potencia reactiva
VAN: Valor Actual Neto	P: potencia activa
TIR: Tasa Interna de Retorno	$P_n$ : potencia nominal
PR: Periodo de Retorno	U: tensión compuesta de servicio de la red
$I_0$ : inversión inicial	$V_n$ : tensión nominal
$i_r$ : interés exigido a la inversión	$V_{ca}$ : tensión aplicada
FC: flujo de caja	$V_p$ : tensión de paso
PVC: policloruro de vinilo	$V_c$ : tensión de contacto
XLPE: polietileno reticulado	$V'_p$ : tensión de paso máxima
EPR: etileno propileno	$V'_c$ : tensión de contacto máxima
HEPR: etileno propileno de alto módulo	$V_d$ : tensión de defecto
PE: polietileno	$V_{bt}$ : tensión soportada por la instalación de baja tensión
H: altura	$I_B$ : intensidad de diseño
Q: caudal	
n: velocidad angular	

$I_N$ : intensidad nominal	$R_n$ : resistencia de puesta a tierra del neutro de la red
$I_a$ : intensidad de activación	$X_n$ : reactancia de puesta a tierra del neutro de la red
$I_d$ : intensidad de defecto	a: ancho
$I_Z$ : intensidad admisible	b: largo
$I_{cc}$ : intensidad de cortocircuito	$h'$ : altura del plano de trabajo
$I_2$ : intensidad que asegura el buen funcionamiento del dispositivo de disparo	$E_m$ : nivel de iluminancia media
$\varepsilon_{cc}$ : tensión de cortocircuito	$C_m$ : coeficiente de mantenimiento
$Z_{TR}$ : impedancia del transformador	$C_u$ : coeficiente de utilización
$Z_L$ : impedancia de la línea	$\Phi_T$ : flujo luminoso
$R_L$ : resistencia de la línea	NL: número de luminarias
$R_t$ : resistencia del electrodo	ud: unidad



## DOCUMENTO I

# MEMORIA

## **ÍNDICE DE LA MEMORIA**

<b>1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
<b>3. EMPLAZAMIENTO DE LA CENTRAL.....</b>	<b>14</b>
<b>4. INTRODUCCIÓN A LA MINIHIDRÁULICA .....</b>	<b>15</b>
4.1. Energía y centrales minihidráulicas.....	15
4.2. Ventajas y desventajas de las centrales minihidráulicas.....	15
<b>5. RECURSO HIDRÁULICO: ACEQUIA MAYOR DE SAGUNTO .....</b>	<b>16</b>
5.1. Historia de la Acequia Mayor de Sagunto .....	16
5.2. Estado actual de la acequia al paso por la central.....	16
<b>6. ESTADO, FUNCIONAMIENTO Y ACTIVIDADES DE LA VIEJA CENTRAL HIDRÁULICA.....</b>	<b>18</b>
6.1. Historia de la central hidráulica de Torres Torres .....	18
6.2. Funcionamiento de la vieja central hidráulica durante su explotación .....	19
6.3. Turbina utilizada en la vieja central hidráulica.....	20
6.4. Actividades presentes en el emplazamiento de la vieja central hidráulica a lo largo de su historia .....	22
6.5. Estado actual de la vieja central hidráulica.....	22
<b>7. MODELO DE LA CENTRAL .....</b>	<b>24</b>
<b>8. SALTO DE AGUA Y CAUDAL TRASEGADO POR LA ACEQUIA AL PASO POR LA CENTRAL .....</b>	<b>24</b>
8.1. Salto de agua de la acequia al paso por la central.....	24
8.2. Caudal de la acequia al paso por la central.....	25
<b>9. POTENCIA Y ENERGÍA DE LA CENTRAL MINIHIDRÁULICA.....</b>	<b>27</b>
<b>10. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS .....</b>	<b>28</b>
10.1. Rejillas .....	28

10.2. Compuertas .....	28
<b>11. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA TURBINA.....</b>	<b>29</b>
11.1. Tipos de turbina .....	29
11.1.1. Turbina Francis .....	29
11.1.2. Turbina Pelton.....	30
11.1.3. Turbina Kaplan .....	30
11.1.4. Turbina de flujo cruzado.....	30
11.1.5. Turbina Turgo.....	30
11.2. Salto de altura .....	30
11.3. Caudal.....	31
11.4. Velocidad específica.....	31
11.5. Velocidad de rotación.....	32
11.6. Velocidad de embalamiento .....	32
11.7. Cavitación.....	33
11.8. Selección del tipo de turbina.....	33
11.9. Selección de la turbina.....	35
<b>12. SELECCIÓN DEL GENERADOR .....</b>	<b>36</b>
12.1. Selección del tipo de generador .....	36
12.2. Selección del generador .....	36
<b>13. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS MECÁNICOS Y CONTROLADORES ELECTRÓNICOS.....</b>	<b>37</b>
<b>14. INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN.....</b>	<b>38</b>
14.1. Iluminación de las salas .....	38
14.1.1. Método de los lúmenes .....	38
14.1.2. Iluminación de la sala de máquinas .....	39
14.1.3. Iluminación del centro de transformación .....	40
14.1.4. Potencia de la instalación lumínica.....	40

14.2. Iluminación de emergencia.....	40
14.2.1. Luminaria de emergencia.....	41
14.3. Tomas de corriente .....	41
14.4. Equipos electrónicos reguladores .....	41
14.5. Previsión de potencia de las instalaciones de baja tensión .....	42
<b>15. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....</b>	<b>42</b>
15.1. Selección de los transformadores de la central minihidráulica.....	42
15.1.1. Tipos de transformadores.....	42
15.1.2. Selección del generador de generación.....	42
15.1.3. Selección del transformador reductor .....	44
15.2. Reja de protección para los transformadores.....	45
15.3. Selección de la celdas de MT .....	45
15.3.1. Tipo de celdas a instalar.....	45
15.3.2. Celdas instaladas.....	47
15.4. Dimensionado de las puestas a tierra del CT.....	47
15.4.1. Puesta a tierra de las masas del CT, PaT-P.....	48
15.4.1.1. Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría para la puesta a tierra de las masas del CT .....	49
15.4.1.2. Selección del electrodo de puesta a tierra de las masas del CT .....	50
15.4.2. Puesta a tierra del neutro del transformador de generación, PaT-S... 51	
15.4.2.1. Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría para la puesta a tierra de servicio.....	51
15.4.2.2. Selección del electrodo de puesta a tierra del neutro del transformador de generación.....	52
15.4.3. Puesta a tierra del neutro del transformador reductor, PaT-S .....	52

15.4.3.1. Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría para la puesta a tierra de servicio .....	52
15.4.3.2. Selección del electrodo de puesta a tierra del neutro del transformador reductor.....	53
<b>16. CIRCUITOS DE BAJA TENSIÓN .....</b>	<b>53</b>
<b>17. CONEXIONES PRINCIPALES DE LA CENTRAL MINIHIDRÁULICA. SELECCIÓN Y DIMENSIONADO DEL CABLEADO .....</b>	<b>53</b>
17.1. Tipos de conductores .....	54
17.2. Materiales para cableado .....	54
17.3. Materiales aislantes de cables .....	55
17.4. Criterio térmico.....	56
17.5. Guía técnica para la selección de cables de MT .....	57
17.6. Dimensionado del cableado en la central minihidráulica .....	57
17.6.1. Tramo generador – transformador de generación .....	57
17.6.2. Tramo de alumbrado de alumbrado principal y de emergencia.....	58
17.6.3. Tramo de tomas de corriente.....	58
17.6.4. Tramo de equipos electrónicos reguladores y de control.....	58
17.6.5. Tramo instalación BT .....	59
17.6.6. Tramo de transformador de generación – red (MT).....	59
17.6.7. Tramo transformador reductor – red (MT) .....	60
<b>18. PROTECCIONES DE LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN.....</b>	<b>60</b>
18.1. Protección frente a sobreintensidades .....	61
18.2. Protección frente a cortocircuitos .....	61
18.3. Dispositivos de protección de la instalación de BT en la central minihidráulica... ..	62
18.3.1. Interruptores magnetotérmicos .....	62
18.3.1.1. Circuito de alumbrado.....	62
18.3.1.2. Circuito tomas de corriente .....	62

18.3.1.3. Circuito equipos reguladores y de control.....	62
18.3.1.4. Circuito completo instalación BT .....	62
18.3.2. Interruptores diferenciales .....	63
18.3.2.1. Circuito de alumbrado.....	63
18.3.2.2. Circuito de tomas de corriente .....	63
18.3.2.3. Circuito equipos reguladores y de control.....	63
18.4. Armario modular para la instalación de las protecciones .....	63
<b>19. NECESIDADES DE OBRA CIVIL EN LA CENTRAL MINIHIDRÁULICA .....</b>	<b>64</b>
<b>20. VIABILIDAD SOCIAL Y MEDIOAMBIENTAL.....</b>	<b>64</b>
<b>21. VIABILIDAD TÉCNICA .....</b>	<b>65</b>
<b>22. VIABILIDAD ECONÓMICA.....</b>	<b>66</b>
22.1. Viabilidad económica en la central minihidráulica .....	66
<b>23. RESUMEN DE PRESUPUESTO .....</b>	<b>68</b>
<b>24. CONCLUSIONES.....</b>	<b>69</b>
<b>25. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>70</b>

## **1. ANTECEDENTES**

La energía hidráulica se ha venido utilizando a partir de su invención en la Revolución Industrial, pero no fue hasta finales del siglo XIX que se empezó a desarrollar con fuerza con la creación de las primeras centrales hidráulicas. En esta época la eficiencia de los equipos utilizados para la creación de electricidad era baja, pero a medida que se profundizaba en la técnica se fueron mejorando progresivamente. Además, también surgieron nuevos mecanismos con el fin de aumentar el rendimiento de las instalaciones, como por ejemplo nuevas turbinas como la Pelton, Francis, flujo cruzado, etc.

El problema de estas centrales convencionales es que producen, en su medida, un impacto ambiental considerable. Es por eso por lo que se plantea la explotación de caudales más reducidos con el fin de obtener energía eléctrica del mismo modo, pero con un impacto ambiental casi despreciable. Así es como nacen las centrales minihidráulicas.

La localidad valenciana de Torres Torres cuenta con una vieja central hidráulica cuya construcción data del año 1926. Esta central aprovechaba el caudal de la Acequia Mayor de Sagunto, destinada al regadío de las plantaciones de las localidades por las que transcurre la acequia. El origen de esta acequia está en la presa de Algar de Palancia y a partir de ahí recorre poblaciones como la propia Algar de Palancia, Alfara de la Baronía, Algimia de Alfara, el propio Torres Torres, etc., hasta llegar a Canet de Berenguer pasando por Sagunto.

La llegada de la acequia a la central es a través de un canal ya construido de sección rectangular con cajeros y fondo en hormigón armado y llega de forma perpendicular a la construcción de la central. Cuando estaba en funcionamiento el agua llegaba hasta una cámara de carga y de aquí se direccionaba hacia la turbina, situada metros abajo del canal de entrada. Los tubos de aspiración encargados de expulsar el agua utilizada por la turbina tenían su fin metros abajo ya que el canal de desagüe estaba situado justo debajo de la sala de la turbina. Este agua recorría unos 300 metros aproximadamente para reincorporarse de nuevo al curso natural de la Acequia Mayor de Sagunto.

La regulación de caudal entrante a la central se llevaba a cabo mediante el conjunto formado por dos compuertas y un aliviadero. Una de estas compuertas dejaba pasar parte del caudal proveniente del canal entrante desviando el restante hasta el curso natural de la acequia por un amplio aliviadero situado unos metros aguas arriba de la compuerta. Y tras recorrer esos 300 metros mencionados anteriormente, se encontraba con las aguas provenientes del canal de desagüe subterráneo.

## **2. OBJETIVOS**

Este proyecto nace a partir de la idea de restaurar una vieja central hidráulica utilizando nuevas tecnologías provenientes del mundo de la minihidráulica. El objetivo del proyecto es obtener energía eléctrica a partir de la energía potencial y cinética del agua que discurre por la Acequia Mayor de Sagunto gracias a la habilitación de una central minihidráulica aprovechando una construcción existente en la localidad valenciana de Torres Torres. Además de la parte técnica también tiene cabida la parte histórica y sentimental ya que es considerada una construcción muy

importante por su historia y significado para la gente de la zona, y es por eso por lo que también se quiere aprovechar este proyecto para darle a la central minihidráulica un toque turístico pensando en realizar visitas y excursiones con el fin de enseñar el funcionamiento de una de estas centrales.

Este proyecto no solo alberga decisiones técnicas propias de un proyecto de ingeniería, sino que también aborda resoluciones pensadas en el turismo y la educación para poder enfocarse en estos dos sectores en un futuro próximo.

### **3. EMPLAZAMIENTO DE LA CENTRAL**

Torres Torres está situada en la Comunidad Valenciana, concretamente en la provincia de Valencia (comarca Camp de Morvedre).

Torres Torres es una pequeña población situada en el valle del bajo Palancia, dentro de la comarca del Camp de Morvedre. Este se encuentra entre Segorbe y Sagunto y está a unos 40 km de la capital de la comarca, Valencia. La principal actividad productora de capital es la agricultura, más concretamente el regadío, donde destaca la producción de naranja. El cultivo restante, de secano, está repartido entre almendros, algarrobos y olivos. Y el resto de paraje corresponde a zonas montañosas, lugar de pinos y matorrales.



**Ilustración 1. Población de Torres Torres en su entorno.**

El emplazamiento de la central va a tener lugar a unos dos kilómetros de la localidad, justo al paso de la Acequia Mayor de Sagunto por la vieja central hidráulica. La construcción está situada entre la acequia y la carretera CV-320.

## **4. INTRODUCCIÓN A LA MINIHIDRÁULICA**

### 4.1. Energía y centrales minihidráulicas

La energía hidráulica es parte del grupo de las energías renovables, y es por ello por lo que no contamina y dispone de recursos ilimitados. Esta trata de convertir tanto la energía cinética como la energía potencial del agua en energía eléctrica por medio de instalaciones hidráulicas como pueden ser canales o presas y por equipos electromecánicos formados por turbinas y generadores. Para poder tener un buen aprovechamiento de esta energía se debe tener un caudal previamente estudiado y salto de altura conocido.

Las centrales minihidráulicas tienen la misma función que las centrales hidráulicas, es decir, convertir energía potencial y cinética del agua en energía eléctrica aprovechando un caudal y un salto de altura. La gran diferencia respecto a las convencionales es que la potencia de dichas centrales no supera los 10 MW. Por esto surgen una gran serie de ventajas a favor de estas pequeñas centrales como puede ser la no necesidad de grandes instalaciones o infraestructuras, terrenos, ni embalses, por lo que el impacto medioambiental que producen es prácticamente nulo. Además, se pueden abastecer de un caudal pequeño de agua como puede ser un río, un arroyo, una acequia, etc. A continuación, se muestran algunas de las ventajas de la energía minihidráulica.

### 4.2. Ventajas y desventajas de las centrales minihidráulicas

Las ventajas por la que destacan las centrales minihidráulicas son las siguientes:

- Es una energía renovable, con un combustible inagotable y sin ningún tipo de coste.
- Es una energía limpia, que no produce residuos ni emisiones contaminantes.
- La tecnología usada para aprovechar el potencial del agua como la turbina hidráulica es una máquina no muy compleja y eficiente, rápida a la hora de ponerse en marcha y de dejar de funcionar y con unos costes de mantenimiento bajos.
- No trabaja a temperaturas elevadas, por lo que no tiene pérdidas de transferencia de calor y su eficiencia es bastante elevada en cada una de sus aplicaciones.

Las ventajas que tienen las centrales minihidráulicas respecto a las centrales convencionales están expuestas a continuación:

- No se necesita una gran infraestructura, que se ve reflejada en un tiempo de construcción corto y una inversión inicial menor.
- No requiere de la construcción de grandes embalses o presas para poder aprovechar el potencial del agua. Esto se traduce en la no pérdida de grandes extensiones de terreno y la no inundación de ecosistemas o incluso poblaciones.
- Puede ser instalada en cualquier zona de flujo de agua, ya que es capaz de aprovechar caudales prácticamente insignificantes. Y este flujo puede seguir siendo utilizado para el propósito que tenía antes de su instalación.

- El emplazamiento de las centrales minihidráulicas es muy versátil. Se pueden instalar cerca de centros de consumo o de líneas de transporte, lo cual permite el ahorro en la construcción de nuevas líneas.

## **5. RECURSO HIDRÁULICO: ACEQUIA MAYOR DE SAGUNTO**

El recurso hidráulico que se va a aprovechar en este proyecto es la Acequia Mayor de Sagunto.

### 5.1. Historia de la Acequia Mayor de Sagunto

La Acequia Mayor de Sagunto data de la época en la que los árabes residían en el futuro Reino de Valencia, ya que existen documentos arábigos de 1223, en los que se trata una disputa de rotura de relaciones entre Torox (actualmente Torres Torres) y Carcel donde se menciona dicha acequia. Además, en el Pla del Aljub, aún se conservan restos antiguos de la acequia, dándole más veracidad aún si cabe a esta antigüedad.

El primer documento que habla de la ordenación de riegos con equilibrio y representatividad den la Juntas es *Las Ordenanzas de la Acequia Mayor de Sagunto*, por Real Orden de S. M. la Reina Isabel II de Borbón, el día 27 de abril de 1853.

La próxima modificación se iba a realizar cumpliendo lo establecido en la Disposición final 4ª de la Ley 29/85 de Aguas. *Las Ordenanzas de la Comunidad General de Regantes de la Acequia Mayor de Sagunto* fueron aprobadas por la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Júcar, el día 1 de abril de 1996 y, actualmente, son las que siguen en vigor.

Hoy en día, la Acequia Mayor de Sagunto tiene derecho a la utilización de las aguas del Río Palancia. Este agua pasa del río a la acequia gracias a la toma situada en Sot de Ferrer. A partir de aquí y hasta la última población integrante de la comunidad de regantes, Canet d'en Berenguer, el agua viaja a través de canalizaciones, recorriendo cerca de 60 km.

### 5.2. Estado actual de la acequia al paso por la central

La llegada de la acequia a la central se hace mediante una canalización a cielo descubierto, con una anchura de 2,60 m y unas paredes de altura 1,80 m. Actualmente, esta se encuentra llena de broza, incluyendo ramas, hierbas, residuos, etc. La entrada a la edificación se hacía por medio de una canalización proveniente de una cámara de carga que es donde iba a parar el agua del curso que se quería turbinar. Aguas arriba se encontraba el conjunto de las compuertas y el aliviadero que era el encargado de regular el caudal que entraba en la turbina de la central. El agua sobrante se desviaba por el aliviadero y seguía el curso natural de la Acequia Mayor de Sagunto.



**Ilustración 2. Canal de llegada a la central de la Acequia Mayor de Sagunto.**



**Ilustración 3. Aliviadero utilizado para desviar el agua que sigue el curso natural de la Acequia Mayor de Sagunto.**



**Ilustración 4. Compuertas utilizadas para controlar la entrada o retención del caudal de la Acequia Mayor de Sagunto.**



**Ilustración 5. Aliviadero desde la parte de abajo de la central, junto con la compuerta de descarga (por donde fluye el cauce de la acequia)**

El agua, una vez pasada la turbina iba a parar a través de dos tuberías de aspiración a un canal de desagüe subterráneo y a partir de aquí el agua viajaba a través de él unos 300 metros para volver a salir a la superficie e incorporarse de nuevo curso natural de la acequia.

## **6. HISTORIA, FUNCIONAMIENTO Y ACTIVIDADES DE LA VIEJA CENTRAL HIDRÁULICA**

### **6.1. Historia de la central hidráulica de Torres Torres**

La construcción de la central hidráulica tuvo lugar en el año 1926, de la mano del ingeniero militar Emilio Albiol Rodrigo.

Albiol entró en la Academia General del Ejército de Toledo, con el número de afiliación 957 del Cuerpo de Ingenieros Militares en 1891, como Alférez Alumno, en su Quinta Promoción. Estuvo destinado en Cuba, como Primer Teniente Ingeniero, y el 18 de marzo de 1895 obtuvo la licencia absoluta y volvió a España.

Había estado presente en la Exposición de 1909 como distribuidor de cemento ya que este también se dedicaba a la producción de tuberías y depósitos de cemento armado. Había patentado un sistema de pozos inversos y construía columnas, vigas, azoteas, pisos y cubiertas haciendo uso del hormigón armado. La industria del hormigón estaba también relacionada con la construcción de grandes obras hidráulicas.

El 6 de julio de 1912, creó una nueva fábrica de portland artificial llamada *Emilio Albiol en Comandita*, en Burjasot (Valencia). Los accionistas, además del propio Albiol fueron José Elías Llopart y Vicente Oliag Miranda. Este último era miembro de la Real Sociedad Económica de amigos del País. La maquinaria de la fábrica fue suministrada por Fried Krupp, y había ciertas condiciones que hacían que su producción alcanzara las 20 toneladas de portland diarias. El objetivo secundario de la compañía era la producción de electricidad ya que necesitaban la energía

eléctrica para mover los mecanismos de la fábrica y la energía sobrante se vendía para extraer más beneficios.

En marzo de 1917, *Electro-Hidráulica del Turia* transfirió a la sociedad *Emilio Albiol en Comandita*, todos los derechos y obligaciones que tenía sobre las concesiones de los saltos de Gestalgar y Pedralba, en el río Turia. Esta última construyó una central hidráulica en el salto de Gestalgar y le cedió a *Electro-Hidráulica del Turia* las dos terceras partes de su producción. De hecho, en 1919 aparece su firma recogida en la estadística de instalaciones hidroeléctricas españolas como pequeño productor con una potencia de 120 CV (88,2 kW). Albiol llevó a cabo la construcción y el aprovechamiento y su explotación hasta 1920, cuando cedió la concesión a la recién creada Sociedad *Dynamis SA*. *Dynamis* también poseía en explotación la central hidráulica de Alborache (en el río Buñol) y una central térmica de reserva en Pedralba.

Albiol también fue diputado provincial por Valencia, en el distrito de Serranos, en la Diputación del Directorio Militar de 1924 y 1925.

En 1926 creó la central hidráulica de Torres Torres con una potencia de 73,60 kW poniéndose en marcha y funcionando atendiendo a la legislación y especificaciones presentes en aquella época.

Una vez se produce el proceso de concentración del sistema eléctrico, la fábrica de luz de Torres Torres pasa a manos de *Hidroeléctrica Española SA*, que con el tiempo abandona la explotación por la obsolescencia de las instalaciones y la poca rentabilidad de la central.

## 6.2. Funcionamiento de la vieja central hidráulica durante su explotación

La central hidráulica creada en 1926 constaba de una construcción de varias alturas ya que, para poder crear energía a partir de una corriente de agua, se necesita un cierto salto de altura. En la planta baja se encontraba la turbina, que aprovechaba el salto y el caudal de agua de la Acequia Mayor de Sagunto; y el correspondiente generador, encargado de transformar la energía mecánica producida por la turbina en energía eléctrica. En la planta 0 se encontraban los distintos transformadores con el objetivo de elevar la tensión y así poder transferir la energía en forma de electricidad a la línea de red eléctrica con la tensión adecuada. Estos transformadores estaban distribuidos en distintos apartados, separados por paredes, pero todos en el mismo habitáculo.

En la zona exterior se encontraba la canalización a cielo descubierto de la acequia hasta llegar a la central. Aquí el corriente de agua iba a parar a una cámara de carga, que era donde se almacenaba esta energía en forma de potencial y posteriormente, a través de una tubería se llevaba hasta la turbina. El agua era devuelta a la acequia mediante otras dos tuberías de desagüe.

La tipología de este aprovechamiento hidráulico se define como intermedio entre uno de agua fluyente y otro de retención ya que la cámara de carga acumula mucha energía potencial y al ser un curso de agua en movimiento también se aprovecha su energía cinética.

El agua entraba a la turbina a través de un distribuidor del tipo Fink, que era accionado por un servomotor hidráulico que a su vez se accionaba por poleas y correas.

A continuación de la turbina se encontraban los dos tubos de aspiración, rectos y cilíndricos, uno para cada una de las dos caras del rodete, de tres metros de longitud que

desaguaban sobre una cámara de la que parte el canal de descarga que aguas abajo conecta con la canalización de la acequia.

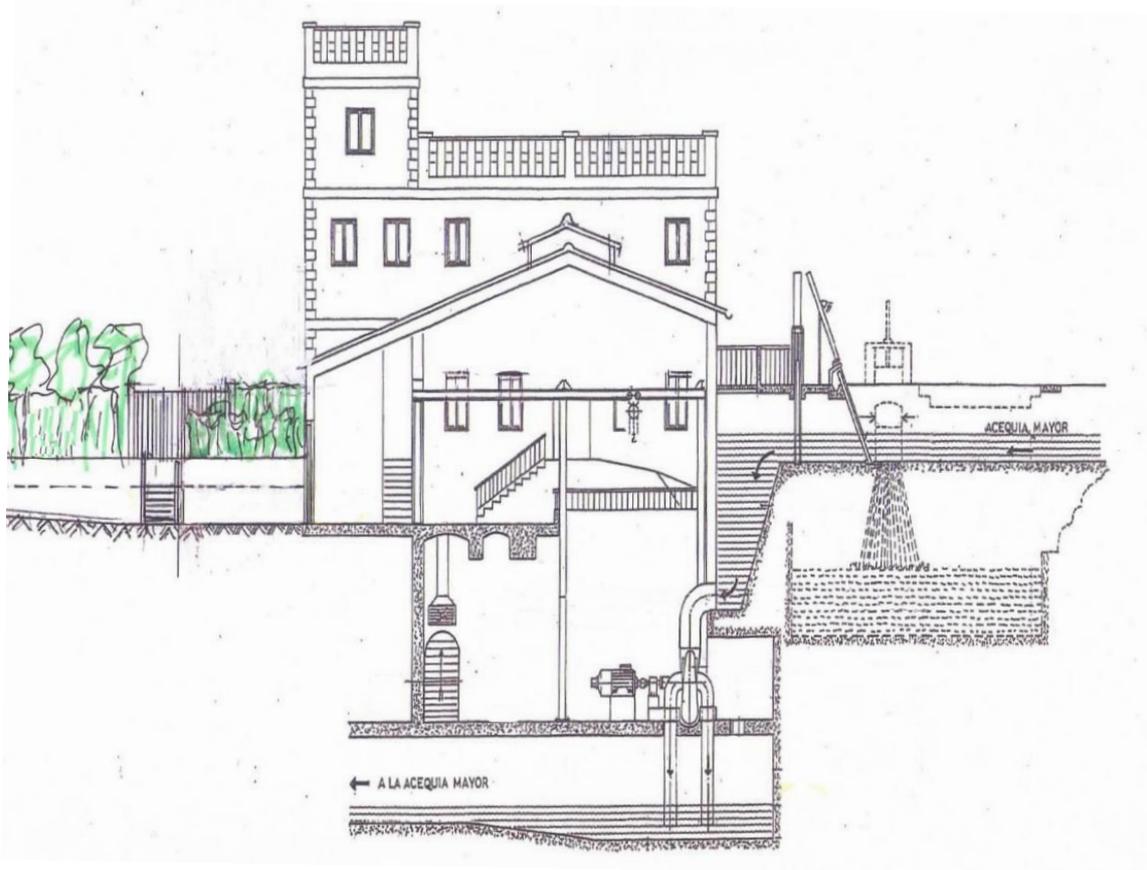


Ilustración 6. Estructura interna y externa de la vieja central hidráulica.

### 6.3. Turbina utilizada en la vieja central hidráulica

La turbina empleada era una turbina Francis. En la *Ilustración 7* se observan algunos de sus componentes como puede ser la conducción de entrada, encargada de alimentar a la turbina. También se observa la caja en espiral formada por una caja troncocónica capaz de convertir la presión del agua en energía cinética para poder distribuir el flujo uniformemente sobre el distribuidor. Este está formado por palas móviles y es el encargado de regular el flujo entrante en los rodetes de la turbina. Por último, también se observa una de las dos tuberías de desagüe presentes en la instalación.

La turbina fue desmontada e instalada en el Norte de España junto con un alternador asíncrono de 150 kW / 500 rpm / 50 Hz., que simplificaba la instalación respecto del alternador síncrono por no ser necesarios el volante de inercia ni regulador de velocidad de la turbina, de cuyas funciones, el propio alternador asíncrono era capaz de llevar a efecto impidiendo que la turbina alcanzara la velocidad de embalamiento.

El salto de altura hizo que la elección recayera sobre una turbina Francis rápida, radial, centrípeta de doble rodete, de cámara cerrada de chapa, eje horizontal, y dos tubos de aspiración, y tenía las siguientes características:

*Enero 2021*

- Salto neto: 11,50 m.
- Caudal máximo: 1.490 l./s.
- Velocidad: 500 r.p.m.
- Diámetro de entrada del rodete: 520 mm.
- Diámetro de salida del rodete: 290 mm.
- Ancho del rodete: 300 mm.
- Número de álabes: 16.
- Distribuidor Fink.
- Velocidad de embalamiento aproximada: 1.000 r.p.m.



**Ilustración 7. Antes y después de la central hidráulica. A la izquierda: central en funcionamiento. A la derecha: abandono de la central.**

#### 6.4. Actividades presentes en el emplazamiento de la vieja central hidráulica a lo largo de su historia

A lo largo de los años, desde que se construyeron las instalaciones de la central hidráulica hasta la actualidad, ha habido una gran variedad de actividades realizadas en el emplazamiento de la central.

Desde 1926, que fue cuando se construyó la central, hasta que se abandonó por primera vez, se aprovechó para crear energía eléctrica a partir del caudal de la Acequia Mayor de Sagunto, funcionando como una central hidroeléctrica tal y como se planificó en su construcción.

Unos años después de ser abandonada, una empresa del cemento se adueñó de la central aprovechando sus instalaciones para fabricar yesos y cemento.

Por último, en los años 80 una fábrica de micronizados del petróleo se puso al mando de la construcción para producir estos micronizados, hasta que unos años después volvió a ser abandonada.



**Ilustración 8. A la izquierda se encuentra la construcción de la vieja central hidráulica (construcción de pintura blanca) y a la derecha, la fábrica de yesos construida a posteriori que unos años después se adaptaría y se aprovecharía para tratar los micronizados del petróleo.**

#### 6.5. Estado actual de la vieja central hidráulica

En la actualidad, la edificación está en bastante mal estado. A continuación, se describe a grandes rasgos la composición y el estado de los elementos que componen las estancias que se van a ser necesariamente confeccionadas y remodeladas de entre toda la construcción, que son la sala de máquinas y el centro de transformación.

- Las paredes están en bastante mal estado ya que gran parte de ellas están cayéndose a pedazos o están repletas de humedad. Además, gran parte de su totalidad está pintada con grafitis hechos a lo largo de estos años de abandono.

- Los elementos de acero o hierro están oxidados hasta el punto de inutilizarlos.
- La cubierta está compuesta de madera y placas de uralita. La madera está descomponiéndose en gran parte de la estructura y las placas están rotas por lo que hay muchos trozos repartidos por el suelo de la construcción. Esto afecta a las estancias mencionadas ya que la sala de la turbina tiene una parte del techo al descubierto para poder realizar las tareas de instalación y desinstalación de máquinas e inmediatamente arriba se encuentra esta cubierta; y el techo de la sala de los transformadores es directamente dicha cubierta.
- Cabe mencionar la cantidad de escombros presentes en cada una de las estancias, fruto del paso de los años de abandono, de las posibles lluvias que inundan la sala de máquinas donde se encontraba la turbina y del vandalismo.

A continuación, se muestran algunas imágenes de las instalaciones, la construcción, y, en definitiva, el estado actual de la central.



**Ilustración 9. Sala de máquinas con pintadas, humedad y escombros.**



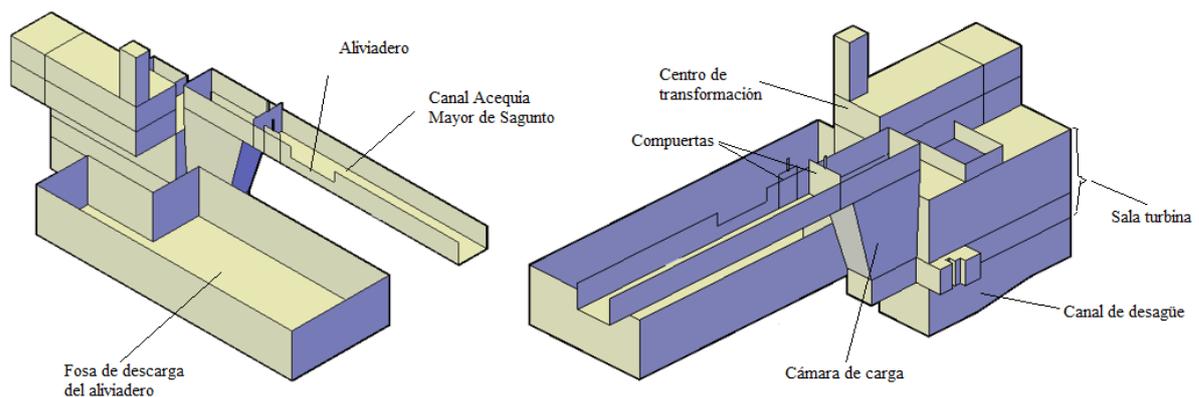
**Ilustración 10. Sala de transformadores con paredes derrumbadas, pintadas y escombros.**

## 7. MODELO DE LA CENTRAL

A partir de los datos recogidos en viejos documentos y los obtenidos en las distintas mediciones que se han llevado a cabo en la central se ha configurado un modelo de la central minihidráulica realizado en *AutoCAD*, incluyendo solo aquellas construcciones que afectan al desarrollo del proyecto como son:

- La sala de máquinas donde se instalará la turbina y el correspondiente generador.
- El centro de transformación y conexiones a la red.
- El canal de desagüe, teniendo solo en cuenta la zona de descarga.
- El canal de la propia Acequia Mayor de Sagunto a su llegada a la central, con el aliviadero y las compuertas mencionadas anteriormente en otros apartados.
- La fosa donde descarga el aliviadero y una de las compuertas.

A continuación, se muestra este modelo desde perspectivas visibles.

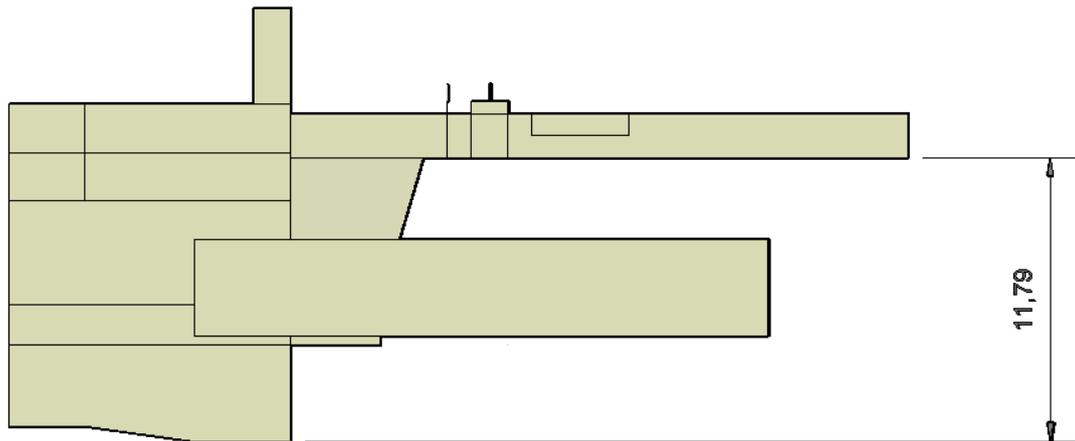


**Ilustración 11. Partes de la central que se van a tener en cuenta a lo largo del proyecto.**

## 8. SALTO DE AGUA Y CAUDAL TRASEGADO POR LA ACEQUIA AL PASO POR LA CENTRAL

### 8.1. Salto de agua de la acequia al paso por la central

El salto de agua presente en la central está determinado por la altura del nivel de agua del canal de la Acequia Mayor de Sagunto a la llegada a la central y la altura del nivel de agua del canal de desagüe. Conociendo la diferencia de alturas entre las construcciones se puede estimar el valor de la diferencia de alturas de los niveles, ya que este nivel será parecido en ambos canales.



**Ilustración 12.** La diferencia de cotas es de 11,79 m, resultado de restar la altura a la que se encuentra el nivel de la Acequia Mayor de Sagunto y la altura del nivel de agua del canal de desagüe.

El salto de altura bruto presente en la central minihidráulica es de:

$$H_b = 11,79 \text{ m}$$

Suponiendo que las pérdidas desde el nivel de aguas en la cámara de carga hasta la entrada del distribuidor de la turbina son del orden del 2,50 % del salto bruto, el salto neto presente en la central valdrá:

$$H_n = 11,50 \text{ m}$$

## 8.2. Caudal de la acequia al paso por la central

El caudal que trasiega por la Acequia Mayor de Sagunto va a ser el responsable de gran parte de las decisiones del proyecto, ya que de él depende la creación de la electricidad.

Para empezar, hay que tener en cuenta que este caudal va a ser variable durante el año ya que su función principal es aportar agua a los distintos cultivos que lo puedan necesitar a lo largo de todas las poblaciones por las que transcurre. La distribución de días/horas de agua para cada población es la siguiente:

- Algar de Palancia: 3 horas y 17 minutos
- Alfara de la Baronía: 7 horas y 54 minutos
- Algimia de Alfara: 17 horas y 20 minutos
- Torres Torres: 21 horas y 6 minutos
- Estivella: 21 horas y 9 minutos
- Albalat dels Tarongers: 23 horas y 6 minutos
- Gilet: 12 horas y 35 minutos
- Petrés: 13 horas y 36 minutos
- Sagunto: 216 horas (9 días)
- Canet d'en Berenguer: 24 horas (1 día)

Estos horarios habrá que tenerlos en cuenta solo en aquellas poblaciones que tomen el agua aguas arriba de la central minihidráulica. Estas poblaciones son Algar de Palancia, Alfara

de la Baronía, Algimia de Alfara y Torres Torres, tal y como se puede observar en el apartado a del Anexo I.

El tiempo de riego que supone esta distribución para estas 4 poblaciones resulta un total de 1 día, 5 horas y 30 minutos de riego del periodo completo que es de 15 días y 3 minutos. Esto significa que habrá variaciones en el caudal trasegado por la acequia al paso por la central, creando periodos en los que la turbina no podrá turbinar debido al poco caudal presente en el canal.

Suponiendo que la turbina estará parada los días en los que se riegue aguas arriba de la central, esta solo podrá turbinar ciertos días al año. Esto se calcula a partir del porcentaje que suponen estos días respecto al ciclo completo de riego.

**Tabla 1. Días de parada de la turbina al año por motivos de riego.**

Riego aguas arriba (min)	Riego ciclo completo (min)	Porcentaje de parada (%)	Días de parada de la turbina al año por riego
726	21.603	0,0819	<b>29,9 ≈ 30</b>

Suponiendo que durante el verano no hay disponibilidad del recurso hidráulico por motivos de sequía y el caudal es inferior al turbinable o, al igual que antes, incluso nulo, se va a estimar una parada de la central de otros 30 días.

También habría que tener en cuenta las revisiones y las paradas de mantenimiento, pero ya que la central se va a parar por motivos de riego, estas paradas pueden llevarse a cabo mientras se efectúe el riego aguas arriba de la central y así aprovecharlo y turbinar más días al año.

Esto supone un total de 60 días de parada obligatoria, que traducido a horas turbinables por la central significa:

**Tabla 2. Horas turbinables por la central y porcentaje de funcionamiento a lo largo de un año.**

Horas turbinables (h)	Porcentaje de funcionamiento (%)
<b>7.320</b>	83,56

Una vez conocido el tiempo que puede estar en marcha la turbina de la central conviene conocer el valor del caudal a turbinar. Según los datos recogidos por la empresa fruto del estudio del caudal de la Acequia Mayor de Sagunto, además de la comparativa de los datos recuperados de la vieja explotación de la central, se puede establecer los valores del caudal máximo, el caudal medio turbinable, el cual coincide con el caudal de equipamiento, y el caudal mínimo técnico.

El caudal máximo es el caudal más grande registrado y su valor se muestra a continuación:

$$Q_{max} = 1,490 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal medio turbinable o caudal de equipamiento es el valor de caudal medio, fruto del estudio de los valores de caudal registrados durante un largo periodo de tiempo. En este estudio se ha tenido en cuenta el caudal ecológico o de servidumbre necesario para mantener el curso natural de la Acequia Mayor de Sagunto. El valor de este caudal es el siguiente:

$$Q_e = 1,043 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal mínimo técnico es el caudal mínimo que puede recibir la turbina para su correcto funcionamiento y este es proporcional al caudal de equipamiento con un factor  $k$  que depende de cada tipo de turbina.

**Tabla 3. Factor de proporcionalidad  $k$  y caudal mínimo técnico para cada turbina.**

Turbina	Factor $k$	$Q_{mt}$ (m <sup>3</sup> /s)
Francis	0,35	<b>0,365</b>
Pelton	0,1	<b>0,104</b>
Kaplan	0,22	<b>0,229</b>
Flujo cruzado	0,15	<b>0,156</b>

El mejor valor de caudal mínimo, por ser capaz de funcionar en un mayor rango de caudales, lo posee la turbina Pelton seguida de la turbina de flujo cruzado.

## 9. POTENCIA Y ENERGÍA DE LA CENTRAL MINIHIDRÁULICA

La central minihidráulica será capaz de alcanzar un cierto valor de potencia dependiendo de los valores de caudal disponible, salto de altura presente en cada instante, rendimiento de los equipos instalados y tiempo de funcionamiento de las instalaciones.

Todo esto viene reflejado en la fórmula utilizada para el cálculo de esta potencia, denominada potencia nominal, creada por el generador en condiciones de diseño.

$$P_n = \gamma \cdot Q_e \cdot H_n \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr}$$

$P_n$ : Potencia nominal, en kW

$\gamma$ : Peso específico del agua, en kN/ m<sup>3</sup>

$Q_e$ : Caudal de equipamiento, en m<sup>3</sup>/s

$H_n$ : salto de altura neto, en m

$\eta_t$ : Rendimiento de la turbina para los parámetros de diseño

$\eta_g$ : Rendimiento del generador

$\eta_{tr}$ : Rendimiento del transformador

Los valores de caudal de equipamiento y de salto de altura neto se conocen y están expuestos en apartados anteriores. Los valores de rendimiento se pueden llegar a estimar para así poder suponer cuánta potencia sería capaz de suministrar la central minihidráulica.

Los rendimientos pueden ser fácilmente conseguidos a partir del fabricante, pero tras hacer una comparativa en el mercado de máquinas eléctricas y equipos electromecánicos se ha elegido un valor medio que pudiera validar el cálculo de potencia sin necesidad de volver a calcularla con los elementos posteriormente seleccionados por la desestimable variación que pudiera suponer. Los valores de rendimiento, por lo tanto, se han considerado del 80% para el conjunto formado por la turbina y el generador, del 95% para el transformador. Con todos estos valores, la estimación de la potencia nominal presente en la central minihidráulica es:

$$P_n = 9,81 \cdot 1,043 \cdot 11,50 \cdot 0,80 \cdot 0,95 = \mathbf{89,43 \text{ kW}}$$

La energía creada por la central minihidráulica se calcula a partir de la potencia calculada previamente y de las horas de funcionamiento de la central durante un año, valor que también ha sido estudiado en apartados anteriores.

$$E = P_n \cdot t = 89,43 \cdot 7.320 = \mathbf{654.600 \text{ kWh/año}}$$

## **10. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS**

Con el objetivo de tratar y acondicionar el caudal de la Acequia Mayor de Sagunto lo mejor posible para canalizarlo hacia la central minihidráulica se requieren de equipos mecánicos específicos.

### **10.1. Rejillas**

La rejilla es un elemento mecánico que se coloca en los propios canales que van a ser utilizados para cualquier aplicación en la que se requiera una calidad de agua considerable, teniendo en cuenta la cantidad de sedimentos que pueda llevar. Su función es retener los sedimentos del tamaño para los cuales se ha diseñado la rejilla en función de la separación entre sus barras.

Para el caso de la central minihidráulica se va a instalar una rejilla confeccionada específicamente para esta aplicación. Deberá tener las siguientes especificaciones:

- Barras rectangulares para abaratar costes de producción inclinadas 65° desde la horizontal.
- Separación entre barras de 40 mm para obturar la broza de tamaño considerable.
- Barra de 15 mm de espesor y 200 mm de profundidad para crear rigidez.
- Rejilla de 1500 mm de alto para asegurar que el agua no salte la rejilla y 2600 mm de ancho por ser el ancho del canal, con las barras dispuestas verticalmente.

### **10.2. Compuertas**

Las compuertas son elementos clave a la hora de controlar el flujo de agua en cualquier central hidráulica, y más en esta de Torres Torres. Son elementos planos generalmente de acero que se mueven verticalmente y se sitúan de forma perpendicular al cauce del canal sobre el que quieren influir y su función es dejar pasar o no caudal.

En el caso de la central minihidráulica de Torres Torres, el agua llega a través del canal hasta la cámara de carga solo cuando la compuerta principal está subida, de forma que si esta se baja se crearía una subida del nivel del agua en dicho canal hasta que se pudiera desviar por el aliviadero. Además de esta compuerta, debe existir otra para que el alivio de caudal sea más rápido y efectivo y no se tenga que esperar a la subida del nivel de agua, solo en caso de emergencia o de comodidad en determinadas situaciones.

Con la finalidad de otorgar a la central un toque histórico, las compuertas que se van a instalar van a ser las mismas que han estado instaladas durante todos estos años desde que se construyó la edificación. Para ello deberán pasar un proceso de restauración para quitarles el óxido. Sin embargo, su estructura está en perfecto estado: sin deformaciones, golpes o cualquier imperfección. A continuación se describen los elementos que van a ser restaurados:

- Plancha de metal que compone la compuerta.
- Tornillo unido a la compuerta utilizado para elevarla y bajarla.
- Soporte de metal junto con mecanismo de elevación.

Además de esta restauración, será necesaria la instalación de las guías pertinentes para que las compuertas puedan deslizar con facilidad. Las características de las guías pertenecientes a las dos compuertas se exponen a continuación.

- 1 guía de perfil en U para la compuerta principal. Medidas: 2600 mm de ancho por 1800 mm de alto.
- 1 guía de perfil en U para la compuerta de alivio. Medidas: 1500 mm de ancho por 1800 mm de alto.
- El perfil de la guía es: 40 mm de ancho, 30 mm de alto y 5 mm de espesor (expuesto en el Plano 2). Este irá incrustado sobre mortero para reforzar la instalación y darle mayor resistencia.

## **11. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA TURBINA**

Las turbinas hidráulicas son turbomáquinas motoras hidráulicas, que a partir de la energía de un fluido son capaces de crear un movimiento de rotación en forma de energía mecánica, que posteriormente usa un generador para producir energía eléctrica. Aunque en este proyecto no se pretenda diseñar una turbina, se va a explicar los pasos a seguir para dimensionar correctamente los equipos necesarios para la producción de electricidad.

La selección de la turbina está ligada a muchas características y parámetros como puede ser el salto de altura presente en la central, el caudal de agua del canal, la velocidad específica, la velocidad de rotación de la turbina, la velocidad de embalamiento, el coste y la cavitación.

### **11.1. Tipos de turbina**

#### **11.1.1. Turbina Francis**

Las turbinas Francis son turbinas hidráulicas capaces de trabajar en un gran rango tanto de caudales como de saltos con una gran eficiencia. Estas son las turbinas más utilizadas a la hora de producir electricidad en centrales hidráulicas por su versatilidad. Es una turbina de reacción, flujo radial-axial, normalmente de eje vertical, aunque también pueden ser de eje horizontal.

Además, tienen pocas pérdidas hidráulicas aumentando así el rendimiento; el coste de mantenimiento es bajo gracias a su diseño; y sus pequeñas dimensiones hacen que puedan ser instaladas en espacios reducidos permitiendo grandes velocidades de giro.

#### 11.1.2. Turbina Pelton

La turbina Pelton es uno de los tipos más eficientes de turbina hidráulica. Es una turbina de acción, flujo tangencial y normalmente de eje horizontal y se utiliza en saltos de agua de gran altura y con pequeños caudales de agua. Está formada por un rodete dotado de palas en forma de cuchara en su periferia en las cuales impacta el chorro de agua y es esto lo que crea el movimiento de rotación.

#### 11.1.3. Turbina Kaplan

Las turbinas Kaplan son turbinas hidráulicas de reacción, de flujo axial y normalmente de eje vertical, con un rodete que funciona de manera semejante a la hélice del motor de un barco. Se utiliza en saltos de pequeña altura de agua y con caudales elevados, convirtiéndose en la mejor opción siempre y cuando se den estas condiciones.

#### 11.1.4. Turbina de flujo cruzado

Las turbinas de flujo cruzado o transversal son turbinas hidráulicas de acción, de flujo diagonal y con doble paso del fluido por los alabes del rodete. La turbina es de baja velocidad, y compatible con elevados caudales pero pequeños saltos. Su principal característica es su gran capacidad de producir energía con grandes variaciones de caudal y es gracias a su simplicidad que el coste de la turbina es notablemente reducido. Todo ello lo hace apropiado para centrales de pequeño tamaño.

#### 11.1.5. Turbina Turgo

Las turbinas Turgo son turbinas hidráulicas de acción, flujo tangencial y de impulso, diseñadas para aplicaciones de altura media y tiene algunas ventajas en algunas aplicaciones sobre las turbinas Pelton y Francis. Es más barata que la Pelton, no necesita hermeticidad como la Francis y tiene una velocidad específica superior a la Pelton, por lo que consigue reducir costes de generación e instalación.

### 11.2. Salto de altura

El salto de altura es la diferencia de altura que hay entre el nivel de agua proveniente del canal a la entrada en la central y el nivel de agua que hay en el canal de desagüe. Según este salto de altura será más conveniente escoger una turbina u otra, aunque es cierto que para una misma altura puede que se solapen los rangos de actuación de varias turbinas. Pero gracias a demás

parámetros se elegirá la que más le convenga al proyecto. A continuación, en la *Tabla 4* se muestran estos rangos de actuación para cada turbina.

**Tabla 4. Rango de actuación de saltos de altura de las turbinas.**

Tipos de turbina	Salto de altura (m)
Francis	25 – 350
Pelton	50 – 1300
Kaplan	2 - 40
Flujo cruzado	5 – 200
Turgo	50 - 250

### 11.3. Caudal

Al igual que en el apartado anterior, el caudal óptimo para cada turbina varía desde un valor mínimo hasta un valor máximo componiendo un rango de actuación. Esto hace que haya un gran abanico de posibilidades para la elección de la turbina ya que se produce el solapamiento de varias turbinas para un mismo caudal.

El caudal empleado para realizar este estudio debe tener en cuenta no un momento específico del canal, sino un periodo de tiempo lo bastante extenso como para establecer el caudal obtenido como un parámetro constante.

**Tabla 5. Rango de actuación de caudal de las turbinas.**

Tipos de turbina	Caudal (l/s)
Francis	200 – 200.000
Pelton	10 – 5.000
Kaplan	15.000 – 300.000
Flujo cruzado	20 – 16.000
Turgo	1 – 2.000

### 11.4. Velocidad específica

La velocidad específica de una turbina se define como la velocidad de una turbina geoméricamente similar que produciría 1 kW gracias a un salto de altura de 1 m. Este es el parámetro que representa el punto de máxima eficiencia y permite llevar a cabo los cálculos del rendimiento de la turbina. Esta velocidad se expresa como:

$$n_s = n \cdot \frac{\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

$n_s$ : Velocidad específica, en rpm

$n$ : Velocidad del rodete, en rpm

$P$ : Potencia de la turbina, en kW

$H$ : Altura de salto neta, en m

Todas las turbinas iguales geoméricamente iguales tendrán la misma velocidad específica, así que, si este modelo se ha hecho de una forma precisa y óptima, todos los modelos iguales a este también lo serán.

Tabla 6. Velocidades específicas de las turbinas en función del salto de altura.

Tipos de turbina	Velocidad específica
Francis	$3763/H^{0,654} \rightarrow$ Schweiger y Gregori, 1989
Pelton	$85,49/H^{0,243} \rightarrow$ Siervo y Lugaresi, 1978
Kaplan	$2283/H^{0,654} \rightarrow$ Schweiger y Gregori, 1989
Flujo cruzado	$513,25/H^{0,486} \rightarrow$ Kpordze y Warnick, 1983

El objetivo de estas expresiones es que dado un determinado valor de salto de altura se pueda obtener con facilidad y seguridad la velocidad específica de cada una de las turbinas.

### 11.5. Velocidad de rotación

La velocidad de rotación se refiere a la velocidad a la que gira el rodete de la turbina y por consiguiente a la del rotor del generador. Esta velocidad depende de la frecuencia a la que se encuentre el sistema eléctrico, que en este caso es 50 Hz, y del número de polos del generador, según la siguiente expresión:

$$N = \frac{120 \cdot f}{\text{número de polos}}$$

$N$ : Velocidad de rotación, en rpm

$f$ : Frecuencia del sistema, 50 Hz (España tiene 50 Hz de frecuencia)

En la *Tabla 7* se muestra las velocidades dependiendo del número de polos del generador.

Tabla 7. Velocidades de rotación en función del número de polos del generador.

Número de polos	Velocidad de rotación a 50 Hz (rpm)	Número de polos	Velocidad de rotación a 50 Hz (rpm)
2	3000	10	600
4	1500	12	500
6	1000	14	428
8	750	16	375

### 11.6. Velocidad de embalamiento

La velocidad de embalamiento es aquella velocidad que es capaz de alcanzar la turbina cuando no está sometida a carga. Cuando este fenómeno se produce se alcanzan velocidades excesivas y puede ocasionar algún fallo mecánico en la turbina provocando su destrucción. Es por eso por lo que conviene conocer bien este valor, que varía en función del tipo de turbina y de muchos otros factores. En la siguiente tabla se muestra los rangos de valores que pueden llegar a alcanzar para cada tipo de turbina.

Tabla 8. Relación entre velocidad de embalamiento y velocidad normal de rotación de cada turbina.

Tipos de turbina	$n_{\text{máx}} / n$
Francis	1,6 – 2,2
Pelton	1,8 – 1,9
Kaplan	2 – 3,2
Turgo	1,8 – 1,9

### 11.7. Cavitación

La cavitación es el fenómeno que se produce cuando se crean cavidades de vapor de agua dentro de un fluido en estado líquido fruto de grandes diferencias de presión cuando el fluido es sometido a altas velocidades cerca de aristas afiladas (descompresión).

El punto crítico de la cavitación es el momento en el que se produce el colapso de las cavidades de vapor de agua. Esto produce una gran cantidad de energía provocando mucho ruido, daño de los componentes del equipo hidráulico acortando su vida útil y pérdida de rendimiento ya que se crea una gran cantidad de fricción y turbulencias en el fluido.

### 11.8. Selección del tipo de turbina

Al tener un salto de agua pequeño se debe descartar la turbina Pelton ya que es su principal fuente de sustento y, al tener un caudal también pequeño, también se debe descartar la turbina Kaplan ya que los caudales para los que funcionaría distan mucho del que posee este recurso hidráulico.

Es por eso por lo que la decisión queda entre la turbina Francis y la de flujo cruzado. Para saber cuál elegir se debe tener en cuenta muchas variables que se exponen a continuación.

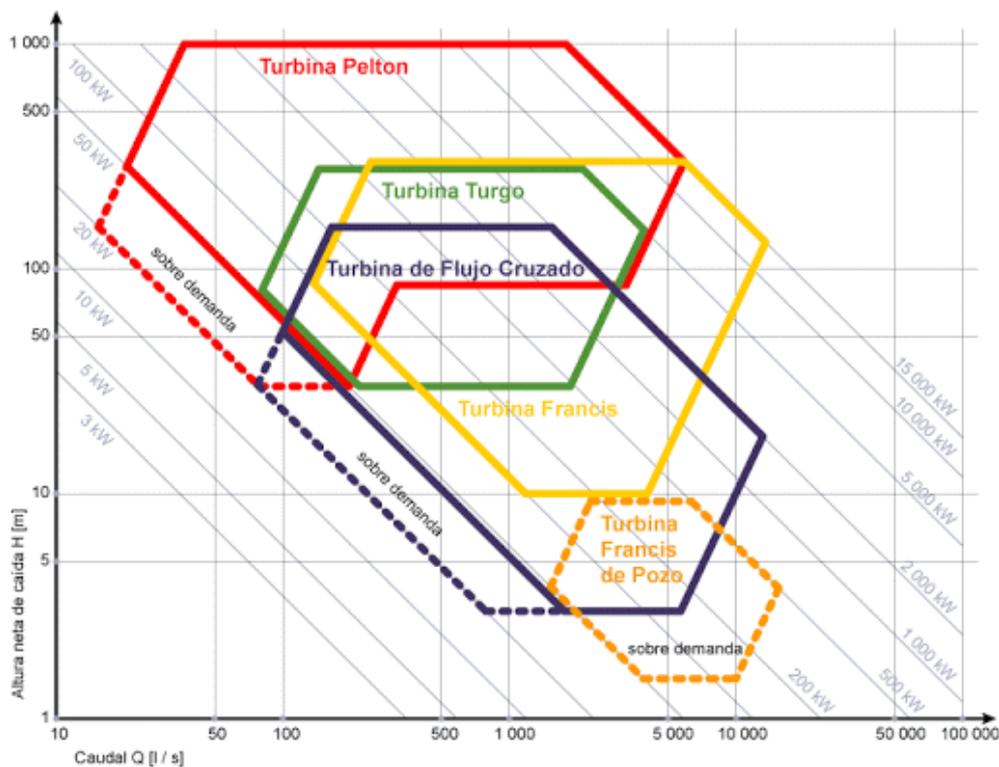
La turbina Francis tiene una gran eficiencia máxima, superando a la turbina de flujo cruzado. Estas turbinas suelen ser encargadas y fabricadas específicamente para una explotación concreta aumentando así el rendimiento de la explotación, pero encareciendo el coste del proyecto. Son costosas de diseñar, fabricar e instalar, pero su vida útil es una de sus mejores características.

Por otra parte, la turbina de flujo cruzado tiene una eficiencia máxima menor que la de la turbina Francis, pero esta depende menos de la carga, es decir, que esta turbina logra unos rendimientos mejores si el caudal que utiliza es variable, aunque a plena carga sea mejor la Francis. La propia estructura y construcción de la turbina de flujo cruzado hace que su mantenimiento sea escaso y simple y que su reparación, si se produce, sea barata. Otro punto a favor es que, al entrar y salir el flujo por los mismos álabes, estos son limpiados reduciendo el mantenimiento y limpiado de la turbina y, por consiguiente, aumentando el tiempo de funcionamiento ya que no se deben realizar todas estas paradas de forma periódica.

**Tabla 9. Especificaciones y comparación de la turbina Francis y la de flujo cruzado.**

	<b>Turbina Francis</b>	<b>Turbina de flujo cruzado</b>
<b>Eficiencia máxima</b>	92,7 %	87,0%
<b>Tipo de turbina</b>	Reacción	Acción
<b>Rango salto (m)</b>	10-200	5-200
<b>Rango caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,1-20	0,05-12
<b>Caudal mínimo de operación</b>	No debe trabajar por debajo del 40% del caudal de diseño. Se recomienda en proyectos con hidrología constante.	No debe trabajar por debajo del 5% del caudal de diseño. Se recomienda en proyectos con hidrología variable.
<b>Rango de potencia (kW)</b>	20-20.000	20-5.000

<b>Mantenimiento</b>	Se debe limpiar periódicamente además de pasar las pertinentes revisiones mecánicas.	Se limpia sola por el doble flujo y también debe pasar las revisiones pertinentes.
<b>Tiempo en funcionamiento</b>	Al tener que limpiarse, el tiempo de funcionamiento se reduce.	Al no tener que limpiarse, el tiempo de funcionamiento es mayor.



**Ilustración 13. Rango de actuación de las distintas turbinas. Se observa cómo las turbinas tipo flujo cruzado y Francis son las que mejor se acoplan a los parámetros presentes en la central minihidráulica, aunque la Francis no llega a abarcar el punto de funcionamiento del sistema.**

A partir de todas las especificaciones mostradas sobre estas dos turbinas, la elección recae sobre la turbina de flujo cruzado. Los motivos principales son los siguientes:

- El rango de actuación de las turbinas de flujo cruzado se adapta mucho mejor a las condiciones presentes en la central que el rango de las turbinas Francis.
- Aunque la eficiencia máxima sea considerablemente mayor para la turbina Francis, la turbina de flujo cruzado mantiene una alta eficiencia en situaciones en las que el caudal es variable, condiciones presentes en el recurso hidráulico aprovechado por la central.
- Es una turbina muy limpia y con un alto régimen de funcionamiento, ya que no debe pasar tantas revisiones y tampoco es necesario realizar tantas paradas por mantenimiento como en la turbina Francis.

Así pues, una vez determinado el tipo de turbina a instalar el próximo paso es conocer cuáles van a ser las características y especificaciones de la turbina escogida.

### 11.9. Selección de la turbina

La turbina seleccionada es una turbina original OSSBERGER de flujo cruzado. Esta turbina consta de 2 celdas y su eficiencia total promedio es del 84%. En el *Anexo 2* se muestran más características sobre sus componentes y su principio de funcionamiento.

**Tabla 10. Especificaciones de la turbina OSSBERGER de flujo cruzado.**

<b>Turbina OSSBERGER de flujo cruzado tipo SH 5.162/11 g</b>	
Caída neta	11,50 m
Caudal	2,1 m <sup>3</sup> /s
Potencia eje turbina	194 kW
Compartimentos	2
Velocidad nominal	254 rpm
Velocidad de embalamiento	576 rpm

La razón por la cual se ha elegido esta turbina de 194 kW de potencia es porque con su sistema de dos compartimentos puede albergar mucho rango de caudal sin perder eficiencia incluso en bajas cargas. Y en caso de trasegar la Acequia Mayor de Sagunto una gran cantidad de agua por lluvias o cualquier otro motivo, esta turbina será capaz de aprovechar hasta los 2,1 m<sup>3</sup>/s. Además, las ventajas que reafirman la decisión tomada sobre esta turbina en comparación al resto presentes en el mercado son:

- Alta capacidad de procesar fuertes variaciones de caudal debido a su gran eficiencia en cualquier tipo de carga y al sistema de dos compartimentos que permite un gran aprovechamiento de cualquier caudal presente en el recurso hidráulico empleado en esta instalación.
- Es considerada una turbina muy robusta y sencilla al tener únicamente tres elementos móviles.
- No se requiere un mantenimiento muy exhaustivo debido a que no existe ningún empuje axial que puede forzar estos mecanismos suponiendo un problema a la hora de realizar mantenimiento y recambios frecuentes.
- Existencia de palancas de contrapeso con el fin de asegurar una alta eficiencia y seguridad a la hora de realizar un cierre de emergencia, sin necesidad de usar ninguna energía externa.
- Efecto autolimpiante del rodete debido a la forma y estructura de la turbina. Tal como entra el flujo de agua dentro del rodete circular, este sale por el otro extremo, limpiando cualquier tipo de elemento presente en el curso de agua aprovechado en la central minihidráulica.

