



**Universidad  
Zaragoza**

## Proyecto Fin de Carrera

### **PROYECTO DE DESARROLLO ELÉCTRICO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA VILLA DE LA PEÑA**

Autor

Luis Morlans Pueyo.

Director/es y/o ponente

Ángel Santillán Lázaro

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2012



**Universidad  
Zaragoza**

# Proyecto Fin de Carrera

## **1. MEMORIA.**

Autor

Luis Morláns Pueyo

Director/es y/o ponente

Ángel Santillán Lázaro

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2012

## 1.-ÍNDICE

1.-ÍNDICE.....	1
2. MEMORIA ELÉCTRICA .....	10
2.1. ANTECEDENTES. ....	10
2.2. OBJETO DEL PROYECTO. ....	10
2.3. SITUACIÓN. ....	10
2.4. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES. ....	10
2.5. PARCELAS Y TERRENOS AFECTADOS. ....	23
2.6. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	25
2.6.1. Descripción de la central.....	25
2.7. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN. ....	28
2.7.1. Turbinas. ....	28
Características y componentes de las turbinas Kaplan .....	28
2.7.1.1. Cámara espiral. Metálica o de hormigón. ....	30
2.7.1.2. Distribuidor. ....	30
2.7.1.3. Tubo de aspiración. ....	30
2.7.1.4. Eje. ....	31
2.7.1.5. Equipo de sellado del eje de turbina. ....	31
2.7.1.6. Cojinete guía de turbina.....	33
2.7.1.7. Rodete .....	34
2.7.1.8. Reguladores automáticos de velocidad de las turbinas.....	35
2.7.2. Alternadores.....	37
2.7.3. Transformador de potencia. ....	39
2.7.3.1. Introducción.....	39
2.7.3.2. Transformador seleccionado.....	40
2.7.4. Transformador de Servicios Auxiliares. ....	45
2.7.5. Conductores y secciones.....	48
2.7.5.1. Conductor de línea subterránea de 30 kV.....	48
2.7.5.2. Conductores desde el secundario (690V) del transformador de potencia hasta embarrado de 690V.....	50
2.7.5.3. Conductor desde el embarrado de 690V hasta cada generador. ....	51

2.7.5.4. Conductor desde el embarrado de 690 V hasta el transformador de servicios auxiliares.....	52
2.7.5.5. Conductor desde el embarrado de 400 V hasta el transformador de servicios auxiliares.....	54
2.7.6. Pararrayos autoválvula.....	56
2.7.6.1. Introducción.....	56
2.7.6.2. Pararrayos autoválvula seleccionado.....	57
2.7.7. Puestas a tierra.....	58
2.7.7.1 Introducción.....	58
2.7.7.2. Prescripciones del REBT:.....	59
2.7.7.2.1. Uniones a tierra.....	59
2.7.7.2.2. Conductores de equipotencialidad.....	61
2.7.7.2.3. Resistencia de las tomas de tierra.....	61
2.7.7.2.4. Tomas de tierra independientes.....	62
2.7.7.2.5. Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación.....	62
2.7.7.2.6. Revisión de las tomas de tierra.....	63
2.7.7.3. Prescripciones recogidas en el Reglamento Sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros De Transformación:.....	64
2.7.7.3.1. Prescripciones generales de seguridad.....	64
2.7.7.3.1.1. Tensiones máximas aplicables al cuerpo humano.....	64
2.7.7.3.1.2. Prescripciones en relación con el dimensionado.....	66
2.7.7.3.2. Proyecto de instalaciones de puesta a tierra.....	67
2.7.7.3.2.1. Procedimiento.....	67
2.7.7.3.2.2. Condiciones difíciles de puesta a tierra.....	67
2.7.7.3.2.3. Elementos de las instalaciones de puesta a tierra y condiciones de montaje.....	68
2.7.7.3.2.3.1. Líneas de tierra.....	69
2.7.7.3.2.3.2. Instalación de líneas de tierra.....	70
2.7.7.3.2.3.3. Electrodo de puesta a tierra.....	70
2.7.7.3.2.3.4. Dimensiones mínimas de los electrodos de puesta a tierra.....	71
2.7.7.3.2.3.5. Instalación de electrodos.....	72
2.7.7.3.2.4. Características del suelo y de los electrodos que deben tenerse en cuenta en los cálculos.....	72

2.7.7.3.2.4.1. Resistividad del terreno.....	72
2.7.7.3.2.4.2. Resistencia de tierra del electrodo. ....	74
2.7.7.3.2.4.3. Efecto de la humedad.....	74
2.7.7.3.2.4.4. Efecto de la temperatura. ....	75
2.7.7.3.2.5. Determinación de las intensidades de defecto para el cálculo de las tensiones de paso y contacto. ....	75
2.7.7.3.2.6. Instrucciones generales de puesta a tierra.....	76
2.7.7.3.2.6.1. Puestas a tierra de protección.....	76
2.7.7.3.2.6.2. Puestas a tierra de servicio.....	77
2.7.7.3.2.7. Disposiciones particulares de puesta a tierra.....	78
2.7.7.3.2.7.1. Descargadores de sobretensiones.....	79
2.7.7.3.2.7.2. Seccionadores de puesta a tierra.....	79
2.7.7.3.2.7.3. Conjuntos protegidos por envolvente metálica.....	79
2.7.7.3.2.7.4. Elementos de la construcción.....	80
2.7.7.3.2.7.5. Elementos metálicos que salen fuera de la instalación.....	81
2.7.7.3.2.7.6. Vallas y cercas metálicas.....	81
2.7.7.3.2.7.7. Centros de transformación.....	81
2.7.7.3.2.8. Medidas y vigilancia de las instalaciones de puesta a tierra.....	83
2.7.7.3.2.8.1. Mediciones de las tensiones de paso y contacto aplicadas.....	83
2.7.7.3.2.8.2. Vigilancia periódica.....	84
2.7.7.4. Prescripciones recogidas en el R.L.A.T.....	85
2.7.7.4.1. Conexión de los apoyos a tierra. (Art. 12.6).....	85
2.7.7.4.2. Art.26.....	87
2.7.7.5. Sistema de tierras elegido.....	88
2.7.8. Baterías de condensadores.....	89
2.7.8.1. Introducción.....	89
2.7.8.2. Condensadores instalados y armario envolvente.....	90
2.7.9. Baterías de acumuladores de corriente continua y equipo de carga.....	94
2.7.9.1. Generalidades.....	94
2.7.9.2. Tensiones nominales.....	94
2.7.9.3. Elección de las baterías de acumuladores.....	95
2.7.9.3.1. Tipos de baterías de acumuladores.....	95
2.7.9.3.2. Datos básicos para su elección.....	95
2.7.9.4. Instalación.....	95

2.7.9.4.1 Locales.....	95
2.7.9.4.2. Condiciones de la instalación.....	97
2.7.9.4.2.1. Baterías ácidas abiertas.....	97
2.7.9.4.2.2. Baterías alcalinas o ácidas en vasos cerrados.....	98
2.7.9.5. Protecciones eléctricas de la batería de acumuladores.....	98
2.7.9.6. Equipo de carga de baterías de acumuladores.....	99
2.7.9.7. Batería y equipo de carga seleccionadas.....	99
2.8. INSTALACIONES INTERIORES.....	103
2.8.1. Situación de las instalaciones.....	103
2.8.2. Condiciones generales para los locales y edificios.....	103
2.8.2.1. Inaccessibilidad.....	103
2.8.2.2 Pasos y accesos.....	104
2.8.2.3 Condiciones y almacenamiento de fluidos combustibles.....	105
2.8.2.4 Conducciones y almacenamiento de agua.....	106
2.8.2.5 Alcantarillado.....	106
2.8.2.6 Canalizaciones.....	106
2.8.3. Condiciones generales para las instalaciones.....	106
2.8.3.1 Cuadros y pupitres de control.....	106
2.8.3.2 Celdas.....	107
2.8.3.3. Ventilación.....	107
2.8.3.4 Paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques de construcción.....	108
2.8.3.5 Señalización.....	108
2.8.4. Otras prescripciones.....	109
2.8.4.1. Alumbrados especiales de emergencia.....	109
2.8.4.2. Elementos y dispositivos para maniobra.....	110
2.8.4.3. Instrucciones y elementos para prestación de primeros auxilios.....	110
2.8.4.4. Almacenamiento de materiales.....	110
2.8.5. Pasillos y zonas de protección.....	110
2.8.5.1. Pasillos de servicio.....	110
2.8.5.2. Zonas de protección contra contactos accidentales.....	112
2.8.6. Instalaciones interiores de baja tensión.....	115
2.8.6.1. Conductores.....	115
2.8.6.2. Identificación de conductores.....	116



2.9.3.3 Zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación. ....	141
2.9.4. Otras prescripciones. ....	143
2.9.4.1. Elementos y dispositivos para maniobras. ....	143
2.9.4.2. Instrucciones y elementos para prestación de primeros auxilios. ....	143
2.9.5. Instalación de la línea subterránea de 30 kV. ....	143
2.10. CONVERSIÓN AEREO-SUBTERRÁNEA Y ENTRONQUE. CARACTERÍSTICAS DEL APOYO .....	145
2.10.1. Apoyo seleccionado: .....	145
2.11. PROTECCIONES Y ELEMENTOS DE MEDIDA. ....	148
2.11.1. Protecciones y seccionamiento en media tensión: .....	148
2.11.1.1. Entronque y conversión aéreo-subterránea. ....	148
2.11.1.2. Salida transformador de potencia a 30 kV. ....	148
2.11.2. Elementos de medida en media tensión. ....	150
2.11.2.1. Salida transformador de potencia a 30 kV. ....	150
2.11.3. Protecciones en baja tensión. ....	151
2.11.3.1. Entrada transformador de potencia lado BT (690 V). ....	151
2.11.3.2. Salida del generador 1 y 2. ....	153
2.11.3.3. Entrada transformador de servicios auxiliares lado 690 V. ....	155
2.11.3.5. Entrada Baterías de condensadores. ....	157
2.11.4. Elementos de medida .....	159
2.11.4.1. Medida entrada transformador potencia (690 V). ....	159
2.11.4.2. Medida entrada transformador de servicios auxiliares (690 V). ....	161
2.11.4.3. Medida salida transformador de servicios auxiliares (400 V). ....	162
2.11.4.4. Medida salida generadores. ....	164
2.11.4.5. Medida entrada condensadores. ....	165
3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS .....	167
3.1. CÁLCULO DEL NÚMERO DE GRUPOS: .....	168
3.1.1. Proceso para la determinación del número de grupos: .....	168
3.1.2. Tabla de resultados del cálculo de grupos y decisión adoptada: .....	171
3.2. CÁLCULO DE LAS AUTOVÁLVULAS DE MEDIA TENSIÓN. ....	172
3.3. CÁLCULO DEL NÚMERO Y SECCIÓN DE CONDUCTORES. ....	175
3.3.1. Cálculo de los conductores de los generadores al embarrado de 690 V .....	175



3.3.2. Cálculo de los conductores desde el embarrado de 690 V hasta el transformador de potencia. ....	177
3.3.3. Cálculo del conductor del transformador de servicios auxiliares al embarrado de 690 V.....	179
3.3.4. Cálculo del conductor del transformador de servicios auxiliares al embarrado de 400 V.....	179
3.3.5. Cálculo de los conductores de lado de MT de 30 kV desde el transformador al entronque. ....	180
3.4. CÁLCULOS DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO. ....	182
3.5. CÁLCULOS DE LA PUESTAS A TIERRA.....	195
3.5.1. Puesta a tierra de la central y subestación.....	195
3.5.2. Puesta a tierra del apoyo de conversión de la línea aero-subterránea y entronque. ....	199
3.6. CÁLCULO DE LAS BATERIAS DE CONDENSADORES.....	203
4.-CONCLUSIÓN. ....	204
5.- ANEXO 2: CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES .....	205
6.- ANEXO 3. CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR ELEVADOR DE TENSIÓN DE LA SUBESTACIÓN .....	214
7.- ANEXO 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS GENERADORES.....	226
8. ANEXO 5: CARACTERÍSTICAS DE BATERÍAS DE CONDENSADORES Y ARMARIO DE LAS MISMAS .....	238
9. ANEXO DE SEGURIDAD.....	245
9.1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. ....	246
9.1.1. Introducción.....	246
9.1.2. Derechos y obligaciones.....	246
9.1.2.1. Derecho a la protección frente a los riesgos laborales.....	246
9.1.2.2. Principios de la acción preventiva.....	247
9.1.2.3. Evaluación de los riesgos.....	247
9.1.2.4. Equipos de trabajo y medios de protección.....	249
9.1.2.5. Información, consulta y participación de los trabajadores.....	250
9.1.2.6. Formación de los trabajadores.....	250
9.1.2.7. Medidas de emergencia.....	250

9.1.2.8. Riesgo grave e inminente.....	251
9.1.2.9. Vigilancia de la salud.....	251
9.1.2.10. Documentación. ....	251
9.1.2.11. Coordinación de actividades empresariales.....	252
9.1.2.12. Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos. ....	252
9.1.2.13. Protección de la maternidad.....	252
9.1.2.14. Protección de los menores. ....	252
9.1.2.15. Relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal. ....	253
9.1.2.16. Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos.....	253
9.1.3. Servicios de prevención. ....	254
9.1.3.1. Protección y prevención de riesgos profesionales. ....	254
9.1.3.2. Servicios de prevención. ....	254
9.1.4. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.....	255
9.1.4.1. Consulta de los trabajadores. ....	255
9.1.4.2. Derechos de participación y representación. ....	255
9.1.4.3. Delegados de prevención. ....	256
9.2. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO. ....	257
9.2.1. Introducción.....	257
9.2.2. Obligaciones del empresario.....	257
9.2.2.1. Condiciones constructivas. ....	258
9.2.2.2. Orden, limpieza y mantenimiento, señalización. ....	260
9.2.2.3. Condiciones ambientales. ....	261
9.2.2.4. Iluminación. ....	261
9.2.2.5. Servicios higiénicos y locales de descanso.....	262
9.2.2.6. Material y locales de primeros auxilios. ....	263
9.3. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	264
9.3.1. Introducción.....	264
9.3.2. Obligación general del empresario. ....	264

9.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.	
.....	266
5.4.1. Introducción.....	266
9.4.2. Obligación general del empresario.....	266
9.4.2.1. Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo. ..	267
9.4.2.2. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles.....	269
9.4.2.3. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas.....	269
9.4.2.4. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general.....	270
9.4.2.5. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta.....	272
9.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN. ....	274
9.5.1. Introducción.....	274
9.5.2. Estudio de seguridad y salud.....	275
9.5.2.1. Riesgos más frecuentes en las obras de construcción.....	275
9.5.2.2. Medidas preventivas de carácter general.....	276
9.5.2.3. Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio.....	279
9.5.3. Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras.....	291
9.6. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	292
5.6.1. Introducción.....	292
9.6.2. Obligaciones generales del empresario.....	292
9.6.2.1. Protectores de la cabeza.....	292
9.6.2.2. Protectores de manos y brazos.....	293
9.6.2.3. Protectores de pies y piernas.....	293
9.6.2.4. Protectores del cuerpo.....	293

## **2. MEMORIA ELÉCTRICA**

### **2.1. ANTECEDENTES.**

Se redacta el presente proyecto de desarrollo eléctrico de la Central Hidroeléctrica de Villa De La Peña como Proyecto Fin De Carrera de Ingeniería Técnica Industrial Eléctrica de Luis Morláns Pueyo y a instancia de la Consejería de Trabajo e Industria, Delegación Provincial de Aragón y del Excmo. Ayuntamiento de Velilla De Ebro.

### **2.2. OBJETO DEL PROYECTO.**

El objeto del presente proyecto es el de exponer ante los Organismos Competentes que la instalación, que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa de puesta en marcha de la instalación, además de posibles variaciones para la mejora de su servicio, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicho proyecto.

### **2.3. SITUACIÓN.**

La central de Villa De la Peña se situará en la margen izquierda del río Ebro, en el Término Municipal de Velilla de Ebro, Provincia de Zaragoza, a una distancia de 2 Km. de dicha localidad, aprovechando una bifurcación del cauce del Río Ebro.

### **2.4. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.**

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- LEY 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.  
Modificada según

- REAL DECRETO-LEY 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.
- LEY 17/2007, de 4 de julio, por la que se modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.
- REAL DECRETO-LEY 6/2000, de 23 de junio, de Medidas Urgentes de Intensificación de la Competencia en Mercados de Bienes y Servicios.
- REAL DECRETO-LEY 5/2005, de 11 de marzo, de reformas urgentes para el impulso a la productividad y para la mejora de la contratación pública.
- LEY 66/1997, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social (Art. 108).
- LEY 13/2003, de 23 de mayo, reguladora del contrato de concesión de obras públicas.
- LEY 36/2003, de 11 de noviembre, de medidas de reforma económica.
- LEY 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social.
- LEY 24/2005, de 18 de noviembre, de reformas para el impulso a la productividad.
- LEY 17/2007, de 4 de julio, por la que se modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la Directiva

2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.

- REAL DECRETO 485/2009, de 3 de abril, por el que se regula la puesta en marcha del suministro de último recurso en el sector de la energía eléctrica.
- REAL DECRETO 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- REAL DECRETO 222/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- REAL DECRETO 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Modificado según:

- REAL DECRETO 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- REAL DECRETO 222/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- ORDEN ITC/2794/2007, de 27 de septiembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de octubre de 2007.
- CORRECCIÓN de errores en BOE N° 178 de 26/07/07

- CORRECCIÓN de errores en BOE N° 177 de 25/07/07
- REAL DECRETO 1454/2005, de 2 de diciembre, por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico.

Modifica las siguientes disposiciones:

- REAL DECRETO 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.
- 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 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- REAL DECRETO 1435/2002, de 27 de diciembre, por el que se regulan las condiciones básicas de los contratos de adquisición de energía y de acceso a las redes de baja tensión.
- REAL DECRETO 2018/1997, de 26 de diciembre, por el que se aprueba el reglamento de puntos de medida de los consumos y tránsitos de energía eléctrica.
- REAL DECRETO 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- REAL DECRETO 2392/2004, de 30 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para 2005.
- ORDEN de 12 de enero de 1995 por la que se establecen las tarifas eléctricas.

- ORDEN de 17 de diciembre de 1998.
- Reglamento por el que se regulan las obligaciones de facturación, y se modifica el Reglamento del Impuesto sobre el Valor Añadido aprobado mediante el REAL DECRETO 1496/2003, de 28 de noviembre.
- REAL DECRETO 2351/2004, de 23 de diciembre, por el que se modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico.
- REAL DECRETO 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Modificado según

- REAL DECRETO 2351/2004, de 23 de diciembre, por el que se modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico.
- REAL DECRETO 1454/2005, de 2 de diciembre, por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico.

Derogado por

- 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 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministros y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Modificado según



- REAL DECRETO 2351/2004, de 23 de diciembre, por el que se modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico.
- REAL DECRETO 1454/2005, de 2 de diciembre, por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico.
- REAL DECRETO 1634/2006, de 29 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica a partir de 1 de enero de 2007.
- 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 485/2009, de 3 de abril, por el que se regula la puesta en marcha del suministro de último recurso en el sector de la energía eléctrica.
- REAL DECRETO 2819/1998, de 23 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte y distribución de energía eléctrica.

Modificado según

- REAL DECRETO 222/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- REAL DECRETO 325/2008, de 29 de febrero, por el que se establece la retribución de la actividad de transporte de energía eléctrica para instalaciones puestas en servicio a partir del 1 de enero de 2008.
- REAL DECRETO 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración.

Derogado por

- REAL DECRETO 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- ORDEN de 5 de septiembre de 1985, por la que se establecen normas administrativas y técnicas para funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de centrales hidroeléctricas de hasta 5000 KVA y centrales de autogeneración eléctrica.
- Modifica la Orden 28-7-1982 de desarrollo del Real Decreto 1217/1981, de 10-4-1981 sobre fomento de la producción hidroeléctrica en pequeñas centrales.
- REAL DECRETO 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

Modificado según:

- Corrección de errores del REAL DECRETO 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- REAL DECRETO 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.

- Corrección de errores en BOE núm. 174 de 19 de julio de 2008.
- Corrección de erratas en BOE num. 120 de 17 de mayo de 2008.
- DECRETO 3151/1968, de 28 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

Derogado (efectos de la derogación desde 19 de marzo de 2010) por:

- REAL DECRETO 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Modificado según:

- Corrección de errores del REAL DECRETO 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.(BOE 146 19-6-2010)
- REAL DECRETO 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.

- Instrucciones Complementarias. ITC BT 01 A 51.
- Guía Técnica de aplicación al REBT.
- REAL DECRETO 3275/1982 de 12 de noviembre, aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- ORDEN de 6 de julio de 1984 por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias (MIE-RAT) del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- ORDEN de 18 de octubre de 1984 complementaria de la de 6 de julio que aprueba las instrucciones técnicas complementarias del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. (MIE-RAT 20).
- ORDEN de 27 de noviembre de 1987 que por la que se actualizan las instrucciones técnicas complementarias MIE-RAT 13 y MIE-RAT 14 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- ORDEN de 23 de junio de 1988 que por la que se actualizan diversas instrucciones técnicas complementarias MIE-RAT del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- ORDEN de 16 de abril de 1991 que modifica el punto 3.6 de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT 06 del Reglamento sobre condiciones y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, aprobada por Orden 6 de julio de 1984.

- Orden de 10 de marzo de 2000, por la que se modifican las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT 01, MIE-RAT 02, MIE-RAT 06, MIE-RAT 14, MIE-RAT 15, MIE-RAT 16, MIE-RAT 17, MIE RAT 18 y MIE-RAT 19 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- REAL DECRETO 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- REAL DECRETO 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- RESOLUCIÓN de 29 de junio de 2009, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establece el coste de producción de energía eléctrica y las tarifas de último recurso a aplicar en el segundo semestre de 2009.

Modificado según:

- RESOLUCIÓN de 13 de julio de 2009, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se corrigen errores de la de 29 de junio de 2009, por la que se establece el coste de producción de energía eléctrica y las tarifas de último recurso a aplicar en el segundo semestre de 2009.
- ORDEN ITC/1723/2009, de 26 de junio, por la que se revisan los peajes de acceso a partir de 1 de julio de 2009 y las tarifas y primas de determinadas instalaciones de régimen especial.

Modificado según:

- Corrección de errores de la ORDEN ITC/1723/2009, de 26 de junio, por la que se revisan los peajes de acceso a partir de 1 de julio de 2009 y las tarifas y primas de determinadas instalaciones de régimen especial.
- ORDEN ITC/1659/2009, de 22 de junio, por la que se establece el mecanismo de traspaso de clientes del mercado a tarifa al suministro de último recurso de energía eléctrica y el procedimiento de cálculo y estructura de las tarifas de último recurso de energía eléctrica.

Modificado según

- Corrección de errores de la Orden ITC/1659/2009, de 22 de junio, por la que se establece el mecanismo de traspaso de clientes del mercado a tarifa al suministro de último recurso de energía eléctrica y el procedimiento de cálculo y estructura de las tarifas de último recurso de energía eléctrica.
- ORDEN ITC/2308/2008, de 31 de julio, por la que se corrigen errores de la Orden ITC/1857/2008, de 26 de junio, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de julio de 2008.
- ORDEN ITC/1857/2008, de 26 de junio, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de julio de 2008.

Modificado según:

- CORRECCIÓN de errores de la Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008. (BOE n. 44 de 20/2/2008).
- REAL DECRETO 222/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica.