Además de la propia turbina, se añaden varios equipos mecánicos para garantizar la estanqueidad de las instalaciones, mejorar el sistema y adaptarlo a las condiciones que exige la central.

- Bastidores: elementos para asegurar la turbina al suelo de la sala de máquinas y eliminar posibles vibraciones.

- Tuberías: se incluye la tubería adaptada específicamente para la entrada del caudal a la central y llevarlo a la turbina; y el tubo de aspiración, que mejora el rendimiento de la turbina.
- Acoples: relaciona la turbina con la caja de engranajes.
- Adaptadores: sellan las juntas de unión entre tuberías y turbina y asegurar la estanqueidad del sistema.

## 12. SELECCIÓN DEL GENERADOR

El generador eléctrico es el dispositivo encargado de aprovechar la energía mecánica obtenida en la turbina para producir energía eléctrica gracias a la interacción de las dos partes principales que lo conforman: rotor y estátor. La corriente generada es corriente alterna y es producida mayormente en alternadores trifásicos que pueden ser síncronos o asíncronos.

### 12.1. Selección del tipo de generador

Dado que la aplicación que se le va a dar al generador es de transformar la energía mecánica proveniente de una turbina hidráulica, la cual aprovecha un curso de agua con constantes variaciones de caudal, este debe poder acomodarse a estas variaciones con relativa facilidad. Es por eso que la mejor opción para la central minihidráulica es un generador asíncrono.

### 12.2. Selección del generador

La casa OSSBERGER ha proporcionado junto con la turbina mencionada en el apartado anterior un generador asíncrono de tensión 400 V con una potencia nominal de 179 kW, capaz de aprovechar la energía mecánica de la turbina y transformarla en energía eléctrica de forma eficiente. En el *Anexo III* se muestran más detalles sobre el generador.

**Tabla 11. Especificaciones del generador asíncrono.**

<b>Generador asíncrono</b>	
Potencia nominal	179 kW
Velocidad nominal	1.000 rpm
Velocidad de embalamiento	2.267 rpm
Altitud	< 1.000 m encima del nivel del mar
Tensión	400 V
Frecuencia	50 Hz
Clase de aislamiento	H
Tipo de refrigeración	IC 411
Tipo de construcción	B 3
Tipo de protección	IP 54

Este generador se adapta perfectamente a las necesidades de la turbina ya que es la recomendación de los propios fabricantes, basada en años de experiencia. Pero tiene algunos inconvenientes que cabe destacar:

- No dispone de control electrónico, por lo que no se pueden controlar correctamente las variaciones de caudal en el funcionamiento del sistema.
- Al ser un generador asíncrono, siempre está consumiendo energía reactiva.
- La energía reactiva no es capaz de contrarrestarla de forma continua ya que solo dispone de una batería de condensadores funcionando en escalón.

Pero a pesar de estos defectos, hay ventajas que hacen que sea un gran candidato para ser el generador de la central minihidráulica:

- No tener electrónica también supone que el sistema sea mucho menos complejo y esto implica menos averías y más sencillez en el manejo de los equipos.
- Es muy robusto, eléctrica y mecánicamente hablando, por el hecho de ser rotor de jaula de ardilla ya que no se quema ni se rompe.
- La batería de condensadores ya viene dimensionada específicamente para esta aplicación, garantizando su buen funcionamiento.

Teniendo en cuenta lo expuesto, el generador elegido es el generador proporcionado por la casa OSSBERGER a pesar de tener algunos inconvenientes. Pero la larga experiencia de la casa en este sector y las ventajas que supone para el proyecto este generador, han sido los detonantes para confirmar su elección.

### **13. SELECCIÓN DE EQUIPOS MECÁNICOS Y CONTROLADORES ELECTRÓNICOS**

Estos elementos electrónicos y mecánicos tienen la función de controlar todos los procesos que se van a llevar a cabo en la sala de la turbina y adaptar y sincronizar las máquinas presentes en la instalación. Entre ellos se encuentra el sistema regulador de la turbina con control automático, el sistema de engranajes multiplicador y el regulador OTmation SCADA Confort. Todos estos equipos han sido recomendados por la casa Ossberger con el fin de completar el sistema de generación de energía junto con la turbina y el generador. Estos elementos están expuestos en el *Anexo IV*.

Para controlar las posibles variaciones del generador se va a instalar un relé multifuncional de generador, en concreto el SR-489, por tener funciones de protección, medida y monitorización. Este dispositivo incluye un interruptor diferencial en caso de falta y un interruptor de corte del generador en corriente continua en caso de haber algún fallo en la generación. Todo esto, además del resto de protecciones y elementos de control y supervisión del proceso de generación, hace que este dispositivo se adapte perfectamente a las características del generador instalado. En el *Anexo IV* se muestra su ficha técnica y en el *Plano 15* su esquema unifilar.

## **14. INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN**

En la central minihidráulica se van a instalar elementos como luminarias, iluminación de emergencia, tomas de corriente, y todos los equipos eléctricos y electrónicos reguladores para garantizar el perfecto funcionamiento de la generación de energía eléctrica.

### 14.1. Iluminación de las salas

En el artículo 8 y el anexo IV del REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, se describen los aspectos mínimos que se deben cumplir en un lugar de trabajo.

Tanto el centro de transformación como la sala de máquinas se consideran lugares de trabajo con unas exigencias visuales altas ya que se requiere un buen nivel de iluminación para garantizar el buen manejo de todos los equipos e instalaciones de la central. Según la norma, el nivel mínimo de iluminación correspondiente para industria es de 300 a 700 lux aproximadamente (ya que varía en función de la actividad realizada).

Las lámparas van a ser elegidas en función de los siguientes parámetros:

- Flujo luminoso.
- Rendimiento o eficacia luminosa.
- Vida útil.
- Vida media.
- Color: color aparente y rendimiento de color

Para dimensionar correctamente la instalación de la iluminación se va a emplear el método de los lúmenes, el cual se explica a continuación.

#### 14.1.1. Método de los lúmenes

El primer paso es calcular el flujo luminoso total necesario y para ello hace falta fijar los datos de entrada:

- Dimensiones de la estancia (a, b y H). Ancho, largo y alto de la sala.
- Altura del plano de trabajo (h'). Depende de la actividad y la altura a la que se vaya a realizar dicha actividad.
- Nivel de iluminancia media ( $E_m$ ). Depende de la actividad que se va a llevar a cabo en la sala. Los valores del nivel de iluminancia media se pueden encontrar tabulados en la Norma Europea UNE-EN 12464-1:2003. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interior.
- Elección del tipo de lámpara. En función de la actividad que se vaya a realizar.

- Elección del tipo de luminaria y su altura de suspensión. También en función de la actividad a realizar y de la altura de la sala.

Luego hay que determinar el coeficiente de utilización ( $C_u$ ) según los datos del fabricante de la luminaria a partir de coeficientes de reflexión y el índice  $k$  del local. Este coeficiente indica la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano ideal de trabajo.

Posteriormente, hay que calcular el coeficiente de mantenimiento ( $C_m$ ) según el tipo de local. Este coeficiente hace referencia a la influencia que tiene en el flujo que emiten las lámparas el grado de limpieza de la luminaria. Dependerá, por consiguiente, del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local.

El segundo paso es establecer el número de luminarias mediante su ecuación.

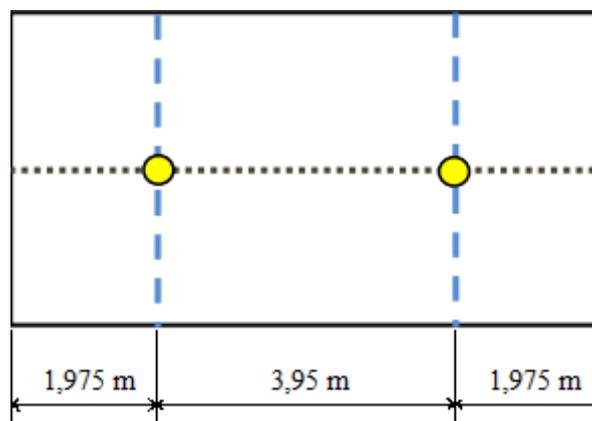
El tercer paso es precisar el emplazamiento de las luminarias. Una vez se ha calculado el número mínimo de luminarias necesarias se debe proceder con su distribución sobre la planta del aula, es decir, averiguar la distancia a la que deben ser instaladas para conseguir una iluminación uniforme.

Y, por último, hay que hacer la comprobación de los resultados calculando el nivel de iluminación medio y compararlo con las tablas pertinentes.

#### 14.1.2. Iluminación en la sala de máquinas

La lámpara elegida para la instalación en la sala de máquinas es la SmartBalance suspendida con iluminación LED de la casa Philips. Las razones de su elección es que tiene una mayor eficiencia energética que la iluminación fluorescente, lo que produce un ahorro importante en costes operativos, tiene una elevada reproducción cromática con IRC90 y  $R9 > 50$ , es compacta y ligera. Además, tiene un flujo luminoso considerable con un valor de 4000 lúmenes.

La instalación en la sala de máquinas se va a componer de 2 lámparas SmartBalance suspendidas distribuidas uniformemente según la siguiente ilustración. En el *Anexo XIII* se muestra el cálculo realizado para determinar las características de la instalación.



**Ilustración 14. Distribución luminarias en sala de máquinas.**

#### 14.1.3. Iluminación en el centro de transformación

La lámpara elegida para el centro de transformación es la misma que en la sala de máquinas ya que las estancias tienen condiciones muy similares.

Esta instalación consta de tres lámparas SmartBalance suspendidas y distribuidas uniformemente sobre el CT tal y como se muestra en la ilustración siguiente. En el *Anexo XIII* se muestra el cálculo realizado para determinar las características de la instalación.

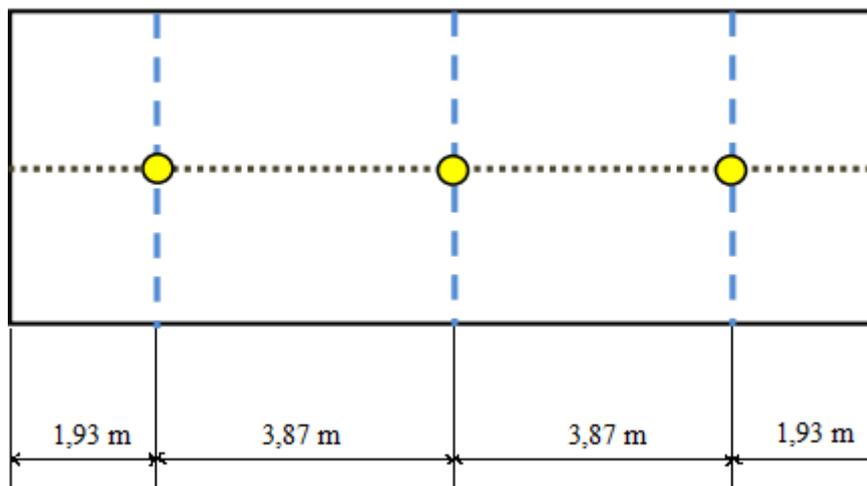


Ilustración 15. Distribución luminarias en el centro de transformación.

#### 14.1.4. Potencia de la instalación lumínica

La potencia de la lámpara SmartBalance suspendida es de 40 W, por lo que si se multiplica por el número de lámparas instaladas que resulta ser 5 (2 en la sala de máquinas y 3 en el centro de transformación), se obtiene una potencia de la instalación de 200 W.

#### 14.2. Iluminación de emergencia

El alumbrado de emergencia se debe instalar en aquellos locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección según la norma ITC BT 28. Según esta, los equipos deben estar situados al menos a 2 metros sobre el nivel del suelo y deben disponerse en cada puerta y en posiciones en las que permitan detectar cualquier peligro potencial o que suponga un cambio en el recorrido de salida de emergencia. Como mínimo: en puertas, cambios de nivel, escaleras, cambios de dirección e intersecciones.

En la central minihidráulica se va a instalar una luminaria de emergencia en cada sala ya que estas no tienen ni cambios de nivel, ni escaleras y son estancias geoméricamente cuadradas que no presentan cambios de dirección ni intersecciones. La luz emitida va a ser vista desde cualquier parte de la estancia, haciendo visible en todo momento la salida, tanto de la sala de máquinas como del centro de transformación.

#### 14.2.1. Luminaria de emergencia

La luminaria a instalar debe cumplir con las condiciones básicas de iluminación en caso de emergencia y debe señalizar correctamente los puntos de evacuación de las salas. Se van a colocar 30 cm por encima del marco superior de las salidas en una posición centrada respecto a los dos marcos laterales.

La luminaria elegida es la URA21 de la casa Legrand de 4,83 kW de potencia por ofrecer las prestaciones óptimas, con bajo consumo potencia y muy buen rendimiento, para el alumbrado de emergencia de la central minihidráulica. En el *Anexo XIII* se muestran sus especificaciones.

#### 14.3. Tomas de corriente

Se va a realizar una instalación de tomas de corriente para conectar todos aquellos equipos eléctricos que así lo requieran. Para ello se va a tener en cuenta la tensión y la frecuencia a la que funcionan las tomas a elegir.

Se ha elegido la toma de corriente de la casa Legrand, gris, ABS, sin interruptor exterior, 16A, IP55 230V ac., ya que se adapta perfectamente a las características de las instalaciones. La ficha técnica se muestra en el *Anexo XIII*.

En la sala de máquinas se van a instalar un total de 7 enchufes y en el centro de transformación otros 2, al no haber tantos equipos que requieran toma de corriente. Su instalación se realizará a una altura de 1,20 m respecto al suelo y su distribución se muestra el *Plano 5* y *Plano 10*.

Se estima que la potencia máxima que son capaces de suministrar es de 5 kW.

#### 14.4. Equipos electrónicos reguladores

En la central minihidráulica hay diferentes equipos reguladores que requieren ser alimentados para funcionar. Estos equipos ya se han mencionado en apartados anteriores y es por ello que ahora solo se van a tener en cuenta para el posterior cálculo de potencia instalada. Los equipos son los siguientes:

- Sistema de regulación OSSBERGER, con una potencia de 10 kW.
- Automatización de los equipos, con una potencia de 7,5 kW
- Cuadro de distribución con sistema OTmation SCADA-COMFORT formado por un regulador de turbina, mando de la planta y un distribuidor del generador, con una potencia global de 50 kW.

La potencia consumida por todos ellos es de aproximadamente 67,5 kW.

#### 14.5. Previsión de potencia de las instalaciones de baja tensión

La previsión de potencia de la central hidráulica en lo que a instalaciones de baja tensión se refiere, se calcula sumando todas las potencias de los equipos que van a ser alimentados en BT. A continuación, se muestran todas las instalaciones con sus respectivas potencias.

**Tabla 12. Previsión de potencia de las instalaciones de BT.**

<b>Equipos e instalaciones</b>	<b>Potencia (W)</b>
Alumbrado interior	200
Alumbrado de emergencia	9,66
Línea de tomas de corriente	5.000
Equipos electrónicos reguladores y de control	67.500
Futuras instalaciones	30.000
<b>Total</b>	<b>102.709,66</b>

Se establece que la potencia de las instalaciones de baja tensión de la central minihidráulica es de 102.709,66 W.

### **15. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

El centro de transformación está compuesto por el transformador de generación, el transformador reductor, las correspondientes celdas de media tensión, el cuadro de baja tensión y las puestas a tierra de las masas y de los neutros de los transformadores.

#### 15.1. Selección de los transformadores de la central minihidráulica

Un transformador es un elemento eléctrico capaz de variar la tensión de un circuito eléctrico sin modificar el valor de la potencia. Este utiliza el fenómeno de la inducción electromagnética para cambiar la tensión gracias a las dos bobinas de material conductor que lo conforman.

##### 15.1.1. Tipos de transformadores

Los transformadores pueden clasificarse según muchos aspectos, como puede ser el nivel de tensión de los devanados primario y secundario, la estructura del núcleo, el material con el que se fabrican, el tipo de aislamiento, el tipo de instalación, las aplicaciones para las que se han confeccionado, etc.

##### 15.1.2. Selección del transformador de generación

Para la correcta selección y dimensionado del transformador hay que tener en cuenta cuatro parámetros fundamentales, los cuales se exponen a continuación.

- Nivel de tensión del devanado primario. Depende del nivel de tensión presente en la línea de tensión más próxima a la central.
- Nivel de tensión del devanado secundario. Corresponde al nivel de tensión que va a utilizar el generador para crear la energía eléctrica a partir de la energía mecánica obtenida en la turbina.
- Refrigeración. Esta puede ser mediante aceite mineral, aceite vegetal, o de tipo seco.
- Potencia del transformador. Depende de la potencia que sea capaz de proporcionar el generador.

A partir de los datos obtenidos a lo largo del proyecto se establece que:

- El nivel de tensión del primario es de 20.000 V ya que la línea de tensión más próxima tiene este nivel de tensión. Esta línea se muestra en la *Ilustración 16*.



**Ilustración 16. Línea de tensión más cercana a la central minihidráulica.**

Gracias al nivel de aislamiento de la torre de tensión se ha podido llegar a conocer qué nivel de tensión tiene esta y, consecuentemente, conocer el nivel de tensión del devanado primario.

- El nivel de tensión del secundario es de 400 V ya que el generador suministra energía a esta tensión.
- El tipo de refrigeración se ha elegido en función de la seguridad y de la comodidad a la hora de instalar y mantener y es por eso que, a pesar de suponer un coste superior, se ha optado por un transformador de tipo seco.
- La potencia del transformador se establece de 250 kVA ya que de entre los rangos de potencia de transformadores es el que mejor se adapta a la potencia nominal del generador, de valor 179 kW.

**Tabla 13. Parámetros fundamentales para el dimensionado y selección del transformador de generación de la central minihidráulica.**

Tensión primario	20.000 V
Tensión secundario	400 V
Refrigeración	Tipo seco
Potencia	250 kVA

El transformador elegido es un TES-R2 Eu548 tier2 encapsulado en resina de la casa TRAFEOLETTRO por adaptarse bien a las características de la generación. En este caso se ha elegido un tier2 ya que se prohíbe la distribución de transformadores tier1 para más allá del 1 de Julio de 2021, no pudiendo garantizar su instalación previa a esta fecha. Además, tienen mejor rendimiento y aunque necesiten una inversión superior, esta es fácilmente recuperable a lo largo de los años de uso. En el *Anexo V* se muestran sus especificaciones.

### 15.1.3. Selección del transformador reductor

Este transformador está destinado a suministrar energía a las instalaciones de BT presentes en la central, reduciendo la tensión de la red a la tensión de servicio. Su dimensionado vendrá dado por los mismos parámetros mencionados en el apartado anterior. Esto significa que se deberá conocer:

- El nivel de tensión del devanado primario. La red funciona a 20 kV así que este será el valor de la tensión del primario.
- El nivel de tensión del devanado secundario. Los equipos funcionan a 230/400 V por lo que la tensión del secundario será de 400 V.
- El tipo de refrigeración del transformador. Por las mismas razones que en el transformador de generación se elige de tipo seco.
- La potencia del transformador. Depende de la potencia instalada en la central ya que este es el encargado de alimentar todos los equipos eléctricos.

**Tabla 14. Parámetros fundamentales para el dimensionado y selección del transformador reductor de la central minihidráulica.**

Tensión primario	20.000 V
Tensión secundario	400 V
Refrigeración	Tipo seco
Potencia	160 kVA

Se ha elegido un transformador de 160 kVA ya que la potencia instalada en la central es de 102.709,66 W, siendo la potencia que mejor se adapta a los requisitos de la central.

El transformador elegido es un transformador Ormazabal tipo A<sub>0</sub> B<sub>K</sub> de 160 kVA, diseñado de acuerdo con los requisitos de la directiva Ecodiseño de la Comisión Europea (Nº 548/2014) válidos para los mercados de la Unión Europea. Sus características se muestran en el *Anexo VI*.

## 15.2. Reja de protección para los transformadores

Para eliminar el peligro de contacto con el transformador se añade una reja de protección específica para máquinas Axelent de la casa Kaiser+Kraft. El conjunto de rejas instaladas debe proporcionar protección total alrededor de los transformadores de forma que no se pueda acceder a contactar con ningún componente. Se ha elegido esta casa por estar especializada en la protección frente a máquinas y por el gran rango de combinaciones que ofrecen sus módulos a la hora de realizar el montaje de las protecciones. Esta protección está compuesta por:

- Módulos de pared de tipo rígido de altura 1900 mm. Esta altura será suficiente para cubrir cualquier posible contacto. Se han buscado módulos de dimensiones 1300, 1200 y 1000 mm de ancho para cuadrar los espacios y que no quede ningún tramo sin cubrir.
- Dos puertas correderas de 1000 mm de ancho para poder acceder al interior en caso de tener que manipular los transformadores.
- Postes de soporte que funcionarán como base de la estructura, situados en las esquinas de la instalación de protección.
- Mecanismo de cierre en las puertas para controlar la entrada en el recinto de los dos transformadores.

Además de todo esto, se instalará una reja de protección también entre los dos transformadores para prevenir cualquier tipo de contacto con un transformador en el caso de estar manipulando el otro.

Las rejas de protección están hechas de alambre de acero de 3 mm de grosor formando una malla de 30x50 mm, según la norma, para prevenir el paso de manos, con soportes de acero de sección cuadrada, todo esto recubierto en polvo. La altura de instalación es de 100 mm desde el nivel del suelo. La distribución de las protecciones se muestra en el *Plano 14* de forma esquemática.

## 15.3. Selección de las celdas de MT

### 15.3.1. Tipo de celda a instalar

Las celdas de MT tienen como objetivo medir la energía eléctrica que proviene del transformador, proteger las instalaciones en caso de fallo y controlar la salida a la red de la energía creada en la central y la entrada hacia las instalaciones de BT. Cada una de estas celdas tiene su función específica y está salvaguardada por su propia capa envolvente metálica.

Las celdas que van a componer el centro de transformación son:

- Celda de línea. Estas celdas están dotadas de un interruptor-seccionador de tres posiciones y permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de MT.

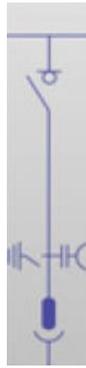


Ilustración 17. Esquema celda de línea.

- Celda de medida. Esta celda posee transformadores de medida de tensión y de intensidad y su valor se muestra a través de contadores, normalmente situados lo más cerca posible de la celda.

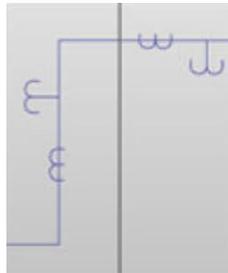


Ilustración 18. Esquema celda de medida.

- Celda de protección con fusibles. Estas celdas incluyen además de un interruptor, protección con fusibles, permitiendo su asociación con el interruptor.



Ilustración 19. Esquema celda de protección con fusibles.

Se han elegido este tipo de celdas ya que se requiere de una celda que conecte el centro de transformación con la línea de MT, lo cual corresponde a la celda de línea, y dependiendo de si el CT es de paso o de punta, habrá una o dos celdas de línea (una de entrada y otra de salida). En este caso, al ser una central que se encuentra en un entorno aislado, sin otros centros de transformación cerca, será un CT de punta y por lo tanto solo habrá una celda de línea. Además de esta celda, se requiere otra que sea capaz de medir los valores de intensidad y tensión de la línea de MT en todo momento. Y, por último, la celda de protección con fusibles, que es la encargada de proteger de las instalaciones en caso de fallo.

### 15.3.2. Celdas instaladas

Las celdas escogidas son las celdas CGM de la casa Ormazabal, y más concretamente las celdas CML (celda de línea), CMP-F (celda de protección con fusibles) y CMM (celda de medida). Sus características principales se muestran en el *Anexo VII*. La elección ha recaído sobre esta casa porque las celdas ofertadas se ajustan a las especificaciones del sistema de la central minihidráulica en:

- Tensión asignada.
- Intensidad asignada.
- Dimensiones adecuadas para el espacio disponible en el centro de transformación.
- Gran proveedor con garantías y muchos años de experiencia.

Además, se ha incluido un sistema de protección frente a sobreintensidades, fugas a tierra y sobrecalentamientos, llamado RPTA, el cual va incluido en la celda CMP-F. Sus especificaciones y funcionamiento quedan expuestos en el *Anexo VII*. Se ha elegido este sistema de protección porque es de la misma casa y encaja a la perfección con el funcionamiento de la celda de protección.

### 15.4. Dimensionado de las puestas a tierra del CT

Una parte importante de los centros de transformación es la seguridad y esta se consigue realizando las conexiones pertinentes de los equipos y componentes del CT a tierra. Los objetivos de estas son:

- Limitar la tensión que puedan presentar en un momento dado las masas metálicas respecto a tierra.
- Asegurar que las protecciones pertinentes actúen.
- Disminuir el riesgo que conlleva una avería en los equipos eléctricos.

Tipos de puesta a tierra:

- Esquema IT. Se utiliza en aquellas aplicaciones donde es imprescindible la continuidad del servicio ya que corta el suministro al segundo fallo.
- Esquema TN. Se utiliza principalmente de forma temporal con grupos electrógenos a diésel.
- Esquema TT. Es el más utilizado en España ya que posee unas grandes cualidades a la hora de proteger a las personas, además de contar con un buen costo operacional.

Tabla 15. Comparativa entre esquemas IT, TN y TT.

	IT	TN	TT
Técnica de operación	Indica el primer defecto y se desconecta al segundo.	Desconexión al primer defecto.	Desconexión al primer defecto.
Técnica de protección	Interconexión y puesta a tierra de las masas metálicas. Desconexión al segundo defecto por protecciones de sobreintensidad.	Interconexión y puesta a tierra de las masas metálicas. Puestas a tierra uniformemente repartidas. Desconexión por protecciones de sobreintensidad.	Interconexión y puesta a tierra de las masas metálicas. Desconexión por interruptores diferenciales.
Usos	Quirófanos, torres de aeropuertos y procesos industriales sensibles.	Instalaciones temporales y de socorro.	Generales, red de distribución pública.

Por tener intensidades de defecto bajas y ser eficiente en la protección de la personas se elige el esquema TT para la instalación en la central minihidráulica. Esto supone la necesidad de distribuir cinco conductores: tres fases, un neutro y un conductor de protección; y la utilización de interruptores diferenciales para proteger contra contactos indirectos.

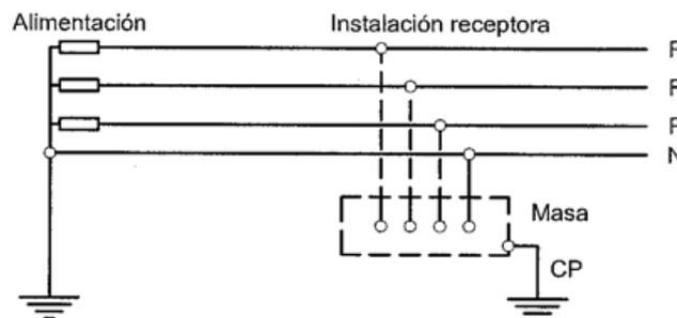


Ilustración 20. Esquema de puesta a tierra TT.

#### 15.4.1. Puesta a tierra de las masas del CT, PaT-P

Para dimensionar correctamente la puesta a tierra de las masas del CT hay que tener en cuenta que la sección de los conductores que conecten las masas con los elementos puestos a tierra deber ser capaz de transportar la máxima corriente que pueda producirse en caso de defecto.

La resistividad del suelo se va a suponer según la norma ITC-BT-18 de 100  $\Omega \cdot m$ , ya que la central está situada en un terreno donde predomina el cultivo de naranjos y por el cual discurre el canal de la Acequia Mayor de Sagunto, suponiendo un terreno cultivable y con una humedad considerable.

Para determinar los valores característicos de la puesta a tierra de las masas del CT se va a seguir el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría” de UNESA.

15.4.1.1. Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría para la puesta a tierra de las masas del CT

La MIE-RAT 13 establece que la tensión máxima aplicable al cuerpo humano es:

$$V_{ca} = \frac{k}{t^n}$$

$V_{ca}$ : Tensión aplicada, en V.

$t$ : Duración de la falta, en s.

$k$  y  $n$ : Constantes en función del tiempo.

Tabla 16. Valores de las constantes  $k$  y  $n$  según la duración de la falta.

t (s)	k	n
$0,9 > t > 0,1$	72	1
$3 > t > 0,9$	78,5	0,18
$5 > t > 3$	64	0
$t > 5$	50	0

Los valores máximos admisibles de las tensiones de paso y contacto y que no pueden ser superados en la instalación son:

Tensión de paso (V): 
$$V_p = \frac{10 \cdot k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{1000}\right)$$

Tensión de contacto (V): 
$$V_c = \frac{k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{1,5 \cdot \rho_s}{1000}\right)$$

$\rho_s$ : Resistividad superficial del terreno, en  $\Omega \cdot m$ .

Para evitar que la sobretensión que aparece al producirse un defecto en el aislamiento del circuito de alta tensión deteriore los elementos de baja tensión, el electrodo de puesta a tierra debe tener un efecto limitador, de forma que la tensión de defecto sea inferior a la que soportan dichas instalaciones.

$$V_d = R_t \cdot I_d$$

$$V_{bt} \geq V_d$$

$V_d$ : Tensión de defecto, en V.

$V_{bt}$ : Tensión soportada a frecuencia industrial por la instalación de baja tensión, en V.

$R_t$ : Resistencia del electrodo, en  $\Omega$ .

$I_d$ : Intensidad de defecto, en A.

La intensidad máxima de defecto deberá ser la mínima posible, pero esta deberá ser capaz de superar el valor de intensidad al cual saltan las protecciones instaladas.

$$I_d \geq I_a$$

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

$I_d$ : Intensidad máxima de defecto a tierra, en A.

$I_a$ : Intensidad de activación, en A.

$U$ : Tensión compuesta de servicio de la red, en V.

$R_n$ : Resistencia de puesta a tierra del neutro de la red (característico de cada red), en  $\Omega$ .

$R_t$ : Resistencia de puesta a tierra de protección del centro, en  $\Omega$ .

$X_n$ : Reactancia de puesta a tierra del neutro de la red (característico de cada red), en  $\Omega$ .

La resistencia de puesta a tierra de la instalación y las tensiones de paso máxima y de contacto exterior máxima se obtienen de la siguiente forma:

$$R_t = k_r \cdot \rho$$

$$V'_p = I_d \cdot k_p \cdot \rho$$

$$V'_c = I_d \cdot k_c \cdot \rho$$

$k_r, k_p$  y  $k_c$ : Constantes dependientes del tipo de protección.

$V'_p$ : tensión de paso máxima, en V.

$V'_c$ : Tensión de contacto exterior máxima, en V.

Sabidas todas estas expresiones y fórmulas, un electrodo de puesta a tierra debe cumplir las siguientes condiciones.

- Seguridad de las personas:

$$V'_p \leq V_p \quad I_d \cdot k_p \cdot \rho \leq \frac{10 \cdot k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{1000}\right)$$

$$V'_c \leq V_c \quad I_d \cdot k_c \cdot \rho \leq \frac{k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{1,5 \cdot \rho_s}{1000}\right)$$

- Protección del material:

$$V_{bt} \geq V_d \quad V_{bt} \geq R_t \cdot I_d$$

- Limitación de la corriente de defecto:

$$I_d \geq I_a$$

#### 15.4.1.2. Selección del electrodo de puesta a tierra de las masas del CT

El electrodo escogido tiene la configuración 20-20/5/00, es decir, un cuadrado de 2 m de lado a 0,8 m de profundidad y con ninguna pica, ya que es el electrodo más sencillo que cumple

con las condiciones especificadas en el *Anexo VIII*. No se ha elegido el de profundidad 0,5 m ya que no cumplía con todas las condiciones.

El electrodo horizontal de puesta a tierra está constituido por cable enterrado, desnudo, de cobre de 50 mm<sup>2</sup>, según NI 54.10.01 “Conductores desnudos de cobre para líneas eléctricas aéreas y subestaciones de alta tensión”.

La conexión desde el CT hasta el electrodo se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

La conexión entre este conductor y el electrodo se realizará mediante una grapa de latón de tipo GCP/C16 según Norma informativa NI 58.26.04 “Herraje y accesorios para líneas de Alta Tensión. Grapa de conexión paralela y sencilla”.

Puesto que no se cumple la condición de tensión de contacto ya que la tensión admisible es muy reducida y para dimensionar un electrodo de estas características se necesita mucha infraestructura e inversión elevada, el centro de transformación constará con la instalación de un mallazo electrosoldado con redondos de diámetros de 4 mm, formando una retícula de 0,3 x 0,3 m. Este mallazo se conectará en los puntos opuestos a la puesta de tierra del centro de transformación. Esto previene que una persona que acceda a una parte del CT que sea susceptible de quedar a tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo a la tensión de contacto y de paso interior. Esta instalación se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor.

Las masas del CT que requieren ser conectadas a tierra son:

- Cubas de las transformadores.
- Celdas de MT.
- Armario de BT.
- Mallazo.
- Rejas de protección contra contacto.

#### 15.4.2. Puesta a tierra del neutro del transformador de generación, PaT-S

##### 15.4.2.1. Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría para la puesta a tierra de servicio

Solo en el caso de que la tensión de defecto sea inferior a 1000 V, se podrá disponer de una sola puesta a tierra para los sistemas de protección y de servicio.

En función de las intensidades de defecto, los valores de las resistencias que permiten la interconexión de los dos sistemas a una tierra única son los siguientes.

**Tabla 17. Resistencia máxima del electrodo para puesta a tierra única**

<b>I<sub>d</sub> (A)</b>	<b>R<sub>t</sub> (Ω)</b>
50	20
100	10
150	6,5
200	5

300	3
500	2
1000	1

Si no se cumple esta condición la puesta a tierra de servicio viene determinada por la puesta a tierra de las masas del centro de transformación ya que esta no puede afectar a ninguna puesta a tierra y es por eso que se debe establecer una separación entre las dos. La máxima diferencia de potencial que puede aparecer entre el neutro del transformador y una tierra lejana no afectada no debe ser superior a 1000 V según la MI BT 017. Sabiendo esto, la distancia mínima entre electrodos queda:

$$D \geq \frac{\rho \cdot I_d}{2000 \cdot \pi}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección, como mínimo, contra daños mecánicos.

La resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37  $\Omega$ . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación interior, protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA, no ocasione en el electrodo de puesta a tierra de servicio una tensión superior a 24 V.

#### 15.4.2.2. Selección del electrodo de puesta a tierra del neutro del transformador de generación

La puesta a tierra de servicio constará de una pica vertical de 3 metros de profundidad, ya que la resistencia de puesta a tierra con esta pica es de 33,3  $\Omega$ , separada 6 metros respecto a la puesta a tierra de las masas de MT del CT.

La pica seguirá el tipo de picas de tierra verticales, de acero cobrizado de 14 mm de diámetro, y de 3 metros de longitud, del tipo PL 14-2000, según NI 50.26.01 “Picas cilíndricas de acero-cobre”, que podrán estar formadas por elementos empalmables.

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

La conexión entre el conductor y la pica se realizará mediante una grapa de conexión para pica cilíndrica de acero cobrizado, tipo GC-P 14,6/C-50, según Norma informativa NI 58.26.03 “Grapa de conexión para pica cilíndrica acero-cobre”.

#### 15.4.3. Puesta a tierra del neutro del transformador reductor, PaT-S

##### 15.4.3.1. Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría para la puesta a tierra de servicio

El método a seguir va a ser el mismo que en el apartado anterior sobre el dimensionado del electrodo de la puesta a tierra del neutro del transformador de generación.

#### 15.4.3.2. Selección del electrodo de puesta a tierra del neutro del transformador reductor

La puesta a tierra de servicio constará de una pica vertical de 3 metros de profundidad, ya que la resistencia de puesta a tierra con esta pica es de  $33,3 \Omega$ , separada 6 metros respecto a la puesta a tierra de las masas de MT del CT y a la puesta a tierra del otro transformador.

La pica seguirá el tipo de picas de tierra verticales, de acero cobrizado de 14 mm de diámetro, y de 3 metros de longitud, del tipo PL 14-2000, según NI 50.26.01 “Picas cilíndricas de acero-cobre”, que podrán estar formadas por elementos empalmables.

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

La conexión entre el conductor y la pica se realizará mediante una grapa de conexión para pica cilíndrica de acero cobrizado, tipo GC-P 14,6/C-50, según Norma informativa NI 58.26.03 “Grapa de conexión para pica cilíndrica acero-cobre”.

## **16. CIRCUITOS DE BAJA TENSIÓN**

Los circuitos que componen las instalaciones de baja tensión deben estar dimensionados específicamente para cada una de sus funciones. Para cada uno de estos circuitos se va a dimensionar el cableado teniendo en cuenta la potencia que van a tener que suministrar. Los circuitos son los siguientes:

- Circuito de alumbrado principal y de emergencia  $\rightarrow 209,66 \text{ W}$
- Circuito de tomas de corriente  $\rightarrow 5.000 \text{ W}$
- Circuito de equipos electrónicos reguladores y de control  $\rightarrow 67.500 \text{ W}$
- Circuito completo de donde se bifurcan los anteriores.

## **17. CONEXIONES PRINCIPALES DE LA CENTRAL MINIHIDRÁULICA. SELECCIÓN Y DIMENSIONADO DEL CABLEADO**

El dimensionado de cables es muy importante a la hora de realizar una instalación ya que de ello depende el óptimo funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos y el correcto transporte de la energía eléctrica sin que se produzcan sobrecalentamientos, cortocircuitos o, en general, fallos eléctricos en el sistema.

### 17.1. Tipos de conductores

Los conductores eléctricos se pueden clasificar según muchos parámetros. A continuación, se muestra su clasificación.

- Por su constitución pueden ser:
  - Hilos.
  - Cables.
- Por el número de cables pueden ser:
  - Sencillos o unipolares.
  - Múltiples o multipolares, que según su estructura se dividen en:
    - Planos.
    - Cilíndricos.
    - Sectoriales.
- Por el aislamiento de los cables pueden ser:
  - Desnudos.
  - Aislados, que se dividen a su vez en:
    - Secos: barniz, goma, PVC, polietileno, neopreno, etileno-propileno, butil, silicona...
    - Impregnados: papel mezcla normal, papel mezcla no escurriente.

### 17.2. Materiales para cableado

Los materiales que desempeñan esta función deben destacar en determinadas propiedades físicas como lo resistividad, densidad, dilatación o resistencia, entre otras. A continuación, se muestran una tabla con los materiales más utilizados en el sector de cableado eléctrico por su conductividad.

**Tabla 18. Propiedades físicas de los materiales más comúnmente usados en cableado eléctrico.**

	Cobre	Aluminio	Almelec	Acero
Resistividad a 20°C ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )	0,017241	0,028264	0,0325	0,163
Coefficiente de resistividad / temperatura a 20°C ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	0,00393	0,00403	0,00360	0,00650
Coefficiente de dilatación lineal	$17 \cdot 10^{-6}$	$23 \cdot 10^{-6}$	$23 \cdot 10^{-6}$	$11.2 \cdot 10^{-6}$
Densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	8970	2703	2700	7800
Carga de rotura ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )	40	15	35	180

Los materiales más usados son el aluminio y el cobre por su gran capacidad conductora y sus buenas propiedades físicas. A continuación, se detalla una comparativa entre estos dos materiales:

Tabla 19. Comparativa entre cobre y aluminio.

Cobre	Aluminio
Mejor conductividad eléctrica (1/58 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )	Peor conductividad eléctrica (1/35 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )
Mejor conductor térmico	Peor conductor térmico
Mayor resistencia mecánica	Menor resistencia mecánica
Menor sección para la misma caída de tensión	Mayor sección para la misma caída de tensión
Mayor resistencia a la corrosión	Menor resistencia a la corrosión
Mayor coste inicial	Menor coste inicial
Mayor densidad	Menor densidad
Menor maleabilidad	Mayor maleabilidad
Mayor coste	Menor coste

Es por estas características que el cobre se utiliza en prácticamente todas las instalaciones eléctricas, excepto en aquellas en las que el aluminio supone una ventaja a la hora de conectar ciertas instalaciones por su ligereza y coste, principalmente.

### 17.3. Materiales aislantes de cables

Para que un material sea buen aislante debe cumplir las siguientes características:

- Eléctricas:
  - Resistividad elevada.
  - Rigidez dieléctrica elevada.
  - Pérdidas dieléctricas bajas.
  - Constante dieléctrica baja.
- Mecánicas:
  - Resistencia a la compresión.
  - Resistencia a la tracción.
  - Flexibilidad.
- Físicas:
  - Soportar adecuadamente las temperaturas.
  - No ser absorbente de humedad.
- Químicas:
  - No ser corrosivo ni con el medio ambiente ni con el medio físico.

Los materiales que cumplen con todos estos requisitos, en general, tienen origen plástico por sus buenas cualidades aislantes.

- Termoplásticos.

- El policloruro de vinilo o PVC, con una muy buena resistencia a la humedad y una temperatura de 70-80°C.
- El polietileno o PE, utilizado en alta tensión y cables de comunicaciones con una temperatura de 60°C.
- Termostables.
  - Polietileno reticulado o XLPE, para aplicaciones tanto de baja como de alta tensión, con problemas de humedad y una temperatura de 90°C.
- Elastómeros.
  - Caucho natural y sintético.
  - Etileno-propileno o EPR, con una temperatura de 90°C.
- Otros materiales.
  - Poliefinas, para atmósferas explosivas ya que no propagan las llamas.
  - Papel impregnado de aceite.
  - Materiales resistentes a altas temperaturas como son la silicona, el teflón...

Los materiales aislantes más utilizados en el cableado de instalaciones suelen ser PVC, PE, XLPE o EPR, por sus grandes prestaciones.

**Tabla 20. Temperatura límite en funcionamiento normal de los materiales aislantes más utilizados.**

	PVC	PE	XLPE	EPR
Temperatura límite del material aislante	75°C	70°C	90°C	90°C

#### 17.4. Criterio térmico

Este dimensionado de conductores se basa en identificar de entre los tipos de materiales conductores, el tipo de aislamiento, diferentes secciones y varios tipos de instalación, aquella combinación que permita alimentar una carga determinada en régimen permanente al menor coste y sin superar los límites térmicos del cable.

Así que este método se basa en la selección de:

- Tipo de conductor: cobre o aluminio.
- Tipo de aislamiento: PVC, EPR o XLPE.
- Secciones de cable normalizadas en mercado:

**Tabla 21. Secciones de cable normalizadas en mercado.**

Secciones normalizadas (mm <sup>2</sup> )						
0,5	1,5	6	25	70	150	300
0,75	2,5	10	35	95	185	400
1	4	16	50	120	240	500

Se trata de calcular la intensidad a transportar por los conductores ( $I_B$ ) y seleccionar la sección que permita no superar la densidad máxima admisible para este conductor gracias a las Tablas 52-B1 y A.52-1 bis. de la norma UNE 20460-5-523:2004, donde se indica la intensidad admisible de los conductores ( $I_Z$ ). Aquí hay que tener en cuenta los factores de corrección aplicables según la norma ITC BT 07, teniendo en cuenta la temperatura exterior, disposición de cables o resistividad del terreno, entre otros. Una vez se elige la sección correcta se pueden comparar cables que cumplan con todo lo especificado anteriormente.

#### 17.5. Guía técnica para la selección de cables de MT

Para el dimensionado de esta línea se va a seguir la ITC LAT 06 del *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión*. Lo primero que hay que hacer es conocer el nivel de tensión del cable que se va a instalar y esto se hace clasificando la red categoría A, B o C. Una vez se conoce esto, se debe determinar tanto el material del conductor como el material aislante, conocer el tipo de instalación (enterrada o aérea), y por último calcular la sección del cable atendiendo a la intensidad máxima admisible por el cable en servicio permanente y a la intensidad de cortocircuito.

#### 17.6. Dimensionado del cableado en la central minihidráulica

El cableado que se va a diseñar en la central minihidráulica de Torres Torres está compuesto por los siguientes tramos.

##### 17.6.1. Tramo de generador – transformador de generación

El material del conductor que conformará este tramo va a ser cobre, por sus mejores capacidades conductoras y por utilizar una sección menor que el aluminio para el mismo nivel de tensión, ya que el conductor irá instalado en canaleta empotrada en el suelo menos en el tramo que recorre la pared, que irá instalado en conductos perfilados empotrados.

El aislante de los conductores será XLPE por presentar mejores características respecto a aislamiento que el PVC, ya que al ser un material termoestable ofrece mejores condiciones mecánicas y eléctricas para conducir la electricidad. Presenta una temperatura máxima de servicio 20°C mayor que la del PVC y permite transportar mayor intensidad en la misma sección.

El cable será multipolar, formado por 3 cables para fases y uno para el neutro.

El tramo de generador-transformador queda:

$$\text{Línea de BT: } 3F \times 185 \text{ mm}^2 + 1N \times 95 \text{ mm}^2$$

El cable escogido es un POWERHARD F RVFV-K de 0,6/1 kV 3 x 185 + 1 x 95 mm<sup>2</sup>, ya que está preparado para condiciones industriales, es resistente a fuerzas mecánicas, al agua y no propaga la llama. Además, tiene buen rango de actuación en cuanto a temperaturas. En el *Anexo XI* se muestran los cálculos realizados y en el *Anexo XII* la ficha técnica del cable seleccionado.

#### 17.6.2. Tramo de alumbrado principal y de emergencia

El material del conductor va a ser cobre, por las mismas razones que en el tramo anterior e irá instalado en conducto sobre la pared. El aislante de los conductores será XLPE por presentar mejores características respecto a aislamiento.

El cable será multipolar, formado por un cable para una fase, uno para el neutro y otro para el conductor de protección.

El tramo correspondiente al centro de transformación, de longitud 5 m, queda:

$$1F x 1,5 \text{ mm}^2 + 1N x 1,5 \text{ mm}^2 + 1CdP x 1,5 \text{ mm}^2$$

El tramo correspondiente a la sala de máquinas, de longitud 20 m, queda:

$$1F x 1,5 \text{ mm}^2 + 1N x 1,5 \text{ mm}^2 + 1CdP x 1,5 \text{ mm}^2$$

El cable escogido es un POWERHARD F RVFV-K de 0,6/1 kV 3 x 1,5 mm<sup>2</sup>, ya que está preparado para condiciones industriales, es resistente a fuerzas mecánicas, al agua y no propaga la llama. Además, tiene buen rango de actuación en cuanto a temperaturas. En el *Anexo XI* se muestran los cálculos realizados y en el *Anexo XII* la ficha técnica del cable seleccionado.

#### 17.6.3. Tramo de tomas de corriente

El material del conductor va a ser cobre, por las mismas razones que en el tramo anterior e irá instalado en conducto sobre la pared. El aislante de los conductores será XLPE por presentar mejores características respecto a aislamiento.

El cable será multipolar, formado por un cable para una fase, uno para el neutro y otro para el conductor de protección.

El tramo correspondiente al centro de transformación, de longitud 7 m, queda:

$$1F x 1,5 \text{ mm}^2 + 1N x 1,5 \text{ mm}^2 + 1CdP x 1,5 \text{ mm}^2$$

El tramo correspondiente a la sala de máquinas, de longitud 25 m, queda:

$$1F x 2,5 \text{ mm}^2 + 1N x 2,5 \text{ mm}^2 + 1CdP x 2,5 \text{ mm}^2$$

El cable escogido es un POWERHARD F RVFV-K de 0,6/1 kV 3 x 1,5 mm<sup>2</sup> en el tramo del centro de transformación, y de 3 x 2,5 mm<sup>2</sup> en el tramo de la sala de máquinas, ya que está preparado para condiciones industriales, es resistente a fuerzas mecánicas, al agua y no propaga la llama. Además, tiene buen rango de actuación en cuanto a temperaturas. En el *Anexo XI* se muestran los cálculos realizados y en el *Anexo XII* la ficha técnica del cable seleccionado.

#### 17.6.4. Tramo de equipos electrónicos reguladores y de control

El material del conductor va a ser cobre, por las mismas razones que en el tramo anterior e irá instalado en conducto sobre la pared. El aislante de los conductores será XLPE en este caso

porque ya se precisan más exigencias ya que los equipos alimentados son muy importantes para el perfecto funcionamiento de la central.

El cable será multipolar, formado por 3 cables para fases, uno para el neutro y otro para el conductor de protección.

El tramo, de longitud 5 m, queda:

$$3F \times 35 \text{ mm}^2 + 1N \times 16 \text{ mm}^2 + 1CdP \times 16 \text{ mm}^2$$

El cable escogido es un POWERHARD F RVFV-K de 0,6/1 kV 5G x 35 mm<sup>2</sup>. No se ha tenido en cuenta las secciones del neutro y del conductor de protección y se ha preferido seleccionar el mismo tipo de cable en todos los circuitos de baja tensión. En el *Anexo XI* se muestran los cálculos realizados y en el *Anexo XII* la ficha técnica del cable seleccionado.

#### 17.6.5. Tramo instalación BT

El material del conductor va a ser cobre, por las mismas razones que en el tramo anterior e irá instalado en conducto sobre la pared. El aislante de los conductores será XLPE en este caso porque ya se precisan más exigencias ya que los equipos alimentados son muy importantes para el perfecto funcionamiento de la central.

El cable será multipolar, formado por 3 cables para fases, uno para el neutro y otro para el conductor de protección.

El tramo, de longitud 5 m, queda:

$$3F \times 95 \text{ mm}^2 + 1N \times 50 \text{ mm}^2 + 1Cdp \times 50 \text{ mm}^2$$

El cable escogido es un POWERHARD F RVFV-K de 0,6/1 kV 5G x 95 mm<sup>2</sup>. No se ha tenido en cuenta las secciones del neutro y del conductor de protección ya que de esta forma se evita tener que instalar protecciones en el neutro. En el *Anexo XI* se muestran los cálculos realizados y en el *Anexo XII* la ficha técnica del cable seleccionado.

#### 17.6.6. Tramo de transformador de generación – red (MT)

La categoría a la que pertenece la red es la Categoría A, ya que comprende aquellos sistemas en los que el conductor de cualquier fase que pueda entrar en contacto con tierra, o con un conductor de tierra, es desconectado del sistema en un tiempo inferior a un minuto. Esta categoría, junto con la tensión nominal de la red de 20 kV, hace que el cable a utilizar tenga una tensión asignada de 12/20 kV.

Para este caso, se van a utilizar cables unipolares ya que son más manejables y prácticos para la confección de terminales, empalmes o conectores. Se van a instalar un total de 3, uno para cada fase. El conductor será aluminio por su menor coste y mayor maleabilidad, y el aislante, etileno-propileno de alto módulo (HEPR) por su mayor resistencia al envejecimiento térmico y su elevada resistencia al fenómeno de las descargas parciales. Esta línea irá instalada bajo tubo a una profundidad de 1 m.

El tramo de transformador de generación-red queda:

**Línea de MT:  $3F \times 95 \text{ mm}^2$**

El cable elegido es el AL EPROTENAX H COMPACT (AL HEPRZ1) con una tensión asignada de 12/20 kV porque ofrece muy buen aislamiento. En el *Anexo XI* se muestran los cálculos realizados y en el *Anexo XII* la ficha técnica del cable seleccionado.

#### 17.6.7. Tramo transformador reductor – red (MT)

Para el dimensionado de esta línea se va a seguir usando la ITC LAT 06 del *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión*, al igual que en el apartado anterior.

La categoría a la que pertenece la red es la Categoría A, ya que comprende aquellos sistemas en los que el conductor de cualquier fase que pueda entrar en contacto con tierra, o con un conductor de tierra, es desconectado del sistema en un tiempo inferior a un minuto. Esta categoría, junto con la tensión nominal de la red de 20 kV, hace que el cable a utilizar tenga una tensión asignada de 12/20 kV.

Para este caso, se van a utilizar cables unipolares ya que son más manejables y prácticos para la confección de terminales, empalmes o conectores. Se van a instalar un total de 3, uno para cada fase. El conductor será aluminio y el aislante, etileno-propileno de alto módulo (HEPR) por su mayor resistencia al envejecimiento térmico y su elevada resistencia al fenómeno de las descargas parciales. Esta línea irá instalada bajo tubo a una profundidad de 1 m.

El tramo de transformador reductor-red queda:

**Línea de MT:  $3F \times 95 \text{ mm}^2$**

El cable elegido es el AL EPROTENAX H COMPACT (AL HEPRZ1) con una tensión asignada de 12/20 kV porque ofrece muy buen aislamiento. En el *Anexo XI* se muestran los cálculos realizados y en el *Anexo XII* la ficha técnica del cable seleccionado.

## 18. PROTECCIONES DE LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN

Las protecciones de las instalaciones de baja tensión serán capaces de proteger frente a sobrecorrientes que puedan presentarse en estas. Para ello, se realizará una interrupción de cada circuito con un tiempo conveniente o los equipos estarán dimensionados para las sobrecorrientes previsibles. La norma ITC BT 22 regula estas protecciones.

Los parámetros que se necesitan a la hora de dimensionar estos equipos de protección y maniobra son:

- La corriente de utilización de la línea  $I_B$ .
- La capacidad de corriente en régimen permanente de la sección  $I_Z$ .

- El material aislante del cable con su correspondiente constante k.
- La corriente de cortocircuito  $I_{cc}$  en el punto de instalación del dispositivo.

### 18.1. Protección frente a sobreintensidades

El dispositivo de protección debe poseer un poder de corte mayor o igual que el valor de cortocircuito en el punto de aplicación. Además, según la norma UNE 20-460-4-43 hay que cumplir las siguiente condiciones:

Condición 1:  $I_B \leq I_N \leq I_Z$

Condición 2: Para magnetotérmicos:  $I_2 = 1,45 \cdot I_Z$  Para fusibles:  $I_2 = 1,6 \cdot I_Z$

$I_B$ : Intensidad de utilización, en A.

$I_Z$ : Intensidad admisible del conductor en régimen permanente, en A.

$I_N$ : Intensidad nominal asignada regulada del dispositivo de protección (calibre), en A.

$I_2$ : Intensidad convencional que asegura el funcionamiento efectivo del dispositivo de protección (disparo o fusión), en A.

### 18.2. Protección frente a cortocircuitos

Según la norma ITC BT 22, todo dispositivo de protección contra cortocircuitos debe cumplir las dos condiciones siguientes:

Condición 1: El poder de corte del dispositivo de protección deber ser igual o mayor que la intensidad de cortocircuito máxima prevista en su punto de la instalación.

Condición 2: El tiempo de corte de toda corriente que resulte de un cortocircuito que se produzca en un punto cualquiera del circuito, no debe ser superior al tiempo que los conductores tardan en alcanzar su temperatura límite admisible.

$$I^2 \cdot t = k^2 \cdot S^2$$

t: Duración del cortocircuito, en s.

S: Sección, en mm<sup>2</sup>.

k: Constante cuyos valores vienen determinados en la norma UNE 20460-4-43

I: Corriente de cortocircuito efectiva expresada en valor eficaz, en A.

**Tabla 22. Valores de k extraídos de la norma UNE 20460-4-43.**

Conductor	Aislamiento	k (A·s <sup>0,5</sup> /mm <sup>2</sup> )
Cu	PVC	115
Cu	XLPE	143
Al	PVC	76
Al	XLPE	94

Adicionalmente, para una mayor seguridad y como medida contra riesgo de incendio, en el caso de instalar un interruptor automático, la corriente de accionamiento del disparador

electromagnético debe ser inferior a la corriente de cortocircuito mínima prevista en ese punto de la instalación.

### 18.3. Dispositivos de protección de la instalación de BT en la central

Para asegurar la protección tanto de las personas como de los materiales, se va a instalar un interruptor magnetotérmico en la línea general de baja tensión y un interruptor magnetotérmico y un diferencial para cada uno de los circuitos de BT, para proteger de cortocircuitos y sobrecargas.

A continuación, se especifican todos estos dispositivos para cada uno de los circuitos y líneas. Su elección ha sido determinada gracias al estudio de las necesidades de cada línea, pudiéndose observar esto en el *Anexo XIV*.

#### 18.3.1. Interruptores magnetotérmicos

##### 18.3.1.1. Circuito alumbrado

El interruptor magnetotérmico elegido es un Acti 9 iC60 de calibre 10 A de 2 polos de curva C, tanto para el circuito de la sala de máquinas como para el centro de transformación. Se ha elegido este modelo por adecuarse a todas las condiciones requeridas por los circuitos y garantizar la seguridad de las instalaciones. En el *Anexo XIV* se muestra su ficha técnica.

##### 18.3.1.2. Circuito tomas de corriente

Para el centro de transformación se ha elegido el modelo Acti 9 iC60 de calibre 10 A de 2 polos de curva C, y para la sala de máquinas el modelo Acti 9 iC60 de calibre 20 A, ya que el anterior no cubre las necesidades de este circuito. En el *Anexo XIV* se muestra su ficha técnica.

##### 18.3.1.3. Circuito equipos reguladores y de control

Para los equipos reguladores y de control se va a utilizar el modelo Acti 9 C120 de calibre 100 A de 4 polos de curva C. Aquí el PdC es mayor que el dimensionado, pero esto no significa que esté mal dimensionado, sino que más capacidad de corte tendrá en caso de fallo del sistema. En el *Anexo XIV* se muestra su ficha técnica.

##### 18.3.1.4. Circuito completo instalación BT

Para el caso del circuito de donde se bifurcan todas las instalaciones de baja tensión, se va a instalar un modelo Acti 9 C120 de calibre 125 A de 4 polos de curva D. Se ha tenido en cuenta la intensidad que supone la utilización de los equipos presentes en la instalación y no las posibles futuras ampliaciones, ya que, si se tuviera en cuenta, para el caso del proyecto, no se protegería como es debido y supondría un fallo importante. Además, también se ha tenido en

cuenta la selectividad de los magnetotérmicos, para evitar que actúe primero las protecciones de aguas arriba. En el *Anexo XIV* se muestra su ficha técnica.

### 18.3.2. Interruptores diferenciales

#### 18.3.2.1. Circuito alumbrado

El interruptor diferencial elegido es un Acti 9 iID de calibre 16 A de 2 polos y de 30 mA de sensibilidad, tanto para el circuito de la sala de máquinas como para el centro de transformación. Se ha elegido este por adecuarse a todas las condiciones requeridas por los circuitos y garantizar la seguridad de las personas. En el *Anexo XIV* se muestra su ficha técnica.

#### 18.3.2.2. Circuito tomas de corriente

Para el centro de transformación se ha elegido el modelo Acti 9 iID de calibre 16 A de 2 polos, y para la sala de máquinas el modelo Acti 9 iID de calibre 25 A de 2 polos, ya que el anterior no cubre las necesidades de este circuito. Para los dos la sensibilidad es de 30 mA. En el *Anexo XIV* se muestra su ficha técnica.

#### 18.3.2.3. Circuito equipos reguladores y de control

El interruptor diferencial que se va a instalar es el modelo Acti 9 RCCB-ID de calibre 125 A de 4 polos. Para la elección de este modelo se ha tenido en cuenta la intensidad de utilización de la línea y la sensibilidad de disparo a la fuga a tierra, para la protección de las personas. En el *Anexo XIV* se muestra su ficha técnica.

### 18.4. Armario modular para la instalación de las protecciones

El armario que se va a situar en el centro de transformación debe tener la capacidad de albergar todos los equipos magnetotérmicos y diferenciales mencionados en los apartados anteriores.

El armario elegido es el modelo PRAGMA de 13 módulos distribuidos en 3 filas y de instalación sobre superficie. Se ha elegido este modelo de 13 módulos con el fin de poder albergar posibles futuras instalaciones de más circuitos, repartidos en 3 líneas por comodidad a la hora de identificar cada circuito. En el *Anexo XIV* se muestra su ficha técnica.

## **19. NECESIDADES DE OBRA CIVIL EN LA CENTRAL MINIHIDRÁULICA**

La obra civil necesaria para el correcto funcionamiento de los distintos equipos mecánicos y eléctricos y, en definitiva, de la central minihidráulica se va a confeccionar en función de estos mismos equipos. Además de esto, también se va a tener en cuenta la seguridad de las instalaciones ya que el estado actual de la central supone un riesgo para el material y los humanos.

Para garantizar que todos los equipos puedan disfrutar de las mejores condiciones posibles se van a tener en cuenta las siguientes medidas:

- En la sala de la turbina es necesaria una ampliación que afectaría a la pared lateral contraria a la puerta de entrada. Esta se requiere para la instalación tanto de la turbina como del generador y demás equipos mecánicos y electrónicos presentes en la sala, duplicando el espacio que había anteriormente. Las nuevas dimensiones de la sala quedan plasmadas en el *Plano 4*.
- En la centro de transformación se van a derrumbar los compartimentos existentes para lograr un espacio abierto donde puedan ser instalados con facilidad todos los equipos encargados de manipular la energía eléctrica. Además, sería conveniente la instalación de un falso techo para crear una sala estanca y así tener más control sobre los distintos elementos presentes en ella. No será necesaria ninguna modificación de la estructura excepto la pertinente instalación del mallazo para crear una superficie equipotencial.
- En ambas salas se debería llevar a cabo una limpieza de paredes, techos y suelos, para poder aplicar un revestimiento de mortero con el fin de adecuar las superficies para poder aplicar una capa de pintura que prevendría de humedades y proporcionaría limpieza y pulcritud.
- En el ámbito general, sería muy recomendable la restauración de la cubierta de esta parte de la construcción para garantizar la no filtración de aguas en las instalaciones y resguardar el recinto de cualquier fenómeno natural.

## **20. VIABILIDAD SOCIAL Y MEDIOAMBIENTAL**

Este proyecto tiene como objetivo remodelar la central minihidráulica situada en la localidad valenciana de Torres Torres, aprovechando la construcción previa de la vieja central.

El hecho de poder suministrar energía eléctrica a la red española significa que se van a crear empleos en las poblaciones de la zona, se va a poder realizar visitas y excursiones a la central con fines educativos y de ocio, se va a poner en valor la historia y el recorrido de la central hidráulica de Torres Torres y se va a respetar el medio ambiente aprovechando el caudal de la Acequia Mayor de Sagunto, sin alterar su cauce a lo largo de toda la provincia de Valencia.

Los empleos de trabajo serán creados a partir de la necesidad de controlar y resolver cualquier variación en el proceso de producción de energía, ya que, aunque se cuenta con una gran cantidad de equipos reguladores y de control del proceso, junto con un buen abanico de elementos protectores del sistema de producción, es inestimable la presencia de acción humana.