- ORDEN ITC/1857/2008, de 26 de junio, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de julio de 2008.
- ORDEN ITC/2794/2007, de 27 septiembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de octubre de 2007.

Modificado según:

- REAL DECRETO 222/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- ORDEN ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008.
- CORRECCIÓN de errores en BOE núm. 260, de 30 de octubre de 2007.
- REAL DECRETO 1634/2006, de 29 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica a partir de 1 de enero de 2007.

Modificado según:

- CORRECCIÓN de errores del Real Decreto 1634/2006, de 29 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica a partir de 1 de enero de 2007.
- REAL DECRETO 1556/2005, de 23 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para 2006.
- REAL DECRETO 2392/2004, de 30 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para 2005.

Modificado según:

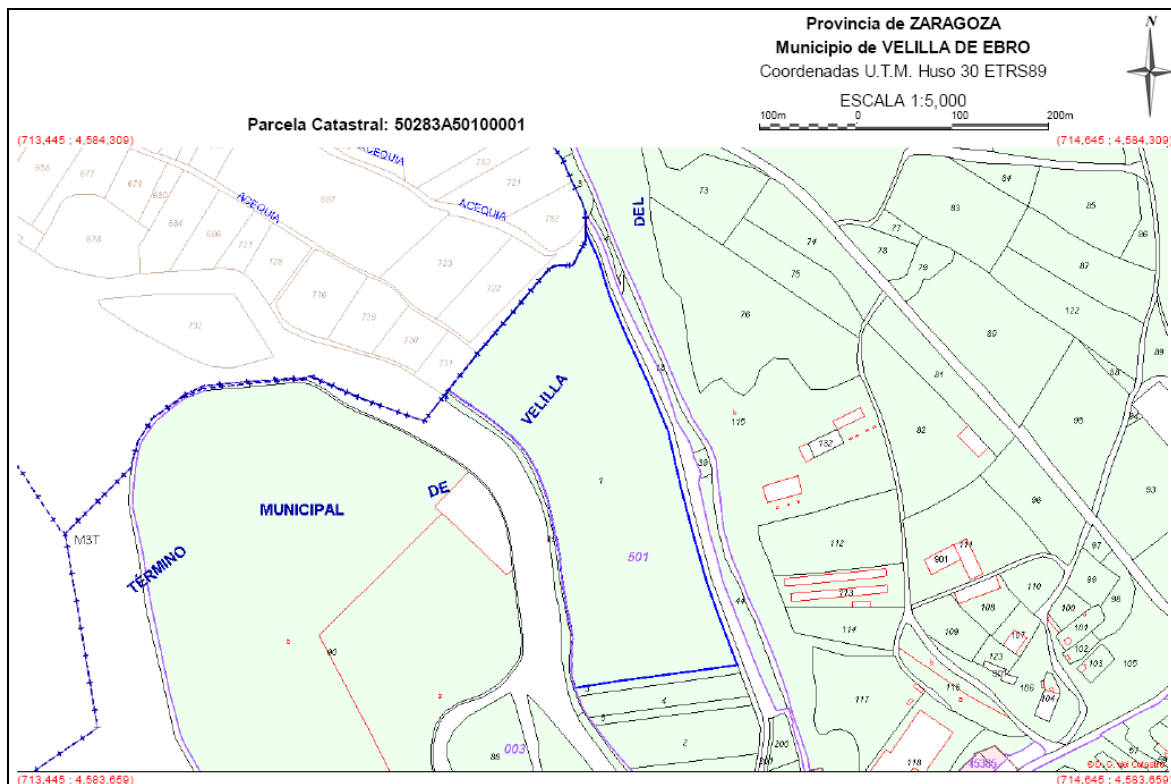
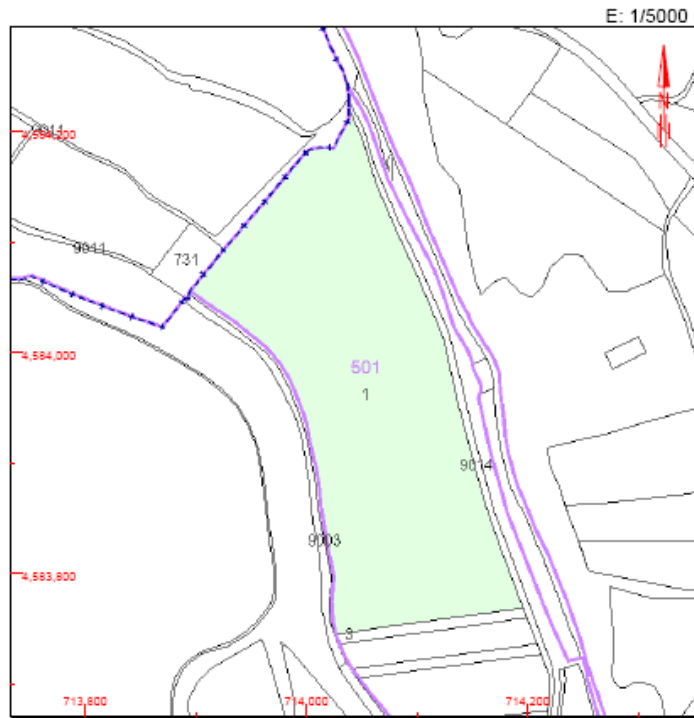
- REAL DECRETO 1454/2005, de 2 de diciembre, por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico.
- REAL DECRETO 1802/2003, de 26 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para 2004.
- Normas Técnicas particulares de la Compañía Suministradora de energía eléctrica (ERZ ENDESA)
- Condiciones Técnicas de Suministro facilitadas al efecto por la Compañía Suministradora.



## 2.5. PARCELAS Y TERRENOS AFECTADOS.

- Polígono 501, parcela 1

<b>Datos del Bien Inmueble</b>	
Referencia catastral	50283A501000010000LQ
Localización	Polígono 501 Parcela 1 EL SOTICO. VELILLA DE EBRO (ZARAGOZA)
Clase	Rústico
Cultivo	Labor o labradío regadío
Uso	Agrario
<b>Datos de la Finca en la que se integra el Bien Inmueble</b>	
Localización	Polígono 501 Parcela 1 EL SOTICO. VELILLA DE EBRO (ZARAGOZA)
Superficie construida	0 m <sup>2</sup>
Superficie suelo	64.445 m <sup>2</sup>



## 2.6. DESCRIPCIÓN GENERAL.

Se trata de un proyecto para la construcción de la C.H. De Villa La Peña, central hidroeléctrica exterior de tipo fluyente. Aprovechando el Azud ya construido de Velilla de Ebro.

Este tipo de centrales usan en cada momento el caudal disponible del río ya que no poseen ninguna clase de dispositivos de almacenamiento de agua. La presa de derivación o azud es para mantener un nivel fijo. Son de pequeña potencia y son para servicios limitados o plantas secundarias de plantas básicas para cubrir picos de carga. Esta central en concreto posee los siguientes parámetros básicos:

- Caudal: 130 m<sup>3</sup>/s.
- Altura neta de salto: 2,10 m.
- Turbinas: Dos turbinas de tipo Semikaplan síncronas de eje vertical.
- Potencia instalada: 3.000 kW.

### 2.6.1. Descripción de la central.

La Central aprovecha la infraestructura existente para riego, adaptada para la posterior producción de energía eléctrica. Consta de las siguientes partes:

#### ➤ Azud:

Azud de Velilla De Ebro: Azud ya existente para riego. Históricamente, para la construcción de este azud se aprovechó la existencia de una gran mejana en el centro del cauce que divide en dos el caudal del río. Se traza un primer dique desde la orilla derecha hasta el inicio del islote siguiendo la característica línea diagonal con ligera curvatura a favor del cauce.

#### ➤ Toma:

Será situada en el extremo izquierdo del azud, permite la captación de los caudales a turbinar en la central, instalando a su vez un paso para peces.

Construida de forma que se incrementa la velocidad de flujo mediante un estrechamiento paulatino del río Ebro desde la embocadura de la toma y al mismo tiempo con un aumento de su calado.

Se colocará una barrera de flotadores que interrumpe el acceso a la central de la mayoría de los elementos flotantes.

➤ Canal de agua:

La finalidad de este elemento es conducir el caudal de agua desde la presa hasta las turbinas mediante canalización abierta.

De sección trapezoidal, de 28 m. en la base y 52 metros en su parte más alta, revestido totalmente con escollera y diseñado para soportar las avenidas del río Ebro.

➤ Edificio de la central:

Construcción de planta rectangular 30 m. por 10 m. destinada al alojamiento de las turbinas-alternadores. Como parte principal consta de una sala de máquinas o cámara de turbinas que alberga en su interior dos turbinas de tipo semikaplan de eje vertical, una sala de control, dos multiplicadores, dos generadores asíncronos, sistemas de mando y control, un transformador de servicios auxiliares, un puente grúa y demás sistemas eléctricos e hidráulicos.

➤ Parque de transformación y enganche a línea de 30 kV ya existente.

La energía eléctrica es generada a 690V de tensión por lo que es necesario elevarla hasta 30 kV para su posterior transporte y distribución mediante las instalaciones existentes en la zona y así minimizar las pérdidas eléctricas durante el transporte para su distribución.

La función del parque de transformación, construido aguas abajo de la central, es la elevación de la tensión desde baja tensión (690V) a media tensión (30kV) mediante un transformador de potencia 690/30.000, tensión más adecuada para el transporte y enganche

a la línea de 30 kV ya existente, mediante un tramo de línea subterránea directamente enterrada de 300 m.

En la subestación elevadora, además del transformador se ubican los diversos elementos de protección y control necesarios para su correcto funcionamiento, elementos que posteriormente quedaran adecuadamente detallados.

➤ Canal de desagüe.

El canal de desagüe llamado que recoge el agua a la salida de la turbina para devolverla nuevamente al río, una vez aprovechada para la producción de energía eléctrica, es de poca longitud para perder poco desnivel, de hormigón y con el diseño adecuado para contrarrestar el poder erosivo del agua a la salida de las turbinas.

## 2.7. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN.

### 2.7.1. Turbinas.

Se ha optado por la colocación de dos turbinas semikaplan sinfónicas de eje vertical de 63 r.p.m del fabricante Ossberger (con dos multiplicadores de velocidad de relación 11,9), ya que, de los distintos tipos de turbinas más usuales (Kaplan, Francis y Pelton), las turbinas de tipo Kaplan son las más adecuadas para saltos de pequeña altura. En concreto se ha optado por la semikaplan, que es una variante de la turbina Kaplan, porque es más económica al tener únicamente regulables los álabes del rodete, regulación suficiente para esta central en concreto.