Es por eso por lo que, bajo necesidad, se va a requerir de varios trabajadores que supervisen el perfecto funcionamiento de las instalaciones.

Las visitas y excursiones a la central tienen como objetivo enseñar a la población cómo funciona una central hidráulica aprovechando las instalaciones para poder explicar de una forma más educativa y práctica las partes que la componen y cómo trabajan cada una de ellas para poder entender el conjunto. Estas excursiones se pueden enfocar más concretamente en la población joven para completar sus conocimientos adquiridos en escuelas, institutos o universidades, de forma que sean capaces de comprender su funcionamiento de una forma más sencilla y dinámica.

La historia de la central y de cómo fue creada en el año 1926 por el ingeniero militar Emilio Albiol Rodrigo, se pondrá en valor gracias a la gestión del proyecto, manteniendo los emplazamientos de la sala de máquinas y del centro de transformación, así como la distribución de los equipos presentes en estas dos estancias. Porque lo que se ha querido llevar a cabo en este proyecto es mantener la esencia de la vanguardia presente en los inicios del siglo XX y adaptarla a las nuevas tecnologías presentes hoy en día. Todo esto se ha realizado rehabilitando algunas partes de la central, sin incidir en profundidad, o simplemente dejando a la vista la infraestructura de la vieja central.

El medio ambiente no se verá afectado en ningún aspecto ya que se utiliza una energía renovable que no produce ningún tipo de residuo. La central aprovecha el caudal de la Acequia Mayor de Sagunto gracias al canal presente a la llegada a la central y es direccionado dentro de la construcción. La alteración del curso natural de la acequia es mínima y el agua devuelta se encuentra en las condiciones iniciales: de composición porque no se le aplica ningún tratamiento; y de temperatura porque el calentamiento que pueda adquirir la turbina es mínimo debido al pequeño caudal trasegado y al enfriamiento que supone el propio agua entrante. Además, gracias a la instalación de rejillas para la limpieza del agua, se está cuidando la calidad del agua y previniendo de posibles atascos aguas abajo provocados por los sedimentos presentes a lo largo del todo el tramo.

En definitiva, la reconstrucción y remodelación de la central minihidráulica de Torres Torres es un proyecto viable social y medioambientalmente.

## **21. VIABILIDAD TÉCNICA**

El proyecto de reconstrucción y remodelación la central minihidráulica de Torres Torres se va a realizar conforme a los componentes comerciales salidos de fábrica. No existe ningún inconveniente a la hora de instalar los componentes que suponga ninguna complicación técnica en lo que a la realización del proyecto se refiere.

Teniendo en cuenta lo expuesto, tanto los materiales y equipos mecánicos, hidráulicos y eléctricos, no van a tener que sufrir ninguna modificación por adaptarse a las necesidades del proyecto. Esto hace que sea un proyecto técnicamente viable.

## 22. VIABILIDAD ECONÓMICA

El estudio de viabilidad económica pretende conocer la rentabilidad del proyecto, en este caso, de reconstrucción y remodelación de la central minihidráulica de Torres Torres. Este estudio sirve para conocer si se puede invertir con garantías en la central, cuál va a ser su valor y en cuántos años se va a recuperar la inversión. Esto se puede estudiar gracias a los siguientes valores:

- VAN (Valor Actual Neto). Es un criterio de inversión que sirve para conocer cuánto se va a ganar o perder en la inversión. Un valor de VAN positivo indica que la inversión en el proyecto produce excedentes, mientras que si es negativo significa que hay pérdidas.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1 + i_r)^n}$$

$I_0$ : Inversión inicial

$FC$ : Flujo de caja

$i_r$ : interés exigido a la inversión

$n$ : número de periodos de tiempo

- TIR (Tasa Interna de Retorno). Es la tasa de rentabilidad que ofrece una inversión o la tasa de actualización que hace cero el VAN. Para que haya interés en realizar un proyecto, este valor debe ser superior al interés normal de dinero en el mercado de capitales.

$$-I_0 + \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

- PR (Periodo de Retorno). Es el tiempo que transcurre hasta que se recupera el total de la inversión a valor presente. Este es un indicador de la liquidez del proyecto.

$$PR = \frac{\text{Inversión total}}{\text{FC promedio anual}}$$

### 22.1. Viabilidad económica en la central minihidráulica

Los elementos instalados en la central minihidráulica son de muy buena calidad y esto significa que con el debido cuidado y mantenimiento podrán llegar a tener una vida útil superior a 30 años. Aun así, la amortización y el horizonte temporal se establece para 25 años.

Además, también hay que tener en cuenta los gastos y los ingresos que va a tener la central ya que de ello depende la rentabilidad del proyecto.

La inversión inicial se obtiene sumando las cantidades requeridas para la puesta en funcionamiento de las instalaciones del proyecto, tales como el material y los equipos eléctricos, hidráulicos y mecánicos y la mano de obra.

Los gastos que se han tenido en cuenta para el correcto funcionamiento de la central son:

- Tarifa eléctrica contratada 3.1A.

- Impuestos y mantenimiento de las instalaciones.
- Contrato de los trabajadores.

La suma total de los gastos anuales se estima sobre los 39.000€.

Los ingresos son:

- Venta de energía al sistema eléctrico español. Según el Real Decreto 661/2007 de 25 de mayo la central minihidráulica de Torres Torres corresponde al grupo b.4. Centrales hidroeléctrica cuya potencia instalada no sea superior a 10 MW. Para este subgrupo la tarifa regulada estipulada es de 7,8 c€/kWh para los primeros 25 años.
- Abono de la entrada a la central para visitantes y excursionistas. Se pedirá la aportación de una simbólica cantidad de dinero a la entrada de la construcción para aquellos interesados en conocer el funcionamiento de la central minihidráulica.

Los ingresos anuales se establecen en 66.058,80 €.

El IPC considerado para el cálculo de la viabilidad económica es del 1,22% mientras que el interés normal es del 2,1%, y los dos forman el interés exigido a la inversión que resulta ser del 1,721%.

Sabiendo esto se obtiene el valor del VAN, TIR y PR.

**Tabla 23. Valores de VAN, TIR y PR para la central minihidráulica**

VAN (Valor Actual Neto)	<b>278.992,18 €</b>
TIR (Tasa Interna de Retorno)	<b>9,473 %</b>
PR (Periodo de retorno)	<b>9 años 9 meses y 24 días</b>

Teniendo en cuenta estos valores se afirma que el proyecto es viable económicamente con un buen valor de mercado, una gran tasa interna de retorno y con un periodo de retorno bastante reducido.

### **23. RESUMEN DE PRESUPUESTO**

El presupuesto del proyecto se calcula teniendo en cuenta el Presupuesto de Ejecución de Material, y añadiendo un 20% de gastos generales y un Beneficio Industrial de 6% se obtiene el Presupuesto de Ejecución por Contrata total, al cual se le debe añadir los gastos de la realización del proyecto y el IVA de todo lo mencionado. El presupuesto total se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 24. Resumen presupuesto.**

<b>Presupuesto de Ejecución de Material</b>	<b>260.990,12</b>
Gastos generales (20%)	52.198,02
Beneficio Industrial (6%)	15.659,41
<b>Presupuesto de Ejecución por Contrata total</b>	<b>328.847,55</b>
Proyecto y dirección de obra (7%)	23.019,33
<b>TOTAL</b>	<b>351.866,88</b>
<b>TOTAL + 21% IVA</b>	<b>425.758,93</b>

El coste total del proyecto es de cuatrocientos veinticinco mil setecientos cincuenta y ocho euros con noventa y tres céntimos.

Firmado, el ingeniero:

Jordi Bellés Moliner

Castellón, enero de 2021

## **24. CONCLUSIONES**

Partiendo de la idea de reconstruir y remodelar una vieja central hidráulica en bastante mal estado, y observando y analizando el proyecto con todas las decisiones que lo configuran, se puede afirmar que se han alcanzado los objetivos de dicho proyecto.

Para realizar este proyecto se ha empezado por estudiar tanto la construcción ya existente prevista para remodelar, como el recurso hidráulico para aprovechar en la central minihidráulica, ya que la mayoría de las decisiones tomadas a partir del criterio ingenieril están basadas en estos datos de partida.

A partir de estos datos iniciales, el proyecto se ha dividido en dos partes, que son la rama de generación, incluyendo la turbina y el generador, y la rama de instalaciones en baja tensión como son el alumbrado interior, las tomas de corriente y todos los equipos alimentados a baja tensión que garantizan el control y la regularización del proceso de generación. Una vez se han tenido todos estos equipos seleccionados se ha podido dimensionar y seleccionar los equipos que conforman el centro de transformación. Y para finalizar, se ha tenido en cuenta la protección y seguridad de las instalaciones y de las personas, estudiando la selección de puestas a tierra, el dimensionado de conductores y las protecciones de las líneas eléctricas de baja tensión, incluyendo la línea de generación.

Todos los elementos y equipos instalados a lo largo del proyecto han sido seleccionados específicamente para cumplir con su función, siempre buscando la vuelta al funcionamiento de la central minihidráulica.

Además, desde el punto de vista histórico no se han alterado prácticamente las distribuciones ni las disposiciones de los equipos instalados aun siendo estos totalmente nuevos. Gracias a las nuevas tecnologías provenientes de la minihidráulica se ha conseguido alcanzar este objetivo, lo cual pone en valor la vieja central construida casi un siglo atrás.

También se ha conseguido realizar el proyecto respetando la idea de aprovechar las instalaciones para un fin turístico y educativo, ya que se ha buscado realzar aquellas partes de la construcción que no requerían de rehabilitación.

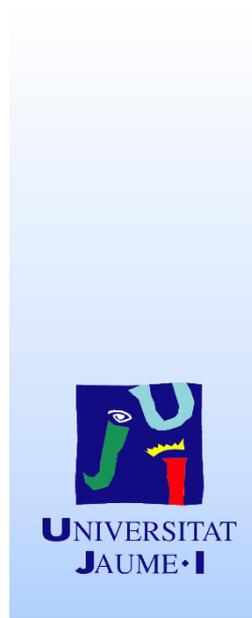
En definitiva, se ha logrado llevar a cabo el proyecto técnico de aprovechamiento del caudal de la Acequia Mayor de Sagunto para producir energía eléctrica, reconstruyendo y remodelando la vieja central hidráulica basándose en las nuevas tecnologías de la minihidráulica, mientras que en un futuro próximo se pretende aprovechar su valor histórico, turístico y educativo.

## **25. BIBLIOGRAFÍA**

1. Fraile Mora, J., 2000. *Máquinas Eléctricas (6A. Ed)*. McGraw-Hill España.
2. Agüera Soriano, J., 2009. *Mecánica de fluidos incompresibles y turbomáquinas hidráulicas*. Ciencia 3.
3. Bueno, B., 2013. *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT)*. Marcombo S.A.
4. Martínez Montes, G. y Serrano, M., 2008. *Minicentrales hidroeléctricas*. Bellisco.
5. Apuntes de la Asignatura Instalaciones de Baja y Media Tensión del grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Universitat Jaume I.
6. Apuntes de la Asignatura Ingeniería de Fluidos del grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Universitat Jaume I.
7. Apuntes de la Asignatura Proyectos de Ingeniería del grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Universitat Jaume I.
8. Apuntes de la Asignatura Dibujo Industrial del grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Universitat Jaume I.
9. Sánchez Paz, V., 2017. *Proyecto de instalación eléctrica de una granja para cría de ganado porcino autónoma*. Trabajo Final de Grado. Grado de Ingeniería Industrial Eléctrica. Salamanca: Ediciones de la Universidad de Salamanca.
10. Cirac Romero, N., 2015. *Instalación de una Minicentral Hidroeléctrica en Guiamets*. Trabajo Final de Máster. Ingeniería Técnica Industrial Especializado en Electricidad. Tortosa: Ediciones de la Universitat Rovira i Virgili.
11. Cobos Cano, A., 2014. *Estudio y diseño de una central minihidráulica*. Trabajo Final de Grado. Grado en Ingeniería Eléctrica. Jaén: Ediciones de la Universidad de Jaén.
12. Vargas Eufrazio, N. M., 2017. *Proyecto de instalación eléctrica de un túnel de autopista*. Trabajo Final de Grado. Grado de Ingeniería Eléctrica. Salamanca: Ediciones de la Universidad de Salamanca.
13. Vera Morales, C., 2015. *Estudio del aprovechamiento energético de los puntos de regulación de presión en la red de abastecimiento a Cartagena*. Trabajo Final de Máster. Máster universitario de Ingeniería de caminos, canales y puertos. Cartagena: Ediciones de la Universidad Politécnica de Cartagena.
14. Areatecnologia.com. 2020. *Turbinas Hidráulicas. Funcionamiento Y Tipos: Francis, Kaplan, Pelton*. Disponible en: <<https://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html>>.
15. Cecu.es. 2020. *Energía Minihidráulica*. Disponible en: <<http://cecu.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/dossier/4%20minihidraulica.htm>>.

16. Es.qaz.wiki. 2020. *Turgo Turbine - Wikipedia*. Disponible en: <[https://es.qaz.wiki/wiki/Turgo\\_turbine](https://es.qaz.wiki/wiki/Turgo_turbine)>.
17. García Gutiérrez, H. y Nava Mastache, A., 2014. *SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE TURBINAS HIDRÁULICAS PARA CENTRALES HIDROELÉCTRICAS*. Ingenieria.unam.mx. Disponible en: <[https://www.ingenieria.unam.mx/deptohidraulica/publicaciones/pdf\\_publicaciones/SELECCyDIMENSIONAMIENTOdeTURBINAS.pdf](https://www.ingenieria.unam.mx/deptohidraulica/publicaciones/pdf_publicaciones/SELECCyDIMENSIONAMIENTOdeTURBINAS.pdf)>.
18. Es.qaz.wiki. 2020. *Specific Speed - Wikipedia*. Disponible en: <[https://es.qaz.wiki/wiki/Specific\\_speed#Turbine\\_specific\\_speed](https://es.qaz.wiki/wiki/Specific_speed#Turbine_specific_speed)>.
19. 2020. *Las diferencias entre generadores asíncronos y generadores síncronos*. Comercialmendez.es. Disponible en: <<https://www.comercialmendez.es/las-diferencias-entre-generadores-asincronos-y-generadores-sincronos/#:~:text=La%20diferencia%20entre%20motores%20sincronos,de%20ardilla%20o%20de%20bobinado.>>>.
20. Fernández Diego, I. y Robles Díaz A. R., 2013. *Centrales de Generación de Energía Eléctrica. Centrales Hidráulicas*. Disponible en: <<https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1160/course/section/1407/bloque-energia-III.pdf>>.
21. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. *Caudales ecológicos. Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas*. Disponible en: <[http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal\\_web/agencia\\_andaluza\\_del\\_agua/nueva\\_organizacion\\_gestion\\_integral\\_agua/planificacion/planes\\_aprobados\\_consejo\\_gobierno/dh\\_mediterraneo\\_aprobado/Anejos\\_memoria/Anejo\\_V/Anejo\\_V.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/agencia_andaluza_del_agua/nueva_organizacion_gestion_integral_agua/planificacion/planes_aprobados_consejo_gobierno/dh_mediterraneo_aprobado/Anejos_memoria/Anejo_V/Anejo_V.pdf)>.
22. García Egocheaga, J. J. *Minihidráulica. Parámetros fundamentales para el diseño de una minicentral hidroeléctrica*. Disponible en: <<https://www.juanjosegarciaegocheaga.com/tecnicadiseno.html>>.
23. Ossberger. *Tecnología hidráulica. Turbina original OSSBERGER de flujo cruzado*. Disponible en: <<https://ossberger.de/es/tecnologia-hidraulica/turbina-ossbergerr-de-flujo-cruzado/>>>.
24. EnverTec. *Aisladores M.T – A.T. Aisladores estándar y desarrollos específicos. Gama 15 kV – 400 kV*. Disponible en: <<https://envertec.eu/Catalogues/INSA14F.pdf>>.
25. *Centro de Transformación*. areatecnologia.com. Disponible en: <<https://areatecnologia.com/electricidad/centro-de-transformacion.html>>.
26. *Configuración de los centros de transformación*. Disponible en: <<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171489.pdf>>.
27. López García, M. *Instalaciones Eléctricas de Media Tensión. Centros de transformación*. Disponible en: <<http://umh2223.edu.umh.es/wp-content/uploads/sites/188/2013/11/IEMT-08-Centros-de-transformaci%C3%B3n-FINAL1.pdf>>.

28. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Ministerio de industria, turismo y comercio. *Manuales de energías renovables. Minicentrales hidroeléctricas*. Disponible en: < [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_2.1.7\\_Minicentrales\\_hidroelectricas\\_125f6cd9.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_2.1.7_Minicentrales_hidroelectricas_125f6cd9.pdf)>.
29. UNESA, en colaboración con Asociación Electrotécnica y Electrónica Española, 1989. *Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría*. Disponible en: < [http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/reglamentos/Normativa\\_Sevillana/2\\_DOCUMENTOS\\_DE\\_REFERENCIA/2.3\\_Documentos\\_UNESA/Metodo%20de%20calculoy%20proyecto%20de%20instalacion%20de%20tierra%20.pdf](http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/reglamentos/Normativa_Sevillana/2_DOCUMENTOS_DE_REFERENCIA/2.3_Documentos_UNESA/Metodo%20de%20calculoy%20proyecto%20de%20instalacion%20de%20tierra%20.pdf)>.
30. Ormazabal. *Aparamenta de MT. Distribución secundaria*. Disponible en: < [https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/2267/6.2\\_Documents\\_Catleg\\_CEL%3%80LES\\_ORMAZABAL.pdf?sequence=8](https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/2267/6.2_Documents_Catleg_CEL%3%80LES_ORMAZABAL.pdf?sequence=8)>.
31. Ormazabal. *Centros de transformación*. Disponible en: < <https://aiecs.es/data/files/presentaci-n-centros-transformaci-n-ormazabal-2019.pdf>>.
32. Conselleria de educación e Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U., 2019. *Nuevo centro de transformación 250 kVA situado en la Avenida Arquitecto Alfredo Simón Gurumeta de Sagunto*. Valencia. Disponible en: < [https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/396dd507-2c9a-4bee-acc8-12485fd6b2ff/DOC20200113105025Proyecto\\_Centro\\_Transformacion.PDF?MOD=AJPERES](https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/396dd507-2c9a-4bee-acc8-12485fd6b2ff/DOC20200113105025Proyecto_Centro_Transformacion.PDF?MOD=AJPERES)>.
33. Prysmian Group, 2018. *El libro blanco de la instalación. Manual técnico y práctico de cables y accesorios para Baja Tensión*. [www.prysmianclub.es](http://www.prysmianclub.es). Disponible en: < [http://www.prysmianclub.es/wp-content/uploads/2018/05/2018\\_Prysmian\\_GU%3%8DA-TECNICA\\_Baja-Tensi%3%B3n-ilovepdf-compressed.pdf](http://www.prysmianclub.es/wp-content/uploads/2018/05/2018_Prysmian_GU%3%8DA-TECNICA_Baja-Tensi%3%B3n-ilovepdf-compressed.pdf)>.
34. TopCable Hispanofil, 2016. *Catálogo de cables especiales*. Disponible en: < <https://hispanofil.es/wp-content/uploads/sites/10/2016/05/Cat%3%A1logo-de-Cables-Especiales-Hispanofil.pdf>>.
35. Castilla Cabanes, N., Blanca Giménez, V., Martínez Antón, A. y Pastor Villa, R. M. *Luminotecnia: Cálculo según el método de los lúmenes*. Construcciones Arquitectónicas. E.T.S. Arquitectura. Disponible en: < <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/art%3%ADculo%20docente%20C%3%A1lculo%20m%3%A9todo%20de%20los%20l%3%BAmenes.pdf>>.
36. Philips, 2020. *Catálogo de iluminación profesional*. Disponible en: < <https://www.assets.signify.com/is/content/Signify/Assets/philips-lighting/spain/20201013-actualizacion-cat%3%A1logo-tarifa-iluminaci%3%B3n-2020.pdf>>.
37. Areatecnologia.com. 2020. *Interrupcto Magnetotérmico*. Disponible en: < <https://www.areatecnologia.com/electricidad/magnetotermico.html>>.



## DOCUMENTO II

# ANEXOS

## **ÍNDICE DE LOS ANEXOS**

<b>Anexo I. SITUACIONES Y LOCALIZACIONES DE LA CENTRAL MINIHIDRÁULICA.....</b>	<b>78</b>
1. Recorrido de la Acequia Mayor de Sagunto desde su nacimiento en la presa de Algar hasta la llegada a la central, pasando por las poblaciones de Algar de Palancia, Alfara de la Baronía, Algimia de Alfara y Torres Torres .....	78
2. Localización de Torres Torres sobre el mapa de España .....	79
3. Vista de pájaro de la construcción, junto con la carretera CV-320 y la Acequia Mayor de Sagunto .....	79
4. Referencia catastral de la parcela en la que se sitúa la central minihidráulica..	80
<b>Anexo II. TURBINA ORIGINAL OSSBERGER DE FLUJO CRUZADO .....</b>	<b>81</b>
1. Principio de trabajo .....	81
2. Eficiencia .....	81
3. Rango de actuación de la turbina .....	82
4. Beneficios de la turbina.....	83
5. Construcción de la turbina original OSSBERGER de flujo cruzado .....	83
6. Especificaciones técnicas de la turbina .....	85
7. Elementos mecánicos añadidos .....	87
<b>Anexo III. GENERADOR.....</b>	<b>88</b>
<b>Anexo IV. ELEMENTOS ELECTRÓNICOS Y MECÁNICOS.....</b>	<b>89</b>
1. Sistema de regulación Ossberger destinado al control automático de la turbina Ossberger de doble paso de dos compartimentos.....	89
2. Engranaje recto de precisión entre la turbina y el generador .....	90
3. Cuadro de media tensión de distribución con “OTmation SCADA-COMFORT” .....	90
4. Relé multifuncional del generador SR-489.....	91
<b>Anexo V. TRANSFORMADOR DE GENERACIÓN .....</b>	<b>98</b>
<b>Anexo VI. TRANSFORMADOR REDUCTOR.....</b>	<b>100</b>
<b>Anexo VII. CELDAS DE MT INSTALADAS .....</b>	<b>102</b>

1. Descripción de las celdas .....	102
1.1. Base y frente .....	102
1.2. Cuba .....	102
1.3. Interruptor / Seccionador / Seccionador de puesta a tierra .....	103
1.4. Fusibles .....	103
1.5. Conexión entre celdas .....	103
1.6. Facilidad de operación .....	104
1.7. Seguridad de operación .....	104
1.8. Protección de celdas de fusibles .....	104
2. Selección de las celdas .....	105
2.1. Celdas de línea .....	105
2.2. Celda de medida .....	106
2.3. Celda de protección .....	107
2.4. Sistema autónomo de protección RPTA .....	108
2.4.1. Características de disparo .....	108
2.4.2. Rango de aplicación .....	108
2.4.3. Alimentación .....	108
2.4.4. Señalización de disparo .....	108
2.4.5. Otras características .....	108
<b>Anexo VIII. CÁLCULO PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS DE MT .....</b>	<b>109</b>
<b>Anexo IX. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DE GENERACIÓN .....</b>	<b>112</b>
<b>Anexo X. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR REDUCTOR .....</b>	<b>113</b>
<b>Anexo XI. DIMENSIONADO DE CONDUCTORES .....</b>	<b>114</b>
1. Tramo generador – transformador de generación .....	114
2. Tramo de alumbrado principal y de emergencia .....	115
3. Tramo de tomas de corriente .....	115
4. Tramo de equipos electrónicos reguladores y de control .....	116

5. Tramo instalación BT.....	117
6. Tramo transformador de generación – red .....	117
7. Tramo transformador reductor – red .....	118
<b>Anexo XII. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CABLEADO ELEGIDO PARA LAS INSTALACIONES.....</b>	<b>120</b>
1. Cable POWERHARD F RVFV-K.....	120
2. Cable AL EPROTENAX H COMPACT (AL HEPRZ1).....	122
<b>Anexo XIII. INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN.....</b>	<b>124</b>
1. Luminarias .....	124
1.1. Luminarias en la sala de máquinas .....	124
1.2. Luminarias en el centro de transformación .....	125
1.3. Ficha técnica de la lámpara SmartBalance suspendida .....	127
2. Luminaria de emergencia URA21 de Legrand .....	128
3. Toma de corriente Legrand, gris, ABS, sin interruptor exterior, 16A, IP55 230V ac .....	130
<b>Anexo XIV. PROTECCIONES DE LAS INSTALACIONES DE BT.....</b>	<b>132</b>
1. Interruptores magnetotérmicos .....	132
1.1. Circuito de alumbrado .....	132
1.2. Circuito tomas de corriente.....	133
1.3. Circuito equipos de control.....	134
1.4. Circuito completo instalación BT .....	135
2. Interruptores diferenciales.....	135
2.1. Circuito alumbrado .....	136
2.2. Circuito tomas de corriente.....	136
2.3. Circuito equipos de control.....	136
3. Fichas técnicas de las protecciones .....	137
3.1. Interruptor magnetotérmico Acti9 iC60 de calibre 10 A .....	137
3.2. Interruptor magnetotérmico Acti9 iC60 de calibre 20 A .....	140
3.3. Interruptor magnetotérmico Acti9 C120 de calibre 100 A .....	143

**Enero 2021**

3.4. Interruptor magnetotérmico Acti9 C120 de calibre 125 A .....	146
3.5. Interruptor diferencial Acti9 iID de calibre 16 A .....	149
3.6. Interruptor diferencial Acti9 iID de calibre 25 A .....	152
3.7. Interruptor diferencial Acti9 RCCB-ID de calibre 125 A.....	155
3.8. PRAGMA de 13 módulos en 3 filas instalado sobre superficie.....	157
<b>Anexo XV. VIABILIDAD ECONÓMICA .....</b>	<b>159</b>

## **Anexo I. SITUACIONES Y LOCALIZACIONES DE LA CENTRAL MINIHIDRÁULICA**

1. Recorrido de la Acequia Mayor de Sagunto desde su nacimiento en la presa de Algar hasta la llegada a la central, pasando por las poblaciones de Algar de Palancia, Alfara de la Baronía, Algimia de Alfara y Torres Torres



2. Localización de Torres Torres sobre el mapa de España

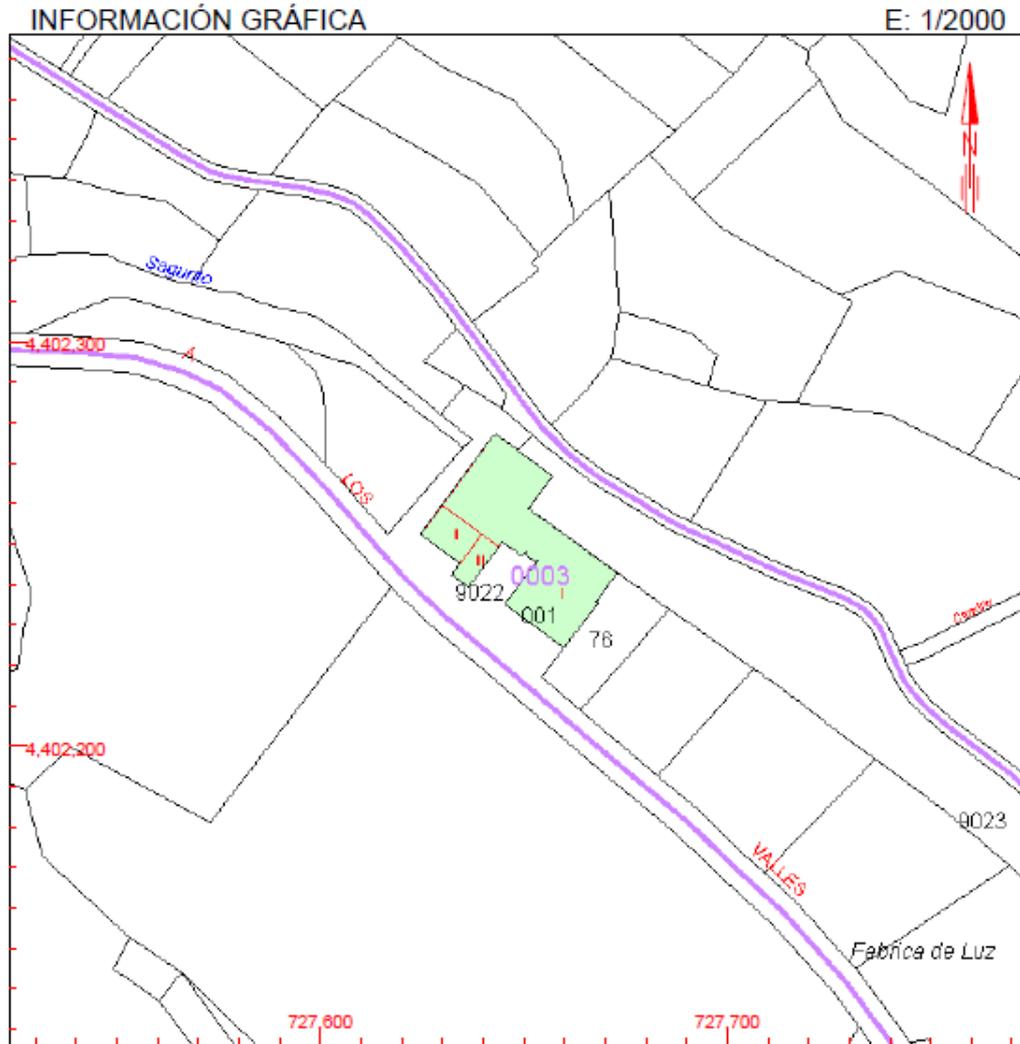


3. Vista de pájaro de la construcción, junto con la carretera CV-320 y la Acequia Mayor de Sagunt. En esta ilustración se ve tanto el canal de entrada a la central, como la construcción de la misma



4. Referencia catastral de la parcela en la que se sitúa la central minihidráulica

Datos descriptivos del inmueble. Localización: PL POLIGONO 15 76 Pl:00 Pt:01 46595 TORRES TORRES [VALENCIA]. Superficie construida: 1.294 m<sup>2</sup>. Parcela catastral. Situación: PL POLIGONO 15 76 TORRES TORRES [VALENCIA]



## Anexo II. TURBINA ORIGINAL OSSBERGER DE FLUJO CRUZADO

Las turbinas originales OSSBERGER de flujo cruzado son turbomáquinas que comprenden rangos de potencias entre 15 kW y 10 MW por unidad: son insensibles a la suciedad del agua y se adaptan perfectamente a la variación de caudales. Este tipo de turbinas funcionan desde casi sin carga hasta plena carga siendo en todo momento muy eficaces en condiciones complicadas.

Su construcción se realiza a base de acero y soldaduras y su composición se basa en elementos normalizados. Gracias al método de fabricación se reducen costos y se consigue obtener una turbina hecha prácticamente a medida a partir de las exigencias de las instalaciones de la central.

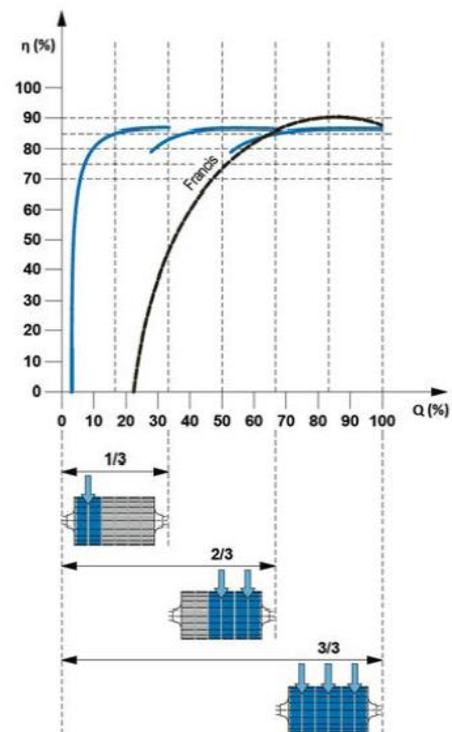
### 1. Principio de trabajo

La turbina original OSSBERGER de flujo cruzado es una turbina de admisión radial y parcial de chorro libre que puede ser combinada con un tubo de aspiración. Debido a su número específico de revoluciones se encuentra entre las turbinas de régimen lento. El chorro de agua entra por dos palas directrices y circula por la corona de álabes del rodete en forma de cilindro atravesándolo totalmente. Gracias a esto, el follaje, hierba y lodo que durante la entrada del agua se prensan entre los álabes, vuelven a ser expulsados con el agua de salida, lo que explica el efecto autolimpiante del rotor.

Este tipo de turbina se divide en 2 celdas (una que abarca el 33% y la otra el 67% restante del caudal máximo para el que se ha diseñado la turbina) pudiendo abarcar grandes rangos de actuación respecto al caudal de entrada. La primera puede abarcar el 5% del caudal para el que se ha diseñado llegando hasta el 33%. Una vez se supera este caudal entra en funcionamiento la segunda celda pudiendo llegar a tratar hasta el 66%. Y ya por último se pueden unir las dos celdas para poder llegar a funcionar a plena carga si las condiciones así lo requieren.

Es así como se explica la gran eficiencia de estas turbinas en grandes variaciones de caudal.

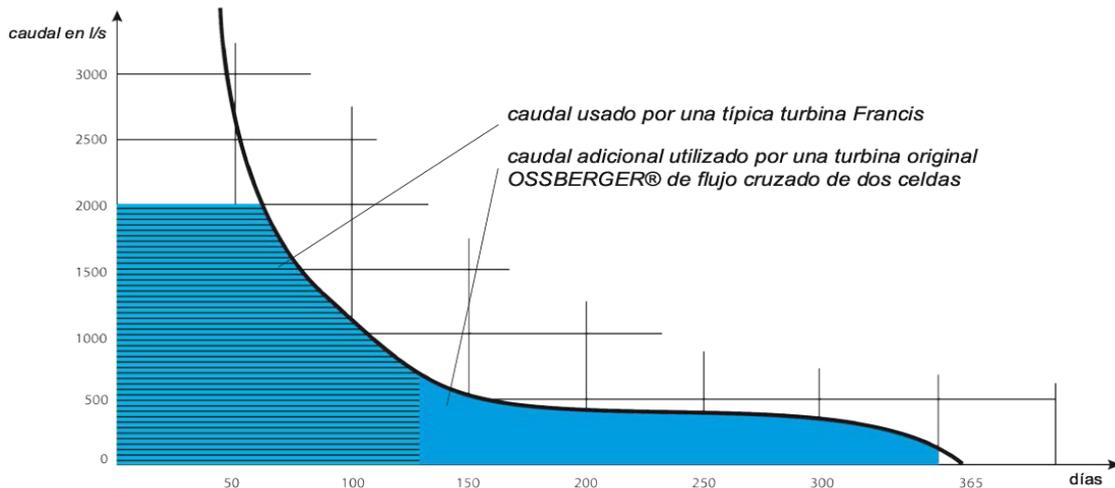
**Ilustración 21. Rango de actuación de la turbina original OSSBERGER de flujo cruzado distribuido en sus dos celdas y comparativa de eficiencia entre esta y una turbina Francis convencional.**



## 2. Eficiencia

La eficiencia total promedio se calcula para la variante con tubo de succión para toda el área de trabajo con el 84%. El *Gráfico 1* muestra con claridad la superioridad de la capacidad de la turbina original OSSBERGER de flujo cruzado en la zona de carga parcial respecto a la de la Francis.

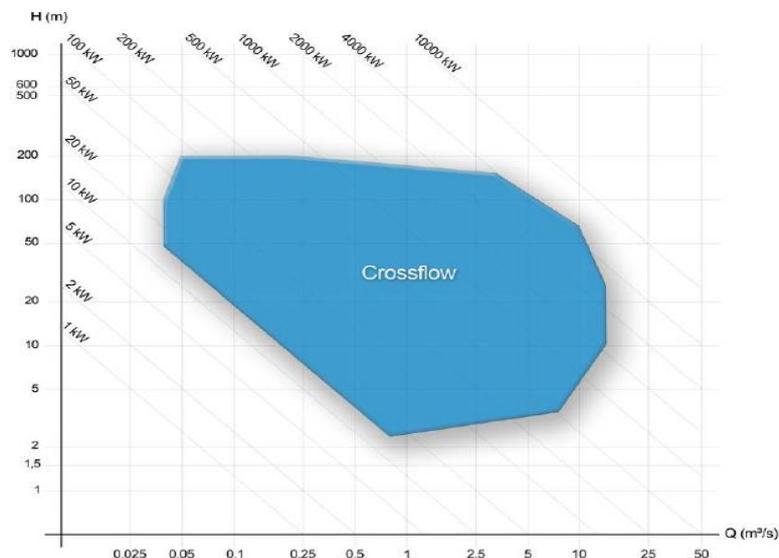
Esta turbina se puede dimensionar un poco más grande que una turbina Francis, sin obtener pérdidas en cargas parciales. En el siguiente gráfico comparativo se muestra la capacidad adicional de la turbina OSSBERGER con el volumen nominal y pequeños caudales de carga.



**Gráfico 1.** En rayas se muestra la capacidad de la turbina Francis y en color azul, la de la turbina original OSSBERGER de flujo cruzado, teniendo en cuenta caudal y días de funcionamiento.

## 3. Rango de actuación de la turbina

La turbina original OSSBERGER de flujo cruzado trabaja con unos rangos de caudal entre 0,04 y 13 m<sup>3</sup>/s, de salto de altura entre 2,5 y 200 m y de potencia entre 15 y 10.000 kW.



**Gráfico 2.** Rango de la turbina OSSBERGER de flujo cruzado respecto a salto de altura, caudal y potencia.

#### 4. Beneficios de la turbina

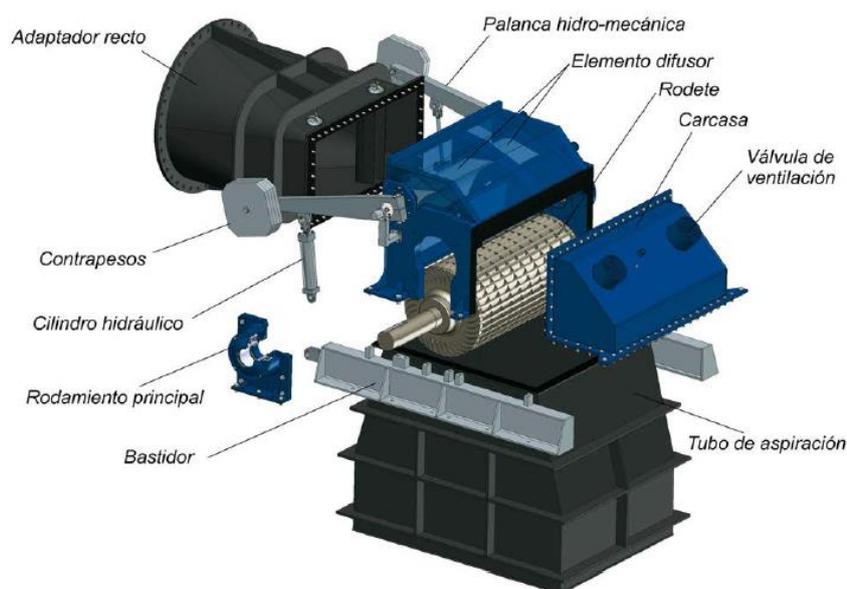
##### *Ventajas técnicas*

- El sistema permite trabajar con fuertes variaciones de caudal manteniendo un buen nivel de rendimiento constante.
- La turbina OSSBERGER junto al tubo de aspiración utiliza la totalidad de la caída: desde el nivel alto hasta el nivel bajo de agua.
- Destacan por su buen funcionamiento, control y curva de rendimiento.
- No se produce ningún empuje axial, por consiguiente, se usan rodamientos sencillos y de poco mantenimiento.
- Sencillez proverbial con solo 3 elementos móviles en toda la turbina.
- Para garantizar un cierre seguro de la turbina se cuenta con una palanca con contrapeso.
- Los sellos del eje son sencillos y reajustables hechos con cáñamo de sebo.

##### *Ahorro de costes*

- Obras civiles mínimas ya que únicamente se requiere superficies planas para su instalación.
- Montaje rápido y sencillo.
- Mantenimiento mínimo con engrase regular y cambio anual de grasa.
- No se requiere el desmontaje de la turbina ya que es accesible por todos los lados.
- Mayor rendimiento incluso en pequeños caudales.
- No se requiere ninguna válvula de cierre automática delante de la turbina porque las propias palas directrices se encargan de las paradas del grupo.

#### 5. Construcción de la turbina original OSSBERGER de flujo cruzado



**Ilustración 22. Estructura y distribución de los componentes que conforman la turbina original OSSBERGER de flujo cruzado.**

### *Carcasa*

La carcasa de la turbina está construida de acero, soldada y es muy robusta y resistente a golpes y heladas. La carcasa esquinera desmontable permite un fácil acceso al rodete.

### *Rodamientos*

Los rodamientos principales están equipados con rodillos oscilantes normalizados de una gran vida útil. No es necesario el desmontaje de la caja de rodamientos del eje entera ya que la carcasa de rodamientos y los elementos portantes forman una sola unidad y permiten el desmontaje radial de los rodamientos. Otra ventaja es que esta unidad no permite que el agua se mezcle con la grasa gracias a los sellos del eje.

### *Elemento difusor*

El impulso del agua es controlado dentro de la turbina gracias a las palas perfiladas que dividen el flujo, lo direccionan y permiten el ingreso al rodete libre de choques. Estas están ubicadas en la carcasa de la turbina y son reguladas por separado con palancas hidro-mecánicas, donde está conectado el control automático. Las fuerzas son absorbidas por los rodamientos deslizantes libres de mantenimiento, montados sobre una superficie de acero inoxidable.

### *Bastidor*

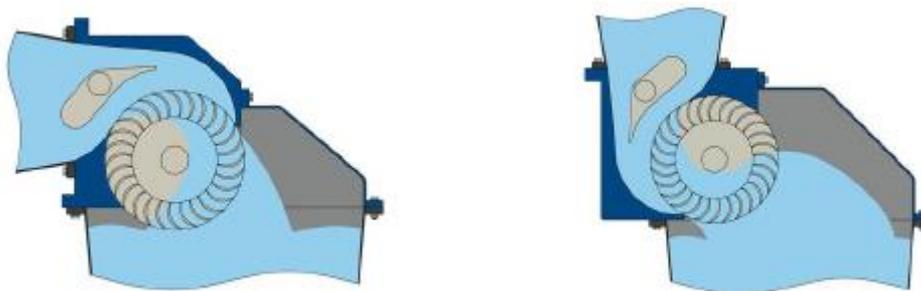
El bastidor es la unión entre la turbina y la superficie donde se va a instalar permitiendo una instalación rápida y segura.

### *Rodete*

El rodete cilíndrico constituye la parte fundamental de la turbina. Está equipado con álabes fabricados con acero perfilado y laminado brillante, acoplados a discos finales en ambos lados y soldados. Este rodete tiene una gran resistencia y rigidez mecánica que consigue evitar las vibraciones.

### *Tubo de aspiración y válvula de ventilación*

La turbina se puede utilizar con descarga a chorro libre o con tubo de aspiración. Este último permite la utilización sin pérdidas de la caída total neta y se utiliza generalmente en equipos con caídas de menos de 40 m. Gracias a la válvula de ventilación regulable, el vacío en la carcasa de la turbina permite una óptima utilización del potencial de energía y la columna de agua es regulable, lo que hace que el salto de altura mínimo sea de 2 m.



**Ilustración 23. Instalación de la turbina original OSSBERGER de flujo cruzado de admisión horizontal y vertical según convenga.**

## 6. Especificaciones técnicas de la turbina

La turbina de la central minihidráulica es una turbina OSSBERGER de flujo cruzado tipo SH 5.162/11 g dimensionada específicamente según las condiciones y parámetros presentes en la central. A continuación, se muestra una tabla con sus especificaciones.

**Tabla 25. Parámetros de diseño de la turbina original OSSBERGER de flujo cruzado**

<b>Turbina OSSBERGER de flujo cruzado tipo SH 5.162/11 g</b>	
<b>Caída neta</b>	11,50 m
<b>Caudal</b>	2,1 m <sup>3</sup> /s
<b>Potencia eje turbina</b>	194 kW
<b>Compartimentos</b>	2
<b>Velocidad nominal</b>	254 rpm
<b>Velocidad de embalamiento</b>	576 rpm

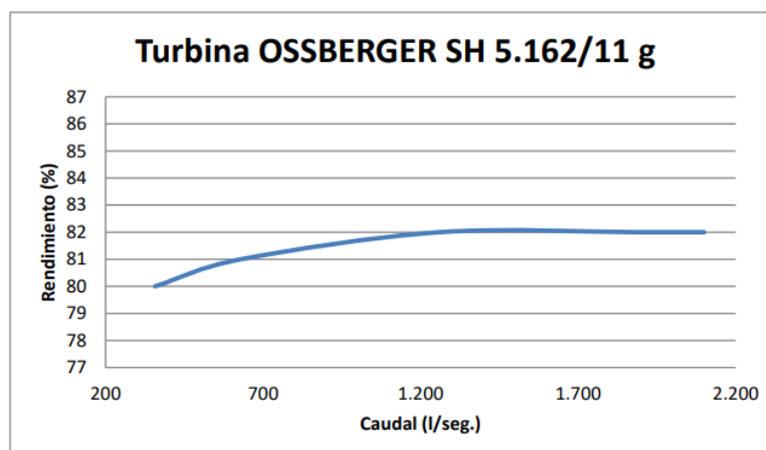
El caudal de diseño debe ser más grande que el caudal de equipamiento ya que la turbina tiene que ser capaz de funcionar tanto cuando esté por encima del valor medio de caudal como cuando esté por debajo. Para garantizar su pleno funcionamiento se ha dejado un margen bastante grande, pero gracias a la gran eficiencia de la turbina, por separarse en dos compartimentos, se mantiene una alta eficiencia en todas las condiciones.

A continuación, se muestra la tabla con los regímenes de funcionamiento de la turbina.

**Tabla 26. Régimen de funcionamiento de la turbina OSSBERGER con datos de potencia y eficiencia.**

<b>Carga (%)</b>	100	90	60	30	17
<b>Potencia del eje de la turbina (kW)</b>	194	174	116	57,5	32,2
<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>	2,1	1,89	1,26	0,63	0,357
<b>Rendimiento (%)</b>	82	82	82	81	80

Como se puede observar, el rendimiento sigue constante con las variaciones de la carga y del caudal ya que la turbina se divide en varios compartimentos. Es por eso por lo que se ha elegido esta turbina, aunque su máxima eficiencia no sea la mejor, esta sigue constante con muchos regímenes de caudal.



**Gráfico 3. Eficiencia de la turbina OSSBERGER SH 5.162/11 g en función del caudal presente en la turbina.**

La turbina está compuesta por:

- Rodete de 500 mm de diámetro, con eje de acero bonificado C45 (1.0503) y álabes perfiladas de acero perfilado especial (1.0038), rodamientos auto-centrantes de rodillos a rótula como cojinetes principales de turbina según la patente OSSBERGER.
- Carcasa de turbina en construcción de acero soldado (1.0038) con guía perfilada del corriente de agua.
- Paletas directrices de turbina de acero (1.0038), perfiladas y sin tolerancias de fundición, con ejes atravesantes de un acero bonificado inoxidable (1.4057), soportadas por cojinetes recambiables PERMAGLIDE de fricción sin mantenimiento.
- Sellado robusto y ajustable en los ejes del rodete y de las palas directrices.
- Caja angular en construcción de acero soldado (1.0038), bridada a la carcasa de turbina, permitiendo un buen acceso al rodete por su largo entero.

#### *Álabe directriz*

El álabe es el elemento de la turbina que garantiza una curva plana de rendimientos, dirigiendo el flujo de agua al rodete sin choques. Dado que con un álabe fundido se precisarían tolerancias demasiado grandes, se utiliza un álabe perfilado y calibrado. El álabe es ajustado, permitiendo un desmontaje fácil hacia la dirección radial sin herramientas especiales. Las fuerzas respectivas son absorbidas por un cojinete de fricción PERMAGLIDE sin mantenimiento, con manguitos protectores del eje de acero especial.

#### *Cojinetes*

La turbina OSSBERGER está equipada con rodamientos estandarizados de rodillos a rótula, dimensionadas para una vida ilimitada. Las cajas de los rodamientos forman una unidad con las inserciones. Esto permite un desmontaje radial del rodete sin necesidad de quitar las cajas de cojinete del eje.

#### *Rodete*

El cuerpo del rodete cilíndrico consiste en discos ampliamente dimensionados y, si su longitud es mayor, de varios discos intermedios. Gracias a esto se obtiene una solidez excelente del rodete y un refuerzo que no permite vibraciones. Los álabes de acero perfilado y laminado son ideales en cuanto a solidez y guía del flujo. Si se utilizan los perfiles correctos se obtiene un estado ideal de balance y no sería necesario ninguna corrección del banco de balanceo. Los álabes linealmente curvados no producen ningún empuje axial, por eso no se precisan cojinetes de empuje. Asimismo, la guía del flujo es ventajosa porque hojas o hierba que se encuentren entre los álabes serán expulsadas por el agua saliente y la fuerza centrífuga a la media vuelta del rodete. Así el rodete autolimpiante no se obstruirá nunca.

7. Elementos mecánicos añadidos

***Bastidor en dos piezas***

El bastidor es necesario a la hora de instalar con rapidez y comodidad la turbina encima de la construcción. Este consta de dos piezas alargadas de sección cuadrada. Se precisa una gran planitud en la zona de instalación para el correcto montaje de la turbina. Gracias a este bastidor, el tiempo de montaje es reducido y no se precisan herramientas complejas.

***Conjunto de tuberías de presión de 1.200 mm Ø interior y codo de radio 1.200 mm.***

- Dos tramos de tubería de presión de longitudes de 500 y 290 mm.
- Codo de radio de curvatura de 1.200 mm.
- Incluye bridas con extremo para soldar la tubería de presión con el codo y la turbina.

***Adaptador recto con brida***

- Agujero de la mano.
- 1 pza. conexión de ½" con manómetro.

***Acople elástico entre turbina y caja de engranajes con factor de seguridad  $\geq 1,6$***

Protección de acoplamiento incluida.

***Tubo de aspiración***

Es muy esencial que el tubo de aspiración utilice la diferencia entre los niveles del rodete y del nivel aguas abajo. Cuando la turbina está en marcha, las aguas salientes llevan consigo el aire de la carcasa, formando así un vacío. Por consiguiente, aumentará la columna de aspiración a causa de la presión atmosférica del exterior. Gracias a la instalación de una válvula sencilla de aireación sin fricción controla el vacío en la carcasa y es así como utiliza de forma óptima el potencial disponible de energía.

### **Anexo III. GENERADOR**

El generador asíncrono, de 179 kW de potencia, está compuesto por un rotor de jaula de ardilla totalmente cerrado y refrigerado por ventilador. A continuación, se muestran algunas de sus características principales.

**Tabla 27. Parámetros y características del generador asíncrono de la central minihidráulica.**

	<b>Generador asíncrono</b>
<b>Potencia nominal</b>	179 kW
<b>Velocidad nominal</b>	1.000 rpm
<b>Velocidad de embalamiento</b>	2.267 rpm
<b>Altitud</b>	< 1.000 m encima del nivel del mar
<b>Tensión</b>	400 V
<b>Frecuencia</b>	50 Hz
<b>Clase de aislamiento</b>	H
<b>Tipo de refrigeración</b>	IC 411
<b>Tipo de construcción</b>	B 3
<b>Tipo de protección</b>	IP 54

#### *Accesorios y características*

- Con PT 100 en bobinados.
- Caja de bornes con agujeros roscados, adecuada para entradas de cable con derivaciones.
- Rodamientos reengrasables: engrasadores, adecuados para pistolas de engrase.
- Bandeja colectora de grasa, colectando la grasa excesiva en los rodamientos.

#### **Anexo IV. ELEMENTOS ELECTRÓNICOS Y MECÁNICOS**

1. Sistema de regulación Ossberger destinado al control automático de la turbina Ossberger de doble paso de dos compartimentos

*Datos técnicos*

- Tensión de conexión: 3 x 400 V, 50 Hz.
  - Tipo: A-2-DR-10.
  - Capacidad de trabajo: 353 kpm.
- a) Registro del nivel, compuesto de:
- Captador hidrostático de presión con célula cerámica de medición de alta resistencia.
  - Portasensor con tubo protector, de una construcción de acero galvanizada al fuego, a ser fijado a la muralla de entrada.
  - Caja de bornes, tipo de protección IP 66, revestida de polvo, con protección instalada contra las sobretensiones y alivio de tracción del captador.
  - Cascada protectora contra sobretensiones con diodo supresor y distancia de chispa gas, corriente nominal de descarga 10 kA.
- b) Registro de velocidad:
- Generador tacométrico destinado al registro y la indicación de velocidades, montado a la turbina en los talleres del fabricante.
- c) Retroalimentación de abertura – Registro posiciones de palas directrices:
- Dos transmisores de ángulo rotativo con electrónica integrada, montados a la turbina en los talleres del fabricante.
  - Sin abrasión a causa del captador capacitivo sin contacto.
  - Acoples de fuelle sin juego para la transmisión efectiva de la posición de las palas directrices.
- d) Unidad oleo-hidráulica:
- Caja de aluminio fundido a presión con un volumen de 40 litros (aceite suministrado por otros).
  - Bomba de engranajes accionada por motor.
  - Motor 0.55 kW, bomba 2,7 litros/min.
  - Acumulador de presión con un producto presión/litros de menos de 200 ⇒ ninguna inspección regular por el TÜV de Alemania.
  - Dos limitadores ajustables de presión.
  - Dos manómetros 0 - 40 bar para presión de servicio.
  - Manómetro 0 - 100 bar para presión del sistema.
  - Dos válvulas proporcionales directamente controladas con retorno eléctrico y electrónica integrada de mando.
  - Dos válvulas de asiento para paro de emergencia, con derivación de las válvulas de regulación.
  - Filtros de retorno con by-pass e indicación visual de ensuciamiento

- e) Palancas:
- Dos palancas de material sólido, destinadas a la abertura segura de las palas directrices, adaptadas al ángulo de abertura de la turbina.
  - Clavijas con los ejes de las directrices en los talleres del fabricante.
  - Contrapesos para asegurar un cierre seguro de la turbina sin energía externa.
- f) Cilindros de trabajo:
- Dos cilindros de trabajo premontados en los talleres del fabricante.
  - Bajas presiones de servicio a causa del diseño generoso y sólido.
  - Placa de base de cilindro con cojinete articulado.
  - Tubos galvanizados de aceite y mangueras de presión

## 2. Engranaje recto de precisión entre la turbina y el generador

- Apto para la transmisión permanente de una potencia máxima de 194 kW con velocidades de  $n = 254 / 1.000$  r.p.m., adaptado a la velocidad de embalamiento de la turbina.
- Factor de seguridad  $\geq 2.0$ .
- Apto para aceites minerales.
- Lubricación por inmersión y refrigeración por un circuito cerrado de refrigeración mediante una bomba sobre el eje de piñón y sistema de refrigeración por aceite/aire. Refrigeración dimensionada para una temperatura máx. de 80°C con una temperatura ambiente máx. de 40°C.
- Controladores de presión para el circuito de refrigeración.
- Válvula limitadora de presión protegiendo el circuito de refrigeración a la velocidad de embalamiento.
- Control de temperatura del aceite mediante un termómetro de resistencia (PT100) para advertencia y paro tal como para el control del ventilador.
- Filtro grueso de aceite en el circuito de refrigeración.
- 1 juego de tacos garantizando un montaje fácil.

## 3. Cuadro media tensión de distribución con “OTmation SCADA-COMFORT”

### *Automatización para centrales hidroeléctricas*

- Arreglo en el armario de acero con placa de montaje, base y paredes laterales RAL7035.
- Descargador combinado de corrientes de rayos y de sobretensión con el fusible previo correspondiente.
- Calefacción anticondensación con mando termostático y con higróstato.
- Alumbrado LED de armario con tomacorriente de servicio.
- Conexión GSM de la planta para adaptaciones eventuales del software, mantenimiento opcional remoto y telemando mediante la aplicación "IoT"
- La aplicación "IoT" ofrece las funciones que siguen:
  - Presentación de los datos actuales de funcionamiento de la planta (potencia, nivel de agua, etc.).

- Notificación en caso de fallo de la planta.
- Control remoto de la planta: Arranque, paro, reset con fallos.
- Indicación de mensajes de funcionamiento (advertencias, fallos) en texto claro.

### ***Regulador de turbina***

Instalado sobre la base de un dispositivo programable de automatización del tipo Siemens S7. Este incluye:

- Regulador digital de velocidad para velocidades de arranque y conexión.
- Vigilancia de sobrevelocidad.
- Evaluación de valores de medición nivel de agua, abertura y velocidad de turbina; medición del nivel de agua con aislamiento galvánico y disipación de sobretensión.
- Optimización de compartimientos: se garantiza siempre la regulación de turbinas Ossberger de dos compartimientos, optimizando el rendimiento.
- Rearranque automático del grupo después de una falla de la red.
- Regulación de la turbina según un nivel constante aguas arriba.

### ***Mando de la planta***

- Control y vigilancia del agregado hidráulico para la regulación de turbina.
- Vigilancia temperatura aceite del engranaje.
- Control derivación generador con funcionamiento automático en paralelo y retroalimentación.
- Equipos de supervisión para temperatura bobinado generador.
- Equipos totales de regulación, arranque y paro.
- Circuito de supervisión de paro de emergencia turbina con desconexión de seguridad.

### ***Unidad gráfica de mando***

- Panel táctil de 7" con los menús que siguen:
  - Vista principal de datos y mensajes de funcionamiento.
  - Entrada de parámetros.
  - Nivel de configuración (arranque / paro, mano / automática etc.).
  - Tendencia datos de funcionamiento.

### ***Unidad de compensación de potencia reactiva***

- Compensación con una reactancia de 7%, completa con fusibles previos correspondientes, resistencias de descarga y contactor de condensador".

### ***Cuadro de distribución generador***

- Vigilancia generador para tensión, frecuencia, potencia de retorno, sobrecorriente y cortocircuito.
- Dispositivo multifuncional de medición del generador (potencia, tensión, corriente, frecuencia).
- Dispositivo digital multifuncional de protección (incl. salto de vector) para el desacoplamiento de la red.

### ***Alimentación c.c. para unidad de automatización***

- Batería, 24 V, suficientemente dimensionada para un funcionamiento transitorio de la planta de automatización con fallas de la red.
- Cargador de batería.
- Vigilancia electrónica del circuito de carga de la alimentación 24V c.c.

#### **4. Relé multifuncional de generador, SR-489**

El relé multifunción de generador SR-489 proporciona funciones de protección, medida y monitorización. Estas funciones incluyen protección diferencial, 100 % tierra estator, sobreintensidad direccional de tierra, sobreintensidad de secuencia negativa, sobreintensidad instantánea nivel alto, sobreintensidad con frenado por tensión, máxima y mínima tensión, máxima y mínima frecuencia, distancia y potencia inversa.

Las funciones de monitorización incluyen medida de intensidad eficaz, sobreintensidad de secuencia negativa, potencia trifásica y temperatura a través de 12 entradas RTD. Se monitorizan también el fusible de tensiones y la operación del interruptor, indicándose los fallos. Dispone de cuatro entradas analógicas que pueden ser usadas para monitorizar vibraciones o transductores de control. Los cuatro canales de salidas analógicas pueden configurarse para reflejar cualquier valor medido. Permiten la eliminación de costosos transductores. Las entradas digitales pueden emplearse para introducir al SR489 señales para las funciones de protección, control o diagnóstico.

El interfaz de usuario incluye un display de 40 caracteres y un teclado. Veintidós indicadores LED en el panel frontal muestran el estado del SR489, del generador y de los relés de salida. Un puerto RS232 en el frente permite acceso local a través de un portátil. Dos puertos RS485 en la parte trasera sirven para la comunicación remota. La velocidad de comunicación varía de 300 a 19 200 baudios. Todos los datos pueden ser transmitidos simultáneamente a través de los tres puertos de comunicación a un DCS, SCADA, PLC o PC. Se proporciona un software de programación basado en Windows.