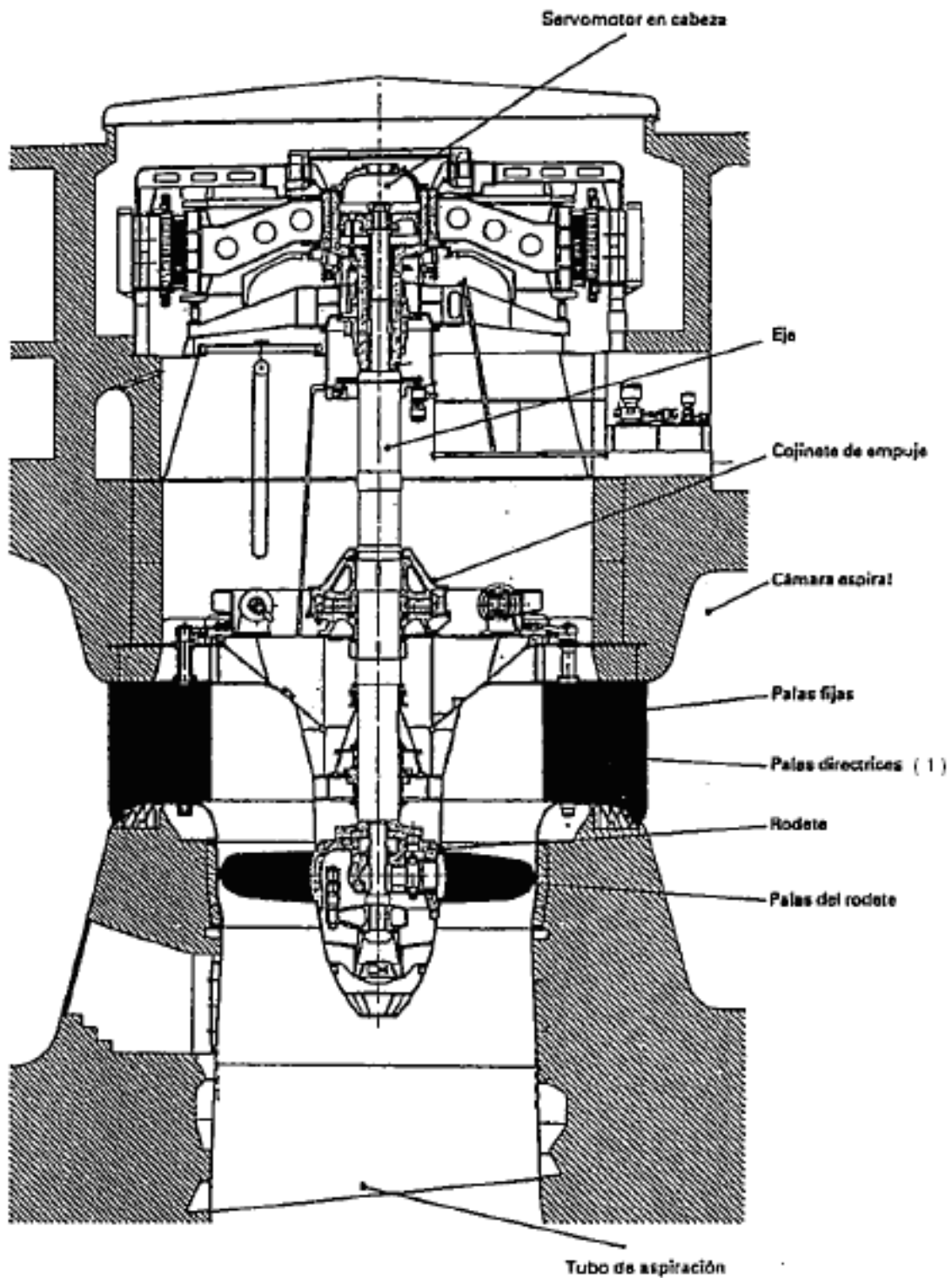
Por las razones que se mencionaran posteriormente el sistema de regulación es electrónico.

Para explicar esta elección de la turbina a continuación se detallan los componentes y características principales de este tipo de turbinas.

#### Características y componentes de las turbinas Kaplan

- ✓ Son turbinas de reacción de admisión total.
- ✓ Pueden girar a un número elevado de revoluciones
- ✓ En las semikaplan la regulación es mediante los álabes del rodete.
- ✓ Las turbinas semikaplan pueden tener admisión radial o axial mientras que las de tipo Kaplan únicamente radial.
- ✓ Son adecuadas para saltos de poca altura y grandes caudales.
- ✓ La semikaplan se adapta bien a variaciones del caudal (pueden trabajar entre el 30% y el 100% del caudal de diseño).
- ✓ Son menos voluminosas que las turbinas Francis.

## Esquema de los componentes de la turbina Kaplan



(1) En la turbina semikaplan solo son regulables los álabes del rodete, por lo que no se utilizan las palas directrices

### 2.7.1.1. Cámara espiral. Metálica o de hormigón.

Está constituida por la unión sucesiva de una serie de virolas troncocónicas, cuyos ejes respectivos forman una espiral. La sección interior, circular en la mayoría de los casos, va decreciendo paulatinamente hasta la virola que realiza el cierre de la cámara sobre sí misma, cuyo diámetro interior se reduce considerablemente. Esta disposición se conoce como el caracol de la turbina, en el que, debido a su diseño, se consigue que el agua circule con velocidad aparentemente constante y sin formar torbellinos, evitándose pérdidas de carga y asegura un reparto simétrico del caudal en la superficie de entrada del distribuidor



### 2.7.1.2. Distribuidor.

El distribuidor es un órgano fijo cuya misión es dirigir el agua desde la sección de entrada de la máquina hacia la entrada en el rodete distribuyéndola alrededor del mismo, (turbinas de admisión total), como es en este caso, aunque también existen con admisión parcial. Es un órgano que transforma la energía de presión en energía de velocidad.

### 2.7.1.3. Tubo de aspiración.

Conducción que une la turbina propiamente dicha con el canal de desagüe. Tiene como misión recuperar al máximo la energía cinética del agua a la salida del rodete.

La principal misión del tubo de aspiración es comunicar, con el depósito de descarga, la corriente líquida utilizada; para las turbinas de velocidad de salida del rodete elevada (Francis, de hélice y Kaplan), tiene una segunda función: recuperar una notable



parte de la energía cinética que posee el líquido a la salida del rodete por lo que debe tener sección variable. Si la descarga se efectuase libremente, el porcentaje de

Cuando la altura de aspiración disponible es reducida se ha de recurrir a tubos de aspiración formados por un codo y por un tramo recto, casi horizontal, de la longitud necesaria, en el cual se realice la recuperación de la velocidad que se convierte en presión, por cuanto el codo tiene sección igual a la entrada y a la salida del mismo.

En este caso se elige un tubo de aspiración de este tipo ya que es el más adecuado para una central de estas características.

#### 2.7.1.4. Eje.

El eje de un grupo tiene ciertas peculiaridades cuando se encuentra instalado en posición vertical. Por medio del eje de turbina, al estar rígidamente unido mediante acoplamiento al eje del alternador, se transmite al rotor de éste el movimiento de rotación necesario. Ahora bien, en este tipo de turbinas, es en la zona de eje correspondiente al alternador donde se suele disponer el medio para soportar todo el peso del conjunto, formado por ejes, rotor, rodete y empuje del agua sobre los álabes de este último. Tal medio, es el denominado cojinete de empuje.

Además del cojinete de empuje, el eje completo del grupo, dispone de hasta tres cojinetes guías. Dos de ellos están situados en la zona del alternador, y un tercero en la zona de turbina.

En determinados grupos, y por características constructivas de los mismos referidas a condiciones de peso y sustentación, o aireación del rodete, el eje es hueco en su totalidad.

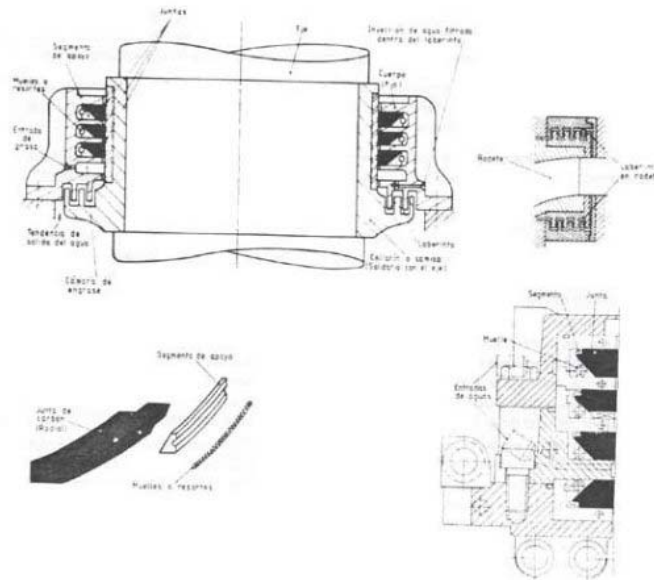
#### 2.7.1.5. Equipo de sellado del eje de turbina.

Como su nombre indica, está destinado a sellar, en definitiva, a cerrar e impedir el paso de agua que pudiera fluir desde el rodete hacia el exterior de la turbina, por el espacio existente entre la tapa de la misma y el eje.

En esencia consta de una serie de aros formados por juntas, bien de carbón, de material sintético o grafitadas, etc., presionadas, sobre un casquillo o collarín solidario con

el eje, por medio de muelles de acero inoxidable o servomecanismos convenientemente distribuidos alrededor de la periferia del mismo (junta del eje o junta de carbones).

Una serie de aros concéntricos, radial o axialmente, entre la parte giratoria y fija, contribuyen eficazmente al cierre hidráulico. Constituyen los denominados laberintos.



Dispone de un sistema de agua filtrada para refrigeración de las juntas, suministrada a mayor presión que la que posee el agua en la zona del rodete. Este agua de refrigeración, una vez cumplida su doble misión; refrigerar, evitando el calentamiento y rápido desgaste de las juntas, así como anular o reducir el paso de agua del rodete; y mediante la acción de bombas instaladas en la zona conocida como pozo de turbina, es conducida por colectores al pozo de bombas, donde confluyen los drenajes de la instalación.

En turbinas modernas, instaladas por debajo de la zona de salida del agua, en dirección aguas abajo, se dispone de una junta inferior de goma, hinchable (junta hinchable), a la cual, solamente cuando el grupo está parado, se le inyecta aire a presión. Con ello se eliminan las fugas de agua, en tal situación del grupo, pudiendo, en determinadas condiciones, facilitar la labor de cambiar juntas desgastadas



### 2.7.1.7. Rodete

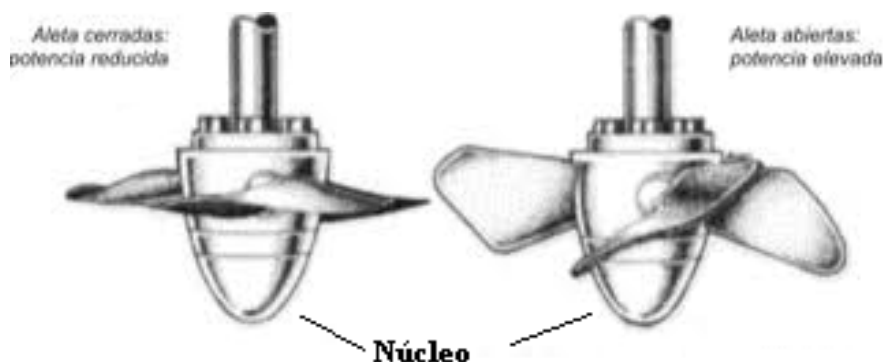
En el caso de la central de Villa Los Ángeles se ha optado por uno de cuatro palas dotadas de libertad de movimiento

Permite la obtención de rendimientos óptimos, incluso con valores del 30 % del caudal máximo.

Se asemeja a la hélice de un barco, al estar formado por un número determinado de palas, de 2 a 4 para saltos de pequeña altura y de 5 a 8 cuando los saltos son mayores, dentro del campo de aplicación de las turbinas Kaplan.

Solamente se denominan turbinas Kaplan, cuando todas y cada una de las palas del rodete están dotadas de libertad de movimiento, pudiendo orientarse, dentro de ciertos límites, girando al unísono y uniformemente sobre sus asientos respectivos situados en el núcleo, llamado también cubo del rodete. Según ejes radiales del eje de turbina, adoptando posiciones de mayor o menor inclinación respecto a este último, según órdenes recibidas del regulador de velocidad.

Tanto los rodetes de hélice como los Kaplan, se construyen a base de aleaciones especiales, tendiéndose, en la actualidad, al empleo del acero inoxidable, pues si bien su precio inicial puede ser elevado, queda amortizado, a lo largo del tiempo, al disminuir las reparaciones (mano de obra, materiales y tiempo de parada) del deterioro ocasionado por los efectos nocivos de cavitación, etc.



Para lograr el control adecuado de las palas del rodete, tanto el núcleo de éste, como el eje de turbina, permiten alojar y pasar respectivamente por su interior los distintos dispositivos mecánicos, tales como servomotores, palancas, bielas, etc., destinados a dicho fin.

Se distinguen tres sistemas de gobierno de las palas del rodete, dependiendo de la situación del servomotor de accionamiento de las mismas sobre distintas zonas del eje del grupo. Así tenemos:

- Servomotor en cabeza

El servomotor está instalado en el extremo superior del eje, en la zona del alternador.

- Servomotor intermedio

En este caso está situado en la zona de acoplamiento de los ejes de la turbina y del alternador.

- Servomotor en el núcleo.

Está alojado en el propio núcleo del rodete.

Modernamente se tiende al empleo de este sistema, con el cual se reducen las dimensiones y el número de determinados elementos mecánicos que, en otros sistemas, realizan la interconexión entre el servomotor y los ejes de las palas del rodete.

Por las condiciones anteriormente mencionadas la elección es con servomotor de control de las palas del rodete es con el servomotor en el núcleo.

#### 2.7.1.8. Reguladores automáticos de velocidad de las turbinas

En las turbinas debe existir un equilibrio entre el par motor y el par resistente; ya se sabe que, al aumentar el par resistente, el número de revoluciones tiende a disminuir, ocasionando una frecuencia inestable. Para que esto no suceda, se debe mantener fijo el número de revoluciones, aunque se haya elevado o disminuido el trabajo resistente.

En centrales de poca importancia, es posible mantener este equilibrio entre el par motor y el par resistente, normalmente por sistemas manuales; cuando son centrales importantes y de grandes potencias, esta regulación se hace de forma automática.

Para la regulación automática de las turbinas, existen una gran variedad de modelos con diferentes principios de funcionamiento. Uno de los más utilizados en la regulación de máquinas motrices es el basado en la fuerza centrífuga, formado por un mecanismo taquimétrico, cuya velocidad de rotación es proporcional a la del alternador. Al variar el par resistente, tiende a variar la velocidad nominal y por tanto, en mecanismo centrífugo se desplazará transmitiendo a través del servomotor, la señal para abrir o cerrar más la entrada del agua.

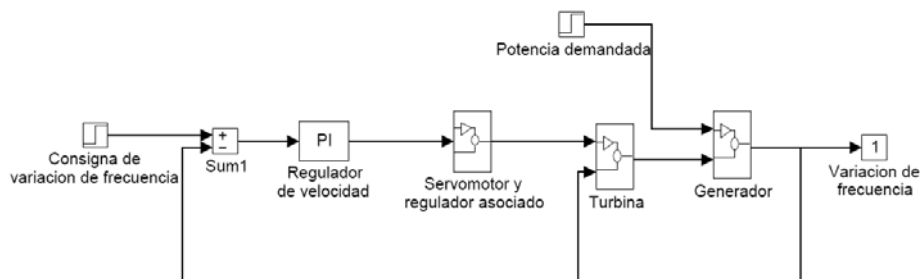
El motivo de no actuar directamente el mecanismo sobre el caudal es porque la potencia es insuficiente.

En las turbinas Francis y Kaplan, el dispositivo regulador actúa sobre las paletas regulables.

El taquímetro detecta las variaciones de velocidad angular, abriendo o cerrando el distribuidor según sea la velocidad angular menor o mayor que la nominal.

Actualmente se tiende a colocar un dispositivo acelerométrico, cuya misión es reforzar o atenuar la acción taquimétrica, para obtener un rápido amortiguamiento de las oscilaciones de velocidad acusadas por el mecanismo centrífugo.

Otro método de regulación, es la regulación electrónica mediante variadores de frecuencia, que debido a su menor mantenimiento y complejidad mecánica está sustituyendo en la actualidad a los sistemas anteriores.



*Modelo del lazo de regulación de velocidad.*

### 2.7.2. Alternadores.

En esta central hidráulica se colocan dos alternadores síncronos de 690 V, 50 Hz y 750 r.p.m. de velocidad nominal y una potencia máxima de 1.500 kW. Son alternadores síncronos con polos salientes en el rotor, de 8 polos, para colocar en disposición vertical, unidos al eje de la turbina mediante dos multiplicadores de velocidad de relación 11,9. Posee sistema de excitación Brushless o diodos giratorios, es decir sin escobillas ni anillos rozantes, de forma que se abarata su mantenimiento. La fuente de continua es un rectificador no controlado situado en el mismo rotor (dentro del mismo) alimentado en alterna por un generador situado también en el mismo eje y cuyo bobinado de campo es excitado desde un rectificador controlado que rectifica la señal generada por el giro de unos imanes permanentes situados en el mismo rotor (que constituyen la excitatriz piloto de alterna).

Tienen ventilación cerrada TEWC, sistema de enfriamiento cerrado, donde el aire recircula constantemente y se enfría pasando a través del tubo del enfriador, dentro de los cuales se hace pasar agua de circulación. La suciedad y materias extrañas no existen en el sistema, y puesto que se tiene agua de enfriamiento disponible, la temperatura del aire puede mantenerse tan baja como se desee.

La ventaja del generador síncrono es que la frecuencia y la velocidad van unidas mediante la siguiente relación:

$$n_{\text{alternador}} = \frac{60 \times f}{p}$$

Donde

n = velocidad de sincronismo.

f = frecuencia de alimentación. (50 Hz)

p = pares de polos del alternador.

Por lo que regulando la velocidad de giro de la turbina mediante los álabes del rodete de la turbina se regula directamente la frecuencia de salida del alternador.

Características de los alternadores:

Marelligenerators MJT 500 LA8 (modificado para 690 V pero con características constructivas similares)

Nº de alternadores	2
Tipo de alternadores	Síncronos de polos salientes
Potencia máxima	1500 kVA (cada alternador)
Tipo de excitación	Brushless (diodos giratorios)
Fuente de C.C.	Rectificador no controlado en el rotor
Sist. Ventilación	TEWC
Tensión de generación	690 V
Nº polos	8
Frecuencia	50 Hz
Disposición	vertical

Para un mayor detalle y características consultar anexo 4



### 2.7.3. Transformador de potencia.

#### 2.7.3.1. Introducción.

Los transformadores de potencia hacen posible, la generación, transporte y consumo de la energía eléctrica en condiciones optimas de rentabilidad. En el caso del transporte a mayor tensión más económico resulta el hecho del transporte, ya que la corriente es menor y es necesaria una menor sección de la línea, reduciendo así las perdidas por efecto Joule en los cables conductores. La potencia disipada  $P$  en un conductor de resistencia  $R$  por el que circula una corriente alterna de intensidad  $I$  es

$$P = R \times I^2$$

En este caso la tensión de transporte, debido a las exigencias de la compañía suministradora es de evacuación en media tensión a 30 kV, por lo que es necesario elevar la tensión desde la tensión de generación, 660 V, hasta los 30 kV para el transporte, así como el caso inverso en el caso de que la central no este procediendo, para así alimentar todos los servicios de dicha central.

El transformador de tensión es una máquina eléctrica basada en el fenómeno de inducción mutua, que modifica la tensión manteniendo la frecuencia, está constituida por dos arrollamientos aislados entre sí, arrollados en torno a un núcleo cerrado, conservando casi toda la potencia, es decir con muy alto rendimiento y muy pocas pérdidas (por flujos dispersos y calentamientos por ejemplo).

Los métodos de refrigeración varían según las necesidades y pueden ser en aceite, en seco, con refrigeración forzada, por convección natural etc. La refrigeración por aceite presenta una serie de ventajas, el aceite tiene gran capacidad dieléctrica y recuperación que otros aislantes y refrigerantes, pero la legislación obliga a la construcción de un foso de recogida, con el coste que eso conlleva.

### 2.7.3.2. Transformador seleccionado.

Se instala únicamente un transformador ya que la central no es una central de base y en caso de avería el hecho de un paro para reparaciones y mantenimiento no compensa el aumento de costo que supondría colocar dos transformadores.

La función del transformador es elevar la tensión desde la tensión de generación a 660 V hasta la de evacuación a 30 kV de tensión nominal (36 kV de tensión más elevada para el material) y viceversa en el caso de que la central no este en producción, para alimentar todos los servicios activos.

La potencia que ha de transformar dicho transformador es la generada por los dos alternadores de la central que juntos suman 3.000 kVA, por lo que se opta por instalar uno con una potencia de 3,15 MVA, con relación de transformación 0,690/36kV con conexión Dyn11, es decir el primario en triángulo y el secundario en estrella, de forma que en el primario el neutro esta aislado y en el secundario el neutro el neutro está rígidamente puesto a tierra a través de la red de tierra de herrajes de la subestación.

Las características principales del transformador instalado son:

Fabricante: Alkargo.

Serie: 36 kV (media potencia)

Potencia	(MVA)	<b>3,15</b>
Pérdidas en vacío ( $W_0$ )	kW	3,8
Intensidad en vacío	(%)	0,9
Pérdidas en carga ( $W_c$ )	kW	28
Tensión de c.c (%)	(%)	6,25
Rendimiento con $\cos \varphi = 1$	(%)a 4/4	99,00
	3/4	99,17
	2/4	99,31
	1/4	99,30

Rendimiento con $\cos \varphi = 0,8$	(%)a 4/4	98,75
	3/4	98,97
	2/4	99,15
	1/4	99,12
Caída de Tensión con $\cos \varphi = 1$	(%)a 4/4	1,08
	3/4	0,81
	2/4	0,54
	1/4	0,27
Caída de Tensión con $\cos \varphi = 0,8$	(%)a 4/4	4,52
	3/4	3,39
	2/4	2,26
	1/4	1,13

Longitud mm.	mm.	2400
Anchura mm.	mm.	2050
Altura mm.	mm.	2560
Distancia e/e. de ruedas mm.	mm.	1150
Peso de aceite Kg.	Kg.	1500
Peso a desencubar Kg.	Kg.	4550
Peso Total Kg.	Kg.	7800
Frecuencia	Hz	50

La regulación de tensión puede realizarse en el bobinado de Alta Tensión, en el de Baja Tensión o en ambos. En cualquiera de estos casos se puede llevar a efecto mediante un conmutador en vacío, accionable sin carga ni tensión, o bien mediante un conmutador en carga con mando manual o automático.

El nivel de ruido medido de acuerdo con la norma UNE EN 60551 y CEI 551 es inferior a los valores señalados en las mismas, así como a los indicados en NEMA TR 1.

Funcionando a plena carga de modo continuo, el incremento medio de temperatura de cualquier bobinado, medido por variación de su resistencia, no sobrepasa los 65 K. En idénticas condiciones, el incremento de temperatura sobre el ambiente del aceite bajo la tapa, medido por termómetro, no supera los 60 K.

En las condiciones señaladas, el incremento de temperatura sobre ambiente del punto más caliente de los devanados no excede los 78 K.

En la parte inferior derecha de cada una de las caras de mayor dimensión de la cuba, se dispone de una placa para la conexión a tierra de la cuba del transformador. Cada conexión, de material inoxidable, dispone de dos agujeros de 14 mm. de diámetro.

Para poder realizar el cambio de dirección de las ruedas, el transformador dispone de cuatro puntos para elevación mediante gatos, situados próximos a las cuatro esquinas inferiores de la cuba.

El tipo de refrigeración es en aceite, refrigerado de forma natural ONAN, para evitar calentamientos y deterioros en los devanados.



Para unas características más detalladas consultar el Anexo 3

#### 2.7.4. Transformador de Servicios Auxiliares.

El transformador de servicios auxiliares, es un transformador de un a potencia adecuada al consumo de los servicios que dependen de él, servicios tales como, alumbrados, bombas de lubricación, ventiladores de refrigeración, alimentación de oficinas y pequeños receptores, cargador de baterías etc.. Es de una potencia mucho más reducida que el del parque de transformación ya que el consumo de estos elementos es mucho menor que la energía producida por los generadores al turbinar.