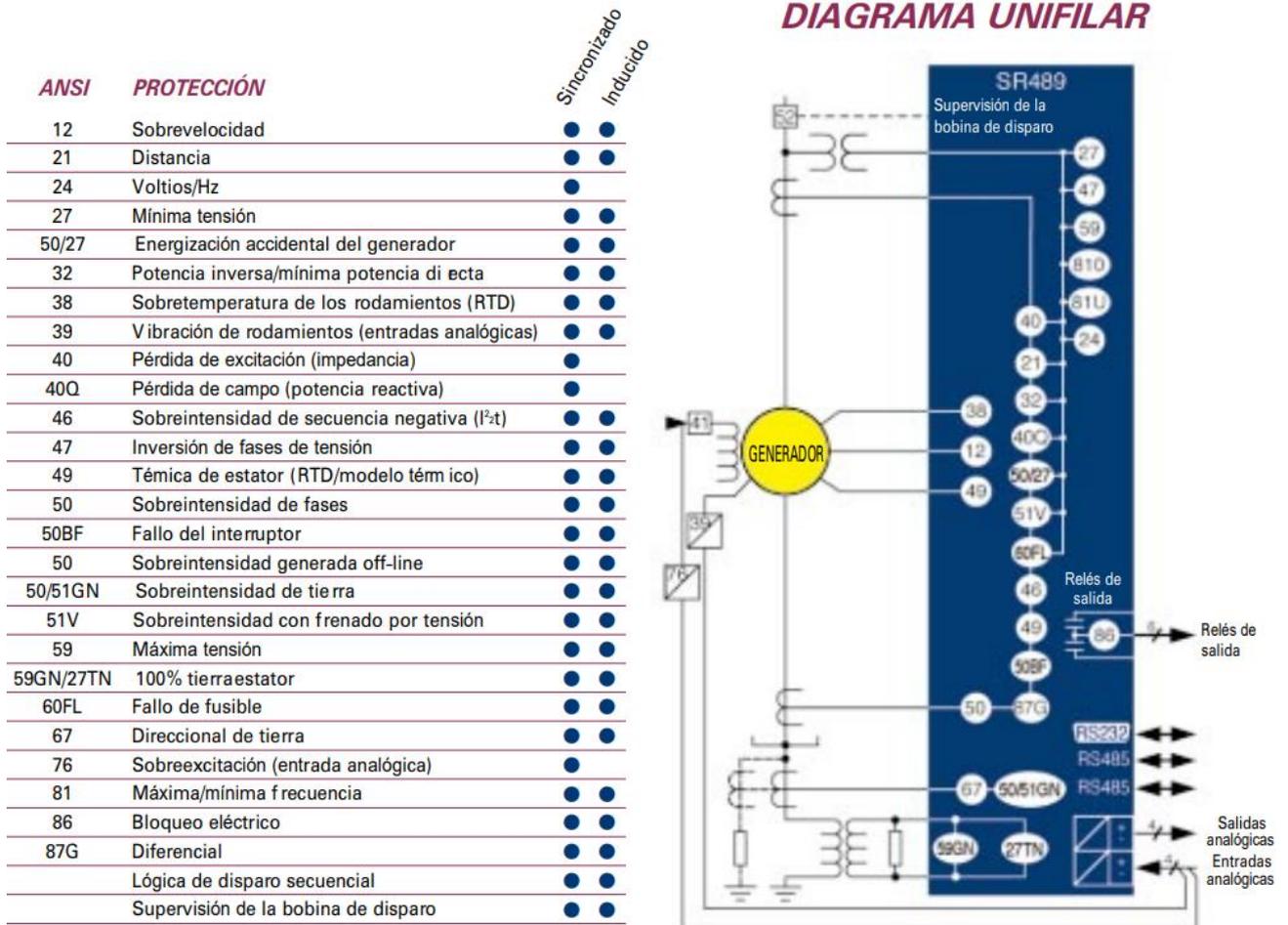
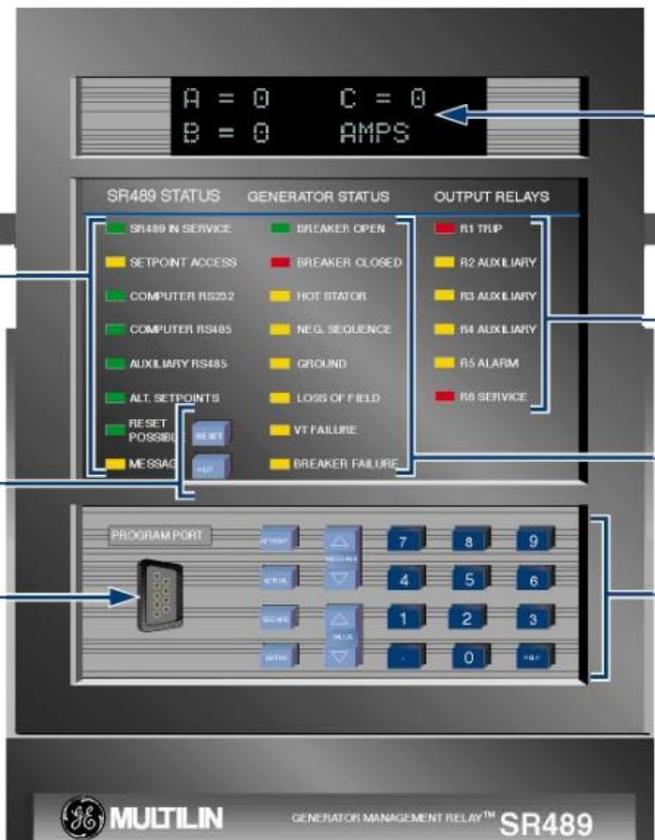


Ilustración 24. Protecciones del relé SR-489 junto con su diagrama unifilar.

## CARACTERÍSTICAS

### Vista frontal

**ESTADO DEL SR489**  
Indica si el relé SR489 está en servicio, si está permitido el acceso a los ajustes, si hay actividad en el puerto de comunicaciones, si hay ajustes alternativos en uso, si se debe resetear alguna alarma o disparo sellados, y si se debe pulsar la "Next key" para ver los mensajes de diagnóstico.



**DISPLAY**  
Display fluorescente de cuarenta caracteres para programación de ajustes, monitorización, estado y diagnóstico de faltas. Hasta 20 mensajes desplazables pueden definirse como la pantalla por defecto.

**TECLAS DE OPERADOR**  
Una vez que el SR489 se ha programado, la operación normal requiere sólo dos teclas. La tecla de Reset se usa para resetear las alarmas o disparos sellados. La tecla de Next key se usa para ver los mensajes de diagnóstico en el caso de una alarma o un disparo.



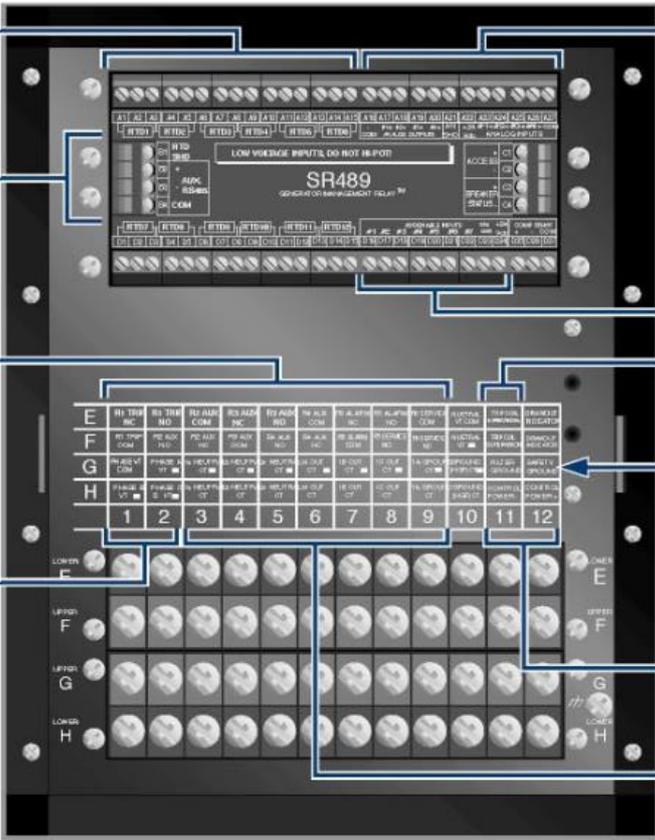
**RELES DE SALIDA**  
Indica cualquier operación de los relés de salida.

**PUERTO DE PROGRAMACIÓN**  
El puerto frontal RS232 puede ser conectado a un PC para interrogación local, cargar los ficheros de ajuste y actualizar el firmware del producto.



**ESTADO DEL GENERADOR**  
Indica si el generador está en servicio o fuera de servicio. También indica el arranque de varias funciones de protección.

**SEÑALES ANALÓGICAS**  
Se pueden usar cuatro salidas analógicas 4-20 mA para reemplazar costosos transductores. Pueden programarse en campo para reflejar cualquier parámetro medido. Cuatro entradas analógicas 0-1 ó 4-20 mA pueden usarse para monitorizar cualquier señal de transductor. Entre las posibles aplicaciones están la vibración y la monitorización de la intensidad de campo.



**RELES DE SALIDA**  
Seis relés de salida (n.a. + n.c.) para disparo, alarma y funciones de control.

**ENTRADAS RTD**  
Doce RTDs son individualmente programables en campo para medir RTDs de platino, níquel o cobre.



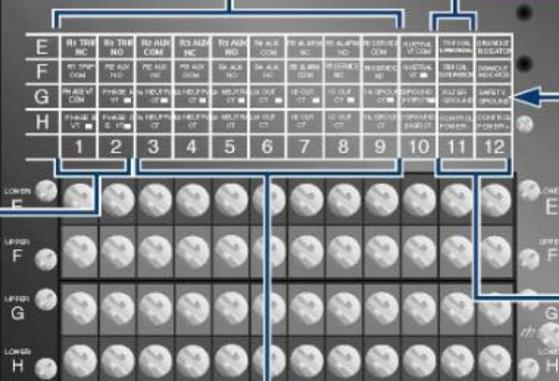
**ENTRADAS DIGITALES**  
El jumper de acceso proporciona seguridad a los ajustes. La entrada de estado del interruptor indica al SR489 si el generador está en servicio o fuera de servicio. Siete entradas digitales configurables pueden ser usadas para varias funciones incluyendo el tacómetro.

**COMUNICACIONES RS485**  
Se puede acceder simultáneamente a los dos puertos de comunicación RS485 usando protocolo Modbus RTU o DNP 3.0 a velocidades hasta 19.200 baudios.



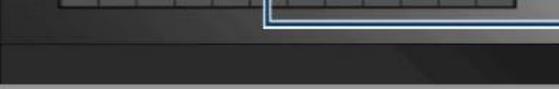
**SUPERVISIÓN DE LA BOBINA DE DISPARO**  
Monitoriza la continuidad de la bobina de disparo del interruptor cuando el generador está en servicio y si se rompe esa continuidad.

**ENTRADAS TT**  
Cuatro entradas de tensión proporcionan la medida de tensión de sistemas en estrella o en triángulo abierto, así como la medida de la tensión de neutro.



**TIERRA**  
Bomas diferenciadas para tierra y masa. Todas las entradas cumplen con las norma C37.90 de inmunidad a las interferencias. (EMI, SWC, RFI).

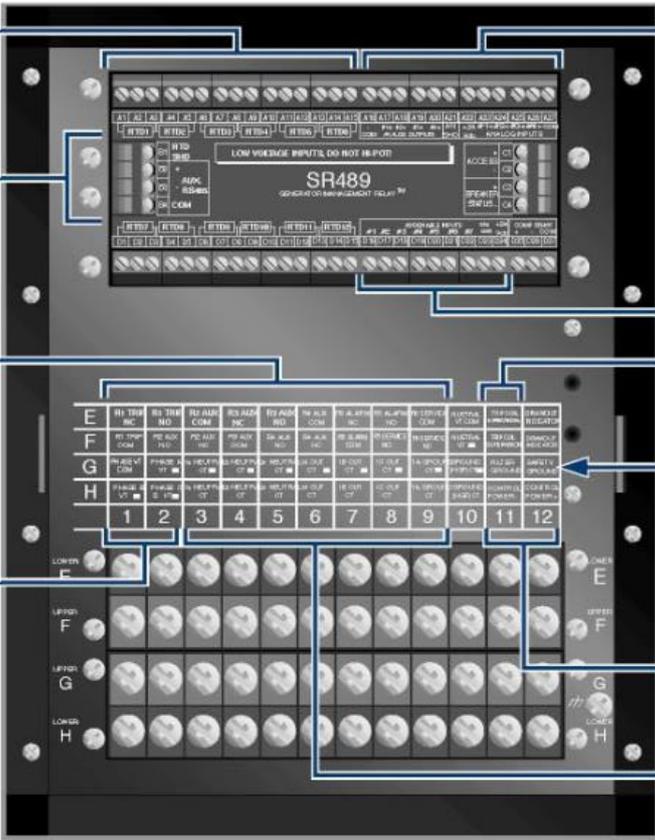
**ALIMENTACIÓN**  
Fuente de alimentación universal 90-300 Vdc 70-265 Vac



**ENTRADAS TI**  
Siete entradas de TI permiten la medida de las intensidades de las 3 fases de salida, 3 fases de neutro y tierra.

### Vista trasera

**ENTRADAS RTD**  
Doce RTDs son individualmente programables en campo para medir RTDs de platino, níquel o cobre.



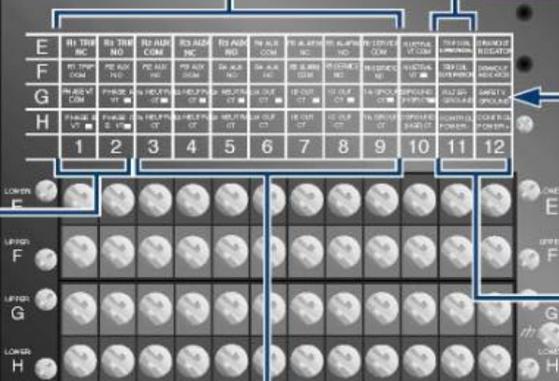
**SEÑALES ANALÓGICAS**  
Se pueden usar cuatro salidas analógicas 4-20 mA para reemplazar costosos transductores. Pueden programarse en campo para reflejar cualquier parámetro medido. Cuatro entradas analógicas 0-1 ó 4-20 mA pueden usarse para monitorizar cualquier señal de transductor. Entre las posibles aplicaciones están la vibración y la monitorización de la intensidad de campo.

**COMUNICACIONES RS485**  
Se puede acceder simultáneamente a los dos puertos de comunicación RS485 usando protocolo Modbus RTU o DNP 3.0 a velocidades hasta 19.200 baudios.



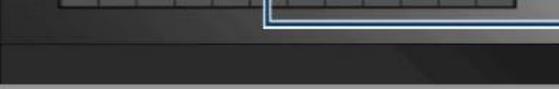
**RELES DE SALIDA**  
Seis relés de salida (n.a. + n.c.) para disparo, alarma y funciones de control.

**ENTRADAS TT**  
Cuatro entradas de tensión proporcionan la medida de tensión de sistemas en estrella o en triángulo abierto, así como la medida de la tensión de neutro.



**SUPERVISIÓN DE LA BOBINA DE DISPARO**  
Monitoriza la continuidad de la bobina de disparo del interruptor cuando el generador está en servicio y si se rompe esa continuidad.

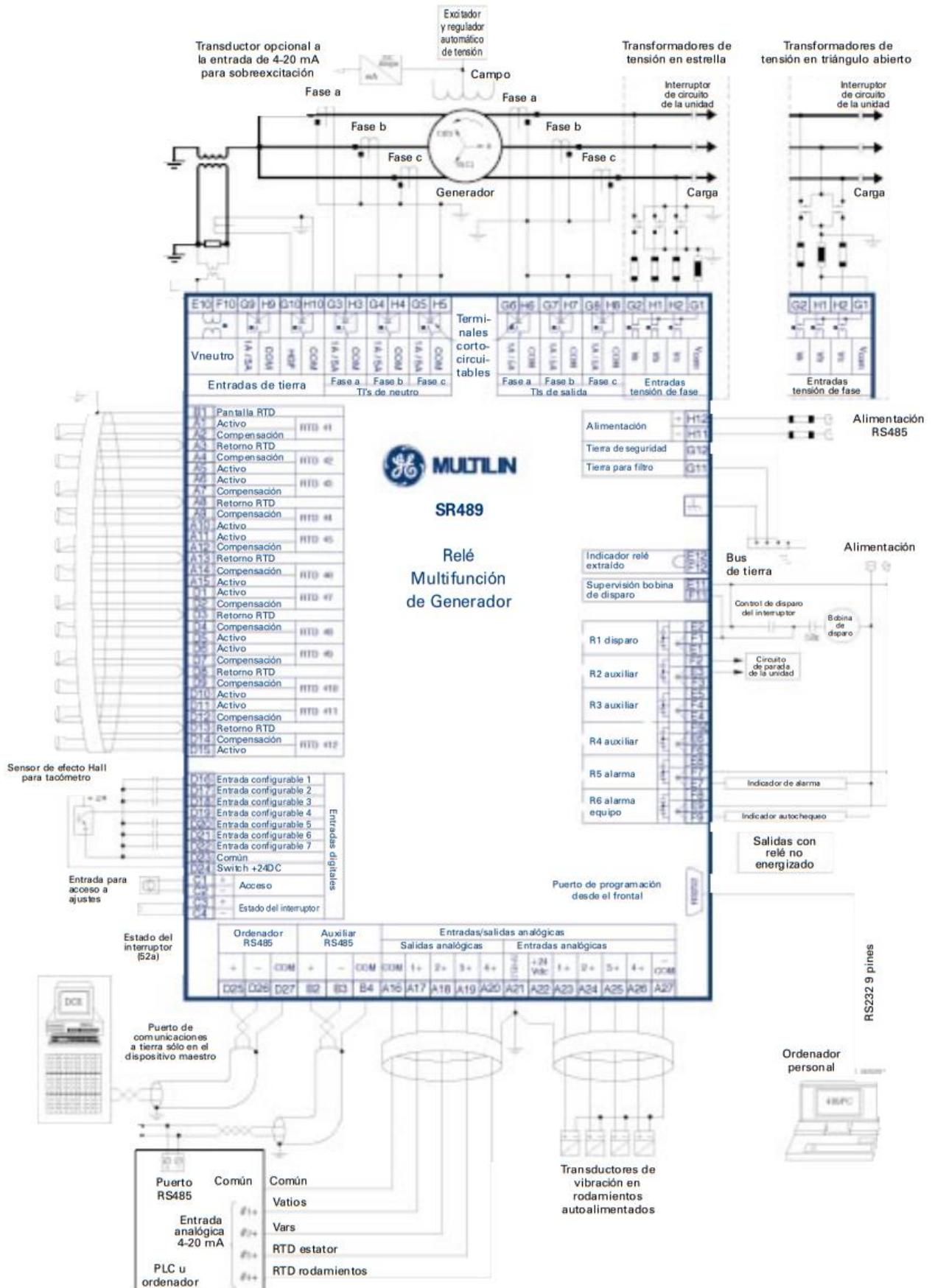
**TIERRA**  
Bomas diferenciadas para tierra y masa. Todas las entradas cumplen con las norma C37.90 de inmunidad a las interferencias. (EMI, SWC, RFI).



**ALIMENTACIÓN**  
Fuente de alimentación universal 90-300 Vdc 70-265 Vac

**ENTRADAS TI**  
Siete entradas de TI permiten la medida de las intensidades de las 3 fases de salida, 3 fases de neutro y tierra.

## CONEXIONES EXTERNAS



## ESPECIFICACIONES TECNICAS

PROTECCION	
<b>ENTRADAS DE INTENSIDAD DE NEUTRO</b>	
Relación TT:	10000:1 para secundario 1 A 5,0,0025 para el HGF de Multilin
Secundario TT:	1 A, 2,5 mA para HGF
Consumo:	Menos de 0,2 VA a carga nominal para 1A Menos de 0,02 VA a carga nominal para HGF
Rango de conversión:	0,02-20 x TI
Precisión:	Para <2x TI: ±0,5% de 2xTI Para >=2x TI: ±1% de 20xTI
Withstand TT:	1 seg., a 80 veces la intensidad nominal 2 seg., a 40 veces la intensidad nominal Continuo: 3 veces la intensidad nominal

MONITORIZACION	
<b>SUPERVISION DE LA BOBINA DE DISPARO</b>	
Tensión aplicable:	20-300 Vdc
Corriente inyectada:	2-5 mA

MEDIDA	
<b>ENTRADAS DE INTENSIDAD DE FASE Y DIFERENCIAL</b>	
Primario TT:	10-50000 A
Secundario TT:	1A ó 5A (especificar en el pedido)
Consumo:	Menos de 0,2 VA a carga nominal
Rango de conversión:	0,02-20 x TI
Precisión:	Para <2x TI: ±0,5% de 2xTI Para >=2x TI: ±1% de 20xTI
Withstand TT:	1 seg., a 80 veces la intensidad nominal 2 seg., a 40 veces la intensidad nominal Continuo: 3 veces la intensidad nominal

ENTRADAS	
<b>ENTRADAS DE TENSION DE FASE</b>	
Relación TT:	1,00-240,00,1 en pasos de 0,01
Secundario TT:	200 Vac (fondo de escala)
Rango de conversión:	0,02-1,00 x Fondo de escala
Precisión:	±5% del fondo de escala
Máximo continuo:	280 Vac

<b>ENTRADAS DE TENSION DE NEUTRO</b>	
Relación TT:	1,00-240,00,1 en pasos de 0,01
Secundario TT:	100 Vac (fondo de escala)
Rango de conversión:	0,005-1,00 x Fondo de escala
Precisión:	±5% del fondo de escala
Máximo continuo:	280 Vac

<b>ENTRADAS DIGITALES</b>	
Entradas:	9 entradas optoacopladas.
Contacto externo:	Contacto seco <80W/0 transistor NPN en colector abierto de sensor de 6mA alimentado de una resistencia de 4K y tensión de 24Vdc con Vcc=4 Vdc
Alimentación sensores:	±24Vdc con 20 mA max.

<b>ENTRADAS RTD</b>	
RTDs: 3 tipos de sonda	100W Platino (DIN.43760) 100W Niquel 120W Niquel 10W Cobre
Corriente del sensor RTD:	5 mA
Aislamiento:	36 Vpk (aislado con entradas y salidas analógicas)
Rango:	-50° a +250°C
Precisión:	±2° para Pt y Ni; ±5° para Cu
Resistencia del cable:	Max 25W por cable
Pérdida del sensor:	>1000W
Alarma corto/bajo:	<50°C

<b>ENTRADAS ANALÓGICAS</b>	
Entradas de intensidad:	0-1 mA ó 0-20 mA ó 4-20 mA (aj. uste)
Impedancia de entrada:	226W ±10%
Rango de conversión:	0-21 mA
Precisión:	±1% del fondo de escala
Tipo:	Pasivo
Alimentación entradas analógicas:	±24 Vdc con 100 mA max.

TENSION AUXILIAR	
<b>TENSION AUXILIAR</b>	
Opciones:	LO/HI (especificar en el pedido)
Rango:	
LO:	CC: 20 a 60 Vdc CA: 20 a 48 Vca de 48 a 62 Hz
HI:	CC: 90 a 300 Vdc CA: 70 a 265 Vca de 48 a 62 Hz
Consumo:	35 VA
Microcortes de tensión:	30 ms

COMUNICACIONES	
<b>PUERTOS DE COMUNICACION</b>	
Puerto RS232:	1, panel frontal, no aislado
Puerto RS485:	2, aislados juntos, a 36 Vpk
Baudios:	RS485: 300, 1200, 2400, 4800, 9600 y 19200 baudios RS232: 9600 baudios
Paridad:	Ninguna, par, impar
Protocolo:	Modbus RTU / half duplex DNP 3.0

SALIDAS	
<b>SALIDAS ANALÓGICAS</b>	
Tipo:	Activo
Rango:	4-20 mA ó 0-1 mA (especificar en el pedido)
Precisión:	±1% del fondo de escala
Máxima carga en 4-20 mA:	120 W
Máxima carga en 0-1 mA:	10 kW
Aislamiento:	36 Vpk (aislado con las entradas analógicas y RTD)
4 salidas configurables:	Intensidad de fases a,b,c, intensidad media, intensidad de secuencia negativa, carga del generador, RTD del estator más caliente, RTD de rodamientos más caliente, cualquier RTD, tensión AB,BC,CA, tensión media, V/Hz, frecuencia, tensión de tercer armónico en neutro, factor de potencia, potencia activa trifásica (kW), potencia aparente trifásica (kVA), potencia reactiva (kvar), entradas analógicas 1-4, demanda de intensidad, demanda kvar, demanda kW, demanda kVA, capacidad térmica empleada, tacómetro.

<b>RELAYS DE SALIDA</b>	
Configuración:	6 electromecánicos forma NA + NC
Material del contacto:	Aleación de plata
Tiempo de operación:	10 ms

Valores máximos para 10000 operaciones					
TENSION	MAKE/CARRY CONTINUO	MAKE/CARRY 0,2 s	APERTURA	MÁXIMA CARGA	
CC Resistivo 30 Vac	10 A	30 A	10 A	300 W	
	125 Vac	10 A	30 A	0,5 A	62,5 W
	250 Vac	10 A	30 A	0,3 A	75 W
CC Inductivo 30 Vac	10 A	30 A	5 A	150 W	
	125 Vac	10 A	30 A	0,25 A	31,3 W
IL/R=40ms 250 Vac	10 A	30 A	0,15 A	37,5 W	
AC Resistivo 120 Vac	10 A	30 A	10 A	2770 VA	
	250 Vac	10 A	30 A	10 A	2770 VA
AC Inductivo 120 Vac	10 A	30 A	4 A	480 VA	
	250 Vac	10 A	30 A	3 A	750 VA

ENSAYOS DE PRODUCCION	
Ciclos térmicos:	Prueba de funcionamiento a ambiente, reducido a -40°C y subiendo a +60°C
Rigidez dieléctrica:	2,0 kV, 1 min., para los relés, TTs, y fuente de alimentación contra tierra de seguridad. NO CONECTAR LA TIERRA DE SEGURIDAD A LA TIERRA DE FILTROS DURANTE LA PRUEBA

TERMINALES	
Baja tensión (terminales A,B,C,D):	12 AWG max.
Alta tensión (terminales E,F,G,H):	Ø8, cable estándar 10 AWG

AMBIENTE	
Temperatura de operación:	-40°C a 60°C
Temperatura de almacenamiento:	-40°C a 80°C
Humedad:	Hasta 90%, sin condensación
NOTA:	Se recomienda que el SR489 se conecte al menos una vez al año para evitar que se deterioren los condensadores electrolíticos en la fuente de alimentación

PRUEBAS TIPO	
Rigidez dieléctrica:	Por IEC 255-5 y ANSI/IEEE C37.90 2,0 kV, 1 min., para los relés, TTs, y fuente de alimentación contra tierra de seguridad. NO CONECTAR LA TIERRA DE SEGURIDAD A LA TIERRA DE FILTROS DURANTE LA PRUEBA.
Resistencia de aislamiento:	IEC 255-5 500 Vcc, para los relés, TTs, y fuente de alimentación contra tierra de seguridad. NO CONECTAR LA TIERRA DE SEGURIDAD A LA TIERRA DE FILTROS DURANTE LA PRUEBA.
Transitorios:	ANSI C37.90.1 Oscilatorio (2,5kV/1MHz) ANSI C37.90.1 Transitorios rápidos (5kV/10ns) Hydro Ontario A-28M-82 IEC255-4 impulso/alta frecuencia Nivel clase III
Impulso:	IEC 255-5 0,5 J 5 kV
RFL:	Transisor 50 MHz/15 W
EMI:	C37.90.2 Interferencias electromagnéticas a 150 MHz y 450 MHz, 10 V/m
Electroestática:	IEC 801-2 Descarga electrostática
Humedad:	Hasta el 95% sin condensación
Temperatura:	Ambiente -40° a 60°C
Ambiente:	IEC 68-2-38 Ciclos de temperatura/humedad
Vibraciones:	Vibración senoidal 8,0 g durante 72 h.

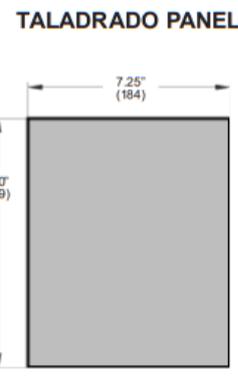
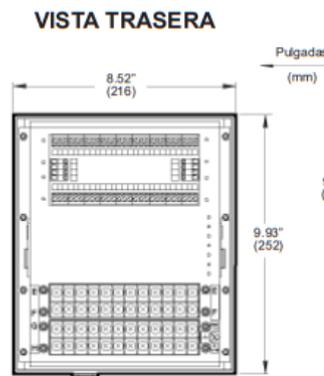
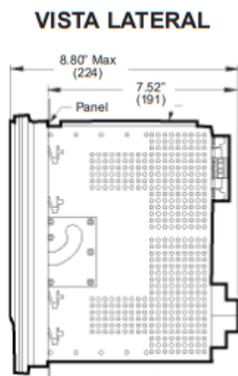
EMBALAJE	
Caja:	12" x 11" x 10" (ancho x alto x largo) (30,5cm x 27,9 cm x 25,4 cm)
Peso:	17 lbs max (7,5 kg)

CAJA	
Totalmente extraíble (cortocircuito automático de los TI)	
Posibilidad de sellado	
Puerta contra el polvo	
Para montaje en panel o rack de 19"	

NORMAS	
ISO:	Certificado ISO9001
UL:	UL
CSA:	CSA
CE:	Conforme a IEC 947-1

Especificaciones sujetas a cambio sin previo aviso.

## DIMENSIONES



Los accesorios que vienen incluidos con el relé son:

- Software 489PC: Gratuito con el SR489.
- DEMO: Caja de metal transportable en la que se monta el SR489.
- Panel SR 19-1: Corte simple para panel de 19".
- Panel SR 19-2: Corte doble para panel de 19".
- Módulo SCI: Conversor de RS232 a RS485, diseñado para ambientes fuertemente industriales.
- TI de fase: 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 750, 1000.
- HGF3, HGF5, HGF8: Para detección sensible a tierra, o sistemas con alta resistencia a tierra.

## Anexo V. TRANSFORMADOR DE GENERACIÓN

El transformador elegido para aumentar la tensión a la tensión de red a partir de la energía eléctrica generada en el generador se ha dimensionado en función de cuatro parámetros: tensión del primario, tensión del secundario, potencia y tipo de refrigeración.

Tabla 28. Especificaciones del transformador de generación de la central minihidráulica.

	<b>TES-R2 Eu548 tier2</b>
Tipo de aislamiento	En resina
Sistema de enfriamiento	AN
Temperatura ambiente °C	-25 / +40
Condiciones climáticas	Normal
Condiciones de carga	Distribución
Instalación	Interior
Potencia nominal kVA	250
Número de fases nº	3
Frecuencia Hz	50
Voltaje primario V	20000
Regulación %	±2 x 2,5%
Voltaje secundario en vacío V	400
Grupo vectorial	YNd11
Pérdidas en vacío W	465 +0% tol.
Pérdidas en carga 75°C W	3000 +0% tol.
Pérdidas en carga 120°C W	3400 +0% tol.
Corriente en vacío %	0,4
Tensión de cortocircuito %	6,0
Rendimientos 4/4 cosfi 1 %	98,48
4/4 cosfi 0,8 %	98,10
2/4 cosfi 1 %	98,96
Caída tensión 4/4 cosfi 1 %	1,531
4/4 cosfi 0,8 %	4,669
Clase de aislamiento termal	F / F
Niveles de aislamiento primario kV	25 – 50 - 125
Niveles de aislamiento secundario kV	1,1 - 3
Materiales bobinas HV / LV	Al /Al
Incremento de temperatura del núcleo °C	100
Incremento de temperatura bobinas °C	100 / 100
Nivel de presión acústica dBA	43
Nivel de potencia acústica dBA	57
Clase amb. / Clim. / Comp. Al fuego	E3 - C2 – F1
Descargas parciales pC	<10
Dimensiones L x W x H mm	1380 x 760 x 1540
Peso total kg	1400
Precio unitario €	9850,00

Tabla 29. Accesorios incluidos junto con el transformador.

<b>Accesorios incluidos</b>	<b>Cantidades</b>
Bornes AT con el tornillo de la conexión y de la tuerca M12	3 + 1
Terminales del BT con las barras perforadas, colocado en la parte superior del transformador	3
Barras para la regulación de voltaje	3

Placa de datos	1
Terminales de la conexión a tierra	2
Termosondas PT100, colocadas en bobinas de BT	3
Dispositivo digital del control de la temperatura T154	1
Caja de bornas termo sondas	1
Carro con ruedas orientables en las dos direcciones principales	1
Cáncamos	4
Orificio para el remolque	1
Boletín de pruebas, Manual de instalación, Declaración de la conformidad	1

a. Pruebas de aceptación incluidas en la oferta (según Normas EN60076-11):

- Medida de la relación de transformación y control del grupo de conexión.
- Ensayo de tensión aplicada.
- Ensayo de tensión inducida.
- Medidas de las descargas parciales.
- Medida de las pérdidas y de la corriente en vacío.
- Medida de la tensión de cortocircuito y de las pérdidas debidas a la carga.
- Medida de la resistencia de los bobinados.
- Cheque de dimensiones, de la presencia y de la operación de accesorios.

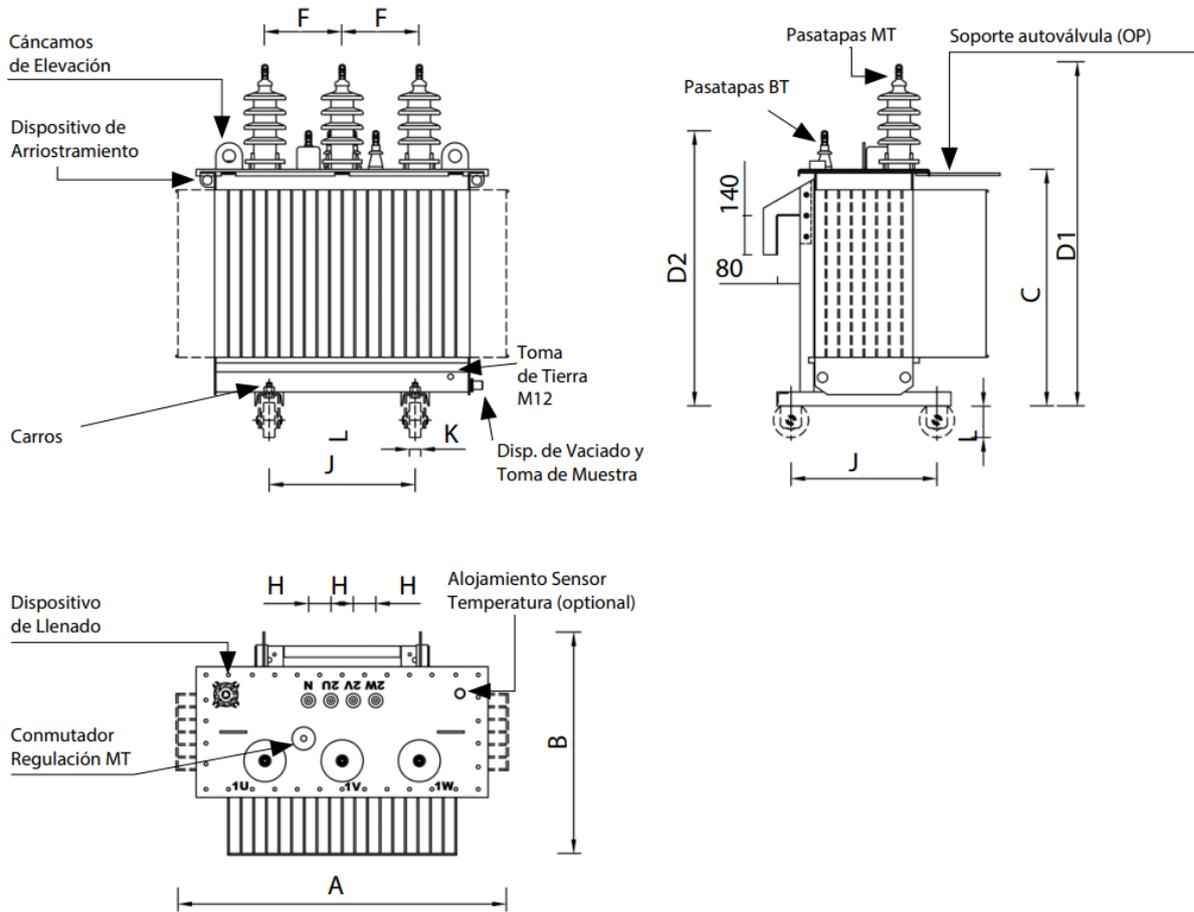
b. Pruebas (a petición, con los costes que se convendrán)

- Prueba de impulso según norma EN60076-3
- Prueba de calentamiento según norma EN60076-2
- Medida del nivel sonoro según norma EN60076-10
- Prueba de resistencia al cortocircuito dinámico según norma EN60076-5

**Anexo VI. TRANSFORMADOR REDUCTOR**

Tabla 30. Especificaciones del transformador reductor de la central minihidráulica.

	<b>Ormazabal A<sub>0</sub> B<sub>K</sub> 160 kVA</b>
Tipo	Hermético de llenado integral, sumergidos en aceite mineral
Refrigeración	ONAN
Instalación	Interior
Potencia nominal kVA	160
Número de fases n°	3
Frecuencia Hz	50
Voltaje primario V	20000
Voltaje secundario en vacío V	400
Grupo vectorial	Dyn11
Pérdidas en vacío W	210
Pérdidas en carga W	2000
Impedancia de cortocircuito a 75°C %	4
Nivel de potencia acústica L <sub>wA</sub> (dB)	44
Caída de tensión a plena carga cosφ=1 %	1,32
Caída de tensión a plena carga cosφ=0,8 %	3,31
Rendimiento carga 100% cosφ=1 %	98,64
Rendimiento carga 100% cosφ=0,8 %	98,30
Rendimiento carga 75% cosφ=1 %	98,90
Rendimiento carga 75% cosφ=0,8 %	98,63
A mm	1046
B mm	743
C mm	873
D1 mm	1258
D2 mm	1033
D3 mm	963
F mm	275
H mm	80
J mm	520
K mm	40
Ø rueda mm	125
L mm	110
Distancia entre ganchos para poste mm	530
Peso total kg	753



**Ilustración 25. Dimensiones del transformador reductor Ormazabal.**

## **Anexo VII. CELDAS DE MT INSTALADAS**

Las celdas CGM de la casa Ormazabal forman un conjunto de equipos modulares de reducidas dimensiones para MT, y cada módulo o celda tiene su función específica. Estos están formados por una envolvente metálica que consta de una cuba llena de gas SF<sub>6</sub> rodeando los pertinentes elementos de maniobra y embarrado.

La prefabricación de estos elementos y gracias a las pruebas realizadas con ellos, garantizan su funcionamiento en muchas condiciones diversas de temperatura y presión. Gracias a su aislamiento de SF<sub>6</sub> tienen la capacidad de resistir tanto la polución como la posible inundación del centro de transformación, reduciendo el mantenimiento y abaratando costes de explotación.

La conexión entre los distintos módulos, realizado mediante un sistema propio de la casa Ormazabal, permite diversas configuraciones del centro del transformación.

Las configuraciones de los equipos que se van a elegir están ligadas a los valores de intensidad y tensión asignada. Ormazabal tiene las siguientes opciones:

**Tabla 31. Rango de valores para tensión asignada, intensidad asignada e intensidad de corta duración de las celdas de la casa Ormazabal.**

Tensión asignada (kV)	12	24	36
Intensidad asignada (A)	400 y 630	400 y 630	400 y 630
Intensidad de corta duración (kA)	16 y 20	16 y 20	16 y 20

### 1. Descripción de las celdas

#### 1.1. Base y frente

Se caracterizan por su indeformabilidad y resistencia a la corrosión gracias a la rigidez de la chapa metálica y su galvanizado. Las características de la base permiten que se puedan conectar mediante cables las celdas sin necesidad de foso. La parte frontal posee una placa de características eléctricas, mirilla para el manómetro, esquema eléctrico de la celda y accesos a los accionamientos de mando. En la parte inferior están las tomas para las lámparas de señalización de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

#### 1.2. Cuba

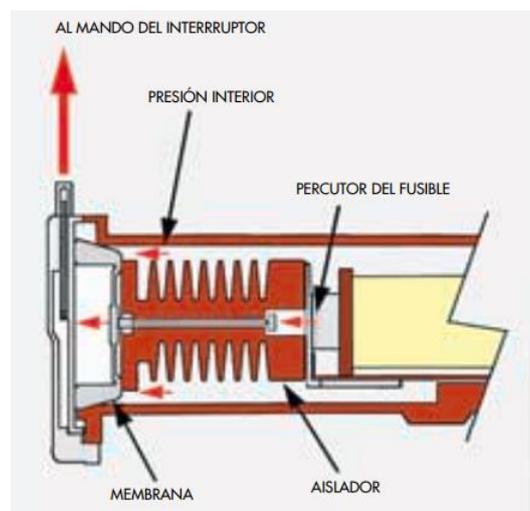
La cuba está hecha de acero inoxidable y contiene el interruptor, el embarrado y portafusibles, además del gas SF<sub>6</sub> a una presión absoluta de 1,3 bares. El sellado de la cuba permite el mantenimiento durante toda la vida útil de la celda, sin tener que reponer el gas. La cuba además cuenta con un equipo de evacuación de gas en caso de arco interno y lo expulsa por la parte trasera de la celda para proteger a las personas y los equipos presentes en el CT. El embarrado del que consta no solo es capaz de soportar la intensidad asignada, sino también las intensidades térmicas y dinámicas asignadas.

### 1.3. Interruptor / Seccionador / Seccionador de puesta a tierra

El interruptor disponible en el sistema CGM tiene tres posiciones que son la de conectado, seccionado y puesta a tierra. La actuación de este interruptor se da gracias a una palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor; y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre seccionado y puesta a tierra). El corte de la corriente se produce en el paso del interruptor de conectado a seccionado, empleando la velocidad de las cuchillas y el soplado de SF<sub>6</sub>.

### 1.4. Fusibles

Los fusibles se montan en las celdas correspondientes sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante. Los tres tubos, inmersos en el gas SF<sub>6</sub>, son estancos del gas y también del exterior por polución o inundaciones, gracias a un sistema de cierre rápido con membrana. Esta membrana es la encargada del accionamiento del interruptor para su apertura ya sea por la acción del percutor de un fusible cuando se funde o por la sobrepresión interna del portafusibles por calentamiento excesivo del fusible.



**Ilustración 26. Estructura del portafusibles.**

### 1.5. Conexión entre celdas

El elemento empleado para realizar la conexión eléctrica y mecánica entre celdas se denomina ORMALINK, el cual permite la unión del embarrado de las celdas del sistema CGM sin necesidad de reponer el gas SF<sub>6</sub>. Está formado por tres adaptadores elastoméricos enchufables que se conectan a los laterales de las celdas donde salen los embarrados de las celdas y sellan la unión entre las dos celdas. Simplemente, para rematar la unión hay que asegurarla mediante tornillos dispuestos entre las celdas para que no pueda separarse la unión eléctrica.

### 1.6. Facilidad de operación

En la parte frontal superior de cada celda se dispone de una esquema sinóptico del circuito principal, que contiene los ejes de accionamiento del interruptor y seccionador de puesta a tierra. Se incluyen también en ese esquema la señalización de posición del interruptor, que está ligada directamente al eje del mismo sin mecanismos intermedios, lo que asegura la máxima fiabilidad.

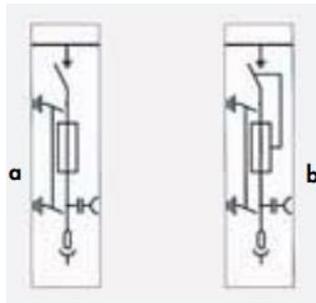
### 1.7. Seguridad de operación

Las celdas CGM corresponden a un grado de protección IP 33 (exceptuando la parte correspondiente a los conductores). La envolvente metálica tiene un grado de protección, contra impactas (IK 08), mientras que la mirilla del manómetro tiene un índice de IK 06. Esta envolvente ha sido concebida para minimizar el daño a las personas o al resto de CT en caso de arco interno y evitar el contacto accidental con elementos en tensión. De la misma forma el sistema de enclavamientos ha sido diseñado para permitir el acceso a los cables solo cuando están puestos a tierra, y evitar la realización de maniobras incorrectas por parte del operario.

### 1.8. Protección de celdas de fusibles

La utilización de los fusibles en la celda de protección puede responder a dos sistemas:

- Fusibles asociados: en caso de fusión de uno de los fusibles, no se abre el interruptor de la celda, por lo que el transformador queda alimentado a dos fases.
- Fusibles combinados: cuando cualquiera de los fusibles se funde, el interruptor se abre, evitando que el transformador quede alimentado solo a dos fases.



**Ilustración 27. Fusibles a) asociados y b) combinados.**

Según la siguiente tabla proporcionada por la casa Ormazabal se puede dimensionar la intensidad nominal de los fusibles requeridos por la instalación.

Tabla 32. Intensidad nominal de los fusibles dependiendo en la potencia del transformador y la tensión de la red y de la celda.

$U_N$ red [kV]	10	13,8	15	20	25	30
$U_N$ celda [kV]	12	24	24	24	36	36
Potencia del Transformador [kVA]						
50	6	6	6	6	4	4
100	16	10	10	10	10	10
160	25	16	16	16	16	16
200	40	25	25	25	25	16
250	40	25	25	25	25	25
315	40	40	40	25	25	25
400	63	40	40	40	40	40
500	63	63	40	40	40	40
630	100	63	63	63	40	40
800	100	100	63	63	40	40
1000	125	100	100	63	40	40
1250	160	125	100	100	63	63
1600	-	160	125	100	80	80
2000	-	-	160	125	80	80

Condiciones generales: Sobrecarga < 20% y temperatura < 40° C  
Casos sombreados: Sobrecarga < 30% y Temperatura < 50° C  
Pérdidas máximas del fusible: 75 W (55 W para  $U_N = 10$  kV)

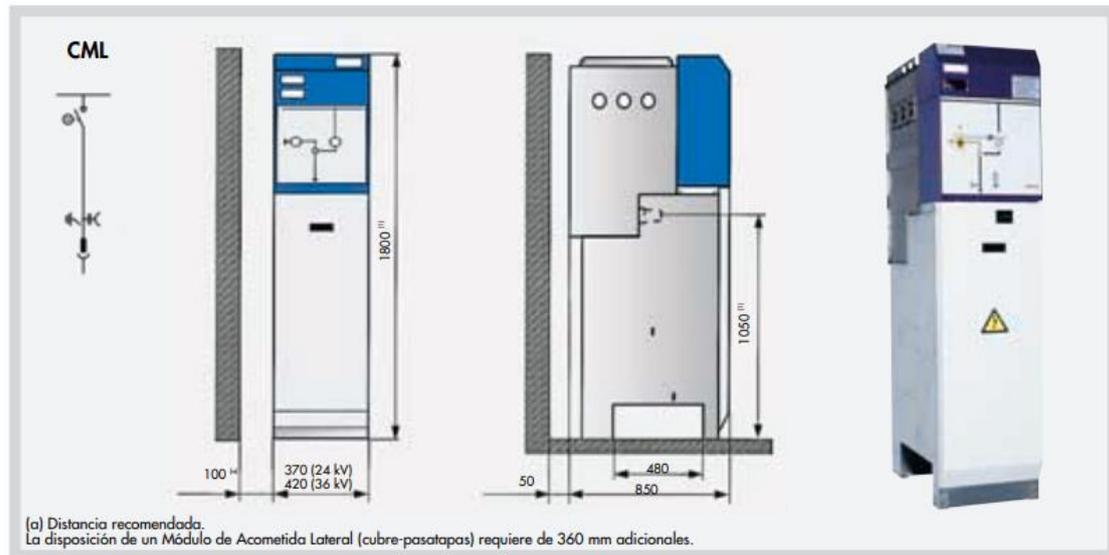
## 2. Selección de las celdas

Para la selección de las celdas se elige 24 kV de tensión asignada ya que la línea de MT tiene un nivel de tensión de 20 kV y es la inmediatamente superior a este valor, mientras que la intensidad asignada y la de corta duración se eligen respectivamente de 400 A y 16 kA, por ser la central de poca potencia y, por tanto, de no manejar un rango muy alto de intensidades.

### 2.1. Celda de línea

<b>Celda de línea CML-24</b>	
Tensión asignada (kV)	24
Intensidad asignada (A)	400
Intensidad de corta duración (1 ó 3 s) (kA)	16
Nivel de aislamiento:	
Frecuencia industrial (1 min)	
a tierra y entre fases (kV)	50
a la distancia de seccionamiento (kV)	60
Impulso tipo rayo	
a tierra y entre fases (kV) cresta	125
a la distancia de seccionamiento (kV) cresta	145
Capacidad de cierre (kA)	40
Capacidad de corte	
Corriente principalmente activa (A)	400
Corriente capacitiva (A)	31,5
Corriente inductiva (A)	16
Falta a tierra $I_{CE}$ (A)	63
Falta a tierra $\sqrt{3} I_{CL}$ (A)	31,5
Ancho (mm)	370

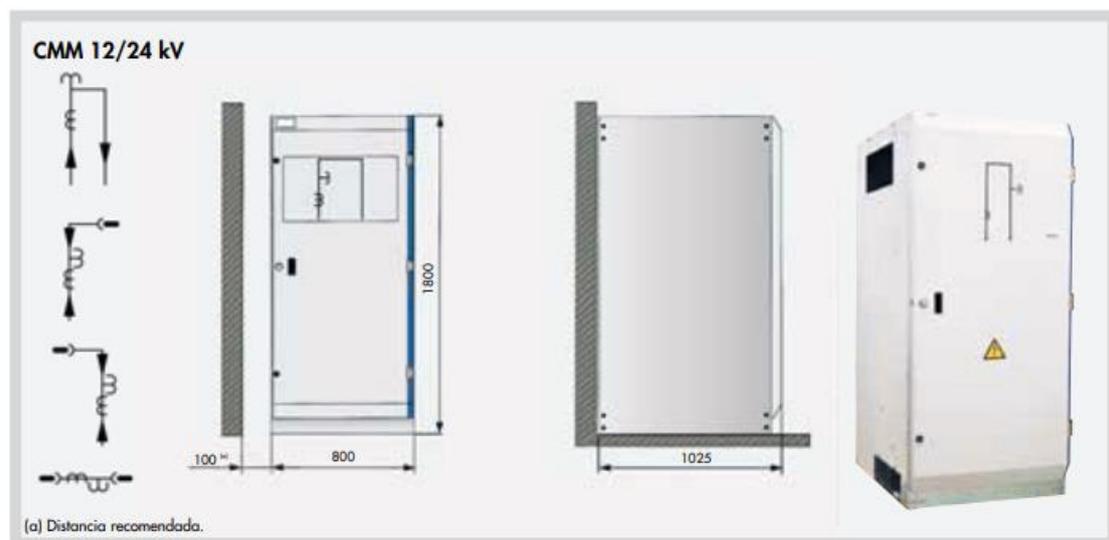
Alto (mm)	1800
Fondo (mm)	850
Peso (kg)	135



**Ilustración 28. Disposición, estructura y dimensiones de la celda de línea.**

## 2.2. Celda de medida

	<b>Celda medida CMM-24</b>
Tensión asignada (kV)	24
Ancho (mm)	800
Alto (mm)	1800
Fondo (mm)	1025
Peso (kg)	180

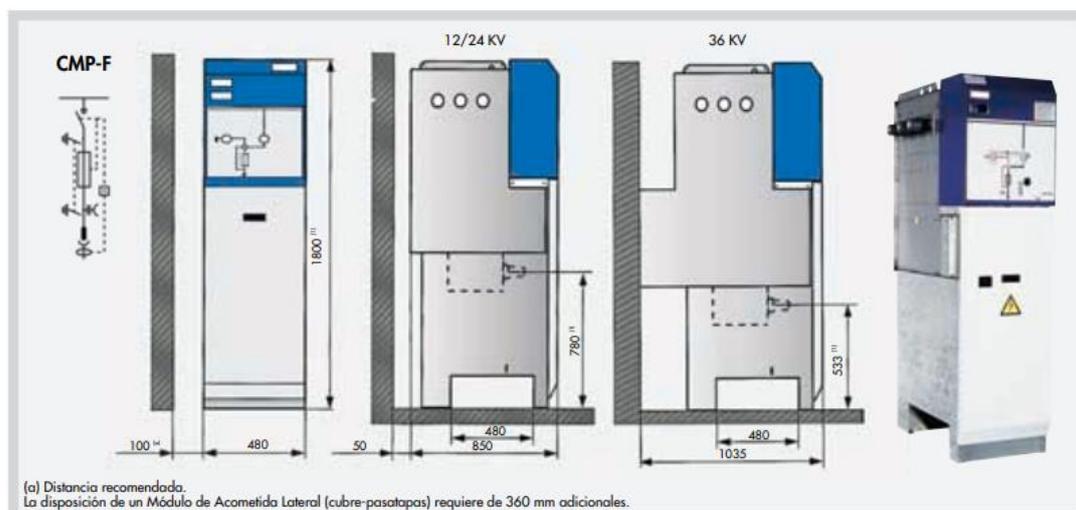


**Ilustración 29. Disposición, estructura y dimensiones de la celda de medida.**

### 2.3. Celda de protección

En el caso de la central minihidráulica, el transformador es de 250 kVA, la tensión asignada de la celda es de 24 kV y el nivel de tensión de la red es 20 kV. Por ello la intensidad nominal de los fusibles para la instalación es de 25 A, según la norma NI 75.06.31.

<b>Celda de protección con fusibles CMP-F-24</b>	
Tensión asignada (kV)	24
Intensidad asignada (A)	400
Intensidad de corta duración (1 ó 3 s) (kA)	16
Nivel de aislamiento:	
Frecuencia industrial (1 min)	
a tierra y entre fases (kV)	50
a la distancia de seccionamiento (kV)	60
Impulso tipo rayo	
a tierra y entre fases (kV) cresta	125
a la distancia de seccionamiento (kV) cresta	145
Capacidad de cierre (kA) cresta (antes-después de fusibles)	2,5
Capacidad de corte	
Corriente principalmente activa (A)	400
Corriente capacitiva (A)	31,5
Corriente inductiva (A)	16
Falta a tierra $I_{CE}$ (A)	63
Falta a tierra $\sqrt{3} I_{CL}$ (A)	31,5
Capacidad de ruptura combinación interruptor-fusibles (kA)	20
Corriente de transferencia (UNE-EN 60420) (A)	600
Ancho (mm)	480
Alto (mm)	1800
Fondo (mm)	850
Peso (kg)	200



**Ilustración 30. Disposición, estructura y dimensiones de la celda de protección con fusibles.**

#### 2.4. Sistema autónomo de protección RPTA

El RPTA es un sistema autónomo de protección desarrollado para su aplicación de protección con fusibles del sistema CGM. Las funciones de protección que realiza son:

- Contra sobreintensidades.
- Contra fugas a tierra.
- Contra sobrecalentamientos.

El RPTA se compone de:

- Captadores toroidales: tres captadores de fase y uno de tierra para alimentar al relé, y a la vez, darle indicación de la corriente que circula por cada una de esas fases y/o a tierra.
- Disparador biestable: disparador electromecánico de bajo consumo que, con un pequeño impulso de tensión, desencadena la apertura del interruptor.
- Relé analógico: relé que incorpora los diales de tarado de las protecciones de sobreintensidad y fuga a tierra, y la unidad de señalización de causa de disparo.

##### 2.4.1. Características del disparo

Protección de fase: curva extremadamente inversa (según CEI-255) con limitación a 300 A y a 20 veces la corriente de regulación (el valor que sea menor). A partir de ese punto se bloquea, dejando el corte de la corriente a los fusibles.

Protección homopolar: tiempo de disparo definido entre 0,5 y 2,15s.

##### 2.4.2. Rango de aplicación

Corriente de regulación de fase: de 3 a 90 A.

Corriente de regulación homopolar: de 0,5 a 10,5 A.

##### 2.4.3. Alimentación

Autoalimentado por los captadores toroidales.

##### 2.4.4. Señalización de disparo

Dispone de indicadores para discriminar la causa del disparo: sobreintensidad de fase, fuga a tierra o disparo externo.

##### 2.4.5. Otras características

$I_{\text{térmica}} / I_{\text{dinámica}}$ : 20/50 kA.

Tª funcionamiento: de -10 a 60°C.

Disparo externo: contacto libre de tensión (termostato, contacto auxiliar, etc).

Ensayos mecánicos y de compatibilidad electromagnética (CEI 255 y CEI 801) en su nivel más severo.

### Anexo VIII. CÁLCULO PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS DE MT

- La tensión de la red es  $U = 20 \text{ kV}$
- Según la norma MT 2.11.33 de Iberdrola se considera que  $R_n = 0$  y  $X_n = 25,4 \Omega$ , sabiendo que la tensión nominal de la red es de 20 kV (se elige tipo de puesta a tierra de intensidad de defecto máxima de 500 A).

Tabla 33. Intensidades máximas de puesta a tierra e impedancias equivalentes para cada nivel de tensión y tipo de puesta a tierra de la red.

Tensión nominal de la red $U_n$ (kV)	Tipo de puesta a tierra **	Reactancia equivalente $X_{LTH}$ ( $\Omega$ )	Intensidad máxima de corriente de defecto a tierra * (A)
13,2	Rígido	1,863	4500
13,2	Reactancia 4 $\Omega$	4,5	1863
15	Rígido	2,117	4500
15	Reactancia 4 $\Omega$	4,5	2117
20	Zig-Zag 500A	25,4	500
20	Zig-Zag 1000A	12,7	1000
20	Reactancia 5,2 $\Omega$	5,7	2228
30	Zig-Zag 1000 A	2,117	9000

- La intensidad a la cual corta el relé de protección de la red de MT es  $I_a = 25 \text{ A}$ .
- Nivel de aislamiento de los equipos de baja  $V_{bt} = 10.000 \text{ V}$

Condición 1:  $I_d \geq I_a$

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \geq 25$$

$$\frac{20000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_t^2 + 25,4^2}} \geq 25 \rightarrow R_t \leq 461,2 \Omega$$

Condición 2:  $V_{bt} \geq R_t \cdot I_d$

$$V_{bt} \geq R_t \cdot \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \rightarrow 10.000 \geq R_t \cdot \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_t^2 + 25,4^2}}$$

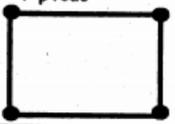
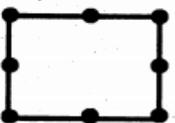
$$R_t \leq 44 \Omega$$

Esto quiere decir que la condición limitadora es la de protección del material, la segunda. Así que se dimensionará la puesta a tierra en función de este valor. Sabiendo que la resistividad del terreno es  $100 \Omega \cdot \text{m}$  y la resistencia de puesta a tierra debe ser menor de  $44 \Omega$ :

$$k_r = \frac{R_t}{\rho} \rightarrow k_r \leq \frac{44}{100} \rightarrow k_r \leq 0,44$$

Se elige un electrodo cuyo valor de  $k_r$  sea inferior a este.

Tabla 34. Parámetros característicos de los electrodos de puesta a tierra en configuración de cuadrado de 2 x 2 m, sección del conductor 50 mm<sup>2</sup> y profundidad 0,8 m.

CONFIGURACION	L <sub>p</sub> (m)	RESISTENCIA k <sub>r</sub>	TENSION DE PASO k <sub>p</sub>	TENSION DE CONTACTO EXT k <sub>c</sub> = k <sub>p</sub> (acc)	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.205	0.0331	0.1396	20-20/8/00
4 picas 	2	0.129	0.0231	0.0699	20-20/8/42
	4	0.097	0.0165	0.0456	20-20/8/44
	6	0.078	0.0126	0.0336	20-20/8/46
	8	0.066	0.0102	0.0264	20-20/8/48
8 picas 	2	0.110	0.0206	0.0530	20-20/8/82
	4	0.080	0.0137	0.0320	20-20/8/84
	6	0.064	0.0102	0.0227	20-20/8/86
	8	0.054	0.0080	0.0176	20-20/8/88

Se escoge la configuración 20-20/8/00, es decir, un cuadrado de 2 m de lado a 0,8 m de profundidad y con ninguna pica, ya que es el electrodo más sencillo que cumple con la condición de  $k_r \leq 0,44$ . No se ha elegido el de profundidad 0,5 m ya que no cumplía con todas las condiciones. Los parámetros según este electrodo quedan:

$$k_r = 0,205 \quad k_p = 0,0331 \quad k_c = 0,1396$$

$$R_t = 20,5 \Omega$$

$$I_d = 353,8 A$$

$$V_d = 7252 V$$

Condiciones a cumplir para la seguridad de las personas:

$$V'_p \leq V_p \quad I_d \cdot k_p \cdot \rho \leq \frac{10 \cdot k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000}\right)$$

$$V'_c \leq V_c \quad I_d \cdot k_c \cdot \rho \leq \frac{k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{1,5 \cdot \rho}{1000}\right)$$

La compañía eléctrica Iberdrola establece que para la zona de Levante Norte en las líneas de 20 kV el tiempo máximo de eliminación del defecto es de 0,7 s, que corresponde con valores de  $k = 72$  y  $n = 1$ .

$$V'_p = 1171,1 V \quad V_p = 1645 V$$

$$V'_c = 4939 V \quad V_c = 118,3 V$$

Puesto que no se cumple la condición de tensión de contacto ya que la tensión admisible es muy reducida y para dimensionar un electrodo de estas características se necesita mucha infraestructura e inversión elevada, el centro de transformación constará con la instalación de un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro de 4 mm, formando una retícula de 0,3 x 0,3

m. Este mallazo se conectará en los puntos opuestos a la puesta de tierra del centro de transformación. Esto previene que una persona que acceda a una parte del CT que sea susceptible de quedar a tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo a la tensión de contacto y de paso interior. Esta instalación se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor.

### **Anexo IX. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DE GENERACIÓN**

Puesto que la tensión de defecto es mayor que la tensión establecida de 1000 V para juntar las dos puestas a tierra del CT, se procede al cálculo de la separación entre estas dos.

$$D \geq \frac{\rho \cdot I_d}{2000 \cdot \pi} \rightarrow D \geq \frac{100 \cdot 353,8}{2000 \cdot \pi} \rightarrow D \geq 5,63 \text{ m}$$

La distancia a la que se va a colocar la puesta a tierra es de 6 m.

Para conseguir una resistencia de puesta a tierra menor a  $37 \Omega$  se va a dimensionar una pica vertical cuya longitud se calcula a continuación según la norma ITC-BT-18:

La resistencia de tierra de una pica vertical es:  $R_t = \frac{\rho}{L}$

$$L = \frac{\rho}{R_t} \rightarrow L > 2,7 \text{ m} \rightarrow L = 3 \text{ m}$$

La puesta a tierra de servicio del transformador de generación constará de una pica vertical de 3 metros de profundidad, separada 6 metros respecto a la puesta a tierra de las masas del CT.

## Anexo X. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR REDUCTOR

Al igual que con la puesta a tierra del neutro del transformador de generación, se va a calcular la distancia a la que se debe colocar la puesta a tierra respecto a la de las masas del CT. Además, se debe tener en cuenta que ya hay una puesta de tierra de otro transformador, por lo que se deberá dejar también la misma distancia respecto a esta puesta de tierra, de forma que, como mínimo, equidiste de las dos puestas a tierra previamente dimensionadas.

$$D \geq \frac{\rho \cdot I_d}{2000 \cdot \pi} \rightarrow D \geq \frac{100 \cdot 353,8}{2000 \cdot \pi} \rightarrow D \geq 5,63 \text{ m}$$

La distancia a la que se va a colocar la puesta a tierra es de 6 m, al igual que la puesta a tierra del transformador de generación.

Para conseguir una resistencia de puesta a tierra menor a  $37 \Omega$  se va a dimensionar una pica vertical cuya longitud se calcula a continuación según la norma ITC-BT-18:

La resistencia de tierra de una pica vertical es:  $R_t = \frac{\rho}{L}$

$$L = \frac{\rho}{R_t} \rightarrow L > 2,7 \text{ m} \rightarrow L = 3 \text{ m}$$

La puesta a tierra de servicio del transformador reductor constará de una pica vertical de 3 metros de profundidad, separada 6 metros respecto a la puesta a tierra de las masas del CT y a la puesta a tierra del neutro del otro transformador.

## Anexo XI. DIMENSIONADO DE CONDUCTORES

### 1. Tramo generador-transformador de generación

El tramo que va del generador hasta el transformador de generación vendrá determinado por la intensidad a transportar por el conductor.

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{179 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} \rightarrow I_B = 322,96 A$$

Se usa el valor de la potencia del generador y un factor de potencia de 0,8 por ser un generador. Para conseguir el valor de  $I_Z$  se debe mirar la tabla descrita en la memoria, pero para ello hay que conocer el método de instalación, que en este caso es B2 y tener en cuenta los factores de corrección.