En este caso se ha optado por un transformador de 50 kVA de potencia en una envolvente metálica de iguales características que la de las celdas de medida y protección de baja tensión:

Fabricante: Marín

Modelo: 690/400 V 50 Hz 50 kVA

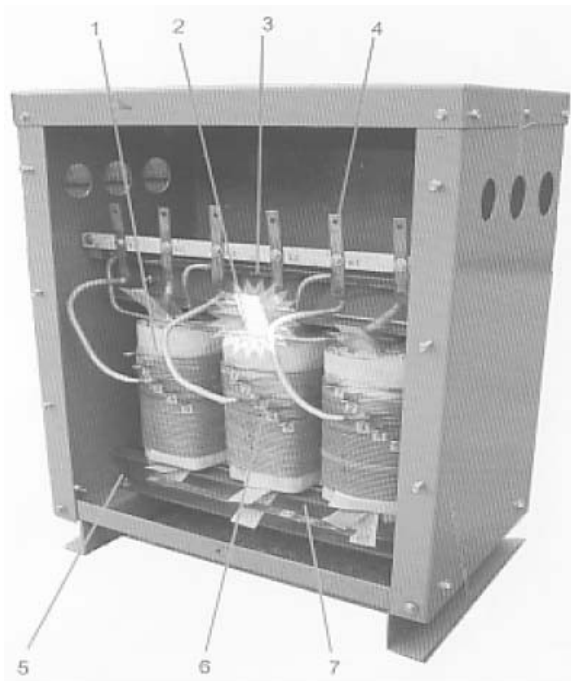
Potencia	(kVA)	50
Pérdidas en vacío ( $W_0$ )	kW	0,87
Pérdidas en carga ( $W_c$ )	kW	0,13
Tensión de c.c (%)	(%)	6
Rendimiento con $\cos \varphi = 1$	(%)a 4/4	97,48
	3/4	97,89

	2/4	98,17
	1/4	97,97
Rendimiento con $\cos \varphi = 0,8$	(%)a 4/4	96,88
	3/4	97,37
	2/4	97,73
	1/4	97,48
Relación de tensiones	V/V	690/400
Frecuencia	50	Hz
Longitud mm.	mm.	825
Anchura mm.	mm.	50
Altura mm.	mm.	985
Peso Total Kg.	Kg.	320
Nivel de ruido	db	45



Este tipo de transformador tiene las siguientes características:

- Devanados de conductor electrolítico de máxima conductividad, con conductor de hoja en baja tensión.
- Núcleo de acero al silicio de grano orientado grado MOH tipo formado, enrollado y traslapado.
- Elevación de temperatura de 80° C, 115° C ó 150° C.
- Sistema de Aislamiento de 220°C, con impregnación en resina aislante sin solvente no inflamable.(clase H)
- Dos derivaciones arriba y dos abajo del voltaje nominal primero.



- 1 Devanado primario
- 2 Devanado secundario
- 3 Núcleo
- 4 Conexiones a devanados
- 5 Soportes antivibratorios
- 6 Derivaciones para ajuste de voltaje
- 7 Barra del neutro del secundario

### 2.7.5. Conductores y secciones.

Los conductores se han elegido cumpliendo con las normas aplicables, teniendo en cuenta las intensidades que han de soportar, caídas de tensión, y el tipo de colocación de los mismos como se detalla en el apartado de cálculos eléctricos, respetando y teniendo en cuenta, en todo momento, las todas las normativas vigentes tanto en alta como en baja tensión.

#### 2.7.5.1. Conductor de línea subterránea de 30 kV.

CABLE AL VOLTALENE H COMPACT 1, 18/30 kV.

(Estructura del cable normalizado por Endesa (nuevo diseño))

Código: 20090763

Tipo: AL RH5Z1

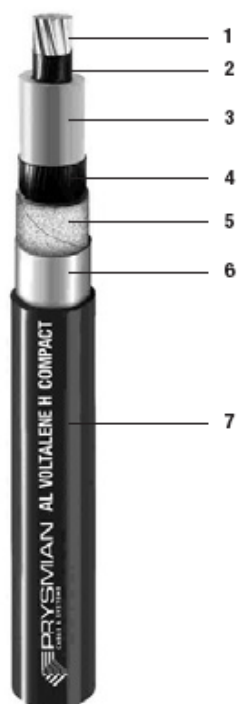
Fabricante: Prysmian Cables & Systems.

Tensión: 18/30 kV

Norma de diseño: IEC 60502-2, G3 DND003 (en lo aplicable).

Composición:

Conductor: cuerda redonda compacta de hilos de aluminio según UNE EN 60228.



1. Semiconductora interna: capa extrusionada de material semiconductor.
2. Aislamiento: polietileno reticulado, (XLPE).
3. Semiconductora externa: capa extrusionada de material semiconductor separable en frío.
4. Protección longitudinal contra el agua: cinta hinchante semiconductor.
5. Pantalla metálica: cinta longitudinal de aluminio termosoldada y adherida a la cubierta.
6. Cubierta exterior: poliolefina termoplástico, Z1 Vemex. (Color rojo)

## Características dimensionales 18/30 kV:

1 x sección conductor (Al) (mm <sup>2</sup> )	1x240 <sup>(1)</sup>
Nominal aislamiento* (mm)	32,6
Espesor aislamiento (mm)	6,4
Nominal exterior* (mm)	40,5
Espesor cubierta (mm)	2,0
Peso aproximado* (kg/km)	1690
Radio de curvatura estático (posición final) (mm)	608
Radio de curvatura dinámico (durante tendido) (mm)	810

<sup>(1)</sup>Sección homologada por las compañías del Grupo Endesa.

\*Valores aproximados (sujetos a tolerancias propias de fabricación).

## Características eléctricas

Tensión nominal simple, U <sub>0</sub> (kV)	18
Tensión nominal entre fases, U (kV)	30
Tensión máxima entre fases, U <sub>m</sub> (kV)	36
Tensión a impulsos, U <sub>p</sub> (kV)	170
Temperatura máxima admisible en el conductor en servicio permanente (°C)	90
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito (°C)	250
Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	0,125
Resistencia del conductor a T máx (105 °C) (Ω /km)	0,161
Reactancia inductiva (Ω /km)	0,114
Capacidad (mF/km)	0,229

Para unas características más detalladas consultar ANEXO 2

2.7.5.2. Conductores desde el secundario (690V) del transformador de potencia hasta embarrado de 690V.

AFUMEX 1000 V (AS).

Color negro

Designación genérica: RZ1-K (AS)

Fabricante: Prysmian Cables & Systems.

Tensión: 0,6/1kV.

Norma de diseño: UNE 21123-4.

Temperatura de servicio (instalación fija): -40 °C, +90 °C. (Cable termoestable).

Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos: 3500 V.

Descripción:

Conductor:

- Metal: Cobre electrolítico recocido.
- Flexibilidad: Flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
- Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito

Aislamiento:

- Material: Mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3.
- Colores: negro; según UNE 21089-1.

Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.

## Características técnicas:

1 x sección conductor (Cu) (mm <sup>2</sup> )		1x240
Espesor aislamiento (mm)		1,7
Diámetro exterior (mm)		26,9
Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)		0,08
Peso total (kg/km)		2350
intensidad admisible al aire <sup>(1)</sup> (A)		490
Caída de tensión (V/A km)	Cos φ = 1	0,17
	Cos φ = 0,8	0,22

<sup>(1)</sup> Instalación en bandeja al aire (40 °C). XLPE3 con instalación tipo F columna 11 (1x trifásica).

Para unas características más detalladas consultar ANEXO 2

### 2.7.5.3. Conductor desde el embarrado de 690V hasta cada generador.

El conductor presenta idénticas características y sección al seleccionado para el tramo desde el secundario (690V) del transformador de potencia hasta embarrado de 690V.

Para unas características más detalladas consultar ANEXO 2

2.7.5.4. Conductor desde el embarrado de 690 V hasta el transformador de servicios auxiliares.

AFUMEX 1000 V (AS).

Color negro

Designación genérica: RZ1-K (AS)

Fabricante: Prysmian Cables & Systems.

Tensión: 0,6/1kV.

Norma de diseño: UNE 21123-4.

Temperatura de servicio (instalación fija): -40 °C, +90 °C. (Cable termoestable).

Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos: 3500 V.

Descripción:

Conductor:

- Metal: Cobre electrolítico recocido.
- Flexibilidad: Flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
- Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito

Aislamiento:

- Material: Mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3.
- Colores: negro; según UNE 21089-1.

Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.

## Características técnicas:

1 x sección conductor (Cu) (mm <sup>2</sup> )		1x25
Espesor aislamiento (mm)		0,9
Diámetro exterior (mm)		11
Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)		0,78
Peso total (kg/km)		290
intensidad admisible al aire <sup>(1)</sup> (A)		116
Caída de tensión (V/A km)	Cos φ = 1	1,59
	Cos φ = 0,8	1,37

<sup>(1)</sup> Instalación en bandeja al aire (40 °C). XLPE3 con instalación tipo F columna 11 (1x trifásica).

Para unas características más detalladas consultar ANEXO 2

2.7.5.5. Conductor desde el embarrado de 400 V hasta el transformador de servicios auxiliares.

AFUMEX 1000 V (AS).

Color negro

Designación genérica: RZ1-K (AS)

Fabricante: Prysmian Cables & Systems.

Tensión: 0,6/1kV.

Norma de diseño: UNE 21123-4.

Temperatura de servicio (instalación fija): -40 °C, +90 °C. (Cable termoestable).

Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos: 3500 V.

Descripción:

Conductor:

- Metal: Cobre electrolítico recocido.
- Flexibilidad: Flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
- Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito

Aislamiento:

- Material: Mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3.
- Colores: negro; según UNE 21089-1.

Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.



## Características técnicas:

1 x sección conductor (Cu) (mm <sup>2</sup> )		1x25
Espesor aislamiento (mm)		0,9
Diámetro exterior (mm)		11
Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)		0,78
Peso total (kg/km)		290
intensidad admisible al aire <sup>(1)</sup> (A)		116
Caída de tensión (V/A km)	Cos φ = 1	1,59
	Cos φ = 0,8	1,37

<sup>(1)</sup> Instalación en bandeja al aire (40 °C). XLPE3 con instalación tipo F columna 11 (1x trifásica).

Para unas características más detalladas consultar ANEXO 2

## 2.7.6. Pararrayos autoválvula.

### 2.7.6.1. Introducción

Los pararrayos autoválvula son los dispositivos destinados a absorber las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas, por maniobras o por otras causas que en otro caso se descargarían sobre los aisladores o perforando el aislamiento, ocasionando interrupciones en el sistema eléctrico y, en muchos casos, desperfectos en los diversos elementos en contacto eléctrico.

En este caso se ha colocado entre el transformador y la línea de 30 kV para protegerlos de descargas atmosféricas y demás sobretensiones.

Las autoválvulas pueden ser de carburo de Silicio y explosores o de óxidos metálicos. Además se puede optar a elegirlo con el neutro aislado o rígidamente puesto a tierra.

Se ha optado por autoválvula de óxidos metálicos con el neutro aislado

Al tratarse de un pararrayos de una subestación de intemperie se ha elegido de corriente de descarga nominal de 10 kA.

Los valores característicos del pararrayos autoválvula (UNE21087) son

- Tensión nominal.
- Frecuencia nominal.
- Corriente de descarga nominal.
- Tensión residual.
- Tensión de cebado a frecuencia industrial
- Tensión de cebado al choque
- Coeficiente de puesta a tierra de una red trifásica.
- Nivel de protección a las ondas de choque.
- Nivel de protección nominal a las ondas de choque.
- Relación de protección.

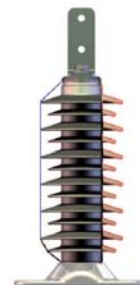
Siendo los más importantes para la selección:

- La tensión máxima de servicio continuo  $U_c$ .
- La corriente de descarga nominal
- La tensión residual para la corriente de descarga nominal 8/20  $\mu$ s.
- La tensión residual para impulso de corriente de maniobra.
- Tensión equivalente al frente de onda.