- Temperatura: el factor de corrección es de 1,04 por tener el suelo una temperatura inferior a 25°C, ya que es un entorno frío y húmedo por estar bajo tierra.
- Resistividad térmica del terreno: se asume un factor de corrección de 1 al suponer que la resistividad es de 2,5 K·m/W.
- Por agrupamiento: solo se requiere de un circuito ya que será suficiente para conducir la intensidad calculada.

La sección de 185 mm<sup>2</sup> para el aislamiento de XLPE, conductor de cobre y cable multipolar con el método de instalación B2, tiene una intensidad  $I_Z$ , según la Tabla 52-B1 y A.52-1 bis de la norma UNE 20460-5-523:2004, cuyo valor se muestra a continuación junto con los factores de corrección previamente calculados.

$$I_{Z_{m\acute{a}x}}(185 \text{ mm}^2) = I_Z(185 \text{ mm}^2) \cdot f_{temp} \cdot f_{res} \cdot f_{agrup} = 317 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 1 = 329,68 A$$

$$I_B = 322,96 A$$

$$I_{Z_{m\acute{a}x}}(185 \text{ mm}^2) > I_B$$

Al el criterio térmico se determina que esta es la sección que mejor se adapta a las necesidades de la instalación. La sección del neutro se calcula con la siguiente tabla:

Conductores fase (mm <sup>2</sup> )	Sección neutro (mm <sup>2</sup> )
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Ilustración 31. Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase, según la norma ITC BT 07.

El tramo de generador-transformador de generación queda:

**Línea de BT del generador al transformador de generación:**

$$3F \times 185 \text{ mm}^2 + 1N \times 95 \text{ mm}^2 + 1CdP \times 95 \text{ mm}^2$$

2. Tramo de alumbrado principal y de emergencia

- Línea del centro de transformación. Se va a tener en cuenta el número de unidades de cada tipo de lámpara, tanto de alumbrado principal como de emergencia:

$$I_B = \frac{P}{V} = \frac{200 \cdot \frac{3}{5} + 9,66 \cdot \frac{1}{2}}{230} \rightarrow I_B = 0,54 \text{ A}$$

Al ser un valor tan pequeño, incluso la sección más pequeña dimensionable de cobre es capaz de transportar esta intensidad. Con el método de instalación B2, cobre como conductor y XLPE como aislamiento, se obtiene una intensidad máxima admisible de 16,5 A. Puesto que aplicando factores de corrección no altera la selección del cableado ya que hay mucho margen respecto a las intensidades, se va a obviar este cálculo y se concluye que este tramo constará de:

$$1F \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1N \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1CdP \times 1,5 \text{ mm}^2$$

- Línea de la sala de máquinas. Se calcula la intensidad teniendo en cuenta el número de unidades:

$$I_B = \frac{P}{V} = \frac{200 \cdot \frac{2}{5} + 9,66 \cdot \frac{1}{2}}{230} \rightarrow I_B = 0,37 \text{ A}$$

Se establece, por los mismos motivos que en la línea del centro de transformación, el tramo para esta línea:

$$1F \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1N \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1CdP \times 1,5 \text{ mm}^2$$

3. Tramo de tomas de corriente

- Línea del centro de transformación. Se va a repartir en cada toma de corriente la potencia prevista para toda la instalación (2 tomas de corriente de un total de 9):

$$I_B = \frac{P}{V} = \frac{5000 \cdot \frac{2}{9}}{230} \rightarrow I_B = 4,83 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta el método de instalación B2, el conductor de cobre y el aislamiento de XLPE, se establece que el conductor cuya intensidad máxima admisible se adapta mejor a estas necesidades de intensidad es el conductor de 1,5 mm<sup>2</sup>, con una intensidad máxima admisible de

16,5 A. Puesto que ningún factor de conversión va a hacer alterar este parámetro por el margen que hay entre las intensidades, el tramo queda:

$$1F x 1,5 \text{ mm}^2 + 1N x 1,5 \text{ mm}^2 + 1CdP x 1,5 \text{ mm}^2$$

➤ Línea de la sala de máquinas. Se calcula la intensidad máxima de la misma forma:

$$I_B = \frac{P}{V} = \frac{5000 \cdot \frac{7}{9}}{230} \rightarrow I_B = 16,9 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta el método de instalación B2, el conductor de cobre y el aislamiento de XLPE, se establece que el conductor cuya intensidad máxima admisible se adapta mejor a estas necesidades de intensidad es el conductor de 2,5 mm<sup>2</sup>, con una intensidad máxima admisible de 23 A. La sección anterior a esta tiene una intensidad máxima admisible con muy poco margen y es por eso que se ha elegido sobredimensionar el tramo.

$$1F x 2,5 \text{ mm}^2 + 1N x 2,5 \text{ mm}^2 + 1CdP x 2,5 \text{ mm}^2$$

Para cada toma de corriente se calcula la intensidad:

$$I_B = \frac{P}{V} = \frac{5000 \cdot \frac{1}{9}}{230} \rightarrow I_B = 2,42 \text{ A}$$

Se establece que el cable, una vez se dividan del cable principal de 2,5 mm<sup>2</sup>, será de 1,5 mm<sup>2</sup> por tener un amplio margen y ser el mínimo tamaño dimensionable.

$$1F x 1,5 \text{ mm}^2 + 1N x 1,5 \text{ mm}^2 + 1CdP x 1,5 \text{ mm}^2$$

#### 4. Tramo de equipos electrónicos reguladores y de control

La alimentación trifásica irá desde el transformador hasta la sala de máquinas que es donde se encuentran todos los equipos reguladores, con una intensidad máxima de:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{67500}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} \rightarrow I_B = 97,43 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta el método de instalación B2, el conductor de cobre y el aislamiento de XLPE, se establece que el conductor cuya intensidad máxima admisible se adapta mejor a estas necesidades de intensidad es el conductor de 35 mm<sup>2</sup>, con una intensidad máxima admisible de 110 A. Por tanto, la línea queda:

$$3F x 35 \text{ mm}^2 + 1N x 16 \text{ mm}^2 + 1Cdp x 16 \text{ mm}^2$$

5. Tramo instalación BT

La intensidad que va a tener que transportar el conductor se calcula sumando las intensidades que se requieren en todos los circuitos de baja tensión:

$$I_B = 0,54 + 0,37 + 4,83 + 16,9 + 97,43 = 120,07 A$$

Teniendo en cuenta el método de instalación B2, el conductor de cobre, el aislamiento de XLPE y que se va a sobredimensionar este tramo para la posible futura instalación de más circuitos, se establece que el conductor cuya intensidad máxima admisible se adapta mejor a estas necesidades de intensidad es el conductor de 95 mm<sup>2</sup>, con una intensidad máxima admisible de 207 A. Por tanto, la línea queda:

$$3F x 95 mm^2 + 1N x 50 mm^2 + 1Cdp x 50 mm^2$$

6. Tramo transformador de generación - red

La intensidad que va a tener que transportar el conductor se calcula usando la potencia del transformador instalado y la tensión de la red:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{250 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} \rightarrow I = 7,22 A$$

La intensidad de cortocircuito se calcula a continuación suponiendo una potencia de cortocircuito en la red, suministrada por la compañía suministradora, de 500 MVA:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{500 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = \rightarrow I_{cc} = 14,43 kA$$

La intensidad admisible del cable de MT debe ser mayor a 7,22 A y la intensidad de cortocircuito debe ser también mayor que 14,43 kA. Según la ITC LAT 06 del *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión* la mínima sección disponible es de 25 mm<sup>2</sup>, cuya intensidad máxima admisible es 95 A para el aluminio, lo cual cumple con creces el criterio de la intensidad máxima admisible. Para saber si cumple el segundo se debe conocer la densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito para conductores de aluminio dependiendo del aislamiento, del tipo de cable y de la duración del cortocircuito. La protección es HEPR, el cable es < 18/30 kV y el tiempo de cortocircuito se establece de 0,1 s. Con estos datos la densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito es de 281 A/mm<sup>2</sup>. A continuación, se hace la comprobación de cuál es la primera sección que cumple este criterio.

$$I_{cc_{25 mm^2}} = 281 \frac{A}{mm^2} \cdot 25 mm^2 = 7025 A < 14430 A$$

$$I_{cc_{35 mm^2}} = 281 \frac{A}{mm^2} \cdot 35 mm^2 = 9835 A < 14430 A$$

$$I_{cc_{50 mm^2}} = 281 \frac{A}{mm^2} \cdot 50 mm^2 = 14050 A < 14430 A$$

$$I_{cc_{70\text{ mm}^2}} = 281 \frac{A}{\text{mm}^2} \cdot 70 \text{ mm}^2 = 19670 \text{ A} > 14430 \text{ A}$$

La sección que cumple con esta condición es la de 70 mm<sup>2</sup> de conductor de aluminio y protección HEPR instalada bajo tubo. Este conductor tiene una intensidad máxima en servicio permanente y con corriente alterna de hasta 170 A para cables de hasta 18/30 kV instalados enterrados bajo tubo. Pero esta sección no está normalizada por la compañía distribuidora que es Iberdrola. Por este motivo se escoge la sección inmediatamente superior que es la de 95 mm<sup>2</sup>.

El tramo de transformador-red queda:

**Línea de MT: 3F x 95 mm<sup>2</sup>**

#### 7. Tramo transformador reductor - red

La intensidad que va a tener que transportar el conductor se calcula usando la potencia del transformador instalado y la tensión de la red:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{160 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} \rightarrow I = 4,62 \text{ A}$$

La intensidad de cortocircuito se calcula a continuación suponiendo una potencia de cortocircuito en la red, suministrada por la compañía suministradora, de 500 MVA:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{500 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = \rightarrow I_{cc} = 14,43 \text{ kA}$$

La intensidad admisible del cable de MT debe ser mayor a 4,62 A y la intensidad de cortocircuito debe ser también mayor que 14,43 kA. Según la ITC LAT 06 del *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión* la mínima sección disponible es de 25 mm<sup>2</sup>, cuya intensidad máxima admisible es 95 A para el aluminio, lo cual cumple con creces el criterio de la intensidad máxima admisible. Para saber si cumple el segundo se debe conocer la densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito para conductores de aluminio dependiendo del aislamiento, del tipo de cable y de la duración del cortocircuito. La protección es HEPR, el cable es < 18/30 kV y el tiempo de cortocircuito se establece de 0,1 s. Con estos datos la densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito es de 426 A/mm<sup>2</sup>. A continuación, se hace la comprobación de cuál es la primera sección que cumple este criterio.

$$I_{cc_{25\text{ mm}^2}} = 281 \frac{A}{\text{mm}^2} \cdot 25 \text{ mm}^2 = 7025 \text{ A} < 14430 \text{ A}$$

$$I_{cc_{35\text{ mm}^2}} = 281 \frac{A}{\text{mm}^2} \cdot 35 \text{ mm}^2 = 9835 \text{ A} < 14430 \text{ A}$$

$$I_{cc_{50\text{ mm}^2}} = 281 \frac{A}{\text{mm}^2} \cdot 50 \text{ mm}^2 = 14050 \text{ A} < 14430 \text{ A}$$

$$I_{cc_{70 \text{ mm}^2}} = 281 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \cdot 70 \text{ mm}^2 = 19670 \text{ A} > 14430 \text{ A}$$

La sección que cumple con esta condición es la de 70 mm<sup>2</sup> de conductor de aluminio y protección HEPR instalada bajo tubo. Este conductor tiene una intensidad máxima en servicio permanente y con corriente alterna de hasta 170 A para cables de hasta 18/30 kV instalados enterrados bajo tubo. Pero esta sección no está normalizada por la compañía distribuidora que es Iberdrola. Por este motivo se escoge la sección inmediatamente superior que es la de 95 mm<sup>2</sup>.

El tramo de transformador-red queda:

**Línea de MT: 3F x 95 mm<sup>2</sup>**

## Anexo XII. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CABLEADO ELEGIDO PARA LAS INSTALACIONES

### 1. Cable POWERHARD F RVFV-K

Tabla 35. Características del cable POWERHARD F RVFV-K para las secciones que se utilizan en la instalación.

POWERHARD F RVFV-K			
Sección (mm <sup>2</sup> )	Diámetro (mm)	Peso (kg/km)	Caída tensión (V/A·km)
3 x 185 + 1x95	56,5	8726	0,22
5G x 1,5	14,3	315	26,8
5G x 2,5	15,6	395	16,4
5G x 35	31,5	2355	1,16

A continuación, se muestra la ficha técnica del cable elegido.

## POWERHARD F

## RVFV-K & VVfV-K

Protección para la transmisión de potencia

### DISEÑO

#### Conductor

Cobre electrolítico, clase 5 según EN 60228.

#### Aislamiento

Polietileno reticulado (XLPE) para RVFV-K o PVC para VVfV-K.

La identificación normalizada es la siguiente:

- 1 x..... Natural
- 2 x..... Azul + Marrón
- 3 G ..... Azul + Marrón + Amarillo/Verde
- 3 x..... Marrón + Negro + Gris
- 3 x + 1 x..... Marrón + Negro + Gris + Azul (sección reducida)
- 4 G ..... Marrón + Negro + Gris + Amarillo/Verde
- 4 x..... Marrón + Negro + Gris + Azul
- 5 G ..... Marrón + Negro + Gris + Amarillo/Verde + Azul
- 6 o más cond. .... negros numerados + Amarillo/Verde

#### Asiento

PVC.

#### Armadura

Doble fleje de acero. En los cables unipolares (tipo RVFAV-K) se utiliza doble fleje de aluminio para reducir las pérdidas por corrientes inducidas en la armadura.

#### Cubierta

PVC, de color negro.

### APLICACIONES

Gracias a su diseño, este cable es especialmente adecuado para instalaciones fijas donde puede estar sujeto a agresión mecánica. Es altamente recomendado para uso en almacenes, plantas de producción y servicios agrícolas donde la presencia de roedores puede implicar una amenaza a la integridad del cable. Igualmente, se recomienda su uso en instalaciones para alumbrados exteriores.



### ❖ CARACTERÍSTICAS

-  Conductor: Flexible, clase 5
-  Radio de curvatura: 10 x diámetro exterior
-  Instalación al aire libre: permanente
-  Temperatura mínima de servicio (estático con protección): -40°C
-  Marcaje: metro a metro
-  Resistencia al agua: A07 inmersión
-  Temperatura máxima del conductor: 90°C/70°C
-  No propagación de la llama
-  Resistencia a los ataques químicos: buena
-  Temperatura máxima en cortocircuito: 250°/160°C (máximo 5 s)
-  Resistencia a los impactos: AG4. Impacto muy fuerte

### ❖ CONDICIONES DE INSTALACIÓN

-  Uso industrial
-  Presencia de humedad
-  Intemperie
-  Antirroedores
-  Enterrado
-  Entubado

2. Cable AL EPROTENAX H COMPACT (AL HEPRZ1)

**Tabla 36. Características del cable AL EPROTENAX H COMPACT (AL HEPRZ1) para la sección correspondiente a la instalación.**

<b>AL EPROTENAX H COMPACT (AL HEPRZ1) 12/20 kV</b>	
1 x Sección conductor (Al) / Sección pantalla (Cu) (mm <sup>2</sup> )	1 x 95/16
Intensidad máxima admisible bajo tubo y enterrado (A)	135
Intensidad máxima admisible de cortocircuito en 1 s (A)	8930
Resistencia del conductor a 20°C (Ω/km)	0,320
Resistencia del conductor a 105°C (Ω/km)	0,430
Reactancia inductiva (Ω/km)	0,118
Capacidad (μF/km)	0,283
Diámetro nominal aislamiento (mm)	20,9
Espesor aislamiento (mm)	4,3
Diámetro nominal exterior (mm)	28,6
Espesor cubierta (mm)	2,7
Peso aproximado (kg/km)	960
Temperatura máxima en servicio permanente (°C)	105
Temperatura máxima en régimen de cortocircuito (°C)	250

A continuación, se muestra la ficha técnica del cable elegido.

CABLES PARA MEDIA TENSIÓN

## AL EPROTENAX H COMPACT AL HEPRZ1 (NORMALIZADO POR IBERDROLA)

Tensión asignada: 12/20 kV, 18/30 kV  
Norma diseño: UNE-HD 620-9E  
Designación genérica: AL HEPRZ1



CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS



LIBRE DE HALÓGENOS  
EN 60754-1  
IEC 60754-1



REDUCIDA EMISIÓN  
DE GASES TÓXICOS  
EN 60754-2  
IEC 60754-2



BAJA OPACIDAD  
DE HUMOS  
EN 61034-2  
IEC 61034-2



DESCÁRGATE  
la DoP (Declaración de  
Prestaciones) en este código QR.  
[www.prysmianclub.es/cprblog/DoP](http://www.prysmianclub.es/cprblog/DoP)



Nº DoP 1003884



ALTA RESISTENCIA  
A LA ABSORCIÓN  
DE AGUA



RESISTENCIA  
AL FRÍO



RESISTENCIA  
A LOS RAYOS  
ULTRAVIOLETA



**CAPA SEMICONDUCTORA EXTERNA PELABLE EN FRÍO** Mayor facilidad de instalación de terminales, empalmes o conectores separables. Instalación más segura al ejecutarse más fácilmente con corrección.

**TRIPLE EXTRUSIÓN** Capa semiconductora interna, aislamiento y capa semiconductora externa se extruyen en un solo proceso. Mayor garantía al evitarse deterioros y suciedad en las interfaces de las capas.

**AISLAMIENTO RETICULADO EN CATENARIA** Mejor reticulación de las cadenas poliméricas. Mayor vida útil.

**CUBIERTA VEMEX** Mayor resistencia a la absorción de agua, al rozamiento y abrasión, a los golpes, al desgarrar, mayor facilidad de instalación en tramos tubulares, mayor seguridad de montaje. Resistencia a los rayos uva.

**GARANTÍA ÚNICA PARA EL SISTEMA** Posibilidad de instalación con accesorios Prysmian (terminales, empalmes, conectores separables).

**MAYOR INTENSIDAD ADMISIBLE** Por mayor temperatura de servicio gracias al aislamiento de HEPR (105 °C frente a 90 °C del XLPE).

**MENOR DIÁMETRO EXTERIOR** Mayor facilidad de instalación por su mayor flexibilidad y menores peso y diámetro que redundan en un menor coste de la línea eléctrica.

**FORMULACIÓN DE AISLAMIENTO PRYSMIAN** Mayor vida útil gracias a la formulación propia basada en la amplia experiencia de Prysmian.

**EXCELENTE COMPORTAMIENTO FRENTE A LA ACCIÓN DEL AGUA** Gracias a su aislamiento de goma HEPR de formulación Prysmian.

**NORMALIZADO POR IBERDROLA**

- Temperatura de servicio: -25 °C, +105 °C,
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min. (tensión conductor-pantalla): 42 kV (cables 12/20 kV), 63 kV (cables 18/30 kV).
- Los cables satisfacen los ensayos establecidos en la norma IEC 60502-2.

**Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:**

- Clase de reacción al fuego (CPR): Fca.
- Requerimientos de fuego: EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLLC/TS 50576.

**Normativa de fuego también aplicable a países que no pertenecen a la Unión Europea:**

- Libre de halógenos: EN 60754-1; EN 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos: EN 60754-2; IEC 60754-2.
- Baja opacidad de humos: EN 61034-2; IEC 61034-2.

CONSTRUCCIÓN

**CONDUCTOR**

**Metal:** cuerda redonda compacta de hilos de aluminio.  
**Flexibilidad:** clase 2, según UNE-EN 60228  
**Temperatura máxima en el conductor:** 105 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

**SEMICONDUCTORA INTERNA**

Capa extrusionada de material conductor.

**AISLAMIENTO**

**Material:** etileno propileno de alto módulo (HEPR, 105 °C). **Espesor reducido.**

**SEMICONDUCTORA EXTERNA**

Capa extrusionada de material semiconductor **separable en frío.**

**PANTALLA METÁLICA**

**Material:** hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira.  
Sección total 16 mm<sup>2</sup> (12/20 kV) ó 25 mm<sup>2</sup> (18/30 kV).

**SEPARADOR**

Cinta de poliéster.

**CUBIERTA EXTERIOR**

**Material:** poliolefina termoplástica, Z1 Vemex.  
**Color:** rojo.

## Anexo XIII. INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN

### 1. Luminarias

#### 1.1. Luminarias en la sala de máquinas

Datos de entrada:

- Dimensiones de la estancia (a, b y H):
  - Ancho (a): 4 m
  - Largo (b): 7,9 m
  - Alto (H): 6 m
- Altura del plano de trabajo (h'): 1 m
- Nivel de iluminancia media ( $E_m$ ): 200 lux (para el apartado de Centrales de energía – Salas de máquinas).
- Elección del tipo de lámpara: LED.
- Elección del tipo de luminaria y su altura de suspensión: Iluminación uniforme con una altura en suspensión de:

$$h = \frac{4}{5} \cdot (H - h') = \frac{4}{5} \cdot (6 - 1) = 4 \text{ m}$$

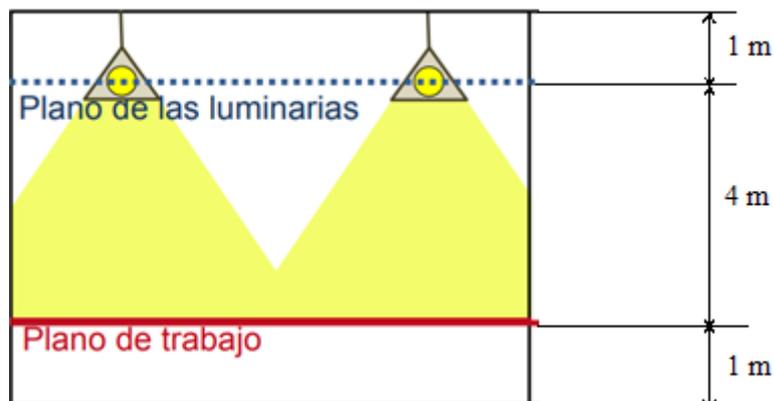


Ilustración 32. Alturas en la sala de máquinas.

Cálculo del coeficiente de utilización:

- Índice del local k:

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{4 \cdot 7,9}{4 \cdot (4 + 7,9)} = 0,664$$

- Coeficientes de reflexión: se toma 0.5 para el techo, 0.3 para las paredes y 0.1 para el suelo.

Se obtiene un factor de utilización de 0,96 por ser iluminación LED.

Cálculo del coeficiente de mantenimiento:

Al ser una ambiente generalmente limpio ya que se deben mantener los equipo en el mejor estado posible se va a considerar un coeficiente de mantenimiento de 0,8.

Cálculo del flujo luminoso:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = \frac{200 \cdot 7,9 \cdot 4}{0,96 \cdot 0,8} = 8229,16 \text{ lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} = \frac{8229,16}{4000} = 2,05 \approx 2 \text{ luminarias}$$

Teniendo en cuenta que hay que colocar 2,05 luminarias, se va a redondear a la baja ya que el flujo luminoso obtenido con dos luminarias es de prácticamente 200 lux.

Colocación de las luminarias:

Al haber solo dos luminarias se van a colocar repartidas uniformemente tal y como se muestra a continuación.

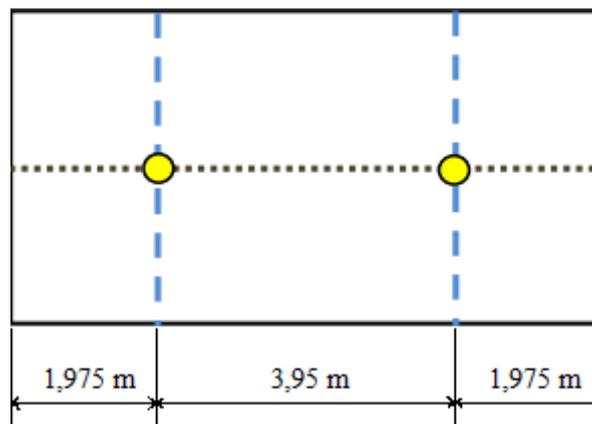


Ilustración 33. Distribución luminarias en sala de máquinas.

## 1.2. Luminarias en el centro de transformación

Datos de entrada:

- Dimensiones de la estancia (a, b y H):
  - Ancho (a): 3,7 m
  - Largo (b): 11,6 m
  - Alto (H): 4 m
- Altura del plano de trabajo (h'): 1 m
- Nivel de iluminancia media ( $E_m$ ): 200 lux (para el apartado de Centrales de energía – Salas de máquinas).
- Elección del tipo de lámpara: LED.
- Elección del tipo de luminaria y su altura de suspensión: Iluminación uniforme con una altura en suspensión de:

$$h = \frac{4}{5} \cdot (H - h') = \frac{4}{5} \cdot (4 - 1) = 2,4 \text{ m}$$

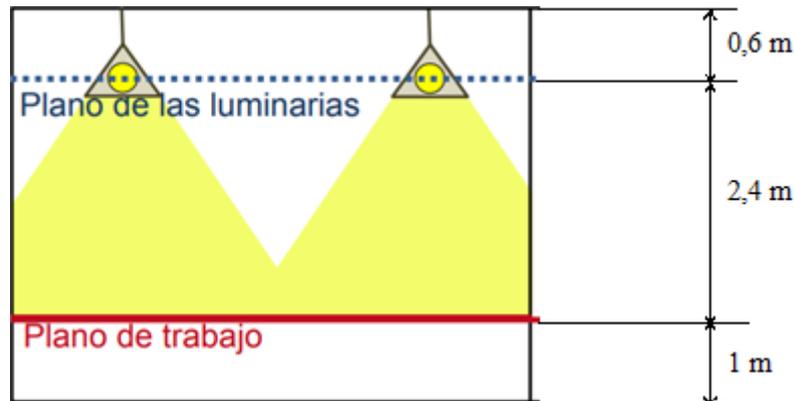


Ilustración 34. Alturas en el centro de transformación.

Cálculo del coeficiente de utilización:

- Índice del local k:

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{3,7 \cdot 11,6}{2,4 \cdot (3,7 + 11,6)} = 1,169$$

- Coeficientes de reflexión: se toma 0.5 para el techo, 0.3 para las paredes y 0.1 para el suelo.

Se obtiene un factor de utilización de 0,97 por ser iluminación LED.

Cálculo del coeficiente de mantenimiento:

Al ser un ambiente generalmente limpio ya que se deben mantener los equipos en el mejor estado posible se va a considerar un coeficiente de mantenimiento de 0,8.

Cálculo del flujo luminoso:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = \frac{200 \cdot 11,6 \cdot 3,7}{0,97 \cdot 0,8} = 11061,86 \text{ lúmenes}$$

Cálculo del número de luminarias:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} = \frac{11061,86}{4000} = 2,77 \approx 3 \text{ luminarias}$$

Se van a instalar 3 luminarias de 4000 lúmenes cada una.

Colocación de las luminarias:

Al haber solo tres luminarias se van a colocar repartidas uniformemente tal y como se muestra a continuación.

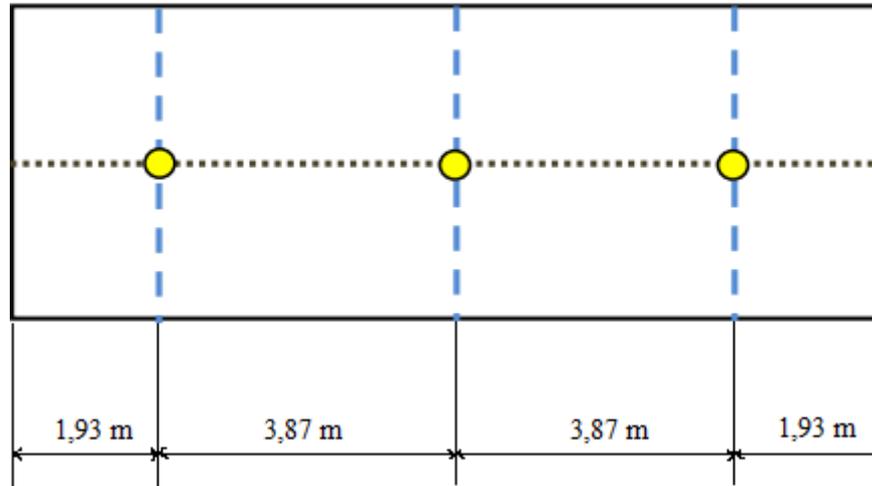


Ilustración 35. Distribución luminarias en el centro de transformación.

### 1.3. Ficha técnica de la lámpara SmartBalance suspendida



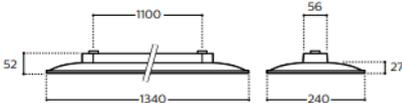
## SmartBalance adosable o suspendida

Información técnica

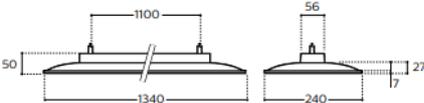
[Ver Tarifa](#)

Luminaria de alta especificación para montaje suspendido o adosado, que ofrece una perfecta combinación entre rendimiento y diseño. Cumple todas las normas para alumbrado en oficinas a la vez que tiene un diseño discreto y atractivo, algo fundamental en este tipo de luminarias. Además ofrece una superficie de luz difusa y muy comfortable.





SmartBalance adosable



SmartBalance suspendida

<b>Familia</b>	SmartBalance adosable y suspendida	<b>Clase eléctrica</b>	I
<b>Versiones</b>	SP480P: Suspendida alumbrado directo SP482P: Suspendida alumbrado directo/indirecto SM480C: Adosable	<b>Color / Acabados</b>	Blanco (RAL 9016)
<b>Material</b>	Carcasa de policarbonato y chapa de acero y cierre acrílico microprismático	<b>IP</b>	20
<b>Flujo sistema de familia</b>	3500 lm (alumbrado directo) y 4000 lm (alumbrado directo/indirecto)	<b>IK</b>	2
<b>Consumo sistema de familia</b>	De 30W a 40W	<b>Marcado CE</b>	SI
<b>Ópticas y difusores</b>	ACC-MLO, difusor de microprismas acrílico muy transparente con alto rendimiento	<b>Marcado ENEC</b>	SI
<b>Eficacia del sistema de la familia</b>	hasta 115 lm/W	<b>Tasa de fallos del driver</b>	1% en 5.000h
<b>Temperatura de color</b>	3000K y 4000K	<b>Vida útil</b>	L85 50.000h
<b>Índice de reproducción cromática</b>	>90 y R9>50	<b>Temperatura de funcionamiento</b>	De +10°C a +40°C
<b>Alimentación</b>	220V-240V	<b>Peso</b>	4,5 Kg
<b>Driver (integrado)</b>	Philips Xitanium	<b>Instalación (tipo de montaje)</b>	Versión adosable (SM480C), se suministra con anclaje a techo incluido. Versión suspendida (SP480P/SP482P), se suministra con accesorio de suspensión incluido que puede ser: SM2, con dos cables de acero de suspensión de 1,5 m, embellecedor y cable de alimentación de 5 hilos y SM1, con dos cables de acero de suspensión de 1,5 m y sin cable de alimentación.
<b>Conector</b>	PI (Push In)	<b>Accesorios</b>	Pieza de unión (máximo 3 luminarias en línea) SP480Z CP
<b>Posibilidad de regulación</b>	SI. Regulación DALI (PSD)	<b>Familia configurable</b>	Disponible en color gris RAL9006 (SI) - Configurador SM480CI

2. Luminaria de emergencia URA21 de Legrand

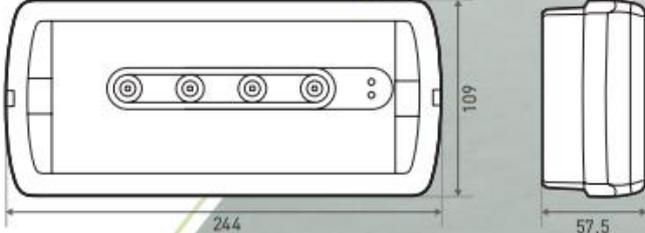


**VENTAJAS**  
de utilizar productos auto-test

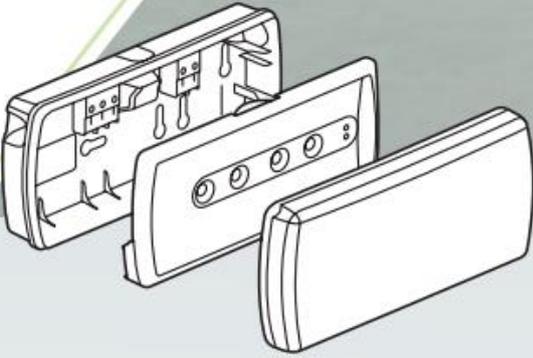
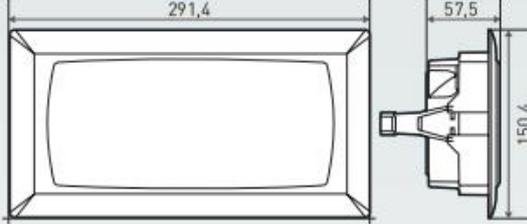
Tener una **confirmación de que las luminarias** de alumbrado de emergencia **están en perfecto estado.**

**Facilitar los trabajos de mantenimiento.**

**DIMENSIONES**  
(en mm)



**INSTALACIÓN DE SUPERFICIE**

**Marco empotrar**

**ACCESORIOS**



**Hueco para instalación**  
Empotrada techo.

## CARACTERÍSTICAS COMUNES

### URA21<sup>LED</sup>

#### FABRICADAS SEGÚN

Normas de obligado cumplimiento  
UNE EN 60 598-2-22.

#### EMERGENCIAS

No permanentes y permanentes  
(según modelos).

#### FLUJO DE 100 LM

Para las emergencias en modo  
permanente.

#### MODELOS ESTÁNDAR

1 LED verde de testigo de carga.

#### MODELOS AUTOTEST Y LVS2

2 LEDs de señalización: 1 verde  
y 1 ámbar.

#### LEDs DE ALTA POTENCIA

Con distribución de luz optimizada  
y vida media de 150.000 h.

#### TIEMPO DE CARGA 24 horas.

#### BORNAS DEL TELEMANDO

Protegidas para evitar errores  
en la conexión.

#### BORNAS AUTOMÁTICAS

Conexión por bornas automáticas  
con capacidad para 2 x 2,5 mm<sup>2</sup>, tanto  
en alimentación como telemando.

#### BORNA TRIPLE

En modelos P / NP que permite apagar  
y encender la parte permanente.

#### FUENTE CONMUTADA

De bajo consumo en modelos  
P / NP.

#### ACCESORIOS DE INSTALACIÓN

- Marco de empotrar en pared  
o en techo.
- Caja de empotrar en pared.
- Caja estanca: permite  
introducir cualquier  
emergencia URA21  
y pasar a tener un IP65.

#### ALIMENTACIÓN

230 V ± 10 % 50/60 Hz.

#### PRODUCTO CERTIFICADO

Por AENOR con marca N.

#### BATERÍAS

Ni-Cd o Ni-MH, según modelos.

#### 4 ENTRADAS DE CABLE

1 abierta en la parte posterior y  
3 desfondables Ø 20 mm para  
entrada de manguera o tubo  
rígido. Instalación en superficie  
o empotrada.

#### AUTONOMÍA

1, 2 y 3 horas.

#### MATERIAL

Material de la envolvente  
auto-extinguible.

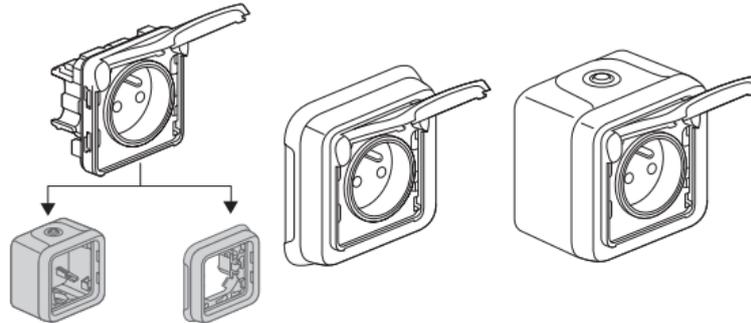
#### DIFUSOR OPAL

3. Toma de corriente Legrand, gris, ABS, sin interruptor exterior, 16A, IP55 230V ac



**Plexo™**  
**2 P+E socket outlets - Franco-Belgian Standard**

Cat. No(s): 0 695 51/53 - 0 696 21/23 - 0 697 31  
0 698 31/70

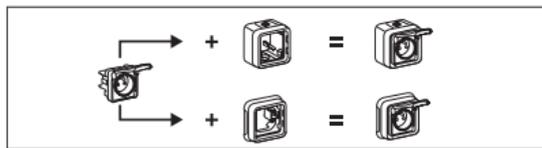


**1. USE**

Weatherproof wiring devices system intended for residential and professional technical premises (garages, cellars, car parks, workshops and industrial kitchens, etc.) as well as outdoor environments (patios, terraces, gardens, camping sites, etc.).  
2 P+E socket outlets with protective shutters.  
Tamperproof version to meet specific uses (IT, special networks), with insert Cat. No. 0 502 99.

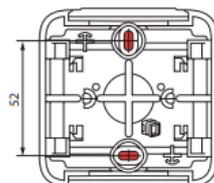
**2. RANGE**

2 versions : grey and white		References
Configurable	 2 P+E socket outlet Franco-Belgian	0 695 51 0 696 21
	 2 P+E socket outlet Franco-Belgian Tamperproof	0 695 53 0 696 23
Surface-mounting Complete	 2 P+E socket outlet Franco-Belgian	0 697 31
Flush-mounting Complete	 2 P+E socket outlet Franco-Belgian	0 698 31/70



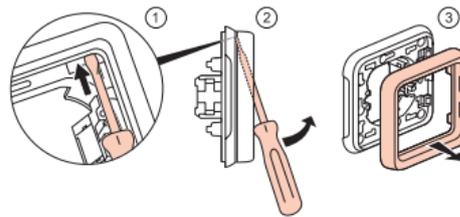
**3. PREPARATION**

■ **3.1 Surface-mounting**  
- By screwing the base box onto the support using 2 screws Ø 3-4 mm max.

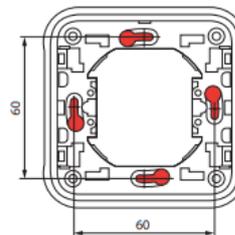


**3. PREPARATION (continued)**

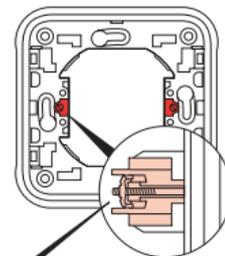
■ **3.2 Flush-mounting**



- By screwing onto a flush-mounting box

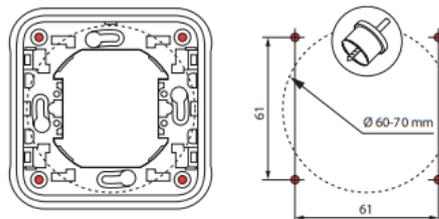


- By claws onto a flush mounting box



Possibility to place claws:  
Cat. No. 0 849 00 or Cat. No. 0 849 01 (long claw)

- By face plate using 4 screws Ø 4 mm  
Piercing of support material for diameter 60-70 mm using cylinder saw or punch.

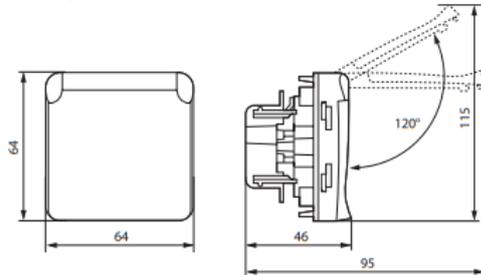


**Plexo™**  
**2 P+E socket outlets - Franco-Belgian Standard**

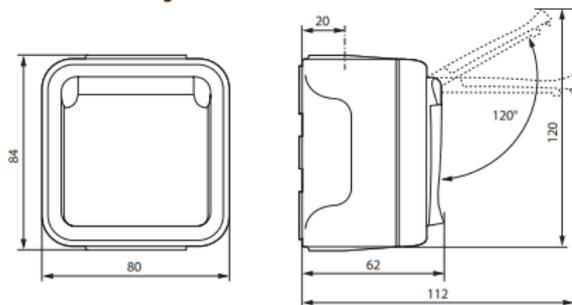
Cat. No(s): 0 695 51/53 - 0 696 21/23 - 0 697 31  
0 698 31/70

**4. OVERALL DIMENSIONS (mm)**

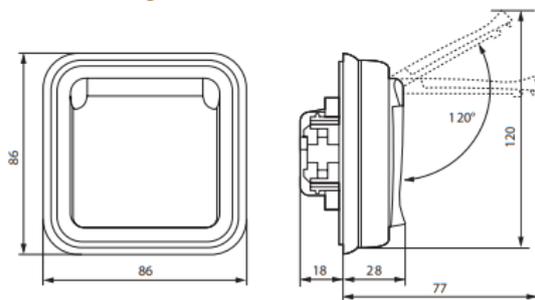
■ **Configurable**



■ **Surface-mounting**



■ **Flush-mounting**



**5. CONNECTION**

**Connection to conductors**

■ **2 P+E socket outlets**

Type of terminals: automatics

Terminal capacity: from 1.5 mm<sup>2</sup> to 2.5 mm<sup>2</sup>

Stripping length: 13 mm

■ **2 P+E socket outlets tamperproof**

Type of terminals: with screws

Terminal capacity: 2 x 2.5 mm<sup>2</sup>

Stripping length: 9 mm

Screwdriver: flat 4 mm

**6. TECHNICAL CHARACTERISTICS**

■ **6.1 Protection index (shutter closed)**

Protection against solid bodies and liquids: IP 55

Protection against impact: IK 07

■ **6.2 Material characteristics**

Box, support: PP reinforced polypropylene

Plate, shutter: ABS

Outlet gland: PP + SEBS

Mechanism: PC

UV resistant

Resistance to salt spray: 7 days (168 h)

Self-extinguishing:

+ 850°C / 30 s for insulating components holding in place live parts.

+ 650°C / 30 s for the other insulating components.

■ **6.3 Electrical characteristics**

Current: 16 A

Voltage: 250 V~

Frequency: 50 Hz

■ **6.4 Climatic characteristics**

Storage temperature: - 25° C to +70° C

Use temperature: - 25° C to + 40° C

**7. CLEANING**

Surface cleaning with dry cloth or cloth dipped in soapy water.  
Do not use acetone, tar remover or trichloroethylene.

**Caution:** A test should be carried out before using any specific cleaners.

**8. STANDARDS AND APPROVALS**

Compliance with standards of installation and manufacturing.  
Refer to e. catalogue.

## Anexo XIV. PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE BT

### 1. Interruptores magnetotérmicos

Los magnetotérmicos tienen la característica de que, si cumplen la primera condición contra sobrecargas que obliga a que el calibre esté comprendido entre los valores de intensidad máxima admisible por la instalación y de intensidad de utilización de la instalación, también cumplen con la segunda condición. Así que solo será necesario comprobar la primera condición respecto a la protección contra sobrecargas.

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$PdC \geq I_{ccmax}$$

$$I_a < I_{ccmin}$$

Se va a tener en cuenta que para estas instalaciones el cable usado tiene una resistencia de 0,7  $\Omega$ /km.

#### 1.1. Circuito alumbrado

##### ➤ Centro de transformación

Se calculan las intensidades de diseño y máxima admisible por la instalación.

$$I_B = 0,54 A$$

$$I_Z = 16,5 A$$

La intensidad de activación se calcula teniendo en cuenta la curva C:

$$I_a = 10 \cdot I_N = 10 \cdot 10 = 100 A$$

Se calculan las intensidades máxima y mínima de cortocircuito.

$$Z_{TR} = \frac{\epsilon_{cc} \cdot U_{BT}^2}{100 \cdot S_{TR}} = \frac{4}{100} \cdot \frac{400^2}{160 \cdot 10^3} = 0,04 \Omega$$

$$Z_{L11} = R_L \cdot l_{11} = 0,7 \cdot 0,005 = 0,0035 \Omega$$

$$I_{ccmax} = \frac{400/\sqrt{3}}{Z_{TR}} = 5,78 kA$$

$$I_{ccmin} = \frac{400/\sqrt{3}}{Z_{TR} + Z_{L11}} = 5,31 kA$$

Por lo tanto, un interruptor magnetotérmico adecuado sería de calibre 10 A, con PdC de 6 kA, con una intensidad de activación de 100 A.

➤ Sala de máquinas

Se calculan las intensidades de diseño y máxima admisible por la instalación.

$$I_B = 0,37 A$$

$$I_Z = 16,5 A$$

La intensidad de activación se calcula teniendo en cuenta la curva C:

$$I_a = 10 \cdot I_N = 10 \cdot 10 = 100 A$$

Se calculan las intensidades máxima y mínima de cortocircuito.

$$Z_{TR} = \frac{\varepsilon_{cc}}{100} \cdot \frac{U_{BT}^2}{S_{TR}} = \frac{4}{100} \cdot \frac{400^2}{160 \cdot 10^3} = 0,04 \Omega$$

$$Z_{L12} = R_L \cdot l_{12} = 0,7 \cdot 0,02 = 0,014 \Omega$$

$$I_{ccmax} = \frac{400/\sqrt{3}}{Z_{TR}} = 5,78 kA$$

$$I_{ccmin} = \frac{400/\sqrt{3}}{Z_{TR} + Z_{L11}} = 4,28 kA$$

Por lo tanto, un interruptor magnetotérmico adecuado sería de calibre 10 A, con PdC de 6 kA, con una intensidad de activación de 100 A.

1.2. Circuito tomas de corriente

➤ Centro de transformación

Se calculan las intensidades de diseño y máxima admisible por la instalación.

$$I_B = 4,83 A$$

$$I_Z = 16,5 A$$

La intensidad de activación se calcula teniendo en cuenta la curva C:

$$I_a = 10 \cdot I_N = 10 \cdot 10 = 100 A$$

Se calculan las intensidades máxima y mínima de cortocircuito.

$$Z_{TR} = \frac{\varepsilon_{cc}}{100} \cdot \frac{U_{BT}^2}{S_{TR}} = \frac{4}{100} \cdot \frac{400^2}{160 \cdot 10^3} = 0,04 \Omega$$

$$Z_{L21} = R_L \cdot l_{21} = 0,7 \cdot 0,007 = 0,0049 \Omega$$

$$I_{ccmax} = \frac{400/\sqrt{3}}{Z_{TR}} = 5,78 kA$$

$$I_{ccmin} = \frac{400/\sqrt{3}}{Z_{TR} + Z_{L11}} = 5,14 \text{ kA}$$

Por lo tanto, un interruptor magnetotérmico adecuado sería de calibre 10 A, con PdC de 6 kA, con una intensidad de activación de 100 A.

➤ Sala de máquinas

Se calculan las intensidades de diseño y máxima admisible por la instalación.

$$I_B = 16,9 \text{ A}$$

$$I_Z = 23 \text{ A}$$

La intensidad de activación se calcula teniendo en cuenta la curva C:

$$I_a = 10 \cdot I_N = 10 \cdot 20 = 200 \text{ A}$$

Se calculan las intensidades máxima y mínima de cortocircuito.

$$Z_{TR} = \frac{\varepsilon_{cc}}{100} \cdot \frac{U_{BT}^2}{S_{TR}} = \frac{4}{100} \cdot \frac{400^2}{160 \cdot 10^3} = 0,04 \Omega$$

$$Z_{L22} = R_L \cdot l_{22} = 0,7 \cdot 0,025 = 0,0175 \Omega$$

$$I_{ccmax} = \frac{400/\sqrt{3}}{Z_{TR}} = 5,78 \text{ kA}$$

$$I_{ccmin} = \frac{400/\sqrt{3}}{Z_{TR} + Z_{L11}} = 4,02 \text{ kA}$$

Por lo tanto, un interruptor magnetotérmico adecuado sería de calibre 20 A, con PdC de 6 kA, con una intensidad de activación de 200 A.

1.3. Circuito equipos de control

Se calculan las intensidades de diseño y máxima admisible por la instalación.

$$I_B = 97,43 \text{ A}$$

$$I_Z = 110 \text{ A}$$

La intensidad de activación se calcula teniendo en cuenta la curva C:

$$I_a = 10 \cdot I_N = 10 \cdot 100 = 1000 \text{ A}$$

Se calculan las intensidades máxima y mínima de cortocircuito.

$$Z_{TR} = \frac{\varepsilon_{cc}}{100} \cdot \frac{U_{BT}^2}{S_{TR}} = \frac{4}{100} \cdot \frac{400^2}{160 \cdot 10^3} = 0,04 \Omega$$

$$Z_{L3} = R_L \cdot l_3 = 0,7 \cdot 0,02 = 0,014 \Omega$$

$$I_{ccmax} = \frac{400/\sqrt{3}}{Z_{TR}} = 5,78 \text{ kA}$$

$$I_{ccmin} = \frac{400/\sqrt{3}}{Z_{TR} + Z_{L11}} = 4,28 \text{ kA}$$

Por lo tanto, un interruptor magnetotérmico adecuado sería de calibre 100 A, con PdC de 6 kA, con una intensidad de activación de 1000 A.

#### 1.4. Circuito completo instalación BT

Se calculan las intensidades de diseño y máxima admisible por la instalación.

$$I_B = 120,7 \text{ A}$$

$$I_Z = 207 \text{ A}$$

La intensidad de activación se calcula teniendo en cuenta la curva D, teniendo en cuenta la selectividad de las protecciones:

$$I_a = 20 \cdot I_N = 20 \cdot 125 = 2500 \text{ A}$$

Se calculan las intensidades máxima y mínima de cortocircuito.

$$Z_{TR} = \frac{\epsilon_{cc}}{100} \cdot \frac{U_{BT}^2}{S_{TR}} = \frac{4}{100} \cdot \frac{400^2}{160 \cdot 10^3} = 0,04 \Omega$$

$$Z_{L0} = R_L \cdot l_0 = 0,7 \cdot 0,005 = 0,0035 \Omega$$

$$I_{ccmax} = \frac{400/\sqrt{3}}{Z_{TR}} = 5,78 \text{ kA}$$

$$I_{ccmin} = \frac{400/\sqrt{3}}{Z_{TR} + Z_{L11}} = 5,31 \text{ kA}$$

Por lo tanto, un interruptor magnetotérmico adecuado sería de calibre 125 A, con PdC de 6 kA, con una intensidad de activación de 2500 A.

#### 2. Interruptores diferenciales

En este apartado se tendrán en cuenta los mismos circuitos que para las protecciones magnetotérmicas exceptuando el circuito completo, ya que protegiendo cada uno de estos circuitos con un diferencial ya es suficiente. El calibre vendrá determinado por el calibre del magnetotérmico ya que este tiene preferencia de actuación. Por lo tanto, el calibre del diferencial deberá ser superior al del magnetotérmico. La sensibilidad de disparo a la fuga a tierra, para la protección de las personas, es de 30 mA para todos los circuitos.

### 2.1. Circuito alumbrado

➤ Centro de transformación

Se va a instalar un interruptor diferencial de 16 A con una sensibilidad de 30 mA.

➤ Sala de máquinas

Se va a instalar un interruptor diferencial de 16 A con una sensibilidad de 30 mA.

### 2.2. Circuito tomas de corriente

➤ Centro de transformación

Se va a instalar un interruptor diferencial de 16 A con una sensibilidad de 30 mA.

➤ Sala de máquinas

Se va a instalar un interruptor diferencial de 25 A con una sensibilidad de 30 mA.

### 2.3. Circuito equipos de control

Se va a instalar un interruptor diferencial de 125 A con una sensibilidad de 30 mA.

3. Fichas técnicas de las protecciones  
3.1. Interruptor magnetotérmico Acti 9 iC60 de calibre 10 A

**Hoja de características del producto**  
**Características**

**A9F79210**

Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 2P, 10 A, C curva,  
6000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2)



**Principal**

Aplicación del dispositivo	Distribución
Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iC60
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	IC60N
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	2
[In] Corriente nominal	10 A
Tipo de red	CA CC
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	6000 A Icn at 400 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60898-1 36 kA Icu at 12...60 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2 10 kA Icu at <= 125 V DC conforming to EN/IEC 60947-2 10 kA Icu en 380...415 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu en 220...240 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 6 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 36 kA Icu at 100...133 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2
Categoría de empleo	Categoría A acorde a EN 60947-2 Category A conforming to IEC 60947-2
Poder de seccionamiento	Yes conforming to EN 60898-1 Sí acorde a EN 60947-2 Yes conforming to IEC 60898-1 Yes conforming to IEC 60947-2
Normas	EN 60947-2 EN 60898-1 IEC 60947-2 IEC 60898-1

### Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	8 x In +/- 20%
[Ics] poder de corte en servicio	15 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7.5 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 4.5 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz 15 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7.5 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 4.5 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 12...133 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 12...133 V AC 50/60 Hz 6000 A 100 % conforming to EN 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz 6000 A 100 % conforming to IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz 10 kA 100 % conforming to IEC 60947-2 - 72...125 V DC 10 kA 100 % conforming to EN 60947-2 - 72...125 V DC
Clase de limitación	3 conforming to EN 60898-1 3 conforming to IEC 60898-1
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz conforming to EN 60947-2 500 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV acorde a EN 60947-2 6 kV acorde a IEC 60947-2
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicador de disparo
Tipo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Carril DIN
Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine	Top or bottom: YES
Pasos de 9 mm	4
Altura	85 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	0,25 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 cycles
Conexiones - terminales	Single terminal (top or bottom) 1...25 mm <sup>2</sup> rigid Single terminal (top or bottom) 1...16 mm <sup>2</sup> flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	2 N.m arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Bloque independiente

### Entorno

Grado de protección IP	IP20 conforming to IEC 60529 IP20 conforming to EN 60529
Grado de contaminación	3 acorde a EN 60947-2 3 conforming to IEC 60947-2
Categoría de sobretensión	IV
Tropicalización	2 conforming to IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % en 55 °C
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-35...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

### Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	0,211 kg
Paquete 1 Altura	0,750 dm
Paquete 1 ancho	0,350 dm
Paquete 1 Longitud	0,950 dm
Peso del paquete 2	1,341 kg
Paquete 3 Peso	15,257 kg

### Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	<a href="#">Declaración de REACH</a>
Directiva RoHS UE	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
Sin mercurio	Si
Información sobre exenciones de RoHS	Si
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Presencia de halógenos	Producto libre de halógenos

### Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

### Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

3.2. Interrupor magnetotérmico Acti 9 iC60 de calibre 20 A

Hoja de características del producto  
Características

**A9F79220**  
Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 2P, 20 A, C curva,  
6000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2)



Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iC60
Tipo de producto o componente	Interrupor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	IC60N
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	2
[In] Corriente nominal	20 A
Tipo de red	CC CA
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	6000 A Icn at 400 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60898-1 36 kA Icu at 12...60 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2 10 kA Icu at <= 125 V DC conforming to EN/IEC 60947-2 10 kA Icu en 380...415 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu en 220...240 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 6 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 36 kA Icu at 100...133 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2
Categoría de empleo	Categoría A acorde a EN 60947-2 Category A conforming to IEC 60947-2
Poder de seccionamiento	Yes conforming to EN 60898-1 Sí acorde a EN 60947-2 Yes conforming to IEC 60898-1 Yes conforming to IEC 60947-2
Normas	EN 60947-2 IEC 60898-1 EN 60898-1 IEC 60947-2

### Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	8 x In +/- 20%
[Ics] poder de corte en servicio	15 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7.5 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 4.5 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz 15 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7.5 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 4.5 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 12...133 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 12...133 V AC 50/60 Hz 6000 A 100 % conforming to EN 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz 6000 A 100 % conforming to IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz 10 kA 100 % conforming to IEC 60947-2 - 72...125 V DC 10 kA 100 % conforming to EN 60947-2 - 72...125 V DC
Clase de limitación	3 conforming to EN 60898-1 3 conforming to IEC 60898-1
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz conforming to EN 60947-2 500 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV acorde a EN 60947-2 6 kV acorde a IEC 60947-2
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicador de disparo
Tipo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Carril DIN
Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine	Top or bottom: YES
Pasos de 9 mm	4
Altura	85 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	0,25 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 cycles
Conexiones - terminales	Single terminal (top or bottom) 1...25 mm <sup>2</sup> rigid Single terminal (top or bottom) 1...16 mm <sup>2</sup> flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	2 N.m arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Bloque independiente

### Entorno

Grado de protección IP	IP20 conforming to IEC 60529 IP20 conforming to EN 60529
Grado de contaminación	3 acorde a EN 60947-2 3 conforming to IEC 60947-2
Categoría de sobretensión	IV
Tropicalización	2 conforming to IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % en 55 °C
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-35...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

### Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	0,225 kg
Paquete 1 Altura	0,750 dm
Paquete 1 ancho	0,350 dm
Paquete 1 Longitud	0,950 dm
Peso del paquete 2	1395 kg
Paquete 3 Peso	15,884 kg

### Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	<a href="#">Declaración de REACH</a>
Directiva RoHS UE	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	<a href="#">Sí</a>
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Presencia de halógenos	Producto libre de halógenos

### Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

### Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

3.3. Interruptor magnetotérmico Acti 9 C120 de calibre 100 A

Hoja de características del producto **A9N18374**

Características

Magnetotérmico, Acti9 C120N, 4P, 100 A, C  
curva, 10000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC  
60947-2)



Principal

Gama de producto	Dardo Plus
Gama	Acti 9
Nombre del producto	C120
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	C120N
Aplicación del dispositivo	Distribución
Número de polos	4P
Número de polos protegidos	4
[In] Corriente nominal	100 A en 30 °C
Tipo de red	CA
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	10000 A Icn en 230...400 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 6 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu en 220...240 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu en 380...415 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu en <= 500 V CC acorde a EN/IEC 60947-2
Poder de seccionamiento	Yes conforming to IEC 60947-2

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	380...415 V AC 50/60 Hz <= 500 V CC 220...240 V AC 50/60 Hz 440 V AC 50/60 Hz 230...400 V CA 50/60 Hz
Límite de enlace magnético	5...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	7500 A 75 % acorde a EN/IEC 60898-1 - 230...400 V CA 50/60 Hz

4,5 kA 75 % acorde a EN/IEC 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz  
7,5 kA 75 % acorde a EN/IEC 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz  
15 kA 75 % acorde a EN/IEC 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz  
10 kA 100 % acorde a EN/IEC 60947-2 - <= 500 V CC

Clase de limitación	3 acorde a EN/IEC 60947-2
[U <sub>i</sub> ] Tensión nominal de aislamiento	500 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2
[U <sub>imp</sub> ] Resistencia a picos de tensión	6 kV acorde a EN/IEC 60947-2
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicación de encendido/apagado
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN simétrico de 35 mm
Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine	NO
Pasos de 9 mm	12
Altura	81 mm
Anchura	108 mm
Profundidad	73 mm
Peso del producto	0,82 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	5000 ciclos acorde a IEC 60947-2
Conexiones - terminales	Terminales de tipo túnel 1...50 mm <sup>2</sup> rígido Terminales de tipo túnel 1,5...35 mm <sup>2</sup> Flexible
Longitud de cable pelado para conectar bombas	15 mm
Par de apriete	3,5 N.m
Protección contra fugas a tierra	Bloque independiente

### Entorno

Normas	EN/IEC 60947-2 EN/IEC 60898-1
Certificaciones de producto	EAC
Grado de protección IP	IP20 conforming to IEC 60529
Grado de contaminación	3 conforming to IEC 60947-2
Categoría de sobretensión	IV
Tropicalización	2 conforming to IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % en 55 °C
Altitud máxima de funcionamiento	2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

### Unidades de embalaje

Peso del empaque (Lbs)	0,772 kg
Peso del paquete 2	2,378 kg
Paquete 3 Peso	14,735 kg

### Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	<a href="#">Declaración de REACH</a>
Conforme con REACH sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>

Sin metales pesados tóxicos	Si
Sin mercurio	Si
Información sobre exenciones de RoHS	Si
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
Comunicación ambiental	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

### Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

### Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

3.4. Interruptor magnetotérmico Acti 9 C120 de calibre 125 A

Hoja de características del **A9N18393**

producto

Características

Magnetotérmico, Acti9 C120N, 4P, 125 A, D  
curva, 10000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC  
60947-2)



Principal

Gama de producto	Dardo Plus
Gama	Acti 9
Nombre del producto	C120
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	C120N
Aplicación del dispositivo	Distribución
Número de polos	4P
Número de polos protegidos	4
[In] Corriente nominal	125 A en 30 °C
Tipo de red	CA
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	D
Capacidad de corte	10000 A Icn en 230...400 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 6 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu at 220...240 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2 10 kA Icu at 380...415 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2 10 kA Icu en <= 500 V CC acorde a EN/IEC 60947-2
Poder de seccionamiento	Si acorde a IEC 60947-2

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	380...415 V CA 50/60 Hz <= 500 V CC 220...240 V CA 50/60 Hz 440 V CA 50/60 Hz 230...400 V CA 50/60 Hz
Límite de enlace magnético	10...14 x In
[Ics] poder de corte en servicio	7500 A 75 % acorde a EN/IEC 60898-1 - 230...400 V CA 50/60 Hz

	4,5 kA 75 % acorde a EN/IEC 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a EN/IEC 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 15 kA 75 % acorde a EN/IEC 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 10 kA 100 % acorde a EN/IEC 60947-2 - <= 500 V CC
Clase de limitación	3 conforming to EN/IEC 60947-2
[U <sub>i</sub> ] Tensión nominal de aislamiento	500 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2
[U <sub>imp</sub> ] Resistencia a picos de tensión	6 kV conforming to EN/IEC 60947-2
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicación de encendido/apagado
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN simétrico de 35 mm
Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine	NO
Pasos de 9 mm	12
Altura	81 mm
Anchura	108 mm
Profundidad	73 mm
Peso del producto	0,82 kg
Color	White
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	5000 ciclos acorde a IEC 60947-2
Conexiones - terminales	Terminales de tipo túnel1...50 mm <sup>2</sup> rígido Terminales de tipo túnel1,5...35 mm <sup>2</sup> Flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	15 mm
Par de apriete	3,5 N.m
Protección contra fugas a tierra	Bloque independiente

### Entorno

Normas	EN/IEC 60898-1 EN/IEC 60947-2
Certificaciones de producto	EAC
Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529
Grado de contaminación	3 acorde a IEC 60947-2
Categoría de sobretensión	IV
Tropicalización	2 conforming to IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % en 55 °C
Altitud máxima de funcionamiento	2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

### Unidades de embalaje

Peso del empaque (Lbs)	0,778 kg
Paquete 1 Altura	0,750 dm
Paquete 1 ancho	0,880 dm
Paquete 1 Longitud	1,080 dm

### Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	<a href="#">Declaración de REACH</a>
Conforme con REACH sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme

<a href="#">Declaración RoHS UE</a>	
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
Comunicación ambiental	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

#### Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

#### Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

3.5. Interruptor diferencial Acti 9 iID de calibre 16 A

Hoja de características del  
producto  
Características

A9Z51216

Acti9 iID - Residual Current Circuit Breaker - 2P -  
16A - 30mA - B EV type



Principal

Gama	Acti9
Nombre del producto	Acti9 iID
Tipo de producto o componente	Interruptor diferencial (RCCB)
Nombre corto del dispositivo	IID
Aplicación del dispositivo	Electrical Vehicle charger
Número de polos	2P
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	16 A
Tipo de red	CA
Sensibilidad de fuga a tierra	30 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Type B-EV
Etiquetas de calidad	VDE NF IMQ KEMA

Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Salida Entrada de grupo
Frecuencia de red	50 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	230 V CA 50 Hz
Poder de conexión y de corte	I <sub>dm</sub> 1500 A I <sub>m</sub> 1500 A
Corriente condicional de cortocircuito	10 kA
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	250 V

[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV
Indicador de posición del contacto	SI
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicador de disparo Indicación de encendido/apagado
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN
Pasos de 9 mm	8
Altura	88 mm
Anchura	72 mm
Profundidad	79 mm
Peso del producto	350 g
Color	White
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	15000 cycles
Descripción de las opciones de bloqueo	Dispositivo de cierre con candado
Conexiones - terminales	Doble terminal frontal1...35 mm <sup>2</sup> rígido Doble terminal frontal1...25 mm <sup>2</sup> Flexible Doble terminal frontal1...25 mm <sup>2</sup> flexible con terminal Doble terminal atrás1...25 mm <sup>2</sup> rígido Doble terminal atrás1...16 mm <sup>2</sup> Flexible Doble terminal atrás1...16 mm <sup>2</sup> flexible con terminal
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm for top or bottom connection
Par de apriete	3.5 N.m top or bottom

### Entorno

Normas	IEC 61008-2-1 IEC/EN 62423 EN 61008-2-1
Certificaciones de producto	CCC KC
Grado de protección IP	IP20 conforming to IEC 60529 IP40 (modular enclosure) conforming to IEC 60529
Grado de protección IK	IK05
Grado de contaminación	3
Categoría de sobretensión	IV
Compatibilidad electromagnética	Resistencia a impulsos 8/20 $\mu$ s, 3 kA acorde a EN/IEC 61008-1
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

### Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	362 g
Paquete 1 Altura	7,5 cm
Paquete 1 ancho	8,5 cm
Paquete 1 Longitud	10 cm
Tipo de unidad del paquete 2	S03
Número de unidades en el paquete 2	27
Peso del paquete 2	10,204 kg
Paquete 2 Altura	30 cm

Ancho del paquete 2	30 cm
Longitud del paquete 2	40 cm

### Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	<a href="#">Declaración de REACH</a>
Directiva RoHS UE	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
Sin mercurio	SI
Información sobre exenciones de RoHS	SI
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
Perfil de circularidad	<a href="#">Información de fin de vida útil</a>
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

3.6. Interruptor diferencial Acti 9 iID de calibre 25 A

Hoja de características del producto **A9R81225**  
Características iID 2P 25A 30mA AC



Principal

Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iID
Tipo de producto o componente	Interruptor diferencial (RCCB)
Nombre corto del dispositivo	iID
Número de polos	2P
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	25 A
Tipo de red	CA
Sensibilidad de fuga a tierra	30 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Tipo AC

Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Salida
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	220...240 V AC 50/60 Hz
Tecnología de disparo corriente residual	Independiente de la tensión
Poder de conexión y de corte	Idm 1500 A Im 1500 A
Corriente condicional de cortocircuito	10 kA
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV
Corriente de sobretensión	250 A
Indicador de posición del contacto	Si
Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Ajustable en clip

Soporte de montaje	Carril DIN
Pasos de 9 mm	4
Altura	91 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	73,5 mm
Peso del producto	0,21 kg
Color	White
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	AC-1: 15000 cycles
Descripción de las opciones de bloqueo	Dispositivo de cierre con candado
Conexiones - terminales	Single terminal top or bottom 1...35 mm <sup>2</sup> rigid Single terminal top or bottom 1...25 mm <sup>2</sup> flexible Single terminal top or bottom 1...25 mm <sup>2</sup> flexible with ferrule
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm for top or bottom connection
Par de apriete	3.5 N.m top or bottom

### Entorno

Normas	EN/IEC 61008-1
Grado de protección IP	IP20 conforming to IEC 60529 IP40 (modular enclosure) conforming to IEC 60529
Grado de contaminación	3
Compatibilidad electromagnética	8/20 µs impulse withstand, 250 A conforming to EN/IEC 61008-1
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

### Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	0,194 kg
Paquete 1 Altura	0,820 dm
Paquete 1 ancho	0,400 dm
Paquete 1 Longitud	1,000 dm
Peso del paquete 2	1,316 kg
Paquete 3 Peso	12,331 kg

### Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	<a href="#">Declaración de REACH</a>
Directiva RoHS UE	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
Sin mercurio	SI
Información sobre exenciones de RoHS	SI
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Presencia de halógenos	Producto con contenido plástico sin halógenos

**Enero 2021**

**Información Logística**

---

Pais de Origen	ES
----------------	----

---

**Garantía contractual**

---

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

---

3.7. Interruptor diferencial Acti 9 RCCB-ID de calibre 125 A

Ficha técnica del producto  
Características

16905

INTERRUPTOR DIFERENCIAL 4X125A 30MA



Principal

Distancia	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 RCCB-ID
Tipo de producto o componente	Disyuntor de corriente residual (RCCB)
Modelo de dispositivo	RCCB-ID
Número de polos	4P
Posición de polo de neutro	Izquierda
Corriente nominal	125 A
Tipo de red	CA
Sensibilidad a la fuga a tierra	30 mA
Retraso tiempo protec. pérdida a tierra	Instantáneo
Prot. c. fuga a tier.(tabular)	Tipo AC
Capacidad de cierre y corte nominal	$I_m = 1250 \text{ A } 400 \text{ V}$ conforming to IEC 61008
Rated conditional short-circuit current	$I_{nc} 10 \text{ kA } 125 \text{ A}$

Complementario

Ubicación dispositivo sistema	Salida
Frecuencia asignada de empleo	50/60 Hz
Tensión asignada de empleo	400 V AC 50 Hz conforming to IEC 61008
Tecnología de disparo corriente residual	Electromecánica
Tensión asignada de aislamiento	440 V AC 50 Hz conforming to IEC 61008-1
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	4 kV conforming to IEC 61008-1
Tipo de control	Palanca de conmutación
Modo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Perfil DIN simétrico de 35 mm
Pasos de 9 mm	8
Alto	86 mm
Ancho	72 mm
Profundidad	76 mm
Peso del producto	420 g

Color	Gris
Endurancia mecánica	5000 ciclos
Endurancia eléctrica	2000 cycles
Provisión cierre candado	Cerradura
Conexiones - terminales	Tunnel type terminals2 cable(s) 1.5...16 mm <sup>2</sup> flexible Tunnel type terminals2 cable(s) 1.5...16 mm <sup>2</sup> rigid Tunnel type terminals1 cable(s) 1.5...50 mm <sup>2</sup> rigid Tunnel type terminals1 cable(s) 1.5...35 mm <sup>2</sup> flexible Tunnel type terminals1 cable(s) 1.5...35 mm <sup>2</sup> flexible with ferrule Tunnel type terminals2 cable(s) 1.5...16 mm <sup>2</sup> flexible with ferrule
Longitud de pelado de cable	11 mm
Par de apriete	3 N.m

### Entorno

Normas	IEC 61008 IEC 60947-3 IEC 60947-1
Grado de protección IP	IP20 conforming to IEC 60529 IP40 (modular enclosure) conforming to IEC 60529
Grado de contaminación	3
Tropicalización	2 conforming to IEC 61008
Humedad relativa	95 % at 55 °C
Altitud máxima de funcionamiento	2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...40 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

### Unidades de embalaje

Tipo de Unidad de Paquete 1	PCE
Número de Unidades en el Paquete 1	1
Paquete 1 Peso	447 g
Paquete 1 Altura	7,5 cm
Paquete 1 ancho	8 cm
Paquete 1 Largo	9 cm
Paquete 2 Peso	5,731 kg

### Sostenibilidad de la oferta

Conforme con REACH sin SVHC	Si
Directiva RoHS UE	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
Sin metales pesados tóxicos	Si
Sin mercurio	Si
Información sobre exenciones de RoHS	Si
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

### Garantía contractual

Periodo de garantía	18 Meses
---------------------	----------

3.8. PRAGMA de 13 módulos en 3 filas instalado sobre superficie

## Hoja de características del producto

### Características

# PRA10203

## PRAGMA 13 3 FILAS, SUPERFICIE



### Principal

Gama	Pragma (**)
Tipo de producto o componente	Cofret
Tipo de envolvente	Armario de distribución
Anchura	Exterior, estado 1 336 mm
Altura	Exterior, estado 1 600 mm
Profundidad	Exterior, estado 1 123 mm
Nb of 18 mm modules per row	13
Nb of horizontal rows	3
Clase de aislamiento eléctrico	Doble aislamiento Clase II
Equipo suministrado	1 x identification label 1 x marking kit 1 x terminal block 1 x blanking plate strip
Type of door	Sin

### Complementario

Montaje de armario	Superficie
Pasos de 9 mm	26
Número total de módulos de 18 mm	39
Disipación de potencia en W	45 W
[In] Corriente nominal	90 A
[U] Tensión nominal de aislamiento	400 V
Tipo de carril	DIN
Descripción de la placa de montaje	Sin placa de montaje
Entrada de cable	Cable o tubo Caminho Placas removíveis Placa con recorte
Número de bloques de terminales	1 earth (Quick) with 24 outgoers
Salidas del bloque de distribución	3 x 25 mm <sup>2</sup> para tierra 21 x 4 mm <sup>2</sup> for earth
Material del envolvente	Back part: technoplastic

	Frontal, estado 1 tecnoplástico
Color	Enclosure: white (RAL 9016) Front face: grey (RAL 7004)
País objetivo	España Denmark ((*))
Profundidad incustrada	0 mm
Profundidad interna	95 mm

### Entorno

Resistencia al fuego	Back part: 650 °C Front face: 650 °C
Grado de protección IP	IP30 without door IP40 with door
Grado de protección IK	IK08 without door IK09 with door
Características ambientales	Halogen free
Categoría de sobretensión	II
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...60 °C
Normas	IEC 60670-1 IEC 60670-24 IEC 61439-1 IEC 61439-3

### Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	3,050 kg
Paquete 1 Altura	1,350 dm
Paquete 1 ancho	4,200 dm
Paquete 1 Longitud	6,800 dm
Peso del paquete 2	91,8 kg

### Sostenibilidad de la oferta

Reglamento REACh	<a href="#">Declaración de REACh</a>
Conforme con REACh sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Cumplimiento proactivo (producto fuera del alcance de la normativa RoHS UE) <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
Presencia de halógenos	Producto libre de halógenos

### Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

### Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

## Anexo XV. VIABILIDAD ECONÓMICA

El estudio económico se ha realizado teniendo en cuenta la actualización de los flujos económicos dentro del periodo de amortización del proyecto. Los resultados para todos los años que dura esta amortización se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 37. Estudio económico del proyecto.

Años	Gastos	Amortización	Ingresos	Bb	Bn	FC	FC/(1+ir) <sup>n</sup>
1	39.000,00	10.439,60	66.058,80	16.619,20	12.464,40	22.904,00	22.904,00
2	39.475,80	10.566,97	66.864,72	16.821,95	12.616,46	23.183,43	22.791,12
3	39.957,40	10.695,89	67.680,47	17.027,18	12.770,38	23.466,27	22.678,80
4	40.444,89	10.826,37	68.506,17	17.234,91	12.926,18	23.752,56	22.567,04
5	40.938,31	10.958,46	69.341,94	17.445,17	13.083,88	24.042,34	22.455,82
6	41.437,76	11.092,15	70.187,92	17.658,01	13.243,50	24.335,65	22.345,15
7	41.943,30	11.227,47	71.044,21	17.873,43	13.405,07	24.632,55	22.235,03
8	42.455,01	11.364,45	71.910,95	18.091,49	13.568,62	24.933,07	22.125,45
9	42.972,96	11.503,10	72.788,26	18.312,21	13.734,15	25.237,25	22.016,41
10	43.497,23	11.643,43	73.676,28	18.535,61	13.901,71	25.545,14	21.907,90
11	44.027,90	11.785,48	74.575,13	18.761,75	14.071,31	25.856,79	21.799,93
12	44.565,04	11.929,27	75.484,94	18.990,64	14.242,98	26.172,25	21.692,50
13	45.108,73	12.074,80	76.405,86	19.222,33	14.416,75	26.491,55	21.585,59
14	45.659,06	12.222,12	77.338,01	19.456,84	14.592,63	26.814,75	21.479,21
15	46.216,10	12.371,23	78.281,54	19.694,21	14.770,66	27.141,89	21.373,36
16	46.779,93	12.522,15	79.236,57	19.934,48	14.950,86	27.473,02	21.268,02
17	47.350,65	12.674,92	80.203,26	20.177,68	15.133,26	27.808,19	21.163,21
18	47.928,33	12.829,56	81.181,74	20.423,85	15.317,89	28.147,45	21.058,91
19	48.513,05	12.986,08	82.172,15	20.673,02	15.504,77	28.490,85	20.955,12
20	49.104,91	13.144,51	83.174,65	20.925,23	15.693,93	28.838,43	20.851,85
21	49.703,99	13.304,87	84.189,39	21.180,52	15.885,39	29.190,26	20.749,09
22	50.310,38	13.467,19	85.216,50	21.438,92	16.079,19	29.546,38	20.646,83
23	50.924,17	13.631,49	86.256,14	21.700,48	16.275,36	29.906,85	20.545,08
24	51.545,44	13.797,80	87.308,46	21.965,22	16.473,92	30.271,71	20.443,82
25	52.174,30	13.966,13	88.373,63	22.233,20	16.674,90	30.641,03	20.343,07
<b>Sumatorio del flujo de caja durante los 25 años</b>							<b>539.982,30</b>

Los ingresos anuales que se han estimado durante este periodo de utilización de las instalaciones están compuestos por:

Tabla 38. Ingresos anuales de la central minihidráulica.

Referencia de ingresos	Ingresos (€/año)
Energía producida	51.058,8
Visitas a la central	15.000
<b>Ingresos anuales totales</b>	<b>66.058,8</b>

Los gastos anuales que se han estimado durante este periodo de utilización de las instalaciones están compuestos por:

**Tabla 39. Gastos anuales de la central minihidráulica.**

<b>Referencia de gastos</b>	<b>Gastos (€/año)</b>
Tarifa eléctrica (Tarifa 3.1A)	10.000
Impuestos y mantenimiento	3.000
Contratos de los trabajadores	26.000
<b>Gastos anuales totales</b>	<b>39.000</b>

A partir de todos estos datos se determinan los tres valores que determinan la viabilidad económica del proyecto.

**Tabla 40. Viabilidad económica del proyecto.**

VAN (Valor Actual Neto)	<b>278.992,18 €</b>
TIR (Tasa Interna de Retorno)	<b>9,473 %</b>
PR (Periodo de retorno)	<b>9 años 9 meses y 24 días</b>

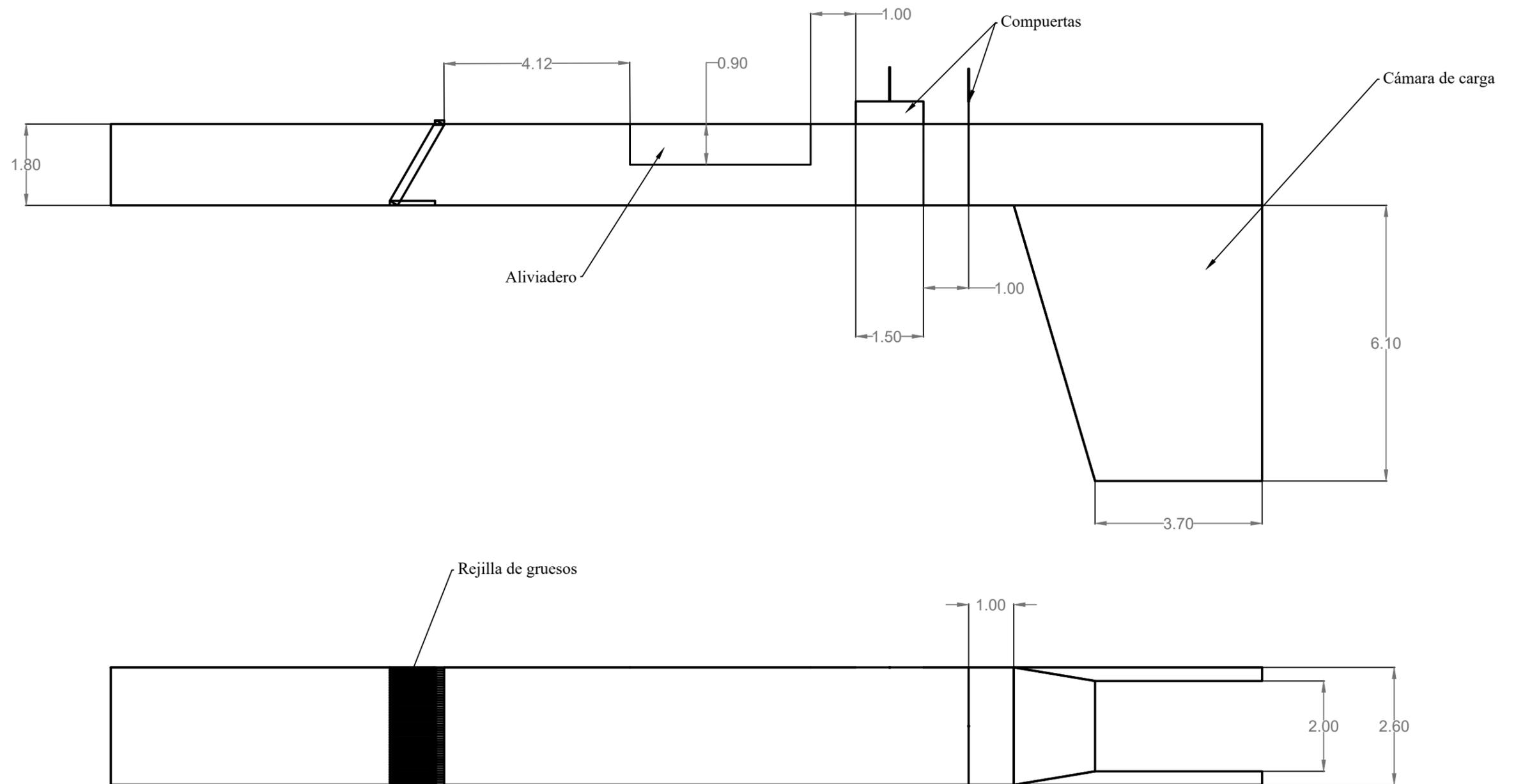


## DOCUMENTO III

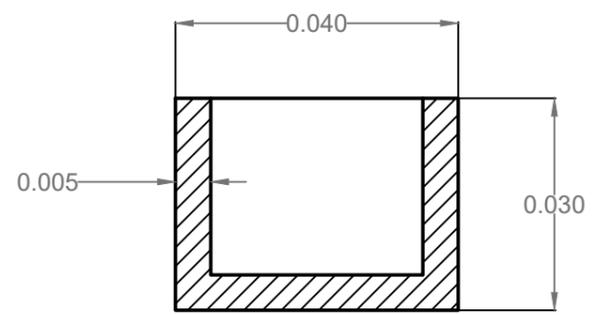
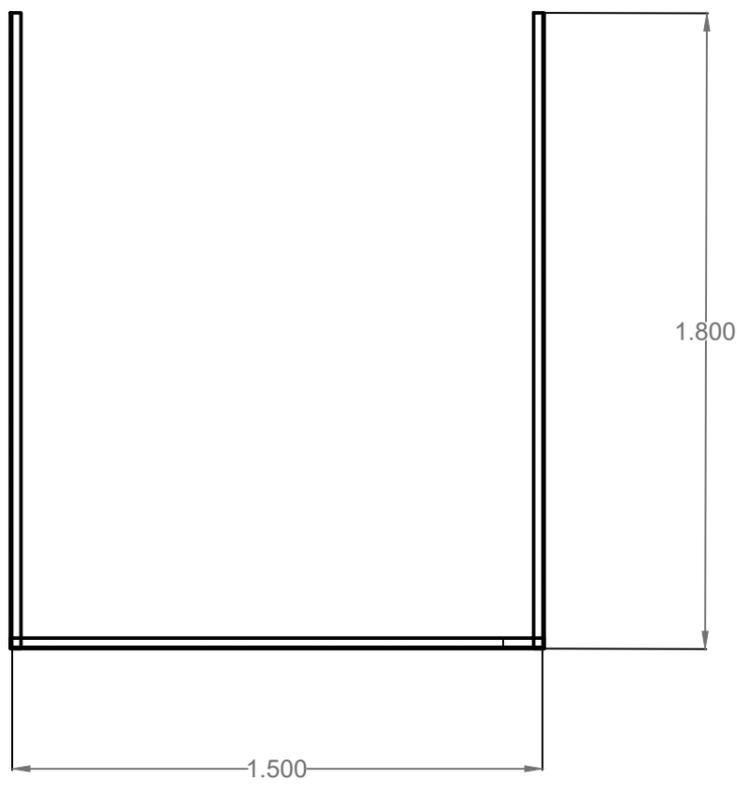
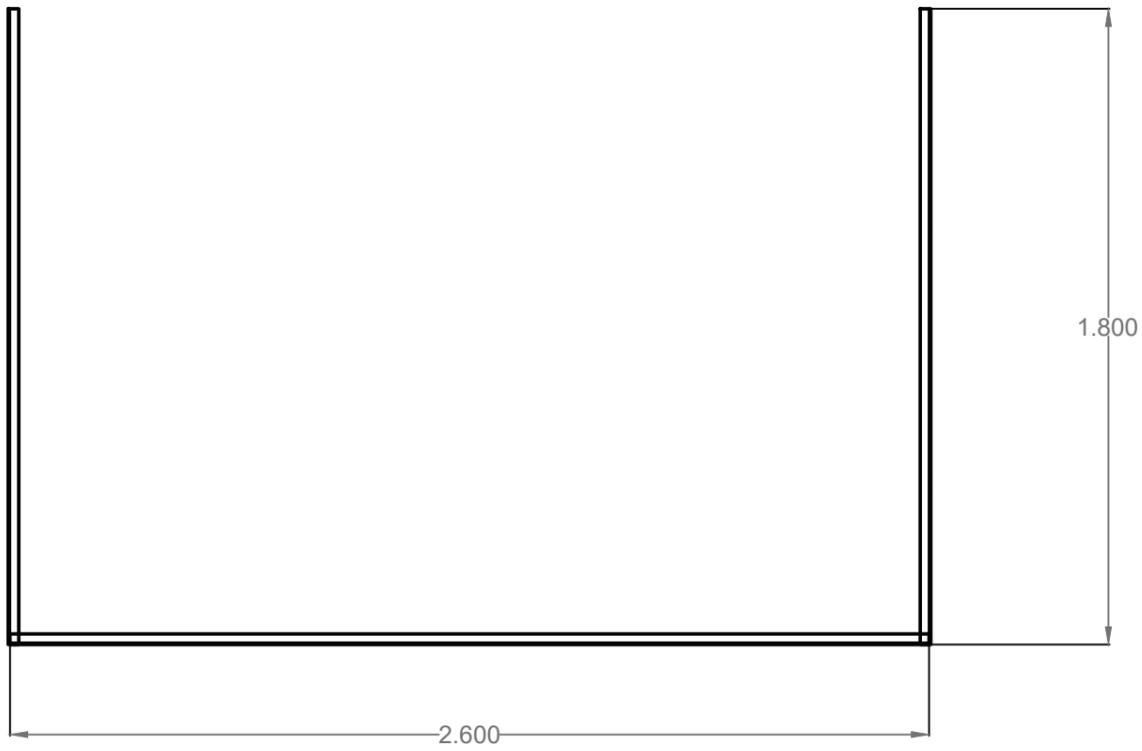
# PLANOS

## **ÍNDICE DE LOS PLANOS**

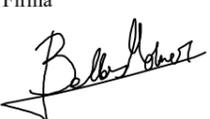
1. Sistema hidráulico de la central minihidráulica .....	163
2. Perfil de la guía de la compuerta .....	164
3. Rejilla de gruesos .....	165
4. Dimensiones de la sala de máquinas .....	166
5. Lámparas y tomas de corriente de la sala de máquinas.....	167
6. Elementos instalados en la sala de máquinas .....	168
7. Distribución de los equipos instalados en la sala de máquinas con sus respectivas dimensiones.....	169
8. Dimensiones de la turbina OSSBERGER de flujo cruzado junto con el conjunto de tuberías desde la cámara de carga hasta la turbina. ....	170
9. Dimensiones del centro de transformación .....	171
10. Lámparas y tomas de corriente del centro de transformación.....	172
11. Distribución de los equipos instalados en el centro de transformación.....	173
12. Transformador TES-R2 Eu548 tier2 .....	174
13. Transformador Ormazabal A <sub>0</sub> B <sub>K</sub> 160 kVA .....	175
14. Puesta a tierra del mallazo electrosoldado junto con las masas del centro de transformación y de los neutros de los transformadores .....	176
15. Esquema unifilar del Relé Multifuncional de Generador SR-489.....	177
16. Diagrama unifilar de la central minihidráulica.....	178

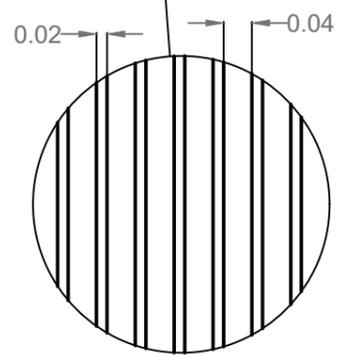
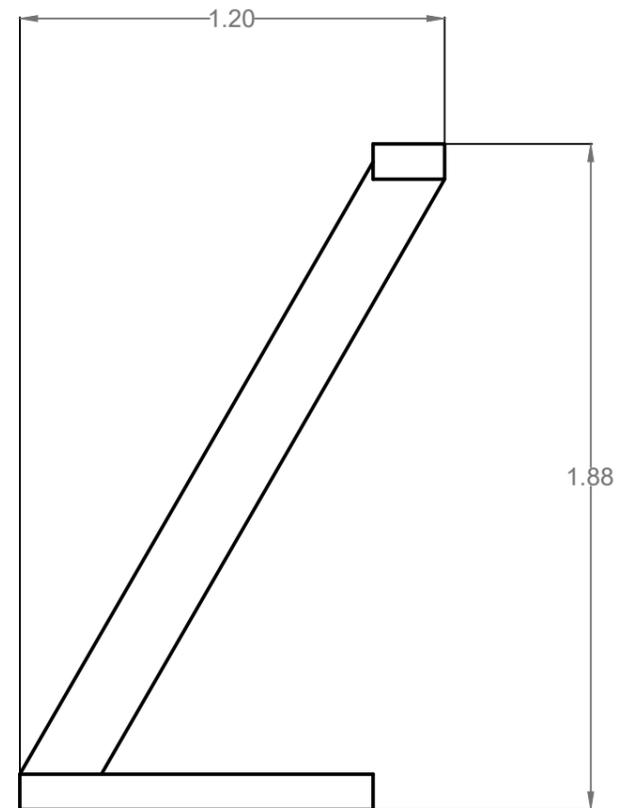
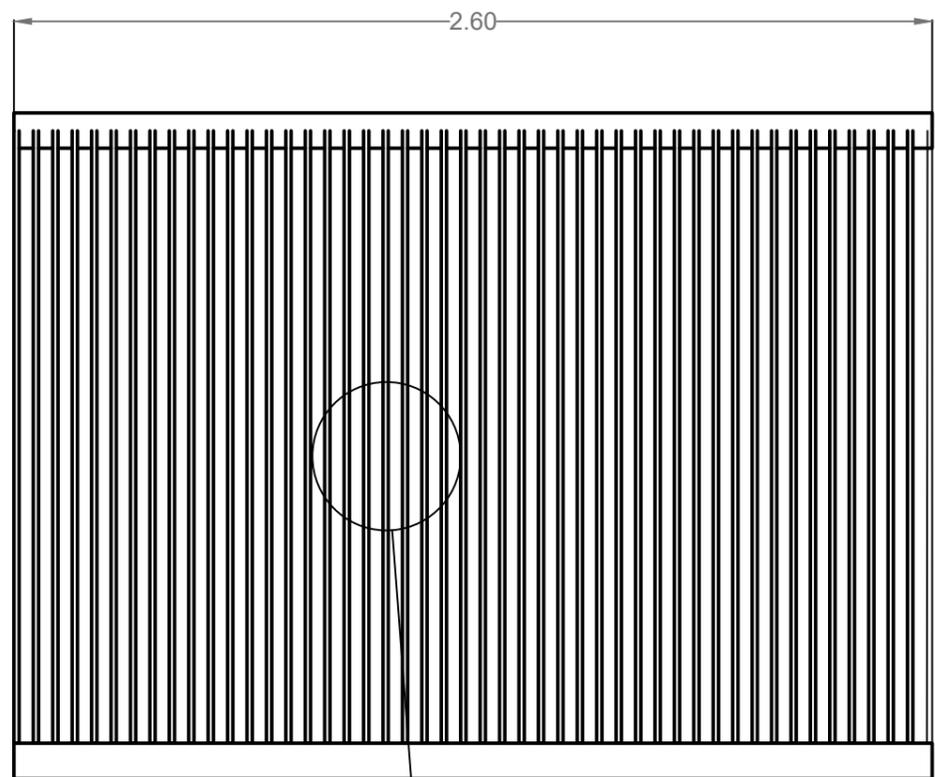


Fecha 29/10/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINIHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala 1:100	Nombre del plano Dimensiones de la cámara de carga y el canal de llegada de la Acequia Mayor de Sagunto a la central minihidráulica	Unidad dimensional m	Nº del plano 1



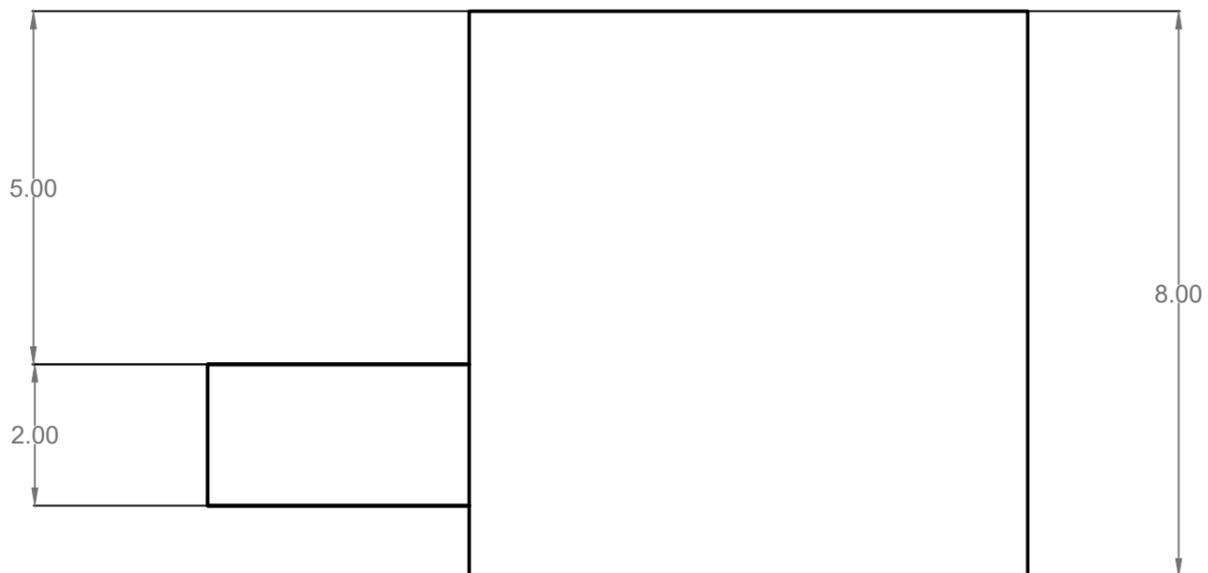
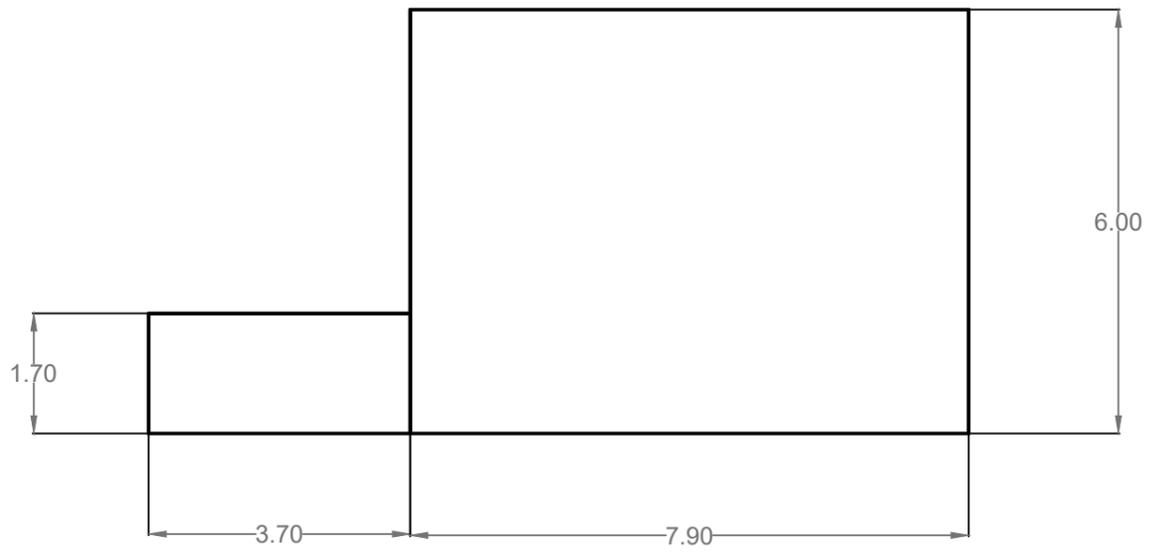
PERFIL GUÍA  
ESCALA 1:1

Fecha 29/10/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINIHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala 1:20	Nombre del plano Perfil de las guías de la compuerta principal y de alivio y sus longitudes.	Unidad dimensional m	Nº del plano 2

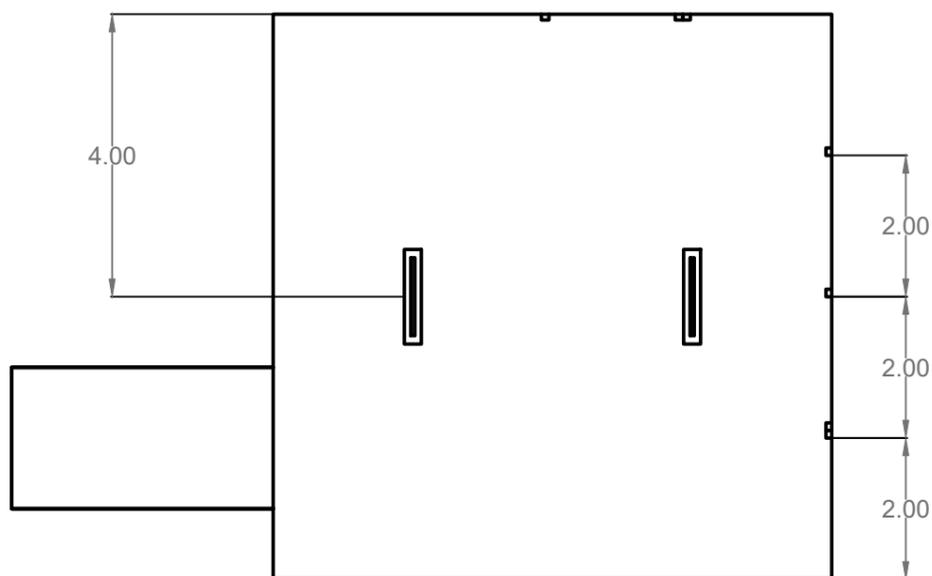
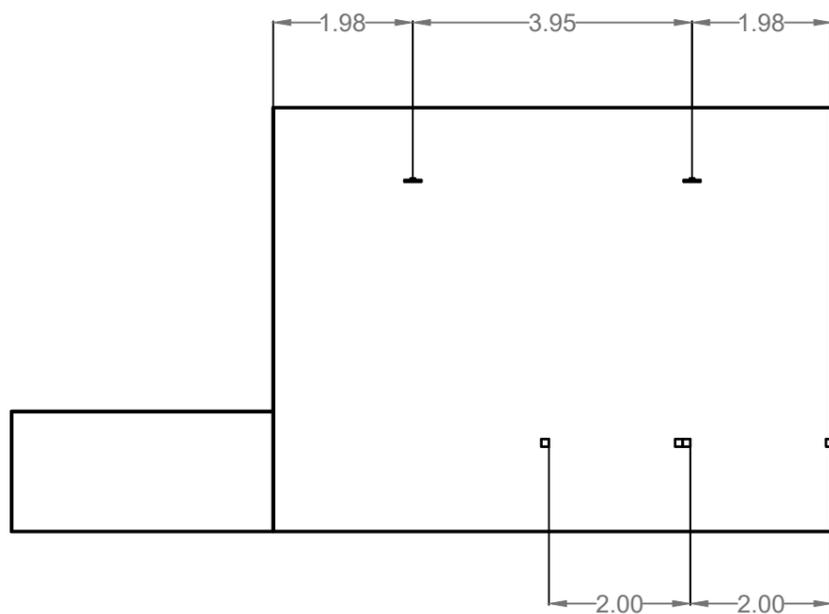


DETALLE REJILLA  
ESCALA 1:10

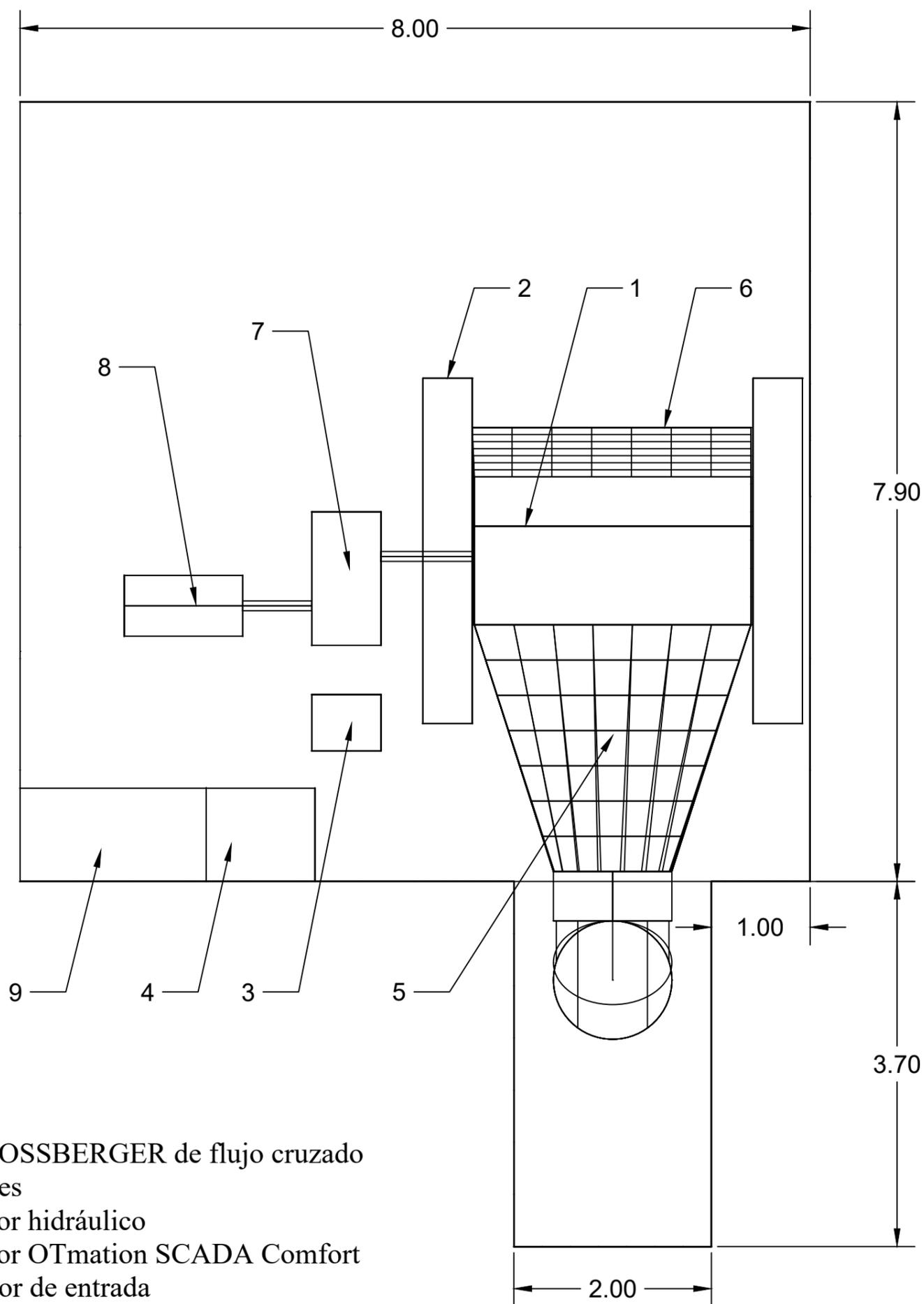
Fecha 29/10/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINIHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala 1:20	Nombre del plano Rejilla metálica de gruesos	Unidad dimensional m	Nº del plano 3



Fecha 29/10/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINIHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala 1:100	Nombre del plano Dimensiones de la sala de la turbina		Unidad dimensional m
			Nº del plano 4

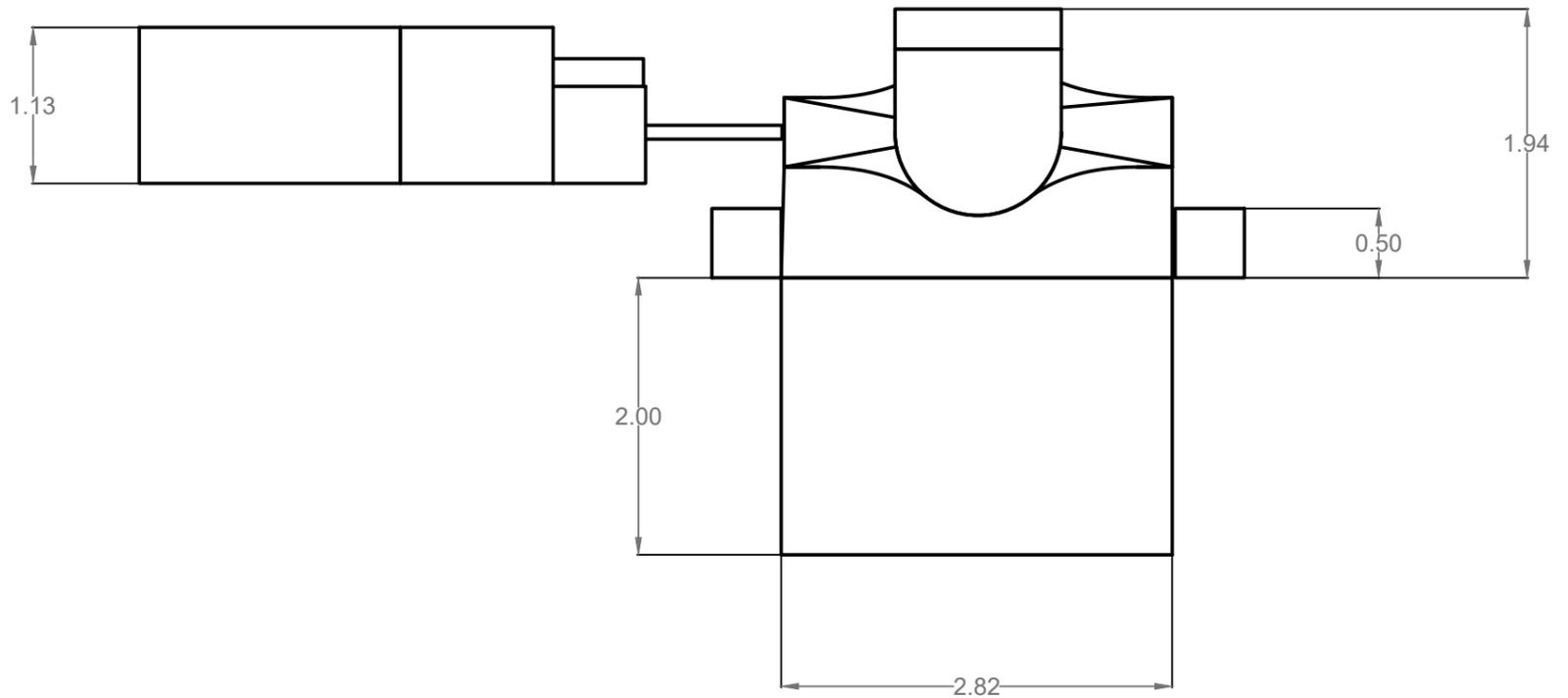
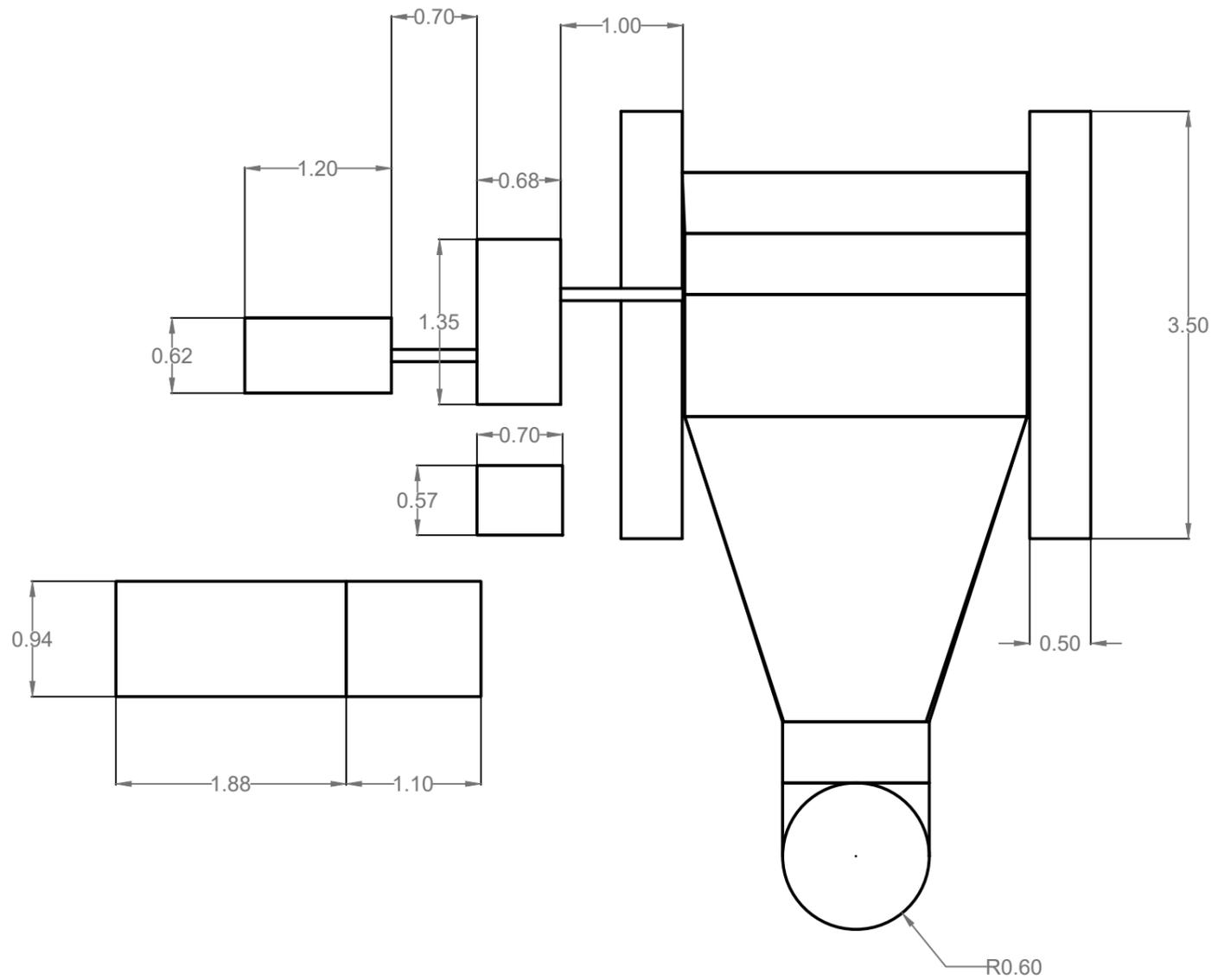


Fecha 02/12/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINIHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala 1:100	Nombre del plano Lámparas y tomas de corriente de la sala de máquinas		Unidad dimensional m
			Nº del plano 5

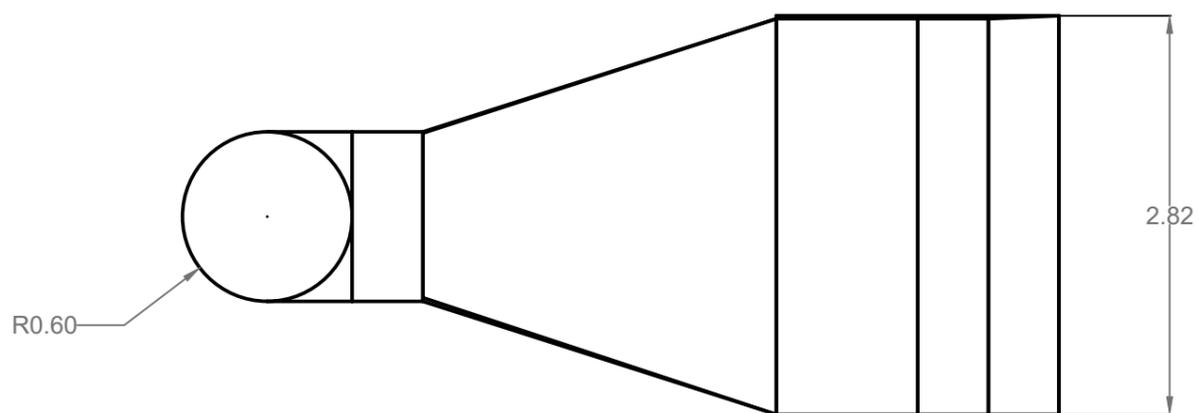
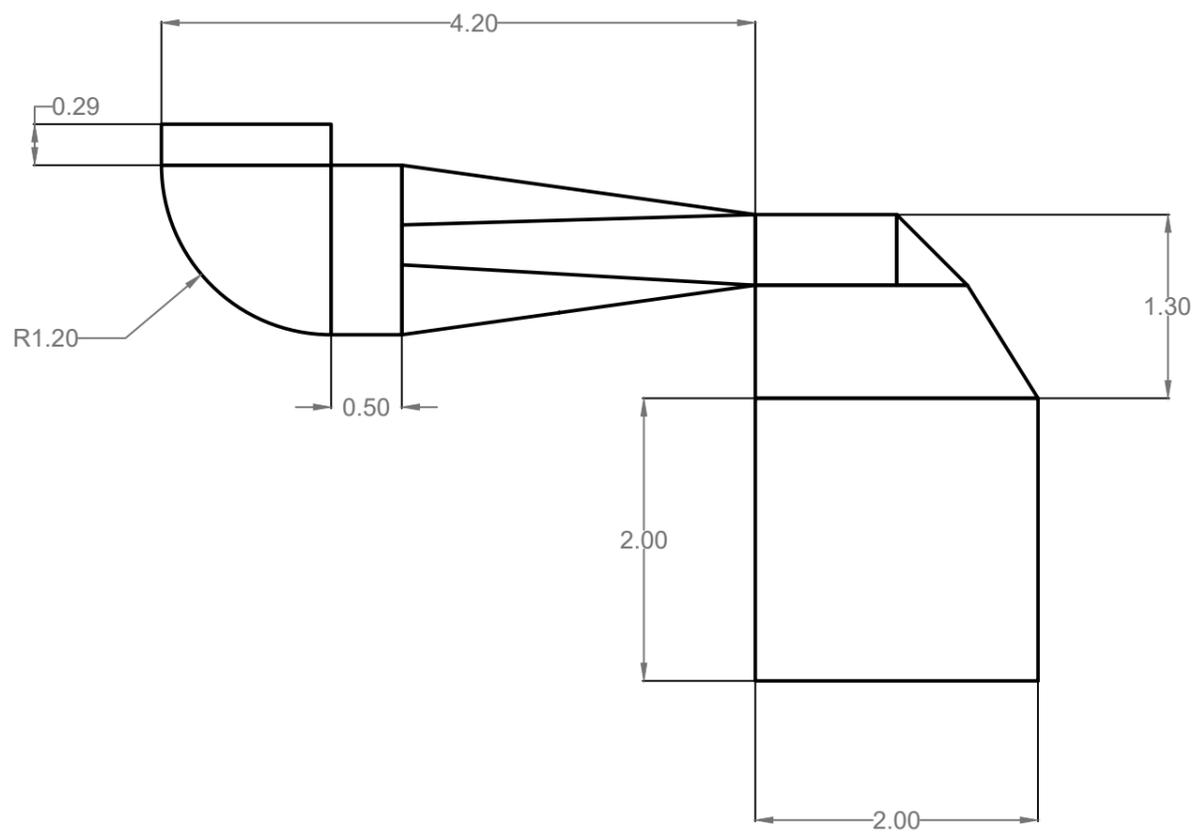


1. Turbina OSSBERGER de flujo cruzado
2. Bastidores
3. Regulador hidráulico
4. Regulador OTmation SCADA Comfort
5. Adaptador de entrada
6. Tubo de aspiración
7. Multiplicador con engranajes
8. Generador asíncrono
9. Centralita de potencia

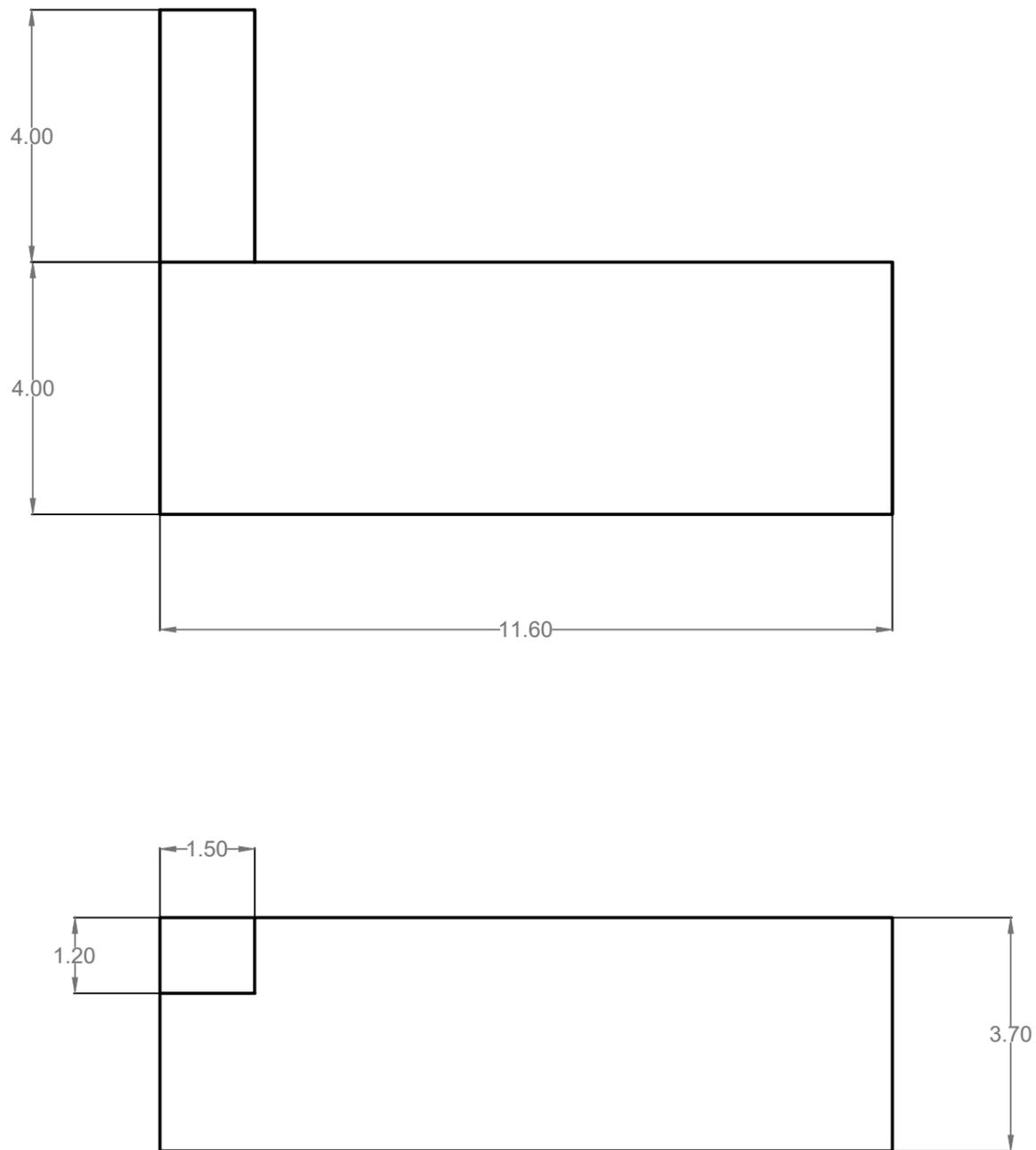
Fecha 29/10/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINIHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala 1:50	Nombre del plano Elementos instalados en la sala de máquinas	Unidad dimensional m	
		Nº del plano 6	



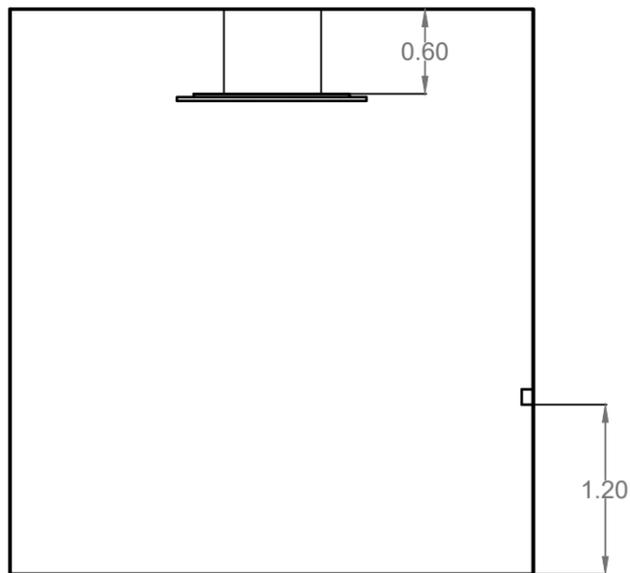
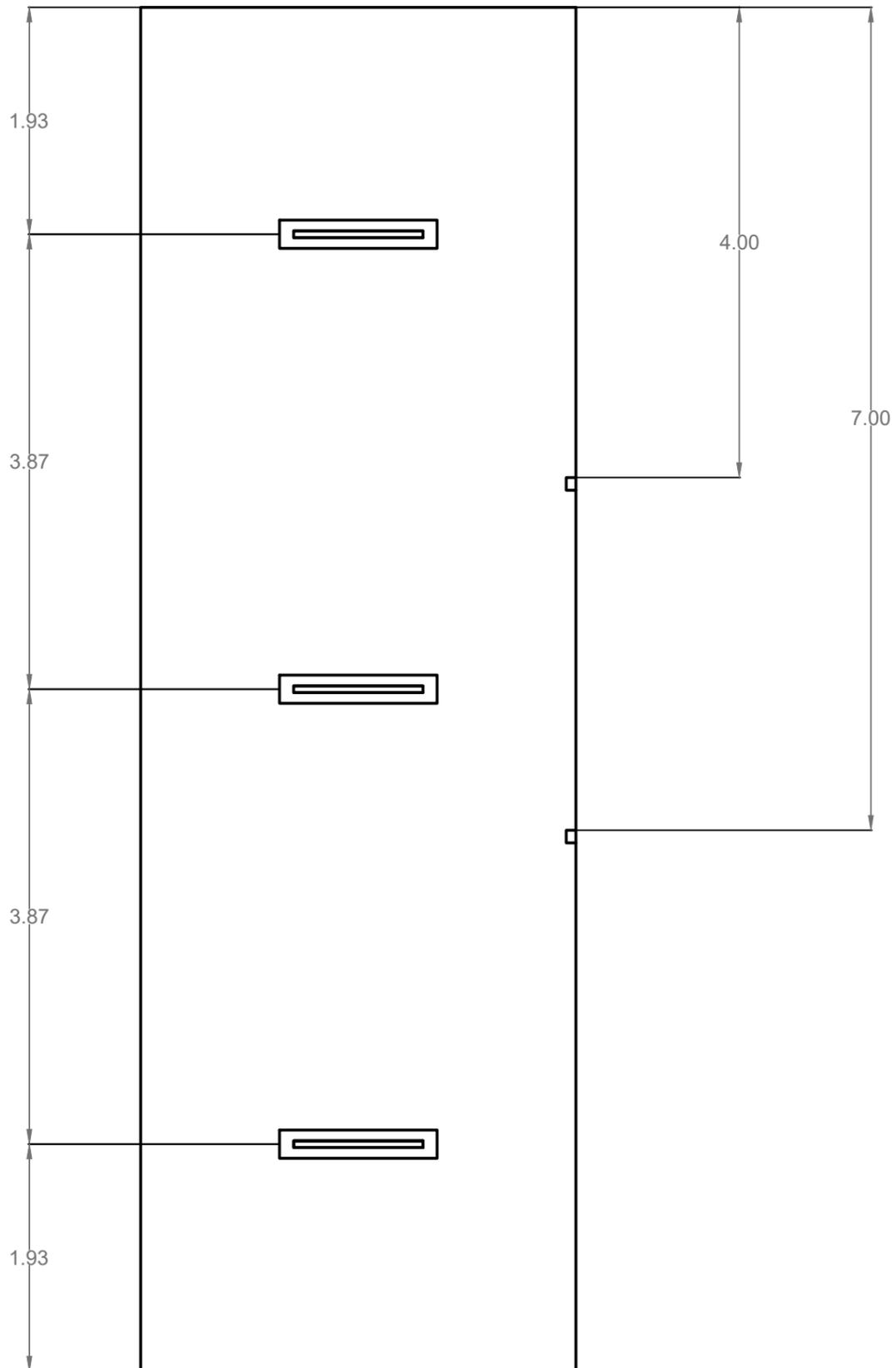
Fecha 29/10/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINIHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala 1:50	Nombre del plano Distribución de los equipos instalados en la sala de máquinas con sus respectivas dimensiones	Unidad dimensional m	
		Nº del plano 7	