## 2.7.6.2. Pararrayos autoválvula seleccionado.

El pararrayos autoválvula elegido, que posteriormente se justificará mediante los cálculos pertinentes, tiene las siguientes características:

- **Fabricante: INAEL.**
- **MODELO: INZSP 36/10/2. (pararrayos de subestación polimérico)**
- **Corriente nominal de descarga (kA): 10.**
- Sobretensiones temporales, con aplicación previa de energía (según ensayo de ciclo de operación): 1,32 p/u de  $U_c$  por 1s  
1,26 p/u de  $U_c$  por 10s  
1,19 p/u de  $U_c$  por 100s
- Corriente soportada de impulso alta intensidad 4/10  $\mu$ s (kA): 100.
- Corriente soportada de impulso baja intensidad 2000 $\mu$ s (kA): 500.
- Capacidad de absorción de energía según ensayo del ciclo de la operación (con dos descargas de la línea de la transmisión) (kJ/kV de  $U_c$ ): 5,5 kJ
- Clase de descarga de línea de transmisión (IEC 60099-4): 2
- Clase de la corriente de cortocircuito (kA rms-s): 20 - 0,2
- **Tensión nominal  $U_r$  (kV): 36**
- **Tensión de Operación permanente MCOV  $U_c$  (Kv): 29.**
- **Tensión residual para corriente de descarga nominal 8/20  $\mu$ s (kV): 87,5.**
- **Tensión residual para impulso de corriente de maniobra (kV cresta) (\*). 71,4.**
- **Tensión equivalente al frente de onda (kV cresta): 89.**
- H (mm): 456.
- Envoltente:
  - Distancia de arco (mm): 412.
  - Línea de fuga (mm): 1135.



### 2.7.7. Puestas a tierra.

#### 2.7.7.1 Introducción

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

Todas las conexiones a tierra han de cumplir con los requisitos detallados en el REGLAMENTO SOBRE CENTRALES ELECTRICAS, SUBESTACIONES Y CENTROS DE TRASFORMACION, en el R.E.B.T y en el R.L.A.T.. según sea necesario en cada caso, requisitos algunos de los cuales se detallan en los siguientes apartados

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

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

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

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

### 2.7.7.2. Prescripciones del REBT:

#### 2.7.7.2.1. Uniones a tierra.

##### Tomas de tierra.

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

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

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

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

##### Conductores de tierra.

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

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

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

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

#### Bornes de puesta a tierra.

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

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

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

#### Conductores de protección.

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

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

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

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

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

Como conductores de protección pueden utilizarse:

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

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

#### 2.7.7.2.2. Conductores de equipotencialidad.

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm<sup>2</sup>. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm<sup>2</sup> si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

#### 2.7.7.2.3. Resistencia de las tomas de tierra.

El valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

#### 2.7.7.2.4. Tomas de tierra independientes.

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

#### 2.7.7.2.5. Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación.

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia indicando anteriormente (50 V), entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

a) No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.



b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada ( $<100$  ohmios.m). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia deberá ser calculada.

c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si esta contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en el caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra ( $I_d$ ) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ( $V_d = I_d \times R_t$ ) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada.

#### 2.7.7.2.6. Revisión de las tomas de tierra.

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o Instalador Autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté mas seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

### 2.7.7.3. Prescripciones recogidas en el Reglamento Sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros De Transformación:

#### 2.7.7.3.1. Prescripciones generales de seguridad.

##### 2.7.7.3.1.1. Tensiones máximas aplicables al cuerpo humano.

Toda instalación eléctrica deberá disponer de una protección o instalación de tierra diseñada en forma tal que, en cualquier punto normalmente accesible del interior o exterior de la misma donde las personas puedan circular o permanecer, éstas queden sometidas como máximo a las tensiones de paso y contacto (durante cualquier defecto en la instalación eléctrica o en la red unida a ella) que resulten de la aplicación de las fórmulas que se recogen a continuación.

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios, que se puede aceptar se determina en función del tiempo de duración del efecto, según la fórmula siguiente:

$$(1) V_{ca} = \frac{K}{t^n}$$

Siendo:

$K = 72$  y  $n = 1$  para tiempos inferiores a 0,9 segundos.

$K = 78,5$  y  $n = 0,18$  para tiempos superiores a 0,9 segundos e inferiores a 3 segundos.

$t$  = duración de la falta en segundos.

Para tiempos comprendidos entre 3 y 5 segundos la tensión de contacto aplicada no sobre pasará los 64 V. Para tiempos superiores a 5 segundos la tensión de contacto aplicada no será superior a 50 V. salvo casos excepcionales justificados no se considerarán tiempos inferiores a 0,1 segundos.

En caso de instalaciones con reenganche automático rápido (no superior a 0,5 segundos) el tiempo a considerar en la fórmula será la suma de los tiempos parciales de mantenimiento de la corriente de defecto.

A partir de la fórmula anterior (1) se pueden determinar las máximas tensiones de paso y contacto admisibles en una instalación, considerando todas las resistencias que intervienen en el circuito.

A efectos del cálculo de proyecto se podrán emplear, para la estimación de las mismas, las expresiones siguientes:

$$(2) \text{ Tensión de paso: } V_p = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{6\rho_s}{1000} \right) \text{ (V).}$$

$$(3) \text{ Tensión de contacto: } V_c = \frac{K}{t^n} \left( 1 + \frac{1,5\rho_s}{1000} \right)$$

Que responden a un planteamiento simplificado del circuito, al despreciar la resistencia de la piel y del calzado, y que se han determinado suponiendo que la resistencia del cuerpo humano es de 1000 ohmios, y asimilando cada pie a un electrodo en forma de placa de 200 centímetros cuadrados de superficie, ejerciendo sobre el suelo una fuerza mínima de 250 N, lo que representa una resistencia de contacto con el suelo evaluada en función de la resistividad superficial  $\rho_s$  del terreno de  $3\rho_s$ .

Si son de prever contactos del cuerpo humano con partes metálicas no activas que puedan ponerse a distinto potencial, se aplicará la fórmula (3) de la tensión de contacto haciendo  $\rho_s = 0$ .

El proyectista de la instalación de tierra deberá comprobar mediante el empleo de un procedimiento de cálculo sancionado por la práctica que los valores de las tensiones de paso  $V_p$ , y de contacto,  $V_c$ , que calcule para la instalación proyectada en función de la geometría de la misma, de la corriente de puesta a tierra que considere y de la resistividad correspondiente al terreno, no superen en las condiciones más desfavorables las calculadas por las fórmulas (2) y (3) en ninguna zona del terreno afectada por la instalación de tierra.

#### 2.7.7.3.1.2. Prescripciones en relación con el dimensionado.

El dimensionado de las instalaciones se hará de forma que no se produzcan calentamientos que puedan deteriorar sus características o aflojar elementos desmontables.

El dimensionado de la instalación de tierra es función de la intensidad que, en caso de defecto, circula a través de la parte afectada de la instalación de tierra y del tiempo de duración del defecto.

En las instalaciones con redes de tensiones nominales distintas y una instalación de tierra común, debe cumplirse lo anterior para cada red. Podrán no tomarse en consideración defectos simultáneos en varias redes.

Lo indicado anteriormente, en este punto 1.2, no se aplica a las puestas a tierra provisionales de los lugares de trabajo.

Los electrodos y demás elementos metálicos llevarán las protecciones precisas para evitar corrosiones peligrosas durante la vida de la instalación.

Se tendrán en cuenta las variaciones posibles de las características del suelo en épocas secas y después de haber sufrido corrientes de defecto elevadas.

Al efecto se dan instrucciones en los apartados que siguen sobre la forma de determinar las dimensiones, fijando en ciertos casos valores mínimos.

### 2.7.7.3.2. Proyecto de instalaciones de puesta a tierra.

#### 2.7.7.3.2.1. Procedimiento.

Teniendo en cuenta las tensiones aplicadas máximas establecidas en el apartado 1.1, al proyectar una instalación de tierras se seguirá el procedimiento que sigue:

1. Investigación de las características del suelo.
2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto.
3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.
4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
5. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.
6. Cálculo de las tensiones de paso y contacto con el interior de la instalación.
7. Comprobar que las tensiones de paso y contacto calculadas en los puntos 5 y 6 son inferiores a los valores máximos definidos por las ecuaciones (2) y (3).
8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, blindajes de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos, y estudio de las formas de eliminación o reducción.
9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

Después de construida la instalación de tierra, se harán las comprobaciones y verificaciones precisas in situ, tal como se indica en el apartado 8.1, y se efectuarán los cambios necesarios que permitan alcanzar valores de tensión aplicada inferiores o iguales a los máximos admitidos.

#### 2.7.7.3.2.2. Condiciones difíciles de puesta a tierra.

Cuando por los valores de la resistividad del terreno, de la corriente de puesta a tierra o del tiempo de eliminación de la falta, no sea posible técnicamente, o resulte económicamente desproporcionado mantener los valores de las tensiones aplicadas de paso y contacto dentro de los límites fijados en los apartados anteriores, deberá recurrirse al empleo de medidas adicionales de seguridad a fin de reducir los riesgos a las personas y los bienes.

Tales medidas podrán ser entre otras:

- a) Hacer inaccesibles las zonas peligrosas.
- b) Disponer suelos o pavimentos que aislen suficientemente de tierra las zonas de servicio peligrosas.
- c) Aislar todas las empuñaduras o mandos que hayan de ser tocados.
- d) Establecer conexiones equipotenciales entre la zona donde se realice el servicio y todos los elementos conductores accesibles desde la misma.
- e) Aislar los conductores de tierra a su entrada en el terreno.

Se dispondrá el suficiente número de rótulos avisadores con instrucciones adecuadas en las zonas peligrosas y existirá a disposición del personal de servicio, medios de protección tales como calzado aislante, guantes, banquetas o alfombrillas aislantes.

#### 2.7.7.3.2.3. Elementos de las instalaciones de puesta a tierra y condiciones de montaje.

Las instalaciones de puesta a tierra estarán constituidas por uno o varios electrodos enterrados y por las líneas de tierra que conecten dichos electrodos a los elementos que deban quedar puestos a tierra.

En las líneas de tierra deberán existir los suficientes puntos de puesta a tierra, que faciliten las medidas de comprobaciones del estado de los electrodos y la conexión a tierra de la instalación.

Para la puesta a tierra se podrán utilizar en ciertos casos, previa justificación:

- a) Las canalizaciones metálicas.
- b) Los blindajes de cables.
- c) Los elementos metálicos de fundaciones, salvo las armaduras pretensadas del hormigón.

#### 2.7.7.3.2.3.1. Líneas de tierra.

Los conductores empleados en las líneas de tierra tendrán una resistencia mecánica adecuada y ofrecerán una elevada resistencia a la corrosión. Su sección será tal, que la máxima corriente que circule por ellos en caso de defecto o de descarga atmosférica no lleve a estos conductores a una temperatura cercana a la de fusión, ni ponga en peligro sus empalmes y conexiones.

A efectos de dimensionado de las secciones, el tiempo mínimo a considerar para duración del defecto a la frecuencia de la red será de un segundo, y no podrán superarse las siguientes densidades de corriente:

Cobre--160 A/mm<sup>2</sup>

Acero--60 A/mm<sup>2</sup>

Sin embargo, en ningún caso se admitirán secciones inferiores a 25 mm<sup>2</sup> en el caso de cobre y 50 mm<sup>2</sup> en el caso del acero.

Los anteriores valores corresponden a una temperatura final de 200° C. Puede admitirse un aumento de esta temperatura hasta 300° C si no supone riesgo de incendio, lo que equivale a dividir por 1,2 las secciones determinadas de acuerdo con lo dicho anteriormente, respetándose los valores mínimos señalados.

Cuando se empleen materiales diferentes de los indicados, se cuidará:

- a) Que las temperaturas no sobrepasen los valores indicados en el párrafo anterior.
- b) Que la sección sea como mínimo equivalente, desde el punto de vista térmico, a la de cobre que hubiera sido precisa.
- c) Que desde el punto de vista mecánico, su resistencia sea, al menos, equivalente a la del cobre de 25 mm<sup>2</sup>.