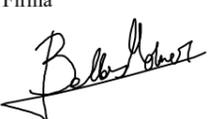


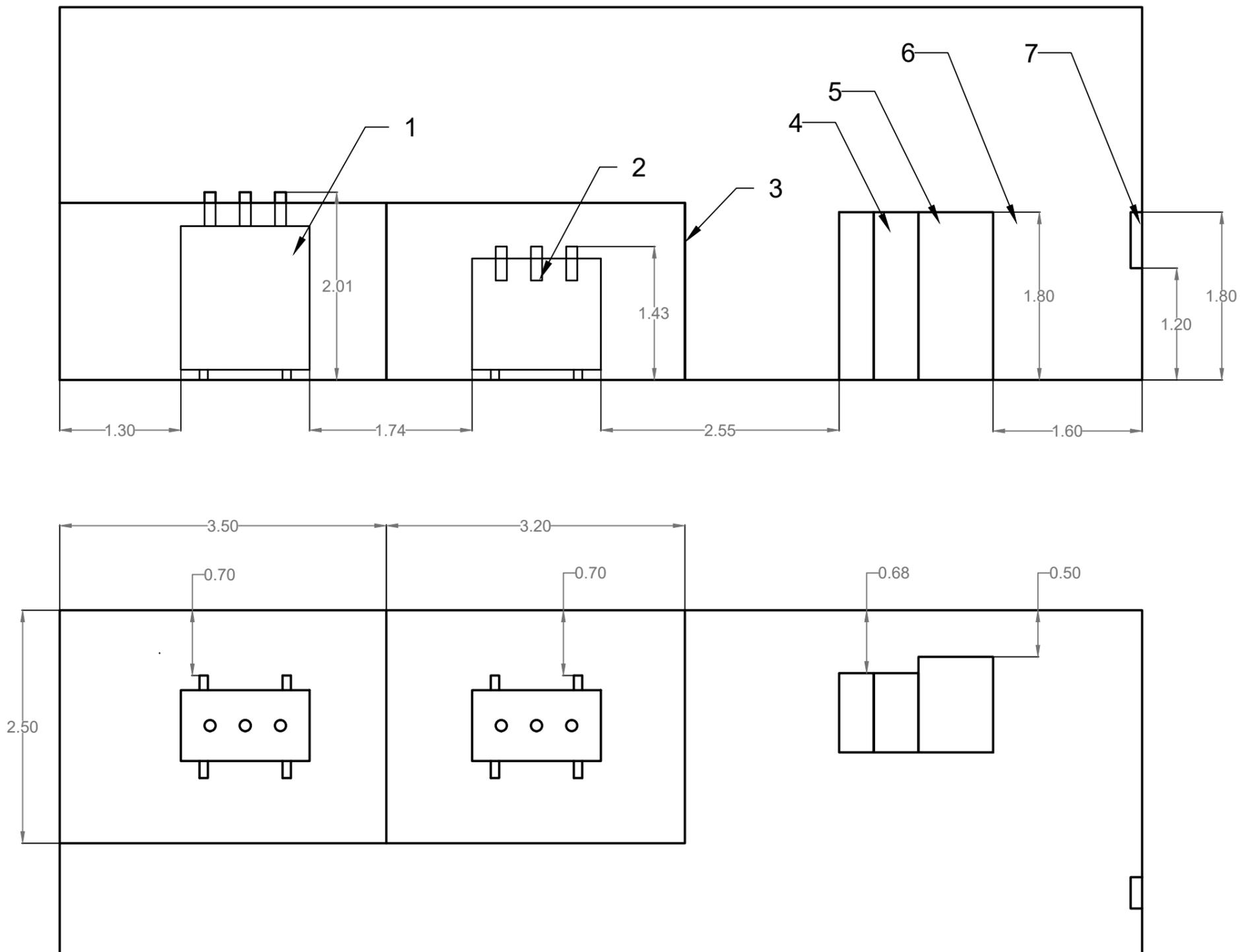
Fecha 29/10/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINIHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala 1:50	Nombre del plano Dimensiones de la turbina OSSBERGER de flujo cruzado junto con el conjunto de tuberías desde la cámara de carga hasta la turbina		Unidad dimensional m
			Nº del plano 8



Fecha 29/10/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINIHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala 1:100	Nombre del plano Dimensiones del centro de transformación		Unidad dimensional m
			Nº del plano 9

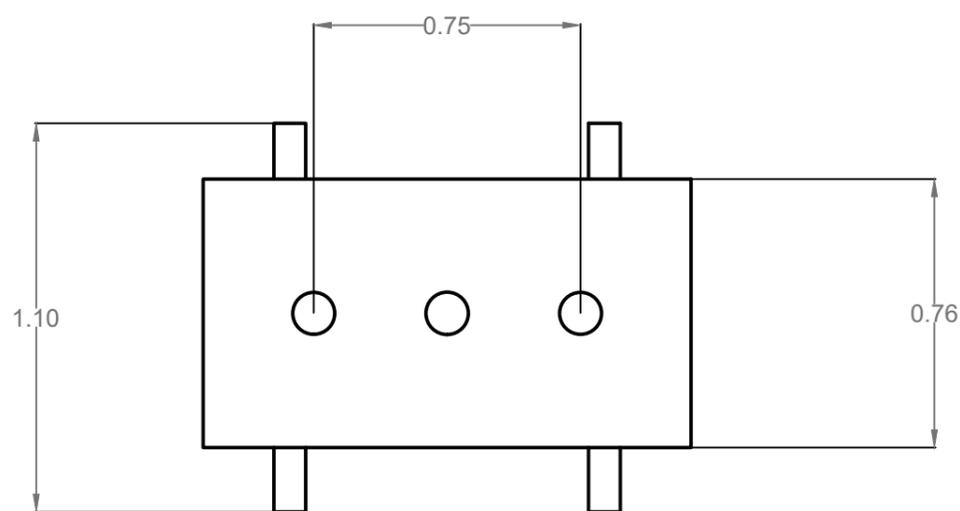
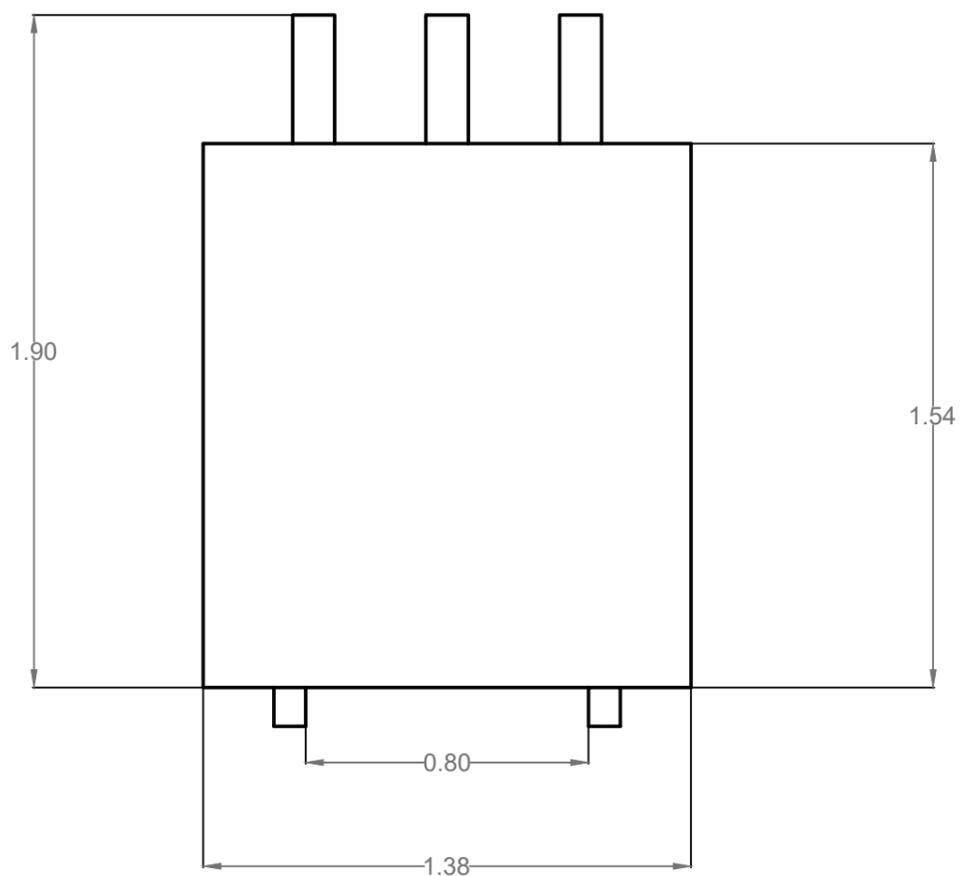


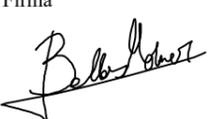
Fecha 02/12/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINIHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala 1:50	Nombre del plano Lámparas y tomas de corriente del centro de transformación	Unidad dimensional m	Nº del plano 10

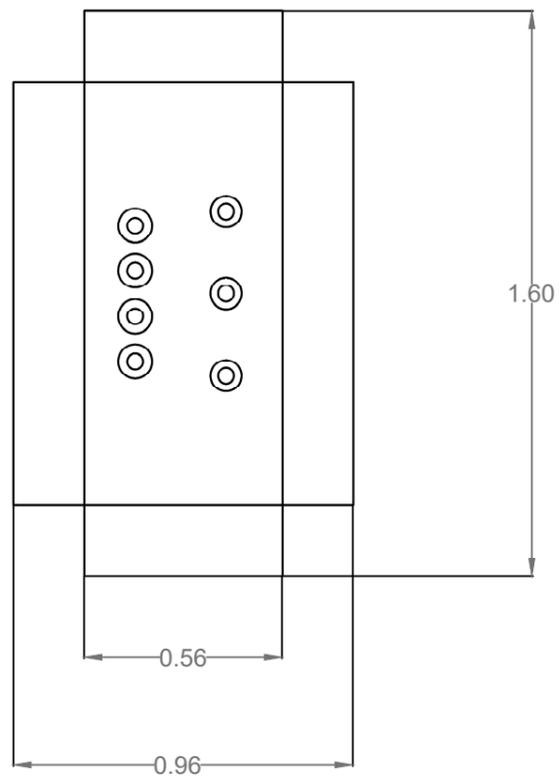
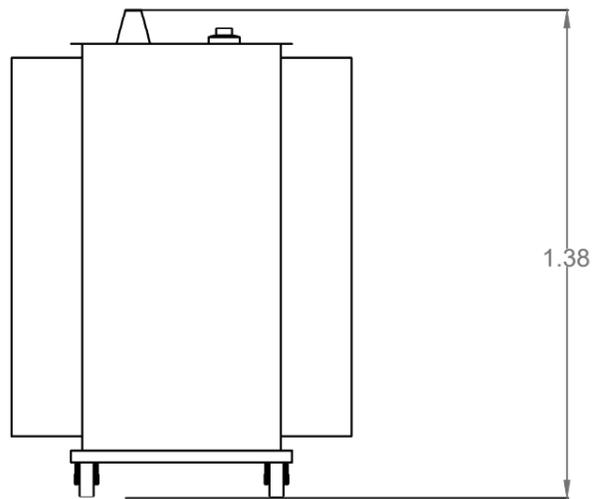


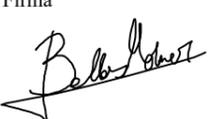
- 1 - Transformador de generación TES-R2 Eu548 tier2
- 2 - Transformador reductor Ormazabal A0BK 160 kVA
- 3 - Reja de protección contra contacto con transformador
- 4 - Celda de línea CML-24
- 5 - Celda de protección con fusibles CMP-F-24
- 6 - Celda de medida CMM-24
- 7 - Armario PRAGMA de 13 módulos en 3 filas instalado sobre superficie

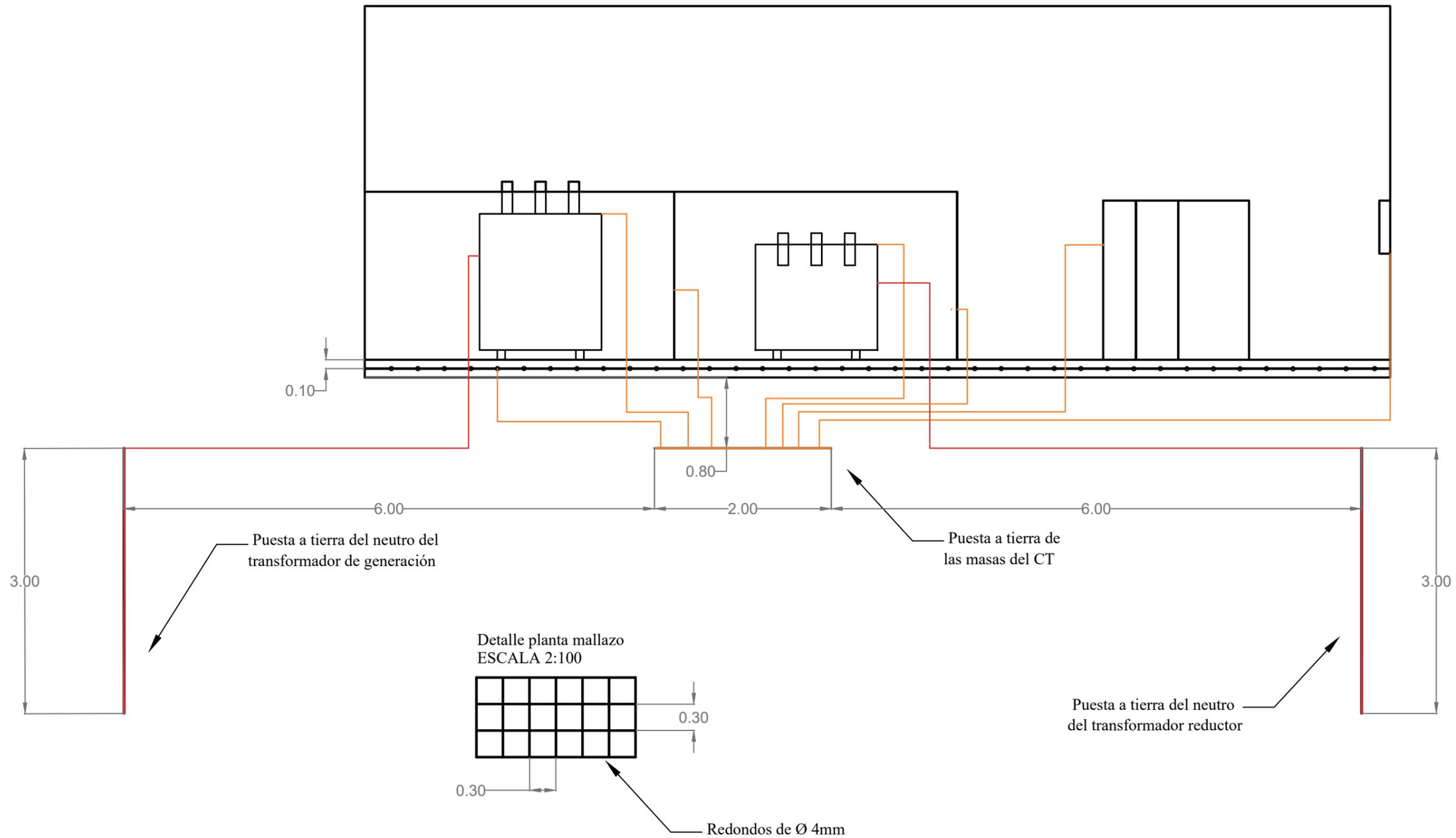
Fecha 02/12/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala 1:50	Nombre del plano Distribución de los equipos instalados en el centro de transformación		Unidad dimensional m
			Nº del plano 11



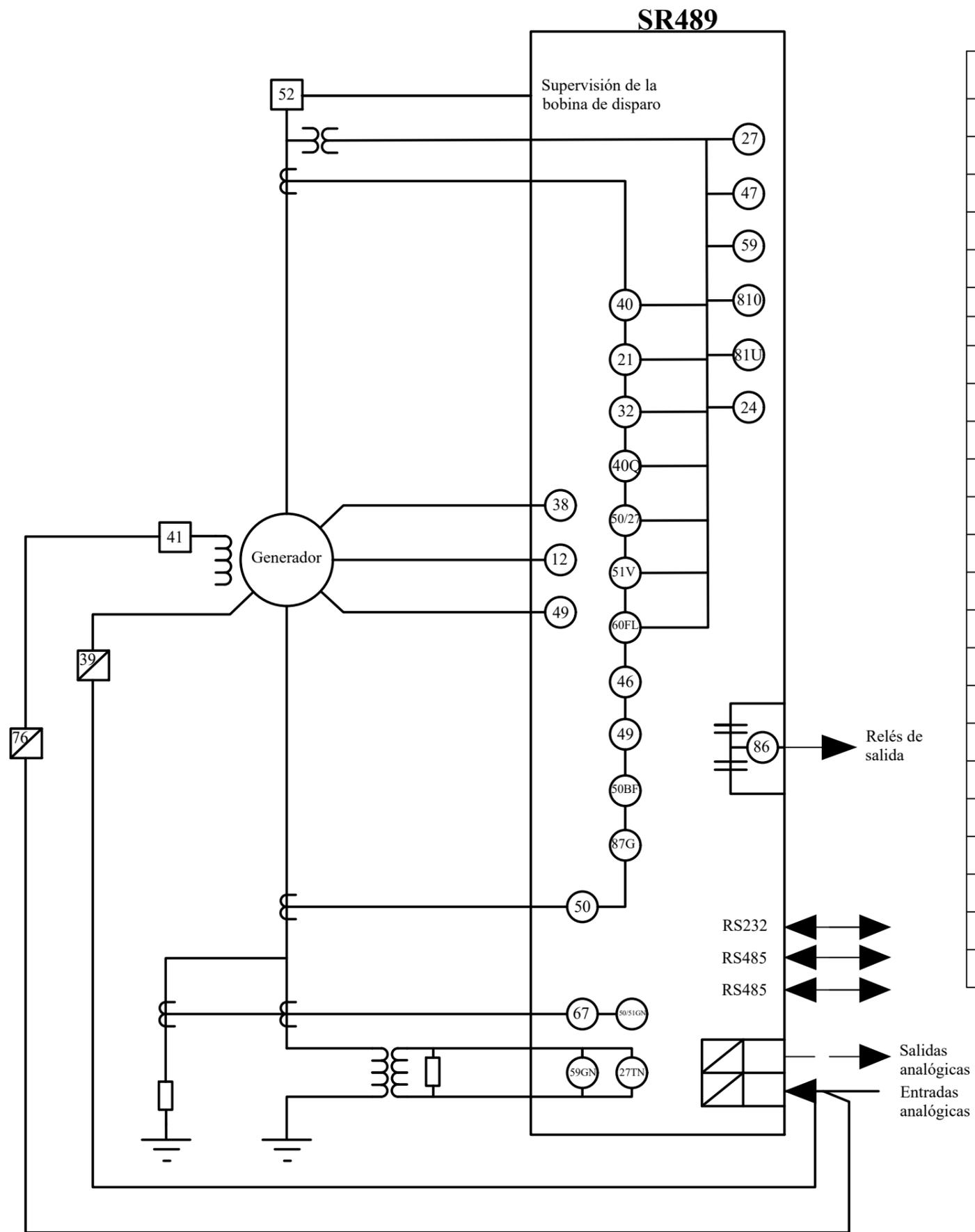
Fecha 29/10/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINIHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala 1:20	Nombre del plano Transformador TES-R2 Eu548 tier2		Unidad dimensional m
			Nº del plano 12



Fecha 02/12/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINIHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala 1:50	Nombre del plano Transformador Ormazabal A <sub>0</sub> B <sub>K</sub> 160 kVA		Unidad dimensional m
			Nº del plano 13

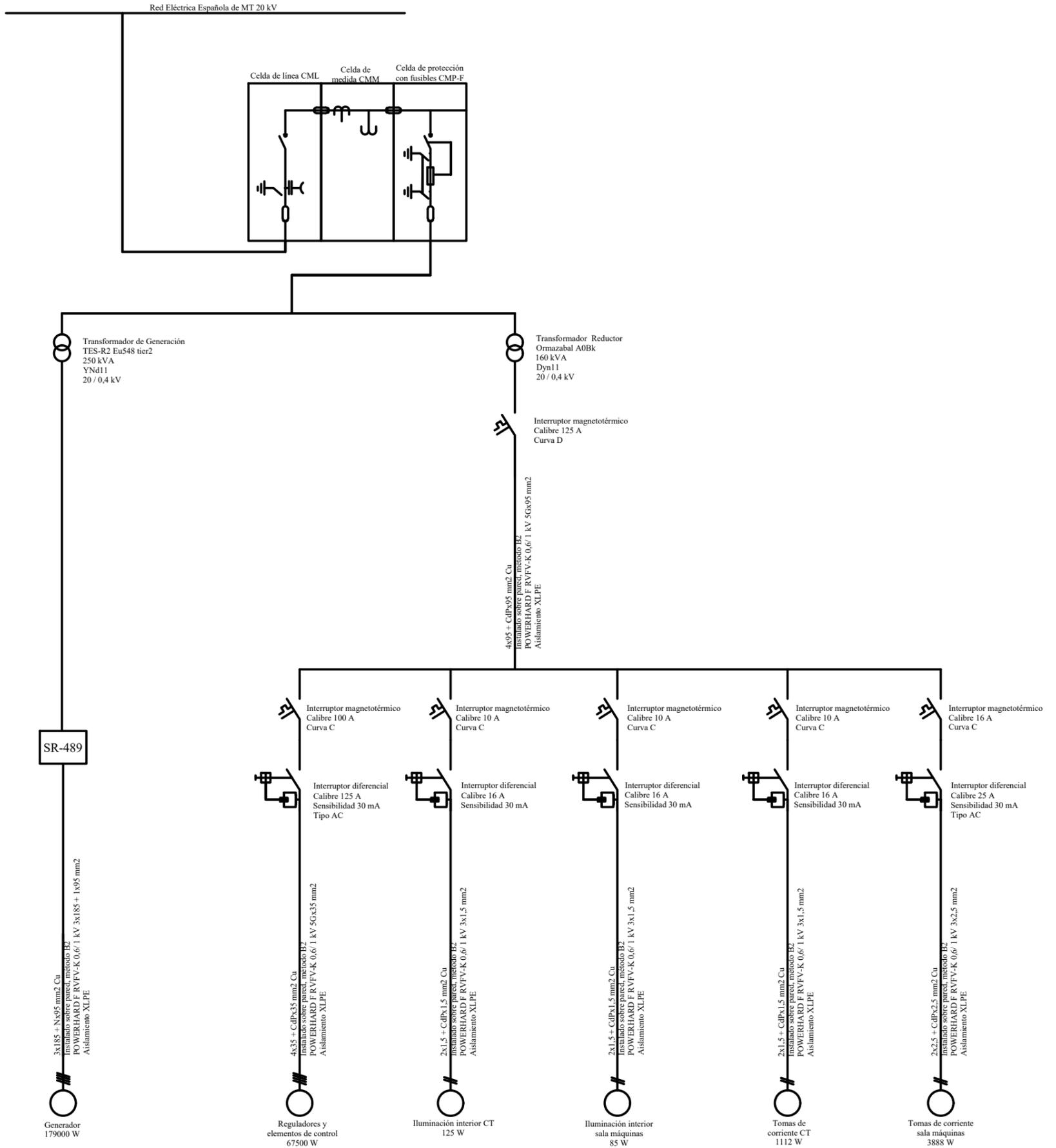


Fecha 17/12/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala 1:50	Nombre del plano Puesta a tierra del mallazo electrosoldado junto con las masas del centro de transformación y de los neutros de los transformadores	Unidad dimensional m	Nº del plano 14



ANSI	PROTECCIÓN
12	Sobrevelocidad
21	Distancia
27	Mínima tensión
50 / 27	Energización accidental del generador
32	Potencia inversa/mínima potencia directa
38	Sobretemperatura de los rodamientos (RTD)
39	Vibración de rodamientos (entradas analógicas)
41	Interruptor de campo
46	Sobreintensidad de secuencia negativa
47	Inversión de fases de tensión
49	Térmica de estator (RTD/modelo térmico)
50	Sobreintensidad de fases
50BF	Fallo del interruptor
50	Sobreintensidad generada off-line
50 / 51GN	Sobreintensidad de tierra
51V	Sobreintensidad con frenado por tensión
52	Seccionador de circuito de corriente alterna
59	Máxima tensión
59GN/27TN	100% tierraestator
60FL	Fallo de fusible
67	Direccional de tierra
81	Máxima/mínima frecuencia
86	Bloqueo eléctrico
87 G	Diferencial

Fecha 17/12/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CENTRAL MINHIDRÁULICA EN LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala -	Nombre del plano Diagrama unifilar del Relé Multifuncional de Generador SR-489		Unidad dimensional -
			Nº del plano 15



Fecha 23/12/2020	Nombre JORDI BELLÉS MOLINER	Firma 	 UNIVERSITAT JAUME I
RECONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE UNA CONSTRUCCIÓN Y REMODELACIÓN DE LA LOCALIDAD DE TORRES TORRES			
Escala -	Nombre del plano Esquema unifilar de la central minihidráulica	Unidad dimensional -	
		Nº del plano 16	



## DOCUMENTO IV

# PRESUPUESTO

## **ÍNDICE DEL PRESUPUESTO**

<b>1. PRESUPUESTO MECÁNICO .....</b>	<b>181</b>
<b>2. PRESUPUESTO ELÉCTRICO .....</b>	<b>183</b>
<b>3. PRESUPUESTO HIDRÁULICO .....</b>	<b>186</b>
<b>4. PRESUPUESTO MANO DE OBRA .....</b>	<b>187</b>
<b>5. PRESUPUESTO TOTAL .....</b>	<b>188</b>

## 1. PRESUPUESTO MECÁNICO

<b>Capítulo 1. Equipo mecánico</b>				
Producto	Cantidad	Descripción	Precio (€) / ud	Precio (€)
Multiplicador recto entre turbina y generador	1	Engranaje recto de precisión entre la turbina y el generador. Transmisión de potencia máxima 194 kW. Velocidades de 254/1000 rpm, adaptado para velocidades de embalamiento de la turbina. Factor de seguridad > 2,0. Lubricación por inmersión. Refrigeración por circuito cerrado mediante bomba de aceite/aire. Controladores de presión. Válvula limitadora de presión. Control de temperatura. Filtro grueso de aceite.	5.400,00	5.400,00
Bastidor turbina	2	Bastidor de acero. Soporte de la turbina fijo para instalar en superficie plana y limpia.	425,00	850,00
Adaptador recto con brida	1	Adaptador recto con brida. Agujero de la mano. 1 pza. conexión de ½" con manómetro.	50,00	50,00
Acople turbina engranajes	1	Acople elástico entre turbina y caja de engranajes con factor de seguridad > 1,6. Protección de acoplamiento incluida.	38,00	38,00
Rejilla	1	Rejilla de gruesos (1500 mm de alto y 2600 mm de ancho) con barras rectangulares de 15 mm de espesor y 200 mm de profundidad, 40 mm de separación entre ellas, inclinadas 65° desde la horizontal	620,00	620,00
Guías para las compuertas	2	Guía de perfil en U y medidas 40 mm de ancho, 30 mm de alto y 5 mm de espesor	180,00	360,00
Mallazo electrosoldado	42,92	Mallazo electrosoldado con redondos de 4 mm de diámetro en disposición de 0,3x0,3 m	3,10	133,05
Puerta Axelent	2	Puerta X-GUARD Axelent. Valla modular de protección con distancia mínima de 200 mm. Anchura puerta: 1000 mm. Altura de puerta: 1900 mm. Puerta sencilla de alambre de acero de grosor 3 mm. Marco de acero cuadrado. Malla de 30x50 mm y recubrimiento en polvo de gran calidad Peso: 9,28 kg.	640,09	1.280,18

Módulo de pared Axelent 1300 mm	3	Módulo rígido de pared. Recubrimiento en polvo. Marco de acero rectangular. Alambre de acero de 3 mm de grosor. Malla de 30x50 mm. Anchura: 1300 mm. Altura: 1900 mm.	120,88	362,64
Módulo de pared Axelent 1200 mm	4	Módulo rígido de pared. Recubrimiento en polvo. Marco de acero rectangular. Alambre de acero de 3 mm de grosor. Malla de 30x50 mm. Anchura: 1200 mm. Altura: 1900 mm.	114,83	459,32
Módulo de pared Axelent 1000 mm	1	Módulo rígido de pared. Recubrimiento en polvo. Marco de acero rectangular. Alambre de acero de 3 mm de grosor. Malla de 30x50 mm. Anchura: 1000 mm. Altura: 1900 mm.	112,41	112,41
Postes de soporte Axelent	7	Poste de soporte de las rejillas de protección X-GUARD. Recubrimiento en polvo. Anchura: 50 mm. Profundidad: 50 mm. Altura: 2000 mm.	90,63	634,41
Sistema de cierre de las puertas Axelent	2	Sistema de cierre a instalar de las puertas de protección X-GUARD para puertas correderas.	313,39	626,78
			<b>Total</b>	<b>10.926,79</b>
<p><b>El coste total del capítulo 1 es de diez mil novecientos veintiséis euros y setenta y nueve céntimos.</b></p>				

## 2. PRESUPUESTO ELÉCTRICO

<b>Capítulo 2. Equipo eléctrico</b>				
Producto	Cantidad	Descripción	Precio (€) / ud	Precio (€)
Generador asíncrono	1	Generador asíncrono. Potencia nominal: 179 kW. Velocidad nominal: 1000 rpm. Velocidad de embalamiento 2267 rpm. Tensión: 400 V. Frecuencia: 50 Hz.	11.450,00	11.450,00
Sistema regulación turbina OSSBERGER	1	Sistema de regulación Ossberger destinado al control automático de la turbina Ossberger de doble paso de dos compartimentos. Tensión de conexión: 3 x 400 V, 50 Hz. Tipo: A-2-DR-10. Capacidad de trabajo: 353 kpm.	3.400,00	3.400,00
OTmation SCADA-COMFORT	1	Cuadro de media tensión de distribución con "OTmation SCADA-COMFORT". Automatización de centrales hidroeléctricas, regulador de turbina, mando de la planta, control de parámetros. Contiene unidad gráfica de mando, unidad de compensación de potencia reactiva, cuadro de distribución general y alimentación c.c. para unidad de automatización.	21.000,00	21.000,00
Transformador de generación	1	Transformador TES-R2 Eu548 tier2 en resina de instalación interior. Voltaje primario: 20.000 V. Voltaje secundario: 400 V. Potencia nominal: 250 kVA. Regulación $\pm 2 \times 2,5\%$ . Grupo vectorial: YNd11. Dimensiones (L x W x H): 1380 x 760 x 1540 mm. Peso: 1400 kg.	9.850,00	9.850,00
Transformador reductor	1	Transformador Ormazabal de 160 kVA, hermético de llenado integral, sumergido en aceite mineral. Refrigeración ONAN. Conexión Dyn11. Dimensiones: (L x W x H): 1046 x 743 x 1258 mm. Peso: 753 kg.	5.500,00	5.500,00
Celda CML Ormazabal	1	Celda de MT de línea con tensión e intensidad asignada de 24 kV y 400 A, respectivamente. Intensidad de corta duración de 16 kA. Capacidad de cierre de 40 kA. Dimensiones (L x W x H): 850 x 370 x 1800 mm. Peso: 135 kg.	7.065,00	7.065,00

Celda CMP-F Ormazabal	1	Celda de MT de protección con fusibles con tensión e intensidad asignada de 24 kV y 400 A, respectivamente. Intensidad de corta duración de 16 kA. Capacidad de cierre de 2,5 kA. Capacidad de ruptura combinación interruptor-fusibles de 20 kA. Dimensiones (L x W x H): 850 x 480 x 1800 mm. Peso: 200 kg.	3.730,00	3.730,00
Celda CMM Ormazabal	1	Celda de MT con tensión asignada de 24 kV Dimensiones (L x W x H): 1025 x 800 x 1800 mm. Peso: 180 kg.	2.376,00	2.376,00
Electrodo puesta a tierra de masas de MT	8	Electrodo horizontal de puesta a tierra constituido por cable enterrado, desnudo, de cobre de 50 mm <sup>2</sup> , según NI 54,10,01 "Conductores desnudos de cobre para líneas eléctricas aéreas y subestaciones de alta tensión"	24,38	195,04
Electrodo puesta a tierra de servicio	1,5	Picas de tierra verticales, de acero cobrizado de 14 mm de diámetro, y de 2 metros de longitud, del tipo PL 14-2000, según NI 50.26.01 "Picas cilíndricas de acero-cobre", que podrán estar formadas por elementos empalmables.	32,86	49,29
Cables de unión CT - puesta a tierra	20	Conductor Cu 0,6/1 kV 50 mm <sup>2</sup> NI 56.31.71	26,56	531,20
Uniones conductor-conductor	1	Grapa GCP/C16 conductor-conductor NI 58.26.04	10,94	10,94
Unión conductor-pica	1	Grapa GCP14,6/C50 conductor-pica NI 58.26.03	10,95	10,95
Cable BT 3x185 + 1x95 mm <sup>2</sup>	10	POWERHARD F RVFV-K de 0,6/1 kV 3x185 + 1x95 mm <sup>2</sup>	72,00	720,00
Cable BT 5Gx1,5 mm <sup>2</sup>	50	POWERHARD F RVFV-K de 0,6/1 kV 5Gx1,5 mm <sup>2</sup>	3,20	160,00
Cable BT 5Gx4 mm <sup>2</sup>	20	POWERHARD F RVFV-K de 0,6/1 kV 5Gx4 mm <sup>2</sup>	9,50	190,00
Cable BT 5Gx35 mm <sup>2</sup>		POWERHARD F RVFV-K de 0,6/1 kV 5Gx4 mm <sup>2</sup>	36,20	0,00
Cable MT 95 mm <sup>2</sup>	100	AL HEPRZ1 12/20 kV 95 mm <sup>2</sup>	12,30	1.230,00
Luminaria	5	SmartBalance suspendida	745,00	3.725,00
Tomas de corriente Legrand	9	Legrand, gris, ABS, sin interruptor exterior, 16A, IP55 230V ac.		0,00

Acti9 iC60N, 2P, 10 A	3	Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 2P, 10 A, C curva, 6000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2)	80,67	242,01
Acti9 iC60N, 2P, 20 A	1	Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 2P, 20 A, C curva, 6000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2)	83,02	83,02
Acti9 C120N, 4P, 100 A	1	Magnetotérmico, Acti9 C120N, 4P, 100 A, C curva, 10000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2)	597,32	597,32
Acti9 C120N, 4P, 125 A	1	Magnetotérmico, Acti9 C120N, 4P, 125 A, D curva, 10000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2)	774,13	774,13
Acti 9 iID, 4P, 16 A	3	Diferencial, Acti 9 iID, 2P, 16 A, tipo AC, sensibilidad 30 mA.	162,45	487,35
Acti 9 iID, 4P, 25 A	1	Diferencial, Acti 9 iID, 2P, 25 A, tipo AC, sensibilidad 30 mA.	231,33	231,33
Acti 9 RCCB-ID, 4P, 125 A	1	Diferencial, Acti 9 RCCB-ID, 4P, 125 A, tipo AC, sensibilidad 30 mA.	694,75	694,75
			<b>Total</b>	<b>74.303,33</b>
<p><b>El coste total del capítulo 2 es de setenta y cuatro mil trescientos tres euros y treinta y tres céntimos.</b></p>				

### 3. PRESUPUESTO HIDRÁULICO

<b>Capítulo 3. Equipo hidráulico</b>				
Producto	Cantidad	Descripción	Precio (€) / ud	Precio (€)
Turbina OSSBERGER de flujo cruzado tipo SH 5.162/11 g	1	Turbina OSSBERGER de flujo cruzado tipo SH 5.162/11 g. Caída neta: 11,50 m. Caudal: 2,1 m <sup>3</sup> /s. Potencia turbina: 179 kW. 2 compartimentos. Velocidad nominal: 254 rpm. Velocidad de embalamiento: 576 rpm.	157.500,00	157.500,00
Tuberías y codo	1	Conjunto de tuberías de presión de 1.200 mm Ø interior y codo de radio 1.200 mm. Incluye bridas con extremo para soldar la tuberías de presión con el codo y la turbina.	740,00	740,00
Tubo de aspiración	1	Tubo de aspiración de 2 m de longitud.	290,00	290,00
			<b>Total</b>	<b>158.530,00</b>
<p><b>El coste total del capítulo 3 es de ciento cincuenta y ocho mil quinientos treinta euros.</b></p>				

**4. PRESUPUESTO MANO DE OBRA**

<b>Capítulo 4. Mano de obra</b>				
Producto	Cantidad	Descripción	Precio (€) / ud	Precio (€)
Montaje turbina, generador y equipos de control de la central	1	Montaje de turbina, generador y todos los equipos de control que conforman la instalación por parte de la empresa OSSBERGER.	8.000,00	8.000,00
Puesta en marcha de la central	1	Puesta en marcha de la central por primera vez y control de los parámetros.	7.000,00	7.000,00
Instalación transformador	1	Montaje e instalación del transformador y puesta a tierra de dos terminales.	2.000,00	2.000,00
Restauración compuertas	1	Proceso de restauración de las compuertas, soportes, mecanismos y tornillos.	230,00	230,00
			<b>Total</b>	<b>17.230,00</b>
<p><b>El coste total del capítulo 4 es de diecisiete mil doscientos treinta euros.</b></p>				

## 5. PRESUPUESTO TOTAL

<b>Capítulo 4. Resumen del Presupuesto Total</b>	
<b>Capítulos</b>	<b>Precio (€)</b>
Capítulo 1: Equipo mecánico	10.926,79
Capítulo 2: Equipo eléctrico	74.303,33
Capítulo 3: Equipo hidráulico	158.530,00
Capítulo 4: Mano de obra	17.230,00
<b>Total</b>	<b>260.990,12</b>
El coste total es de doscientos sesenta mil novecientos noventa euros y doce céntimos.	

<b>Presupuesto de Ejecución de Material</b>	<b>260.990,12</b>
Gastos generales (20%)	52.198,02
Beneficio Industrial (6%)	15.659,41
<b>Presupuesto de Ejecución por Contrata total</b>	<b>328.847,55</b>
Proyecto y dirección de obra (7%)	23.019,33
<b>TOTAL</b>	<b>351.866,88</b>
<b>TOTAL + 21% IVA</b>	<b>425.758,93</b>
El coste total del proyecto es de cuatrocientos veinticinco mil setecientos cincuenta y ocho euros con noventa y tres céntimos.	

El presupuesto total asciende a cuatrocientos veinticinco mil setecientos cincuenta y ocho euros con noventa y tres céntimos.

Firmado, el ingeniero:



Jordi Bellés Moliner

Castellón, enero de 2021



DOCUMENTO V

# PLIEGO DE CONDICIONES

## ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

<b>1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES .....</b>	<b>193</b>
1.1. Normativa.....	193
1.2. Replanteo de la obra.....	193
1.3. Características y obligaciones del contratista.....	194
1.4. Seguridad pública.....	194
1.5. Seguridad en el trabajo.....	195
<b>2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES .....</b>	<b>196</b>
2.1. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de media tensión.....	196
2.1.1. Objeto .....	196
2.1.2. Normas de carácter general.....	196
2.1.3. Normas de carácter técnico.....	196
2.1.4. Formas de presentación de las obras.....	197
2.1.5. Acondicionamiento para la utilización del centro de transformación... .....	198
2.2. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de baja tensión.....	199
2.2.1. Objeto .....	199
2.2.2. Normas de carácter general.....	200
2.2.3. Normas de carácter técnico.....	200
2.2.4. Materiales .....	200
2.2.5. Recepción de obra.....	201
2.3. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones hidráulicas.....	201
2.3.1. Objeto .....	201
2.3.2. Normas de carácter general.....	201
2.3.3. Normas de carácter técnico.....	201
2.3.4. Materiales .....	202

2.3.5. Recepción de obra.....	202
2.4. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de l ventilación y extracción.....	202
2.5. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de alumbrado interior .....	202
2.5.1. Objeto .....	203
2.5.2. Normas de carácter general.....	203
2.5.3. Normas de carácter técnico.....	203
2.5.4. Materiales .....	204
2.5.5. Recepción de obra.....	204
<b>3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA .....</b>	<b>205</b>
3.1. Revisión de solicitud de ofertas .....	205
3.2. Residencia del contratista.....	205
3.3. Reclamaciones contra las órdenes de dirección .....	205
3.4. Despido por insubordinación, incapacidad y mala fe.....	205
3.5. Obras y vicios ocultos .....	205
3.6. Medios auxiliares .....	206
3.7. Control de la obra y libro de órdenes .....	206
3.7.1. Control de la ejecución de la obra .....	206
3.7.2. Datos de la obra .....	206
3.7.3. Mejoras y variaciones del proyecto .....	207
3.7.4. Recepción del material.....	207
3.7.5. Libro de Órdenes .....	207
3.8. Aceptaciones parciales y certificaciones periódicas .....	208
3.9. Recepción de la instalación .....	208
3.10. Plazo de garantía .....	209
3.11. Liquidación final .....	209
<b>4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA .....</b>	<b>210</b>
4.1. Base fundamental .....	210

4.2. Fianzas .....	210
4.3. Garantías de cumplimientos y fianzas.....	210
4.4. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza.....	210
4.5. Devolución de la fianza.....	210
4.6. Seguros de los trabajos.....	210
<b>5. CONCLUSIÓN Y FIRMA.....</b>	<b>212</b>

## **1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

El presente Pliego de condiciones pretende concretar las condiciones de las acciones pertinentes encargadas de realizar la reconstrucción y remodelación de una central minihidráulica en la localidad valenciana de Torres Torres, y al mismo tiempo, regular cualquier tipo de contacto entre la propiedad y el contratista en el periodo de ejecución del proyecto.

Este proyecto se basa en la remodelación de una vieja central, lo cual se tendrá en cuenta a la hora de aprovechar cualquier tipo de instalación previa. Respecto a los equipos y materiales que precederán a formar parte del proyecto, se deberá adecuar a las necesidades de la construcción ya existente.

### 1.1. Normativa

Para garantizar una buena ejecución del proyecto, además de las condiciones presentes en el presente Pliego de Condiciones, se deberá seguir la normativa expuesta a continuación:

- Ley 3 1/1.995 de Prevención de Riesgos Laborales del 8 de noviembre.
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Normas Iberdrola (NI) y Manuales Técnicos de Distribución (MT) de la compañía suministradora Iberdrola Distribución Eléctrica, S. A. U.
- Normativa técnica de carácter general y particular, en específico la norma UNE en vigor, que sugestionan el proyecto, el material usado y las unidades de obra incluidas en el mismo.
- Ordenanzas municipales del Ayuntamiento de Torres Torres.
- Ordenanzas de la Comunidad general de Regantes Acequia Mayor de Sagunto.

### 1.2. Replanteo de la obra

El replanteo de la obra lo realizará la Dirección facultativa, formada por el determinado equipo técnico, junto con el Contratista, con el fin de garantizar la realidad y la viabilidad del propio Proyecto. Asimismo, deberá estar presente el Propietario o un representante del mismo para comprobar y verificar la disponibilidad de los lugares de trabajo para la realización de la obra.

El encargado de conseguir los permisos y licencias pertinentes será el Promotor, el cual deberá entregar todos estos documentos a la Dirección facultativa en el momento del replanteo para su aprobación.

Será la Dirección facultativa la encargada de supervisar el cumplimiento de los trabajos bajo las condiciones generales establecidas para la debida ejecución del replanteo. Asimismo, el Contratista será el total responsable de la impecable ejecución del replanteo.

Finalizado el replanteo, el Contratista no será capaz de alterar ninguno de sus puntos sin el pertinente consentimiento de la Dirección facultativa. Cada uno de los pasos dados durante el replanteo deberá constar en Acta, junto con los determinados datos entregados. Deberá quedar firmada por el Director de Obra y por el propio Contratista o representante.

### 1.3. Características y obligaciones del contratista

El Contratista será el total responsable de la ejecución de los trabajos presentes en el Proyecto bajo las condiciones expuestas en el presente Pliego de Condiciones, desde que tiene lugar la toma del mando hasta que se realice la entrega definitiva del trabajo ejecutado. El Contratista es el único y total responsable de las posibles faltas y fallos que puedan aparecer durante o al finalizar la ejecución, por una mala ejecución, distribución o colocación o por una baja calidad de los materiales empleados. Asimismo, es de su responsabilidad la correcta conservación de los equipos y materiales hasta finalizar la entrega.

Es responsabilidad del Contratista:

- Adoptar sistemas de prevención de accidentes, hacer cumplir la normativa de prevención y protección en los lugares de trabajo en lo que a los operarios empleados se refiere, y asumir las posibles consecuencias ocasionadas por el incumplimiento de dicha norma.
- Cumplir con la responsabilidad medioambiental para proteger el paraje, respetando flora y fauna de la región.
- Cumplir con las Ordenanzas Municipales y de asociaciones de la zona en vigor.
- Hacerse cargo de las posibles responsabilidades ocasionadas durante la realización del Proyecto, como puede ser el pago de impuestos por accesos, acometidas ocasionales, etc.

Asimismo, el contratista deberá:

- Verificar las operaciones de replanteo.
- Firmar las Actas de replanteo y recepciones.
- Estar presente en las operaciones de medición y liquidaciones.
- Ejecutar lo que crea conveniente para la buena construcción, montaje y disposiciones con el fin de mejorar el estado de la obra.
- No realizar una subcontrata sin la previa autorización de la Dirección de Obra, no reconociendo otra personalidad que la del Contratista.
- Emplear a cuanto personal crea conveniente para cumplir los plazos establecidos, bajo la aprobación de la Dirección de Obra.
- No podrá hacer cargo o traspasar sus poderes a otra persona o entidad, sin el consentimiento de la Dirección de Obra.

En el caso de introducirse mejoras o cualquier tipo de variación en el Proyecto por parte de la Dirección de Obra, el Constructor es obligado a ejecutarlo con un aumento de precio no superior al 5% del precio establecido en mercado. Si no es posible esta opción, se llegará a un acuerdo con el Promotor.

### 1.4. Seguridad pública

Se hará cargo el Contratista de todas las precauciones a tomar en cualquier operación para garantizar la seguridad de las personas, tanto trabajadores como personas ajenas a la obra, y para

proteger el entorno, siendo este el máximo responsable de los accidentes producidos causados por la ejecución del Proyecto.

Además, el Contratista deberá mantener una póliza de seguros que garantice tanto su protección como la de sus empleados y operarios, en caso de producirse algún accidente.

### 1.5. Seguridad en el trabajo

Con el fin de garantizar la seguridad de los trabajadores que desempeñarán las labores de obra, instalaciones y demás procesos de ejecución de la obra, el Contratista deberá cumplir las condiciones establecidas por la ley para dicha tarea.

Deberá suministrar herramientas y materiales en correctas condiciones de seguridad. Asimismo, en trabajos donde haya riesgo de exposición a equipos u objetos a tensión, deberá proporcionar ropa sin partes metálicas y calzado adecuado, además de prohibir llevar encima cualquier objeto metálico susceptible de quedar a tensión.

Los operarios y trabajadores deberán llevar los correspondiente equipos de protección individual, herramientas adecuadas y prendas de seguridad, con el fin de eliminar o reducir el riesgo y el peligro en el lugar de trabajo. En el caso de no cumplir con las condiciones de seguridad, la Dirección de Obra tendrá la potestad de suspender el desempeño de cualquier parte de la obra por no poder garantizar la total seguridad requerida para determinados trabajos.

La Dirección de Obra, además, será capaz de cesar a cualquiera de los trabajadores que no cumpla con las condiciones de seguridad y que, por lo tanto, esté poniendo en peligro su vida o incluso la de sus propios compañeros. El Contratista deberá poseer los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social, como puede ser una afiliación, un accidente, una enfermedad, etc. y estos podrán ser requeridos en cualquier momento por la Dirección de Obra.

## **2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES**

### **2.1. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de media tensión**

#### **2.1.1. Objeto**

En este apartado del presente Pliego de Condiciones se exponen las condiciones por las que debe regirse la Contrata para la instalación de cables subterráneos de media tensión.

#### **2.1.2. Normas de carácter general**

Los trabajos y los procesos llevados a cabo por la Contrata deben ajustarse a las normas impuestas por Iberdrola, habiendo estos formalizado sus instalaciones y los materiales a usar durante la realización de la obra.

Los materiales a usar en la ejecución de la obra serán suministrados por parte de la Contrata, sin necesidad de colaborar Iberdrola en tales aportaciones y estos deberá cumplir con las condiciones expuestas en el Reglamento de Alta Tensión.

La Contrata será responsable de usar su propio material y herramientas en la ejecución de la obra, así como de instalar las determinadas señalizaciones y protecciones relacionadas con la instalación de media tensión y de obligado cumplimiento.

Será Iberdrola la encargada de aportar el cable que se situará a pie de obra en un remolque especial para cables en los tendidos de alta tensión.

La Contrata no podrá exigir daños y perjuicios.

#### **2.1.3. Normas de carácter técnico**

La instalación de una línea subterránea de media tensión sigue los siguientes pasos:

- Replanteo de la zanja y canalizaciones

La Contrata debe encargarse de ponerse en contacto con el servicio técnico de Iberdrola para llevar a cabo el replanteo de la instalación de la línea subterránea de media tensión.

- Canalización de pasos en calzada

La instalación deberá dividirse en tres tramos por la existencia de una calzada de escaso uso. En este específico tramo la línea irá instalada en canaletas de albañilería con el fin de asegurar su seguridad.

El resto de tramo se hará bajo tubo, el cual irá emboquillado en cama de arena. Este se cubrirá con hormigón de 20 cm de grosor y se rellenará de grava y arena, compactando la instalación.

- Apertura de zanjas

Las dimensiones de las zanjas serán determinadas en cualquier caso por Iberdrola.

- Tendido de cable

El tendido del cable de media tensión se realizará empleando rodillos giratorios, colocados de tres metros en tres metros o según consideren los operarios de Iberdrola presentes en la instalación.

La colocación y arrastre del cable se hará de forma manual y utilizando cremalleras en los extremos de los cables se colocarán correctamente.

En caso de producirse alguna curva durante la instalación, provocada por cualquier tipo de fenómeno, se evitará formar radios de curvatura de valor quince veces el diámetro del cable.

- Cierre de zanjas

Para realizar al cerramiento de las zanjas se procederá a rellenar con grava y arena la zanja, aplicando capas de 10 cm previamente compactadas hasta llegar a los últimos 10 cm para enrasar. La última capa se rellenará de tierra compactada extraída de la excavación de la zanja. El resultado debe ser una zanja cuyo recubrimiento sea suficientemente compacto para evitar posibles problemas de conservación.

- Reposición de pavimento

El pavimento tanto de la calzada como de la zona de tierra se deberá dejar tal y como se había encontrado en el momento anterior a empezar la obra.

- Varios

La Contrata deberá ajustarse a las condiciones y problemas que puedan surgir durante la realización del tendido y deberán señalarlas en la oferta de contrata. Iberdrola deberá dar instrucciones a la hora de tratar con los tubos por donde se instalan los cables de media tensión a la entrada a la central.

#### 2.1.4. Formas de presentación de las obras

Los metros lineales de la instalación, dependiendo del tipo de terreno e instalación deberán ir desglosados indicando de cada uno el precio del metro lineal.

Especificaciones, características y coste de cualquier instalación que se requiera.

Se especificará la fecha de comienzo de las obras, así como la duración o el plazo de ejecución de las mismas.

#### 2.1.5. Acondicionamiento para la utilización del centro de transformación

El primer paso para la configuración del centro de transformación será la colocación de las tomas de tierra en la zona exterior del habitáculo para tener un fácil acceso a ellas en caso de

fallar cualquier conexión. Se deberá excavar una zanja cuadrada de 2 m de lado para la colocación de la toma de tierra de las masas del centro expuesta en el presente Proyecto, situada a dos metros de la construcción y en la posición que señala el plano de la puesta a tierra. Se permite realizar una ampliación de esta zanja para facilitar la instalación, siempre que esta sea aprobada por la Dirección de Obra y no suponga ningún riesgo a la hora de instalar la toma de tierra. Por otro lado, las tomas de tierra de los neutros de los transformadores serán instaladas a la distancia concretada en el Proyecto, tal y como se muestra en los planos, ensartando directamente la pica en el terreno y realizando las conexiones pertinentes.

Una vez realizada la instalación y adecuado el habitáculo rellenando la zanja con el material extraído prensado habiendo conectado con anterioridad los cables de conexión a cada una de las masas del centro de transformación, se procederá a la instalación del mallazo electrosoldado. Posteriormente, se procederá a la aplicación de 10 cm cemento por encima de este, para poder pasar todo el cableado tanto entrante como saliente del centro de transformación.

El habitáculo debe constituir una superficie equipotencial para garantizar la seguridad a la hora de la instalación de todos los equipos. Es por eso que a medida que se vayan instalando todos y cada uno de los equipos que conforman el centro de transformación, se irán conectando a la toma de tierra de las masas del centro.

Lo primero que se instalará serán las celdas de media tensión, tal y como se expone en el presente Proyecto. Posteriormente, se instalarán los dos transformadores y sus respectivas rejillas de protección. Por último, se instalará el cuadro de baja tensión con todas las protecciones de la línea de baja tensión de la central.

La conexión de las celdas con la acometida de media tensión se realizará a través de los cables procedentes de la línea de media tensión que entrarán al centro de transformación por las aberturas realizadas previamente usando un canal o un tubo. El espacio restante entre este canal y los cables se rellenará de un material duro pero que no sea capaz de dañar físicamente el cable. Las celdas se conectarán entre ellas según las indicaciones del fabricante con los equipos proporcionados.

La conexión entre celdas y transformadores se realizará según las indicaciones de los fabricantes tanto de las celdas como de los transformadores.

La conexión entre los transformadores y el cuadro de baja tensión se realizará según marcan los fabricantes.

Respecto a la puesta a tierra:

- Se realizarán todas las conexiones según lo expuesto en el presente Proyecto y Pliego de Condiciones, cumpliéndose lo referente a separación de circuitos, tipos de constitución y valores correspondientes a la toma de tierra.
- La conexión del neutro de los transformadores se realizará aguas arriba del dispositivo seccionador de baja tensión.
- No se colocarán dispositivos capaces de seccionar el circuito en ninguna de las puestas a tierra.
- Cada circuito debe llevar un borne específico con el fin de medir la resistencia de puesta a tierra, y debe estar en un posicionamiento fácilmente accesible.

- Las instalaciones de puesta a tierra se colocarán de forma que se puedan evitar los efectos de fenómenos de cualquier índole, que sean capaces de deteriorarlas.
- Se asegurará la correcta conexión de los conductores de puesta a tierra para asegurar el buen estado de las instalaciones con el paso del tiempo.
- No deben conectarse en serie las masas del centro de transformación, para facilitar la derivación a tierra de cualquier defecto.
- Los conductores de tierra serán de sección, longitud y características específicas, todas ellas explicadas en el presente Proyecto.

Respecto a pruebas, ensayos y verificaciones:

Una vez realizada cualquier instalación en el centro de transformación se procederá, por parte de la entidad acordada por los organismos públicos competentes, a la inspección de:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

La Dirección de Obra se hará cargo de la instalación de indicadores y advertencias a lo largo de todos y cada uno de los dispositivos o equipos presentes en el centro de transformación con el fin de garantizar el conocimiento de funcionamiento del conjunto genérico.

También deberá colocarse en lugares visibles y fácilmente accesibles las recomendaciones e instrucciones relativas a los socorros y ayudas que deben realizarse en caso de accidente causado por la electricidad, además de garantizar la instrucción al personal que frecuente las instalaciones de los riesgos y peligros a los que se exponen.

Respecto a la puesta en servicio:

El proceso de conexión y puesta en marcha del centro de transformación pasa por conectar los seccionadores de media tensión para justo después conectar el interruptor de media tensión. A continuación, se conectará el interruptor general de baja tensión, procediendo por último a la maniobra de la red de baja tensión.

Si ocurre algún fallo durante la primera conexión, antes de volver a conectar lo ya mencionado, se debe reconocer de forma detenida cuál ha sido el error y por qué ha sido provocado, teniendo la oportunidad incluso, si la situación lo requiere, de avisar a la compañía suministradora de energía.

Respecto a la separación del servicio:

Se procederá a la desconexión siguiendo los pasos del apartado anterior en orden inverso.

## 2.2. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de baja tensión

### 2.2.1. Objeto

En este apartado del presente Pliego de Condiciones se exponen las condiciones por las que debe regirse la Contrata para la instalación de cables subterráneos de baja tensión.

### 2.2.2. Normas de carácter general

Todos los materiales que van a ser utilizados en la ejecución de la obra e instalación de los equipos de baja tensión deberán reunir la calidad y condiciones exigidas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y demás disposiciones con referencia a características y especificaciones de materiales y unidades de construcción.

Los materiales serán susceptibles de pasar las pertinentes pruebas y análisis, a cargo de la Contrata, que exijan para aprobar su calidad. Si se requiere el uso de herramientas o materiales que no están incluidos entre los aprobados, estos deberán ser acreditados o rechazados por la Dirección Técnica, en función de si pasan o no las pruebas específicas de aprobación.

Todos los trabajos relacionados en las instalaciones de baja tensión se realizarán atendiendo a las buenas prácticas exigidas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, además de cumplir con los métodos y las recomendaciones exigidas por la Dirección facultativa.

### 2.2.3. Normas de carácter técnico

Todas las instalaciones de baja tensión en el presente Proyecto se realizarán en conductos sobre pared de mampostería no espaciados de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del conducto, excepto en los tramos en los que no sea posible debido al cambio de sala, situación en la cual el conducto deberá empotrarse en la pared.

Esta instalación deberá realizarse siguiendo las normas y las instrucciones impartidas por la Dirección de Obra.

Todo cable instalado deberá llevar consigo una identificación que muestre el nombre del fabricante, el año de fabricación y las características técnicas del cable.

Las conexiones deberán ejecutarse de forma que se asegure la no desconexión y su buen estado sin necesidad de realizar mantenimiento, a lo largo de su utilización. Asimismo, estas conexiones se deberán colocar de forma que se puedan evitar los efectos de fenómenos de cualquier índole, que sean capaces de deteriorarlas.

### 2.2.4. Materiales

Los materiales utilizados durante el proceso de instalación serán aportados por parte del Contratista, a no ser que se diga lo contrario desde la Dirección de Obra.

Está terminantemente prohibido el uso de materiales o herramientas que no hayan pasado los requisitos impuestos por la Dirección de Obra, apelando a la seguridad en todo momento.

Será la Dirección de Obra la que determine los ensayos y análisis que crea oportunos a lo largo de la ejecución de la instalación.

El cableado no puede ser otro que el que se especifica en el presente Proyecto, a menos que la Dirección de Obra, y bajo previo estudio, considere oportuno el cambio de determinados sectores, con el fin de solucionar o minimizar problemas ocasionados por cualquier fenómeno.

#### 2.2.5. Recepción de obra

En cuanto al control del debido cumplimiento de las condiciones y especificaciones del presente Pliego de Condiciones, teniendo en cuenta las instalaciones de este apartado, la Dirección de Obra podrá requerir al Contratista tantas verificaciones del seguimiento como crea oportunas, durante o al finalizar la obra.

Al finalizar la obra, el Contratista deberá solicitar la recepción global de la obra. En esta recepción se incluirá cualquier tipo de medición o prueba pertinente que sea requerida. Estas pruebas serán confirmadas al Contratista por la Dirección de Obra de forma escrita.

### 2.3. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones hidráulicas

#### 2.3.1. Objeto

En este apartado del presente Pliego de Condiciones se exponen las condiciones por las que debe regirse la Contrata para la instalación de los elementos hidráulicos.

#### 2.3.2. Normas de carácter general

Todos los materiales que van a ser utilizados en la ejecución de la obra e instalación de los equipos hidráulicos deberán reunir la calidad y condiciones de acuerdo con las exigencias impuestas por la Dirección facultativa, además de cumplir con las disposiciones con referencia a características y especificaciones de materiales y unidades de construcción.

Los materiales serán susceptibles de pasar las pertinentes pruebas y análisis, a cargo de la Contrata, que exijan para aprobar su calidad. Si se requiere el uso de herramientas o materiales que no están incluidos entre los aprobados, estos deberán ser acreditados o rechazados por la Dirección Técnica, en función de si pasan o no las pruebas específicas de aprobación.

Todos los trabajos relacionados con las instalaciones de los equipos hidráulicos se realizarán atendiendo a las buenas prácticas, los métodos y las recomendaciones exigidas por la Dirección facultativa.

#### 2.3.3. Normas de carácter técnico

La instalación de los equipos hidráulicos se realizará atendiendo a las distribuciones y medidas especificadas en el presente Proyecto, haciendo uso de los Planos pertinentes. En caso de producirse algún tipo de variación, esta debe ser notificada de forma inmediata a la Dirección de Obra, y junto con el Contratista llegar a una solución factible y útil, para asegurar el correcto funcionamiento de las instalaciones.

En caso de incertidumbre en alguna parte de la instalación siempre prevalecerán las normas y las instrucciones impartidas por la Dirección de Obra.

Las uniones entre las distintas partes que componen la instalación hidráulica deberán ejecutarse de forma que se asegure la estanqueidad del circuito y su buen estado sin necesidad de realizar mantenimiento, a lo largo de su utilización. Asimismo, estas conexiones se deberán colocar de forma que se puedan evitar los efectos de fenómenos de cualquier índole, que sean capaces de deteriorarlas.

#### 2.3.4. Materiales

Los materiales utilizados durante el proceso de instalación hidráulica serán aportados por parte de la Contrata, a no ser que se diga lo contrario desde la Dirección de Obra.

Está terminantemente prohibido el uso de materiales o herramientas que no hayan pasado los requisitos impuestos por la Dirección de Obra, apelando a la seguridad en todo momento.

Será la Dirección de Obra la que determine los ensayos y análisis que crea oportunos a lo largo de la ejecución de la instalación.

Los equipos hidráulicos no pueden ser otros que los que se especifican en el presente Proyecto, a menos que la Dirección de Obra, y bajo previo estudio, considere oportuno el cambio de determinados sectores, con el fin de solucionar o minimizar problemas ocasionados por cualquier fenómeno.

#### 2.3.5. Recepción de obra

En cuanto al control del debido cumplimiento de las condiciones y especificaciones del presente Pliego de Condiciones, teniendo en cuenta las instalaciones de este apartado, la Dirección de Obra podrá requerir al Contratista tantas verificaciones del seguimiento como crea oportunas, durante o al finalizar la obra.

Al finalizar la obra, el Contratista deberá solicitar la recepción global de la obra. En esta recepción se incluirá cualquier tipo de medición o prueba pertinente que sea requerida. Estas pruebas serán confirmadas al Contratista por la Dirección de Obra de forma escrita.

#### 2.4. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de ventilación y extracción

No procede

#### 2.5. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de alumbrado interior

##### 2.5.1. Objeto

En este apartado del presente Pliego de Condiciones se exponen las condiciones por las que debe regirse la Contrata para la instalación de los elementos de alumbrado interior.

#### 2.5.2. Normas de carácter general

Todos los materiales que van a ser utilizados en la ejecución de la obra e instalación de los equipos de alumbrado interior deberán reunir la calidad y condiciones de acuerdo con las exigencias impuestas el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y por la normativa vigente respecto a los niveles de iluminación en el lugar de trabajo, además de cumplir con las disposiciones con referencia a características y especificaciones de materiales y unidades de construcción.

Los materiales serán susceptibles de pasar las pertinentes pruebas y análisis, a cargo de la Contrata, que exijan para aprobar su calidad. Si se requiere el uso de herramientas o materiales que no están incluidos entre los aprobados, estos deberán ser acreditados o rechazados por la Dirección Técnica, en función de si pasan o no las pruebas específicas de aprobación.

Todos los trabajos relacionados con las instalaciones de baja tensión se realizarán atendiendo a las buenas prácticas exigidas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, además de cumplir con los métodos y las recomendaciones exigidas por la Dirección facultativa.

#### 2.5.3. Normas de carácter técnico

Las instalaciones de alumbrado interior en el presente Proyecto se realizarán en conductos sobre pared de mampostería no espaciados de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del conducto, excepto en los tramos en los que no sea posible debido al cambio de sala, situación en la cual el conducto deberá empotrarse en la pared.

Las luminarias están reglamentadas por sus específicas normativas. Estas deben ser instaladas tal y como se expone en el presente Proyecto, de forma que el aprovechamiento del flujo luminoso que imparten sea el óptimo.

Esta instalación deberá realizarse siguiendo las normas y las instrucciones impartidas por la Dirección de Obra.

Todo cable instalado deberá llevar consigo una identificación que muestre el nombre del fabricante, el año de fabricación y las características técnicas del cable.

Las conexiones deberán ejecutarse de forma que se asegure la no desconexión y su buen estado sin necesidad de realizar mantenimiento, a lo largo de su utilización. Asimismo, estas conexiones se deberán colocar de forma que se puedan evitar los efectos de fenómenos de cualquier índole, que sean capaces de deteriorarlas.

#### 2.5.4. Materiales

Los materiales utilizados durante el proceso de instalación serán aportados por parte del Contratista, a no ser que se diga lo contrario desde la Dirección de Obra.

Está terminantemente prohibido el uso de materiales o herramientas que no hayan pasado los requisitos impuestos por la Dirección de Obra, apelando a la seguridad en todo momento.

Será la Dirección de Obra la que determine los ensayos y análisis que crea oportunos a lo largo de la ejecución de la instalación.

El cableado no puede ser otro que el que se especifica en el presente Proyecto, a menos que la Dirección de Obra, y bajo previo estudio, considere oportuno el cambio de determinados sectores, con el fin de solucionar o minimizar problemas ocasionados por cualquier fenómeno.

#### 2.5.5. Recepción de obra

En cuanto al control del debido cumplimiento de las condiciones y especificaciones del presente Pliego de Condiciones, teniendo en cuenta las instalaciones este apartado, la Dirección de obra podrá requerir al Contratista tantas verificaciones del seguimiento como crea oportunas, durante o al finalizar la obra.

Al finalizar la obra, el Contratista deberá solicitar la recepción global de la obra. En esta recepción se incluirá cualquier tipo de medición o prueba pertinente que sea requerida. Estas pruebas serán confirmadas al Contratista por la Dirección de Obra de forma escrita.

### **3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA**

En este apartado del presente Pliego de Condiciones se tratarán aquellos puntos de carácter facultativo que tengan incidencia en la realización y ejecución del presente Proyecto.

#### **3.1. Revisión de solicitud de ofertas**

La Dirección técnica será la encargada de solicitar ofertas a las entidades especializadas en cada uno de los sectores que se tratan en el presente Proyecto, para la ejecución de las instalaciones y obras pertinentes. Para ello se proporcionará una copia del mencionado Proyecto a cada una de las empresas ofertantes, o en su defecto, un extracto con datos suficientes para su comprensión. Para cuando el ofertante esté decidido a hacerse cargo de las obras, este deberá presentar dicho documento además de las soluciones aportadas para la ejecución de la obra, dejando un plazo máximo para la recepción de las ofertas de dos meses.

#### **3.2. Residencia del contratista**

El Contratista o, en su defecto, su representante deberá residir en un punto próximo al de la ejecución de las obras y será imprescindible la notificación expresa de forma escrita a la Dirección de Obra en caso de ausencia, durante el periodo de tiempo comprendido entre el inicio de la obra y la recepción definitiva de esta.

#### **3.3. Reclamaciones contra las órdenes de dirección**

Las reclamaciones que quiera presentar el Contratista hacia la Dirección de Obra, las tendrá que hacer a través del mismo ante la propiedad, en caso de ser de carácter económico y en lo relacionado con lo expuesto en el presente Pliego de Condiciones. Si estas son de carácter técnico o facultativo, no se llegarán a admitir.

#### **3.4. Despido por insubordinación, incapacidad y mala fe**

En caso de incumplimiento de las órdenes e instrucciones de la Dirección de Obra o cualquier subordinado de esta, o por cualquier incapacidad o acto que suponga un retraso en las obras, el Contratista estará obligado a prescindir de los servicios de trabajadores u operarios si así lo ordena la Dirección de Obra.

#### **3.5. Obras y vicios ocultos**

En caso de creer la Dirección de Obra en la existencia de vicios ocultos en las obras ejecutadas se aprobará, en cualquier momento y antes de la recepción de la obra, la reconstrucción de la obra hecha y, en caso de no tener ninguna solución factible, el total derrumbamiento de lo construido. El contratista deberá asumir los costes de esta nueva construcción de ser cierta la

sospecha tras el pertinente estudio de la obra. En caso contrario el coste corre a cuenta del propietario.

### 3.6. Medios auxiliares

La Contrata tendrá la obligación, aunque no se estipule expresamente en el presente Pliego de Condiciones, de realizar las obras apelando a buenas prácticas de construcción e instalación, tanto de los materiales como de los equipos que componen la obra.

La maquinaria y equipos auxiliares utilizados para realizar estos trabajos corren a cuenta del Contratista, de forma que no recaiga responsabilidad ninguna sobre el propietario por cualquier tipo de avería o accidente en los que intervengan estos medio auxiliares.

También correrá a cuenta del Contratista aquellos medios auxiliares utilizados para señalización, protección y seguridad tanto de sus operarios como de las personas ajenas a la obra, como pueden ser vallas, señales de tráfico, iluminación y señalización, etc.

### 3.7. Control de la obra y libro de órdenes

#### 3.7.1. Control de la ejecución de la obra

Todo trabajo realizado estará sujeto al Proyecto, a sus posibles modificaciones siempre y cuando estén formalizadas, y bajo el mando e instrucciones de la Dirección de Obra. En caso de producirse trabajos ineficaces reiterativos o estos sean de una importancia considerable, el Propietario podrá elegir, siempre que lo asesore la Dirección facultativa, la resolución de contrato sin perjuicio de las penalizaciones que pudiera imponer a la Contrata en concepto de indemnización.

#### 3.7.2. Datos de la obra

Se hará entrega al Contratista de los documentos del Proyecto necesarios para la total realización del Proyecto, así como cuantos datos requiera de más. De estos documentos podrá realizar tantas copias estime necesarias, corriendo a cuenta suya, siempre y cuando mantenga los documentos originales en buen estado para su posterior devolución en terminar el contrato de obra.

Asimismo, en un periodo de tres meses como máximo una vez terminado el contrato, el Contratista deberá entregar a la Dirección de Obra, todos aquellos documentos que han sido actualizados y modificados que representen el trabajo real que se ha realizado junto con el resultado existente en la obra. Si hay discrepancias entre estos documentos y los que provienen de las instrucciones dadas, siempre prevalecerán los últimos.

### 3.7.3. Mejoras y variaciones del proyecto

Solo serán aceptadas aquellas mejoras o variaciones que hayan sido aprobadas por escrito por la Dirección de Obra y cuyo precio haya sido concretado con anterioridad a la ejecución de estas.

### 3.7.4. Recepción del material

Será la Dirección de Obra la encargada de aprobar el suministro y confirmar el procedimiento de la instalación, de acuerdo con el Contratista. La conservación en buen estado de los materiales corre a cuenta del Contratista.

### 3.7.5. Libro de Órdenes

El Libro de Órdenes debe incluir las incidencias, órdenes y asistencias que la Dirección facultativa aprecie en la obra. Este debe ser entregado al finalizar la obra junto con el certificado final de obra y debe ser capaz de proporcionar el conocimiento exacto de la ejecución que se ha llevado a cabo en cada momento. Asimismo, debe proporcionar los datos suficiente para determinar de forma exacta si por parte del Contratista se han cumplido los plazos y fases de ejecución establecidas para la realización del proyecto.

La Dirección facultativa debe dejar por escrito todas y cada una de las incidencias que surjan en el proceso de ejecución de la obra, las que provoquen algún tipo de modificación y las órdenes que, por parte del Contratista y con su aprobación, se han tenido que impartir en el transcurso de la obra.

En este Proyecto se contará con un Libro de Órdenes donde será imprescindible el registro de las incidencias, órdenes y asistencias, así como de cada visita o revisión. La Dirección facultativa se encargará de:

- Comprobar el estado de la construcción presente.
- Redactar las rectificaciones que se requieran.
- Asistir a las obras con regularidad y en las ocasiones que lo requieran.
- Coordinar el trabajo de operarios que no pertenezcan al grupo de trabajo.
- Preparar los documentos finales de la obra.
- Garantizar la presencia del Libro de Órdenes en la obra desde el inicio de la misma, para poder realizar las correspondientes anotaciones de:
  - Obligaciones del Constructor y del Director de la realización de la obra.
  - Órdenes e indicaciones explicativas para facilitar la interpretación del proyecto por parte de la Constructora.
  - Incumplimiento de medidas de seguridad.

- Incidencias generales y particulares en la obra.
- Cualquier fenómeno a destacar por la Dirección facultativa.

### 3.8. Aceptaciones parciales y certificaciones periódicas

El Contratista recibirá las certificaciones por parte de la Dirección de Obra de las partidas del Presupuesto que ya hayan sido completadas y de las mediciones que no se hubieran acabado. Con estas certificaciones, el Contratista se encargará de facturar los importes estipulados al Promotor, obligando su pago en las condiciones acordadas entre las dos partes.

Asimismo, el Contratista ayudará de forma material a la Dirección de Obra en la comprobación de lo ejecutado, haciéndose cargo de los gastos provenientes de valoraciones de carácter especial o mediciones de su específico interés.

### 3.9. Recepción de la instalación

Para hacer entrega del Proyecto acabado una vez se termine con el proceso de obra, deberán estar presentes la Propiedad o su representante, la Dirección de Obra y el Contratista. De esta recepción se creará un acta triplicada, una para cada una de las partes presentes en el proceso, las cuales deberán estar firmadas por estas tres. Asimismo, será necesaria la entrega de los documentos junto con los planos pertinentes, así como los correspondientes permisos, por parte del Contratista a la Dirección facultativa, los cuales representan las obras y las instalaciones realmente ejecutadas durante el proceso de obra.

En el caso que las instalaciones hayan sido procesadas de la forma y métodos establecidos y se encuentren en perfecto estado, se procederá a certificar la recepción provisional en ese mismo momento, comenzando entonces el plazo de garantía acordado. Asimismo, la Dirección de Obra deberá realizar de forma inmediata la última revisión, la cual será definitiva, en obligatoria presencia del Contratista.

La recepción provisional mencionada anteriormente se convertirá en definitiva una vez acabe el plazo de garantía acordado. El coste de manutención de las instalaciones durante este periodo corre a cuenta del Contratista. Al igual que la recepción provisional, a la definitiva también tendrán que acudir las tres partes mencionadas y firmar las actas triplicadas, de forma que si las instalaciones se encuentran en perfecto estado la recepción se dará por zanjada y el Contratista quedará relevado de ser responsable de la conservación, mantenimiento o cualquier otra actividad que la ley establezca.

Si no existe posibilidad de ejecutar la recepción, tanto provisional como definitiva, será la Dirección de Obra la que determine los plazos de entrega, ampliación de los de garantía o resolución de acuerdo con pérdida de fianzas, en caso de haberlas.

3.10. Plazo de garantía

El plazo de garantía, como se ha dicho, empezará en cuanto se proceda a la recepción provisional de las instalaciones si es que estas están en perfecto estado y se ha ejecutado la obra tal y como indican las condiciones establecidas, y acabará en el momento que se haga la recepción definitiva, comprobando antes que las instalaciones continúen en perfecto estado de uso y mantenimiento. El plazo de garantía estará establecido por las partes presentes en el Proyecto y en su defecto tendrá la duración de un año. En caso de presentarse algún defecto y se debiera reformar, mantener o reparar alguna parte de las instalaciones dentro del plazo de garantía, el coste de estos correría a cuenta del Contratista. Una vez se haga la recepción definitiva de la obra, el Contratista quedará relevado de cualquier responsabilidad relacionada con lo mencionado.

3.11. Liquidación final

Una vez terminada la obra, se realizará la liquidación establecida, en la cual tienen cabida los costes de las unidades de obra realmente instaladas, además de aquellas que han sido modificadas a lo largo de la ejecución de las instalaciones. Estas últimas han tenido que ser previamente aprobadas por la Dirección de Obra para que sean aceptadas. En caso contrario el Contratista no tendrá ningún derecho a reclamar los aumentos de obra que no estuviesen aprobados por la entidad.

#### **4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA**

##### **4.1. Base fundamental**

La base fundamental del presente apartado se fundamenta en la percepción del importe completo de los trabajos ejecutados por parte del Contratista, siempre que hayan sido basados en el presente Proyecto y condiciones expuestas en el Pliego de Condiciones.

##### **4.2. Fianzas**

Se podrá exigir al Contratista una fianza del 10% del presupuesto de las obras e instalaciones a realizar, con el fin de cumplir con las responsabilidades por las que se le ha contratado.

##### **4.3. Garantías de cumplimientos y fianzas**

El Director tendrá el derecho de reclamar al Contratista la entrega de referencias bancarias para comprobar si, en efecto, es capaz de asumir la responsabilidad económica que requiere el proyecto. Estas referencias serán entregadas con anterioridad a la firma del contrato.

##### **4.4. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza**

En caso de negación por parte del Contratista a realizar los trabajos precisados, el Director tendrá el derecho a ordenar a un tercero la ejecución de estos, abonando su importe de la fianza previamente depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el propietario en el caso de que el importe de la fianza no sea suficiente para abonar el coste de las unidades de obra que no fueran de recibo.

##### **4.5. Devolución de la fianza**

La devolución de la fianza al Contratista se realizará en un plazo no superior a diez días una vez haya sido hecha la recepción total de la obra, a no ser que el Contratista haya certificado la no existencia de reclamaciones a su cuenta por daños y perjuicios, por deudas de los jornales o materiales o por indemnizaciones ocasionadas por el desarrollo de la obra.

##### **4.6. Seguros de los trabajos**

El Contratista tiene la obligación de asegurar la obra mientras esta esté en marcha, empezando desde el primer momento en el que se ponga al cargo hasta que se realice la recepción definitiva.

En caso de producirse algún ingreso por algún siniestro producido durante la obra, este se realizará en la cuenta del propietario y a base de certificaciones por parte del Contratista se irán

traspasando a medida que continúe la obra. El Propietario estará obligado a destinar la cantidad total de los ingresos a la obra, si no se llega a un acuerdo expreso entre Contratista y Propietario, bajo documento público, sin posibilidad de gastarlo en ninguna acción ajena a esta. Si se incumple lo dicho, el Contratista se verá con derecho a romper el contrato, además del reingreso de la fianza, el abono completo de los gastos y materiales invertidos en la obra y una indemnización que equivaldría al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro, que será tasado por el Director.

En lo referente a las obras de reforma o reparación se preverá qué partes se van a asegurar en función de las reformas que se vayan a realizar y qué cuantía supondrá. Si no procede se sobreentenderá que se debe asegurar toda aquella parte de la construcción que vaya a sufrir la reforma.

Todas las cláusulas de la póliza de seguros que incluyen los riesgos asegurados y las condiciones en las que se van a realizar, las determinarán el Contratista y el Propietario, con el objetivo de buscar la conformidad en las dos partes del acuerdo.

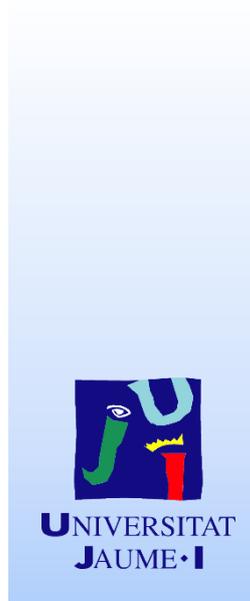
## **5. CONCLUSIÓN Y FIRMA**

De acuerdo con el correcto diseño y dimensionado de las instalaciones, la buena calidad de los materiales, el cumplimiento de las normas y reglamentos aplicados en el presente Proyecto y las especificaciones requeridas por el peticionario, se estima que el presente Proyecto, teniendo en cuenta lo expuesto en el Pliego de Condiciones, es apto y cumple con las exigencias impuestas por el peticionario y las normas vigentes.



Jordi Bellés Moliner

Castellón, enero de 2021



DOCUMENTO VI

# ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

## **ÍNDICE DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

<b>1. NORMATIVA APLICABLE .....</b>	<b>217</b>
<b>2. MEMORIA DESCRIPTIVA.....</b>	<b>219</b>
2.1. Objeto del Proyecto .....	219
2.2. Contenido del EBSS .....	219
2.3. Agentes .....	220
2.4. Emplazamiento y condiciones del entorno .....	220
2.5. Características generales de la obra.....	221
2.6. Medios auxiliares.....	221
2.7. Identificación de riesgos y medios preventivos.....	222
2.8. Identificación de riesgos evitables y medios preventivos.....	229
2.9. Identificación de riesgos inevitables y medios preventivos.....	230
2.10. Condiciones de seguridad y salud en trabajos de reparación y mantenimiento .....	231
2.11. Medidas ante una emergencia.....	231
2.12. Recursos preventivos del contratista .....	232
<b>3. PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>233</b>
3.1. Pliego administrativo .....	233
3.1.1. Disposiciones generales.....	233
3.1.1.1. Objeto del Pliego de condiciones.....	233
3.1.2. Disposiciones facultativas .....	233
3.1.2.1. Promotor.....	233
3.1.2.2. Proyectista.....	233
3.1.2.3. Contratista y subcontratista.....	233
3.1.2.4. Dirección facultativa.....	234
3.1.2.5. Coordinador de Seguridad y Salud en el Proyecto.....	234
3.1.2.6. Coordinador de Seguridad y Salud en la ejecución.....	234
3.1.2.7. Trabajadores autónomos .....	234

3.1.2.8. Suministradores de equipos de protección y materiales de construcción .....	235
3.1.2.9. Recursos preventivos .....	235
3.1.3. Formación en Seguridad .....	235
3.1.4. Reconocimientos médicos .....	235
3.1.5. Salud e higiene en el trabajo .....	236
3.1.5.1. Primeros auxilios.....	236
3.1.5.2. Actuación en caso de accidente laboral .....	236
3.1.6. Documentación de obra .....	236
3.1.6.1. Estudio Básico de Seguridad y Salud.....	236
3.1.6.2. Plan de seguridad y salud.....	236
3.1.6.3. Acta de aprobación.....	237
3.1.6.4. Libro de incidencias .....	237
3.1.6.5. Libro de órdenes.....	237
3.1.6.6. Libro de visitas.....	238
3.1.6.7. Libro de subcontratación.....	238
3.2. Pliego de condiciones técnicas particulares .....	238
3.2.1. Medios de protección colectiva .....	238
3.2.2. Medios de protección individual.....	238
3.2.3. Instalaciones provisionales de salud y confort.....	239
3.2.4. Vestuarios .....	239
3.2.5. Retretes .....	239
3.2.6. Comedor y cocina.....	240
<b>4. CONCLUSIÓN Y FIRMA .....</b>	<b>241</b>

## **1. NORMATIVA APLICABLE**

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se rige por la normativa y las disposiciones legales actualmente en vigor. Estas se muestran a continuación:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.

- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Orden TAS/2947/2007, de 8 de octubre, por la que se establece el suministro a las empresas de botiquines con material de primeros auxilios en caso de accidente de trabajo, como parte de la acción protectora del sistema de la Seguridad Social.
- Orden de 31 de agosto de 1987 sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas en vías fuera de poblado.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

## **2. MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **2.1. Objeto del Proyecto**

El objeto de este presente Estudio Básico de Seguridad y Salud es concretar todas las medidas y prevenciones óptimas para garantizar la seguridad, la salud y el bienestar de los trabajadores y personal presente en la obra. Asimismo, también se busca identificar los riesgos que puedan surgir durante la ejecución de la obra para poder prevenir accidentes y enfermedades profesionales.

En este documento se definen las directrices básicas en cuanto a las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en el puesto de trabajo, atendiendo a la legislación actual, con el objetivo de que el Contratista cumpla con sus obligaciones.

La finalidad de la realización de este estudio es:

- Asegurar la salud física y mental de las personas presentes en la obra.
- No verse envuelto en situaciones de riesgo derivadas de acciones improvisadas o carencia de medios.
- Atribuir responsabilidades en las distintas corporaciones que componen la obra en tema de seguridad y salud en caso de producirse alguna incidencia.
- Determinar el nivel de protección colectiva e individual en función de los trabajos a desempeñar durante la ejecución de la obra.
- Identificar a tiempo los riesgos derivados de la realización de la obra.
- Realizar los trabajos correspondientes con el debido nivel de seguridad para prevenir riesgos innecesarios.
- Actuar con conocimiento ante cualquier accidente laboral.

### **2.2. Contenido del EBSS**

En el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se identifican los riesgos que pueden ser ocasionados durante la ejecución de la obra, pudiendo ser estos evitables, fruto de una mala ejecución de la obra o por la desestimación de las medidas preventivas o los equipos de protección; o no evitables. Para ambos casos se precisan las medidas preventivas, los equipos de protección pertinentes para cada trabajo y las acciones a realizar en caso de accidente.

En el Estudio Básico de Seguridad y Salud también se precisan las condiciones en las que deben realizarse los trabajos de mantenimiento y reparación, atendiendo a las necesidades de seguridad y salud en este periodo de manutención de las instalaciones una vez terminada la correspondiente ejecución de la obra.

### 2.3. Agentes

Las corporaciones que participan en la ejecución de la obra y que, por tanto, intervienen en materia de seguridad y salud en la obra son:

- Promotor: GBB Deluxe 2018 S.L.
- Autor del proyecto: Jordi Bellés Moliner
- Constructor: Indeterminado
- Coordinador de seguridad y salud: Indeterminado

### 2.4. Emplazamiento y condiciones del entorno

En este apartado se van a tratar las condiciones del entorno del emplazamiento que pudieran suponer algún peligro durante la ejecución de la obra.

- Emplazamiento:  
46595 Torres Torres, Valencia. Carretera CV-320 a la altura de la central hidráulica de Torres Torres
- Accesos a la obra:  
Solo dispone de un acceso por la entrada principal, pero existe la posibilidad de realizar más accesos en caso de requerirlos.
- Topografía del terreno:  
Terreno montañoso. La central se encuentra en una esplanada y junto a la construcción existe un pavimento de cemento con posibilidad de utilización, pero el paraje a su alrededor es accidentado. Existe una colina con una pendiente no muy pronunciada habilitable para cualquier instalación necesaria.
- Edificios colindantes:  
Existe una edificación colindante a la estructura de la central, propiedad del Promotor, pero no supone ningún problema a la hora de ejecutar la obra.
- Condicionantes:  
La carretera CV-320 se encuentra justo en frente de la central, suponiendo un peligro la circulación de personal de un lado a otro de la carretera. Asimismo, la entrada y salida de vehículos de la obra se debe señalizar en todo momento.
- Condiciones climáticas:  
Condiciones características del clima mediterráneo que no sugieren la toma de medidas especiales. En caso de producirse cualquier fenómeno meteorológico que imposibilite la ejecución, se suspenderían los trabajos.

## 2.5. Características generales de la obra

En este apartado se van a tratar las características de las instalaciones y de los equipos que puedan interferir en la previsión de los riesgos presentes en la obra.

- Actuaciones previas:

Consiste en la preparación y acomodación de las estancias donde se van a instalar los equipos encargados de la generación de energía eléctrica. Incluye el desalojo de elementos no útiles y escombros.

- Instalaciones:

Engloba cualquier tipo de instalación a realizar durante la ejecución del proyecto: instalación de la turbina, instalación y acoplamiento del generador y de los equipos que complementan este conjunto, instalación de los transformadores con sus rejillas de protección, las celdas de media tensión, la distribución del cableado con los equipos de baja tensión, las puestas a tierra y las conexiones pertinentes con las debidas protecciones para el correcto funcionamiento del sistema de generación.

- Manejo de material:

Consiste en el transporte de todos los equipos y materiales desde el lugar donde se han descargado hasta su emplazamiento en la central.

## 2.6. Medios auxiliares

Ante cualquier urgencia de gravedad solo estará permitido el transporte de los heridos bajo la supervisión de personal especializado, es decir, en ambulancia o coche médico. Si los heridos son de carácter leve y no está en juego ninguna vida, se permitirá su transporte con particulares siempre que haya sido consentido por el responsable de emergencias de la obra.

Los centros de salud y hospitales más cercanos a la central son:

- **Primeros auxilios**

- Botiquín portátil.
- Localización: en la obra.

- **Asistencia Primaria**

- Centro de salud de Torres Torres.
- Dirección C/ La Virgen s/n 46148 Torres Torres, Valencia.
- Distancia aproximada: 1,6 km (2 min)
- Teléfono: 962 62 65 42

- **Asistencia especializada**

- Urgencias del hospital de Sagunto.
- Dirección: Av. Ramón Y Cajal, s/n, 46520 Port de Sagunt, Valencia.

- Distancia aproximada: 18 km (22 min)
- Teléfono: 962 33 93 00

- **Servicio de ambulancia**

- Serveis Sanitaris Morverdre S.L.
- Dirección: Calle Dos de Mayo, 4, 46511 Benifairó de les Valls, Valencia.
- Distancia aproximada: 11 km (16 min)
- Teléfono: 653 83 20 96

Estos detalles deben estar correctamente indicados en carteles indicativos a lo largo de toda la obra con el fin de actuar con rapidez ante cualquier tipo de urgencia.

## 2.7. Identificación de riesgos y medios preventivos

En este apartado se van a reconocer los riesgos presentes en las distintas fases de la obra a la vez que se determinan las medidas de prevención a aplicar para reducirlos y contrarrestarlos.

### ➤ Fase previa a la obra

Se determinan los riesgos previos a la ejecución de la obra para cada uno de los trabajos a realizar junto con las medidas preventivas adecuadas, protecciones individuales y colectivas.

#### a. Instalación eléctrica provisional

Los riesgos presentes en esta instalación son:

- La electrocución por contacto directo o indirecto.
- Incendios provocados por sobrecargas o mal estado de los equipos.
- Cortes, punzadas o quemaduras provocadas por elementos eléctricos.

Las medidas de prevención contra estos riesgos desde el punto de vista colectivo son:

- Conexión de puesta a tierra e instalación de interruptores diferenciales de forma provisional en los circuitos de los equipos susceptibles a quedar en tensión para evitar los contactos indirectos.
- Montaje de vallado para aumentar la seguridad ante contactos indirectos.
- Separación de las líneas de media tensión de 5 m.
- No se hará coincidir la línea eléctrica con la del suministro de agua.
- Los cuadros eléctricos estarán dispuestos en lugares de fácil acceso.
- Toda línea eléctrica debe tener su propia identificación indicando las características del conductor.
- Las líneas eléctricas se situarán a una altura superior a 5 m en el exterior para evitar cualquier tipo de contacto, mientras que en el interior se distribuirán de forma que no se puedan acceder a ellas, pero en cualquier caso se instalarán a una altura mínima de 2,3 m.

- Los cables enterrados deberán estar correctamente señalizados y protegidos.
- Las tomas de corriente se llevarán a cabo mediante clavijas blindadas normalizadas.
- No se permite el uso de más salidas de tomas de corriente de las existentes ni el uso de cualquier equipo u objeto eléctrico ajeno a la obra.

Los equipos de protección individual de carácter obligatorio son:

- Botas aislantes de electricista.
- Guantes aislantes dieléctricos.
- Banquetas aislantes.
- Comprobador de tensión.
- Utensilios y herramientas eléctricamente aislantes.
- Prendas impermeables y reflectantes.

b. Montaje de las instalaciones provisionales

Los riesgos presentes junto con esta instalación son:

- Golpe o choque con objeto o material capaz de producir heridas, cortes o magulladuras.
- Caídas de operarios al mismo nivel o a distinto nivel.
- Ambiente con polvo por las excavaciones de tierra.
- Trabajos en condiciones de humedad.
- Fuertes vientos y lluvias extremas.
- Caídas de material transportado.
- Lesiones en manos.
- Lesiones en pies.
- Lesiones producidas por herramientas.

Las medidas de prevención contra estos riesgos desde el punto de vista colectivo son:

- Uso de vallas, barandillas y caminos despejados para facilitar y asegurar el paso de los operarios por todas las partes de la obra fuera del rango de máquinas o equipos a tensión.
- Uso de escaleras, andamios, y demás estructuras, normalizadas y en perfecto estado de funcionamiento.
- Suspensión del trabajo bajo condiciones meteorológicas desfavorables.
- Aseguramiento de cargas transportadas mediante cinchas de amarre.
- Uso de agua para regar la tierra y evitar el levantamiento excesivo de polvo.

Los equipos de protección individual de carácter obligatorio son:

- Calzado de seguridad con punta de hierro.
- Guantes de trabajo de cuero.
- Casco de seguridad normalizado.
- Cinturón de herramientas.
- Gafas de seguridad.
- Mascarilla con filtro.

- Prendas reflectantes e impermeables.
- Arnés de seguridad en caso de ser requerido.
- Herramientas normalizadas en buen estado.

➤ Fase de ejecución de la obra

Se determinan los riesgos durante la ejecución de la obra para cada uno de los trabajos a realizar junto con las medidas preventivas adecuadas, protecciones individuales y colectivas. Las disposiciones generales a adoptar durante la ejecución de la obra son:

- El lugar de trabajo se mantendrá libre de herramientas, equipos o cableado prescindibles para no entorpecer las funciones de los operarios y no suponer ningún riesgo en la ejecución de sus trabajos.
- Habrá carteles informativos de las medidas de seguridad impuestas para la obra en lugares de fácil visibilidad.
- No estará permitida la entrada a la obra de personas ajenas a esta.
- Los trabajos especiales se realizarán bajo la tutela de personal cualificado en caso de requerir supervisión.
- La carga y descarga de materiales, equipos y demás, se realizará de forma cuidadosa, respetando las indicaciones del personal cualificado.
- La entrada y salida de vehículos se realizará atendiendo a las exigencias y señalizaciones impuestas por la Dirección General de Tráfico y la Policía Nacional.
- El manejo de equipos pesados se realizará bajo el mando de personal cualificado ayudándose de medios mecánicos para facilitar su manipulación.

a. Demolición parcial

Los riesgos presentes son:

- Caídas de material capaces de producir heridas, cortes o magulladuras.
- Caídas de operarios al mismo nivel o a distinto nivel.
- Ambiente con polvo por las demoliciones.
- Lesiones en manos por choques.
- Lesiones en pies por golpes.
- Lesiones producidas por herramientas de demolición.
- Exposición a vibraciones y ruido.

Las medidas de prevención contra estos riesgos desde el punto de vista colectivo son:

- Instalación de marquesinas para evitar la caída de material.
- Prohibición de realizar trabajos o permanecer debajo de cargas suspendidas.
- Se intentarán evitar el máximo número posible de trabajos en altura.
- No sobrepasar el número máximo de personas cerca de la demolición.
- Respetar las distancias de seguridad y de alcance de las herramientas demoledoras para no poner en peligro a ningún operario.

Los equipos de protección individual de carácter obligatorio son:

- Calzado de seguridad con punta de hierro.
- Guantes de trabajo de cuero.
- Casco de seguridad normalizado.
- Cascos aislantes de ruido.
- Gafas de seguridad.
- Mascarilla con filtro.
- Prendas reflectantes e impermeables.
- Arnés de seguridad en caso de ser requerido.
- Herramientas normalizadas en buen estado.

b. Instalaciones

Los riesgos presentes son:

- Electrocutaciones por contacto directo o indirecto.
- Cortes, punzadas o quemaduras provocadas por elementos instalados.
- Incendios y explosiones.
- Caídas de material capaces de producir heridas, cortes o magulladuras.
- Caídas de operarios al mismo nivel o a distinto nivel.

Las medidas de prevención contra estos riesgos desde el punto de vista colectivo son:

- Se utilizarán los medios materiales preventivos para mantener la distancia con máquinas o equipos a tensión.
- Se mantendrá el lugar de trabajo limpio, despejado y ordenado para evitar caídas o enganchones que supongan algún tipo de riesgo.
- Trabaja únicamente el personal preparado para cada labor al haber recibido las consignas impuestas en materia de seguridad y salud.
- Se utilizará el material proporcionado para realizar cualquier instalación de la obra y ningún otro.
- Los operarios deberán permanecer fuera del alcance de cualquier carga suspendida con el fin de evitar golpes y aplastamientos.
- Las máquinas y equipos pesados serán instalados por el personal especializado.
- Las conexiones eléctricas se realizarán atendiendo a las condiciones de seguridad impuestas por la normativa vigente y con los equipos de protección adecuados.

Los equipos de protección individual de carácter obligatorio son:

- Calzado de seguridad con punta de hierro.
- Guantes de trabajo de cuero.
- Casco de seguridad normalizado.
- Gafas de seguridad.
- Prendas reflectantes e impermeables.
- Arnés de seguridad en caso de ser requerido.
- Herramientas normalizadas en buen estado.

c. Utilización de medios auxiliares

La prevención de los riesgos provenientes de la utilización de los medios auxiliares vendrá dada por la normativa vigente.

En ningún caso se permitirá la utilización de elementos auxiliares que no estén normalizados u homologados. A continuación, se especifican los medios auxiliares que se utilizarán en el transcurso de la obra.

▪ Escaleras de mano

Las condiciones para usar escaleras de mano son:

- Se determinará el estado de las escaleras en cada una de las revisiones pertinentes.
- Contará con elementos antideslizantes en sus extremos para evitar caídas.
- Se transportará horizontalmente con el extremo delantero ligeramente elevado y con cuidado de no golpear equipos o compañeros.
- Se utilizará en zonas previamente adaptadas de forma que la superficie sea totalmente horizontal.
- En caso de no poder garantizar la planitud de la superficie se contará con una escalera adaptable a inclinaciones no muy pronunciadas.
- La inclinación de la escalera no será inferior a 75° de la horizontal ni superior a 90°, manteniendo siempre la horizontalidad de los peldaños.
- El extremo superior de la escalera sobrepasará el desembarque 1 m medido verticalmente.
- La posición del operario siempre debe ser encarado hacia la escalera.
- No se permitirá el ascenso de más de un operario en la misma escalera.
- En alturas superiores a 3,5 m será obligatorio el uso del arnés de seguridad.

▪ Andamio de borriquetas

Las condiciones para usar andamios de borriquetas son:

- El apoyo del andamio será estable y plano.
- El número mínimo de borriquetas será de dos, dejando prohibido el uso de cualquier otro objeto que sirva de apoyo al andamio.
- El andamio estará perfectamente anclado y sujeto a las borriquetas.
- No estará permitido el apilamiento de andamios de borriquetas.

▪ Plataforma de descarga

Las condiciones para usar plataformas de descarga son:

- Las plataformas utilizadas estarán debidamente homologadas.
- En ningún momento se deberá sobrepasar el límite de carga de diseño de la plataforma de descarga.

- Dispondrá de un sistema de protección en el momento de parada para proteger el frente de descarga.
  - El material de recubrimiento de la plataforma será antideslizante.
  - Deberá pasar revisiones e inspecciones periódicas según indique el personal especializado.
- d. Utilización de máquinas y herramientas

Las disposiciones generales para prevenir los riesgos provocados por la utilización de máquinas y herramientas se describen a continuación.

- Todas y cada una de las herramientas y máquinas presentes en la obra deberán disponer de un manual de instrucciones donde se especifiquen las medidas de prevención de riesgos y seguridad en el lugar de trabajo, además de los riesgos que supone su utilización.
- Las herramientas o máquinas que no dispongan de las homologaciones pertinentes serán rechazadas para su utilización.

A continuación, se especifican las máquinas y herramientas que se utilizarán durante el transcurso de la obra.

▪ Camiones de transporte

Las condiciones para usar camiones para el transporte son:

- El transportista deberá atender a las indicaciones realizadas por el personal señalista de tráfico.
- Se deberá entorpecer lo más mínimo el tráfico de la carretera CV-320.
- Las cargas transportadas deberán estar debidamente inmovilizadas y protegidas con lonas y materiales blandos.
- Se asegurará la inmovilidad de los camiones en pendientes a la hora de cargar y descargar usando cuñas.
- En el proceso de carga y descarga el transportista deberá permanecer fuera de la cabina del camión para asegurar su integridad en caso de movimientos bruscos.

▪ Martillo hidráulico

Las condiciones para usar martillos hidráulicos son:

- Los operarios al cargo de su utilización deberán asegurarse de que las mangueras de aire comprimido no entorpezcan el paso ni supongan un riesgo en el lugar de trabajo, el cual debe mantenerse despejado y libre de objetos.
- El martillo se deberá usar de acuerdo a su manual de instrucciones sin realizar acciones innecesarias que supongan un peligro para los operarios de alrededor.
- Se asegurará la conexión de las mangueras cuando se inicie el proceso de picado.
- Se deberá cerrar la válvula de aire antes de desconectar la manguera del martillo.

▪ Equipo de soldadura

Las condiciones para usar el equipo de soldadura son:

- Se asegurará la no presencia de materiales o equipos inflamables o explosivos a menos de 10 m del lugar de soldadura.
- La soldadura se realizará sobre una superficie limpia, habiendo retirado previamente cualquier tipo de recubrimiento que no sea del material que se vaya a soldar.
- En los lugares donde no se asegure la adecuada ventilación y renovación de aire, se instalarán equipos de extracción localizada provisionales.
- El personal encargado de realizar las soldaduras deberá garantizar la presencia de un extintor de polvo químico listo para ser usado en caso de necesitarse.
- No se permitirá la realización de soldaduras en altura si no es posible garantizar la seguridad de los operarios que puedan pasar o permanecer debajo de dicha soldadura.
- Los operarios presentes en la soldadura o cercanos a ella, deberán contar con las protecciones visuales adecuadas para proteger su visión.

▪ Herramientas manuales varias

Las condiciones para usar herramientas manuales son:

- Las herramientas alimentadas eléctricamente serán de 24 V en ambientes húmedos.
- Las herramientas serán específicas para cada una de las funciones a desempeñar y solo un determinado número de operarios y personal especializado estarán autorizadas a su utilización en cada trabajo.
- No será compatible el uso de relojes, pulseras o cualquier otro accesorio, con la utilización de las herramientas.
- Las herramientas no podrán ser modificadas a lo largo de su utilización ya que dejarían de estar homologadas, suponiendo un riesgo en su posterior utilización.
- Las herramientas eléctricas estarán conectadas a tierra o dispondrán de doble aislamiento.
- En las herramientas cortantes se garantizará la seguridad ante material proyectado con el uso de una carcasa protectora encima de la hoja o sierra de corte.
- Las herramientas eléctricas permanecerán apagadas cuando no se estén utilizando.
- No se podrá manipular herramientas eléctricas con pies o manos mojadas.
- En el caso de sobrepasar los límites de decibelios en algún trabajo a causa de las herramientas empleadas, será obligatorio el uso de cascos aislantes de ruido.

## 2.8. Identificación de riesgos evitables y medios preventivos

En este apartado se tratan los riesgos evitables más frecuentes y se exponen las medidas de protección y prevención a adoptar en caso de producirse.

### ➤ Caídas al mismo nivel

- El lugar de trabajo deberá permanecer ordenado y libre de objetos que supongan un entorpecimiento para la circulación de operarios.
- Se asegurará la no ocupación de lugares estratégicos en la realización de cualquier tipo de trabajo en la obra.
- Se mantendrá el almacén de material ordenado y limpio.

### ➤ Caídas a distinto nivel

- Se habilitarán accesos fáciles y seguros entre los niveles presentes en la obra por medio de escaleras, barandillas, vallas y redes.
- Se protegerán los huecos y los bordes de los forjados de la construcción restringiendo su acceso.
- Se deberá mantener en perfectas condiciones los elementos protectores.
- Todos los elementos encargados de prevenir caídas estarán debidamente fijados y amarrados, evitando su movimiento.

### ➤ Polvo y partículas

- Se utilizará agua para humedecer las partes de la construcción que puedan generar polvo.
- Se usarán gafas protectoras y mascarillas con filtro para proteger ojos y vías respiratorias de los operarios.

### ➤ Ruido

- Se medirá periódicamente el nivel de ruido en los lugares de trabajo para determinar la necesidad de utilización de los equipos de protección individual pertinentes.
- Las máquinas susceptibles a producir ruido deberán estar acústicamente aisladas.

### ➤ Esfuerzos

- No será necesario el traslado de cargas pesadas por parte de los operarios, suponiendo un esfuerzo físico, ya que se dispondrá de la maquinaria adecuada para hacerlo.

- Se repartirá y distribuirá el peso de cargas en caso de tener que trasladarlas de forma manual.
- Se evitarán los esfuerzos repetitivos que puedan ocasionar lesiones en los operarios.
- No es recomendable el uso de posturas y movimientos forzados en caso de tener que realizar cualquier tipo de esfuerzo requerido por cualquier trabajo.

➤ Incendios

- No se realizará ninguna acción o trabajo que suponga algún riesgo de chispa o incendio en presencia de elementos o equipos inflamables o explosivos.
- No estará permitido fumar en el lugar de trabajo.

➤ Intoxicación por emanaciones

- El lugar de trabajo dispondrá, en caso de requerirlo, extracción de aire localizada, ventilación y renovación de aire.
- Será de uso obligatorio la mascarilla con filtros si el ambiente resulta ser agresivo.

## 2.9. Identificación de riesgos inevitables y medios preventivos

Los riesgos inevitables son todos provocados por causas repentinas que nadie es capaz de controlar y es por eso por lo que recae tanta importancia sobre las medidas preventivas, tanto individuales como colectivas.

➤ Caída de objetos

- Se montarán marquesinas en las zonas de acceso en caso de necesitarlas.
- Se mantendrá el lugar de trabajo ordenado y libre de materiales y equipos.
- No está permitido el apilamiento de materiales en el andamio.
- Los materiales desechados en los andamios se colocarán en recipientes para ser bajados lentamente de forma controlada.

➤ Dermatitis

- Se evitará la producción de polvo de cemento.
- Se utilizarán guantes y ropa de trabajo adecuada para su manipulación.

➤ Electrocuciones

- Se revisarán con periodicidad las instalaciones eléctricas en busca de fallos y desconexiones.
- El tendido eléctrico deberá quedar inmóvil sobre las paredes.
- Los alargadores tendrán agarre de plástico.
- Las máquinas y herramientas deberán llevar doble aislamiento eléctrico.
- Las máquinas tendrán toma de tierra.
- Se utilizarán guantes, calzado y banquetas aislantes para la manipulación de circuitos eléctricos.

➤ Quemaduras

- Se deberá mantener la distancia seguridad con las máquinas u objetos susceptibles de estar a altas temperaturas.
- Se usarán guantes aislantes para la manipulación de elementos calientes.

➤ Golpes y cortes

- Se deberá mantener el lugar de trabajo ordenado y limpio.
- Se usarán guantes y botas de punta de hierro en los trabajos donde haya riesgo de golpe o cortes.

## 2.10. Condiciones de seguridad y salud en trabajos de reparación y mantenimiento

Los trabajos correspondientes al mantenimiento y reparación de las instalaciones de la obra deberán estar sujetos al Plan de Seguridad y Salud redactado, siguiendo las condiciones que se hayan expuesto a lo largo de cada apartado. Se deberá analizar el trabajo a realizar y concretar, por medio del presente estudio, las condiciones por las que debe regirse. En caso de no estar estipulado, se deberá informar debidamente por escrito y se procedería a la redacción de un nuevo plan para garantizar el correcto funcionamiento del trabajo en materia de seguridad y salud.

## 2.11. Medidas ante una emergencia

El Contratista es el responsable de señalar las posibles situaciones de emergencia que puedan surgir a lo largo de la obra, concretando las medidas de protección o de solución ante cualquier emergencia, y de formar a los operarios para que actúen por su cuenta en caso de producirse algún tipo de incidencia en el lugar de trabajo. Además, el Contratista debe tener personal a cargo de asegurar el correcto cumplimiento de las normas en materia de seguridad y salud en el lugar de trabajo que sea capaz de actuar si la situación lo requiere.

## 2.12. Recursos preventivos del Contratista

El Contratista, además de aceptar las condiciones y medidas preventivas de riesgos en el lugar de trabajo, deberá añadir el Plan de Seguridad y Salud, atendiendo a las necesidades de los trabajos a realizar durante la ejecución de la obra.

Para garantizar el correcto funcionamiento y cumplimiento de las normas y condiciones, este tendrá a su cargo personal encargado exclusivamente de comprobar el adecuado cumplimiento de las disposiciones de seguridad y salud. Estos deberán notificar cualquier incidencia que encuentren en sus periódicas revisión de materiales, máquinas, disposiciones y distribuciones de los equipos y acciones de los operarios. En caso de producirse alguna incidencia, esta deberá ser corregida de inmediato, asegurando la salud y la seguridad de las instalaciones y de todos los operarios.

### **3. PLIEGO DE CONDICIONES**

#### 3.1. Pliego administrativo

##### 3.1.1. Disposiciones generales

###### 3.1.1.1. Objeto del Pliego de condiciones

El presente Pliego de Condiciones tiene como finalidad establecer las disposiciones y obligaciones de las distintas corporaciones que participan en el proyecto, concretamente en el Plan de Seguridad y Salud, así como las condiciones que rigen las medidas de prevención, tanto individuales como colectivas, del Proyecto de “Reconstrucción y remodelación de una central minihidráulica en la localidad de Torres Torres”. Todo esto con el objetivo de garantizar la salud y la seguridad de los trabajadores, evitando el riesgo de incidentes, accidentes y enfermedades provocadas por una mala práctica, durante la realización de la obra y en los trabajos correspondientes de mantenimiento y reparación.

##### 3.1.2. Disposiciones facultativas

###### 3.1.2.1. Promotor

Es la persona física o jurídica responsable de contratar y encargar la redacción del Estudio de Seguridad y Salud, o en su defecto del Estudio Básico de Seguridad y Salud, y de facilitar copias al Contratista, subcontratistas, trabajadores autónomos o a trabajadores contratados directamente por el propio Promotor, con el fin de compartir las condiciones y obligaciones a cumplir en materia de seguridad y salud. Además, debe exigir el Plan de Seguridad y Salud de cada uno de estos antes del comienzo de la obra.

###### 3.1.2.2. Proyectista

Es la persona que, bajo expresa petición del Promotor, se encarga de la redacción y la realización del Proyecto. Deberá proyectar en función de las disposiciones generales de prevención de riesgos en el lugar de trabajo y atendiendo a las condiciones mínimas en materia de seguridad y salud.

###### 3.1.2.3. Contratista y subcontratista

El contratista es la persona física o jurídica que se compromete, bajo previo acuerdo con el Promotor, a la ejecución total o parcial de la obra bajo las condiciones impuestas en el Proyecto, siendo total responsable de su elaboración.

El subcontratista es la persona física o jurídica que se compromete a la realización de algunas partes de la obra bajo las condiciones impuestas por el Contratista, con el fin de completar el trabajo realizado por este.

Será el Contratista el responsable de notificar a la autoridad laboral la apertura del centro de trabajo en la cual incluirá el Plan de Seguridad y Salud. Deberá cumplir con las medidas de

prevención de riesgos laborales exigidas por la normativa vigente, además de adaptarse a las condiciones y obligaciones impuestas por el Presente Estudio Básico de Seguridad y Salud. Será el responsable de la dotación de los equipos y medidas de protección colectiva e individual durante el transcurso de la obra y en los trabajos de mantenimiento y reparación, posterior a esta.

#### 3.1.2.4. Dirección facultativa

La Dirección facultativa es el agente nombrado por el Promotor, encargado de supervisar y controlar la correcta ejecución de la obra. En ningún caso, las responsabilidades de la Dirección facultativa eximen de las atribuibles al Contratista y subcontratistas.

#### 3.1.2.5. Coordinador de Seguridad y Salud en el Proyecto

El Coordinador de Seguridad y Salud en el Proyecto es el técnico nombrado por el Promotor, encargado de la coordinación de las condiciones y medidas de prevención de riesgos en materia de seguridad y salud durante la fase de redacción del Proyecto.

#### 3.1.2.6. Coordinador de Seguridad y Salud en la ejecución

El Coordinador de Seguridad y Salud en la ejecución es el técnico nombrado por el Promotor, encargado de:

- Coordinar el cumplimiento de las condiciones generales de prevención de riesgos laborales aplicables a la obra y planificar los trabajos a realizar a lo largo de la ejecución, estimando la duración de cada uno de ellos.
- Coordinar los trabajos de la Contrata y de las subcontratas, asegurando en todo momento el cumplimiento de las medidas de prevención, sin poner en peligro ningún operario.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista.
- Coordinar y organizar las acciones de los métodos de trabajo.

#### 3.1.2.7. Trabajadores autónomos

El trabajador autónomo es la persona física, sin ser Contratista ni subcontratista, que accede, bajo petición expresa de alguna de las partes de la ejecución de obra, a la realización de parte de un trabajo de la obra y se compromete a cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud. Si este utiliza empleados de su negocio, tendrá la consideración de Contrata o subcontrata.

#### 3.1.2.8. Suministradores de equipos de protección y materiales de construcción

Los suministradores de estos equipos deberán indicar para cada equipo o material las condiciones de uso, las medidas de prevención a tener en cuenta y los riesgos que supone su utilización, tanto adecuada como inadecuada.

#### 3.1.2.9. Recursos preventivos

Los recursos preventivos son agentes nombrados por el empresario, encargados de asegurarse del correcto cumplimiento de las condiciones y medidas de prevención de riesgos laborales. Se definen:

- Un trabajador nombrado por la empresa.
- Un miembro del servicio de prevención propio de la empresa.
- Un miembro del servicio de prevención ajeno.

Estas personas serán las encargadas de supervisar el cumplimiento de las medidas preventivas por parte de todas las personas presentes en la obra. En caso de identificar una actividad que suponga algún riesgo laboral, deberán informar al empresario para que este tome las medidas necesarias con la finalidad de corregir la infracción, notificando al Coordinador de Seguridad y Salud de la ejecución y a la Dirección facultativa.

El Plan de Seguridad y Salud deberá incluir las situaciones en las que se requiera la presencia de estos miembros, especificándose el nombre completo de cada uno y la tarea a supervisar.

#### 3.1.3. Formación en Seguridad

Con la finalidad de que toda persona que intervenga en la obra conozca y aprenda las disposiciones mínimas en materia de prevención de riesgos laborales para garantizar la seguridad y la salud, se realizarán cursos formativos a todos los empleados de la empresa, desde directivos hasta personal no cualificado, pasando por técnicos, personal especializado y operarios.

#### 3.1.4. Reconocimientos médicos

El seguimiento médico de los trabajadores de la obra estará regulado por el Contratista, asegurándose en todo momento de su buen estado de salud en función de los trabajos que vayan a desarrollar en la obra.

El seguimiento será de carácter obligatorio para todos ya que es imprescindible poder asegurar el buen estado de los trabajadores, siendo esta la mejor forma de hacerlo. Además, también previene cualquier tipo de peligro para otros trabajadores e incluso para el mismo trabajador, provocado por su mal estado de salud.

### 3.1.5. Salud e higiene en el trabajo

#### 3.1.5.1. Primeros auxilios

Los primeros auxilios vendrán dados por un botiquín perfectamente equipado que se situará en un lugar estratégico, visible y al alcance de todos de forma rápida y segura. Será el empresario el encargado de decir quién se hará cargo de realizar las medidas necesarias en caso de accidente, con el objetivo de garantizar la correcta aplicación de los primeros auxilios. Será el Contratista el encargado de colocar la señalización pertinente para indicar el centro asistencial al que se debe llamar en caso de emergencia.

#### 3.1.5.2. Actuación en caso de accidente laboral

En caso de producirse algún accidente solo se realizarán las medidas indispensables antes de que llegue el servicio médico. No se deberá mover, transportar o actuar sobre él, a menos que corra peligro su integridad o su vida.

Gracias a los equipos y a los conocimientos adquiridos durante la formación, se le tomarán las pulsaciones al accidentado intentando mantenerlo calmado para no alterar sus constantes vitales y se le cubrirá con una manta en caso de perder temperatura corporal.

No se le hará beber ningún tipo de bebida, ni se le proporcionará comida o medicamentos, y si hay hemorragia, esta se presionará con gasas limpias.

El empresario será el encargado de notificar el accidente a la autoridad laboral siguiendo el procedimiento de la norma.

### 3.1.6. Documentación de obra

#### 3.1.6.1. Estudio Básico de Seguridad y Salud

El Estudio Básico de Seguridad y Salud es el documento realizado por el técnico nombrado por el Promotor que indica las condiciones y las normas en materia de seguridad y salud que hay que seguir en lo relacionado a la obra, identifica los riesgos, tanto evitables como no evitables, y propone medidas de prevención para evitar los riesgos mencionados.

Asimismo, se explican los métodos a seguir en caso de emergencia y los datos más importantes de los servicios sanitarios donde acudir en caso de necesitarse.

#### 3.1.6.2. Plan de seguridad y salud

El Plan de Seguridad y Salud es el documento realizado por el Contratista que pretende completar el Estudio Básico de Seguridad y Salud atendiendo a las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud que debe cumplir la obra en todos sus aspectos. En este documento deberá aparecer las medidas de prevención propuestas por el Contratista, así como una justificación técnica razonable y que, en ningún caso, reducirán las medidas adoptadas en el Estudio Básico de Seguridad y Salud.

El encargado de aprobar dicho documento será el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra.

Las modificaciones del Plan de Seguridad y Salud podrán ser realizadas por el Contratista dependiendo de la evolución de la obra, las incidencias que se produzcan o cualquier modificación que se realice en el transcurso de su ejecución. Pero antes deberá tener la correspondiente aprobación de la Dirección facultativa y del Coordinador de Seguridad y Salud.

Cabrá la posibilidad de sugerir medidas preventivas o alternativas a las ya fijadas por parte de cualquier miembro responsable de seguridad y salud en la obra. Estas sugerencias deben presentarse por escrito, de manera formal y con la debida explicación y justificación técnica.

#### 3.1.6.3. Acta de aprobación

El encargado de realizar el Acta de aprobación será el Coordinador en materia de seguridad y salud en la obra o la Dirección facultativa. Una vez aprueben el Plan de Seguridad y Salud del Contratista, se emitirá el Acta de aprobación con el fin de formalizarlo, teniendo que estar visado por el Colegio Profesional pertinente.

#### 3.1.6.4. Libro de incidencias

El Libro de incidencias es un libro en el que se anotará cualquier tipo de incidencia con el fin de controlar y hacer el seguimiento del Plan de Seguridad y Salud. Este libro será proporcionado por el Colegio Profesional encargado de visar el Acta de aprobación.

El Libro de incidencias deberá mantenerse siempre en la obra en manos del Coordinador de Seguridad y Salud, a disposición de todos los miembros responsables de seguridad y salud en la obra. El Contratista y subcontratistas, los autónomos y todo el personal dedicado al cumplimiento de las medidas de prevención en materia de seguridad y salud, tendrá acceso al libro para realizar las debidas anotaciones que consideren oportunas.

Será el Coordinador de Seguridad y Salud en la ejecución de la obra el encargado de notificar las incidencias del Libro de incidencias al Contratista que haya sido afectado.

En caso de producirse algún incumplimiento de las disposiciones y condiciones en materia de prevención de riesgos laborales expuestos en el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud y en el Plan de Seguridad y Salud, deberá reflejarse en el Libro de incidencias y se remitirá una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social dentro de 24 horas. Asimismo, se deberá especificar si la incidencia ha sido de carácter aislado o reiterativo.

#### 3.1.6.5. Libro de órdenes

El libro de órdenes será utilizado para reseñar, por parte de la Dirección facultativa, incidencias, órdenes y asistencias que se realicen en el transcurso de la obra, siendo respetado todo esto por el Contratista de la obra.

#### 3.1.6.6. Libro de visitas

El Libro de visitas será el libro donde Inspección de Trabajo y Seguridad Social escribirán las diligencias durante su visita a la obra y este, por tanto, debe estar siempre a disposición de los inspectores.

El primer libro será otorgado por el Jefe de la Inspección de la provincia en la que se sitúe la obra y este deberá presentarse en caso de necesitar el segundo. Si el libro es perdido o destruido se deberá presentar la justificación debidamente expuesta, con motivos y pruebas. Una vez terminado, este se conservará durante los próximos 5 años.

#### 3.1.6.7. Libro de subcontratación

El Libro de subcontratación es el libro donde el Contratista debe plasmar todas las contrataciones a subcontratas y trabajadores autónomos que ha realizado durante el transcurso de la obra. Este libro deberá permanecer en la obra mientras esté en ejecución.

Las personalidades que tendrán acceso a este libro son: el Contratista, el Promotor, la Dirección facultativa, el Coordinador de Seguridad y Salud en la ejecución, los trabajadores autónomos intervinientes en la obra, los miembros de prevención de riesgos, los delegados de prevención, la autoridad laboral y los representantes de los operarios de las diferentes empresas presentes en la obra.

### 3.2. Pliego de condiciones técnicas particulares

#### 3.2.1. Medios de protección colectiva

Las medidas preventivas colectivas se dispondrán de acuerdo a las disposiciones expuestas en el Plan de Seguridad y Salud antes del inicio del trabajo que se quiera proteger, evitando cualquier tipo de riesgo desde el inicio de los trabajos.

En caso de deterioro, cumplimiento de vida útil o fallo de las protecciones, se procederá a su reemplazo por nuevos elementos que realicen la misma función que los existentes.

Para reconocer el estado de las protecciones colectivas el delegado de prevención estará al cargo de las revisiones periódicos de las instalaciones de prevención de riesgos.

#### 3.2.2. Medios de protección individual

Los equipos de protección individual deberán disponer de marcado CE, representado en el propio equipo, embalaje o manual de instrucciones.

Deberán ser ergonómicos y no suponer molestia alguna para la persona que deba llevarlo. Se deberá asegurar su funcionalidad en todo momento para evitar daños o accidentes.

Los equipos de protección vendrán dados junto a un manual informativo donde se expondrán las instrucciones de uso y mantenimiento, nombre del fabricante, clase de protección, componentes del equipo de protección, vida útil, modos de empleo y pruebas en las que se ha aprobado su funcionalidad.

Estos serán entregados por parte del empresario de forma gratuita y siendo sustituidos al cumplir su vida útil, en caso de fallo o rotura, y tras exigentes condiciones en las que pueda fatigarse el material. Se usarán de forma individual y se utilizarán en el trabajo para los que se han creado, siempre siendo supervisados por el delegado de prevención.

### 3.2.3. Instalaciones provisionales de salud y confort

Los espacios empleados para albergar las instalaciones de salud y confort deberán gozar de temperatura, iluminación, ventilación y condiciones de humedad acordes con sus estándares. Estos espacios o locales deberán estar hechos de piezas continuas e impermeables para evitar la filtración de aire y agua, y de materiales que permitan su limpieza con productos químicos sin ser dañados.

La limpieza de estos locales se realizará una vez al día al finalizar la jornada de trabajo con el fin de mantener en perfecto estado el máximo tiempo posible las instalaciones utilizadas como base de salud y confort. Se proporcionará agua corriente, tanto fría como caliente, para el aseo y la limpieza de los trabajadores, suministrando además toallas y jabón.

### 3.2.4. Vestuarios

Estarán situados cerca de la zona de confort, y serán de fácil acceso. Estarán dotados de banquetas, taquillas bajo llave y espacio suficiente para cada uno de los trabajadores. Estos contarán con al menos 2 m<sup>2</sup> de espacio destinado a vestuario, con una altura mínima de 2,3 m.

Si no es posible la habilitación de un vestuario con todas las especificaciones explicadas, se habilitará en su lugar un espacio donde los operarios puedan dejar sus pertenencias, ropa y calzado.

### 3.2.5. Retretes

Estarán situados cerca de la zona de trabajo y serán de fácil acceso. Su uso queda relegado exclusivamente a cabinas habilitadas específicamente para ello. Estas contarán con unas dimensiones de 1,2 x 1,0 m de altura 2,3 m, con ventilación al exterior, techo y sin visibilidad, guardando la intimidad de los trabajadores. Las descargas de agua se realizarán de forma automática.

En caso de no poderse conectar a la red de alcantarillado se dispondrán, para ese uso en específico, de letrinas sanitarias o fosas sépticas.

### 3.2.6. Comedor y cocina

Los espacios utilizados como comedor y cocina deberán disponer de los servicios mínimos de confort para este tipo de actividad. El local contará con mesas, sillas, vajilla, ventilación, calefacción, y equipos culinarios pertinentes. Deberá situarse lejos de cualquier proceso producido en la obra para evitar contaminación, polvo u olores, pero será de fácil acceso.

Las preparaciones de la comida quedan fijadas exclusivamente para dentro del local, disponiendo de microondas o sistemas de calentamiento de comida, además de la cocina.

El área del local estará determinada por el número de trabajadores ya que cada uno deberá disponer de al menos 2 m<sup>2</sup> de espacio destinado a la zona del comedor y cocina.

#### **4. CONCLUSIÓN Y FIRMA**

De acuerdo con la identificación de riesgos laborales, las condiciones de prevención de riesgos y las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicadas en el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, se estima que el presente Proyecto, junto con el Plan de Seguridad y Salud a realizar por el Contratista, es apto y cumple con las exigencias impuestas por las normas y diligencias vigentes.



Jordi Bellés Moliner

Castellón, enero de 2021