Cuando los tiempos de duración del defecto sean superiores a un segundo, se calcularán y justificará las secciones adoptadas en función del calor producido y su disipación.

Podrán usarse como conductores de tierra las estructuras de acero de apoyo de los elementos de la instalación, siempre que cumplan las características generales exigidas a los conductores y a su instalación.

#### 2.7.7.3.2.3.2. Instalación de líneas de tierra.

Los conductores de las líneas de tierra deben instalarse procurando que su recorrido sea lo más corto posible, evitando trazados tortuosos y curvas de poco radio.

Con carácter general se recomienda que sean conductores desnudos instalados al exterior de forma visible.

En el caso de que fuese conveniente realizar la instalación cubierta, deberá serlo de forma que pueda comprobarse el mantenimiento de sus características.

En las líneas de tierra no podrán insertarse fusibles ni interruptores.

Los empalmes y uniones deberán realizarse con medios de unión apropiados, que aseguren la permanencia de la unión, no experimenten al paso de la corriente calentamientos superiores a los del conductor, y estén protegidos contra la corrosión galvánica.

#### 2.7.7.3.2.3.3. Electrodo de puesta a tierra.

Los electrodos de puesta a tierra estarán formados por materiales metálicos en forma de varillas, cables, chapas, perfiles, que presenten una resistencia elevada a la corrosión por sí mismos, o mediante una protección adicional, tales como el cobre o el acero debidamente protegido, en cuyo caso se tendrá especial cuidado de no dañar el recubrimiento de protección durante el hincado.

Si se utilizasen otros materiales habrá de justificarse su empleo.



Los electrodos podrán disponerse de las siguientes formas:

a) Picas hincadas en el terreno, constituidas por tubos, barras y otros perfiles, que podrán estar formados por elementos empalmables.

b) Varillas, barras o cables enterrados, dispuestos en forma radial, mallada, anular.

c) Placas o chapas enterradas.

2.7.7.3.2.3.4. Dimensiones mínimas de los electrodos de puesta a tierra.

a) Las dimensiones de las picas se ajustarán a las especificaciones siguientes:

- Los redondos de cobre o acero recubierto de cobre, no serán de un diámetro inferior a 14 mm. Los de acero sin recubrir no tendrán un diámetro inferior a 20 mm.

- Los tubos no serán de un diámetro inferior a 30 mm ni de un espesor de pared inferior a 3 mm.

- Los perfiles de acero no serán de un espesor inferior a 5 mm ni de una sección inferior a 350 mm<sup>2</sup>.

b) Los conductores enterrados, sean de varilla, cable o pletina, deberán tener una sección mínima de 50 mm<sup>2</sup> los de cobre, y 100 mm<sup>2</sup> los de acero. El espesor mínimo de las pletinas y el diámetro mínimo de los alambres de los cables no será inferior a 2 mm los de cobre, y 3 mm los de acero.

c) Las placas o chapas tendrán un espesor mínimo de 2 mm los de cobre, y 3 mm las de acero.

d) En el caso de suelos en los que pueda producirse una corrosión particularmente importante, deberán aumentarse los anteriores valores.

e) Para el cálculo de la sección de los electrodos se remite a lo indicado en el apartado 3.1.

#### 2.7.7.3.2.3.5. Instalación de electrodos.

En la elección del tipo de electrodos, así como de su forma de colocación y de su emplazamiento, se tendrán presentes las características generales de la instalación eléctrica, del terreno, el riesgo potencial para las personas y los bienes.

Se procurará utilizar las capas de tierra más conductoras, haciéndose la colocación de electrodos con el mayor cuidado posible en cuanto a la compactación del terreno.

Se deberá tener presente la influencia de las heladas para determinar la profundidad de la instalación.

#### 2.7.7.3.2.4. Características del suelo y de los electrodos que deben tenerse en cuenta en los cálculos.

##### 2.7.7.3.2.4.1. Resistividad del terreno.

En el apartado 2 de esta Instrucción se indica la necesidad de investigar las características del terreno, para realizar el proyecto de una instalación de tierra. Sin embargo, en las instalaciones de tercera categoría y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno, pudiéndose estimar su resistividad por medio de la tabla 1 siguiente, en las que se dan unos valores orientativos:

TABLA 1

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHMIOS METRO
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a
Limo	30
Humus	20 a 100
Turba húmeda	10 a 150
Arcilla plástica	5 a 100
Margas y arcillas compactas	50
Margas del jurásico	100 a 200
Arena arcillosa	30 a 40
Arena silíceas	50 a 500
Suelo pedregoso cubierto de césped	200 a 3000
Suelo pedregoso desnudo	300 a 500
Calizas blandas	1500 a 3000
Calizas compactas	100 a 300
Calizas agrietadas	1000 a 5000
Pizarras	500 a 1000
Rocas de mica y cuarzo	50 a 300
Granitos y gres procedentes de alteración	800
Granitos y gres muy alterados	1500 a 10000
Hormigón	100 a 600
Basalto o grava	2000 a 3000
	3000 a 5000

## 2.7.7.3.2.4.2. Resistencia de tierra del electrodo.

La resistencia de tierra del electrodo, que depende de su forma y dimensiones y de la resistividad del suelo, se calculará por las fórmulas contenidas en la tabla 2 que sigue:

TABLA 2

TIPO DE ELECTRODO ----- RESISTENCIA EN OHMIOS

Placa enterrada profunda	$R = 0,8 \cdot \frac{\rho}{P}$
Placa enterrada superficial.	$R = 0,16 \cdot \frac{\rho}{P}$
Pica vertical	$R = \frac{\rho}{P}$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \cdot \frac{\rho}{P}$
Malla de tierra	$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$

Siendo:

R = resistencia de tierra del electrodo en ohmios.

$\rho$  = resistividad del terreno de ohmios x metro.

P = perímetro de la placa en metros.

L = longitud en metros de la pica o del conductor, y en malla la longitud total de los conductores enterrados.

r = radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

## 2.7.7.3.2.4.3. Efecto de la humedad.

Cuando la humedad del terreno varíe considerablemente de unas épocas del año a otras se tendrá en cuenta esta circunstancia al dimensionar y establecer el sistema de tierra. Se podrán usar recubrimientos de gravas como ayuda para conservar la humedad del suelo.

#### 2.7.7.3.2.4.4. Efecto de la temperatura.

Al alcanzar el suelo temperaturas inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$  aumenta mucho su resistividad. Por ello en zonas con peligro de heladas los electrodos se enterrarán a una profundidad que no alcance esa temperatura o se tendrá en cuenta esta circunstancia en el cálculo.

#### 2.7.7.3.2.5. Determinación de las intensidades de defecto para el cálculo de las tensiones de paso y contacto.

El proyectista deberá tener en cuenta los posibles tipos de defectos a tierra y las intensidades máximas en los distintos niveles de tensiones existentes en la instalación y tomará el valor más desfavorable.

Para el cálculo de las intensidades de defecto y de puesta a tierra, se ha de tener en cuenta la forma de conexión del neutro a tierra, así como la configuración y características de la red durante el período subtransitorio.

En el caso de red con neutro a tierra, bien rígido o a través de una impedancia, se considerará a efectos del cálculo de la tensión aplicada de contacto o paso, la intensidad de la corriente de puesta a tierra (IE) que provoca la elevación del potencial de la instalación a tierra. En instalaciones de 100 kV o superior con neutro rígido a tierra, se utilizará el 70 % del valor de IE, al tener en cuenta la escasa probabilidad de coincidencia de las condiciones más desfavorables.

En el caso de red con neutro aislado, la intensidad que se considera para el cálculo de la tensión aplicada de contacto o paso será el producto de la intensidad capacitiva de defecto a tierra ( $I_c$ ) por un factor de reducción (K) igual a la relación entre la intensidad de la corriente que contribuye a la elevación del potencial de la instalación de tierra y la homopolar del sistema hacia la falta.

Lo anteriormente expuesto se indica en la tabla siguiente:

TABLA 3

## INTENSIDADES DE DEFECTO PARA EL CÁLCULO.

TIPO DE CONEXIÓN DEL NEUTRO	CORRIENTE UTILIZABLE PARA EL CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO
Aislado	$K \cdot I_c$
A través de impedancia	$I_E$
Rígido a ) $U_n < 100 \text{ kV}$ tierra ) $U_n \geq 100 \text{ kV}$	$I_E$ $0,7 I_E$

## 2.7.7.3.2.6. Instrucciones generales de puesta a tierra.

## 2.7.7.3.2.6.1. Puestas a tierra de protección.

Se pondrán a tierra las partes metálicas de una instalación que no estén en tensión normalmente pero que puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Salvo las excepciones señaladas en los apartados correspondientes de este reglamento, se pondrán a tierra los siguientes elementos:

- a) Los chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- b) Los envolventes de los conjuntos de armarios metálicos.

- c) Las puertas metálicas de los locales.
- d) Las vallas y cercas metálicas.
- e) Las columnas, soportes, pórticos, etc.
- f) Las estructuras y armaduras metálicas de los edificios que contengan instalaciones de alta tensión.
- g) Los blindajes metálicos de los cables.
- h) Las tuberías y conductos metálicos.
- i) Las carcasas de transformadores, generadores, motores y otras máquinas.
- j) Hilos de guarda o cables de tierra de las líneas aéreas

#### 2.7.7.3.2.6.2. Puestas a tierra de servicio.

Se conectarán a tierra los elementos de la instalación necesarios y entre ellos:

- a) Los neutros de los transformadores, que lo precisan en instalaciones o redes con neutro a tierra de forma directa o a través de resistencias o bobinas.
- b) El neutro de los alternadores y otros aparatos o equipos que lo precisen.
- c) Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.
- d) Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, para eliminación de sobretensiones o descargas atmosféricas.
- e) Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

### 6.3 Interconexión de las instalaciones de tierra.

Las puestas a tierra de protección y de servicio de una instalación deberán interconectarse, constituyendo una instalación de tierra general.

Excepcionalmente, de esta regla general deben excluirse aquellas puestas a tierra a causa de las cuales puedan presentarse en algún punto tensiones peligrosas para las personas, bienes o instalaciones eléctricas.

En este sentido se preverán tierras separadas, entre otros, en los casos siguientes:

- Los señalados en la presente Instrucción para Centros de Transformación.
- Los casos en que fuera conveniente separar de la instalación de tierra general los puntos neutros de los devanados de los transformadores.
- Los limitadores de tensión de las líneas de corriente débil (telefónicas, telegráficas, etc.) que se extienden fuera de la instalación.

En las instalaciones en las que coexistan instalaciones de tierra separadas o independientes, se tomarán medidas para evitar el contacto simultáneo inadvertido con elementos conectados a instalaciones de tierra diferentes, así como la transferencia de tensiones peligrosas de una a otra instalación.

En las instalaciones en las que coexistan instalaciones de tierra separadas o independientes, se tomarán medidas para evitar el contacto simultáneo inadvertido con elementos conectados a instalaciones de tierra diferentes, así como la transferencia de tensiones peligrosas de una a otra instalación.

#### 2.7.7.3.2.7. Disposiciones particulares de puesta a tierra.

En la puesta a tierra de los elementos que a continuación se indican, es preciso tener en cuenta las siguientes disposiciones:



#### 2.7.7.3.2.7.1. Descargadores de sobretensiones.

La puesta a tierra de los dispositivos utilizados como descargadores de sobretensiones se conectará a la puesta a tierra del aparato o aparatos que protejan.

Estas conexiones deben realizarse procurando que su recorrido sea mínimo y sin cambios bruscos de dirección.

La resistencia de puesta a tierra asegurará, en cualquier caso, que para las intensidades de descarga previstas, las tensiones a tierra de estos dispositivos no alcancen valores que puedan ser origen de tensiones de retorno o transferidas de carácter peligroso para otras instalaciones o aparatos igualmente puestos a tierra.

Los conductores empleados para la puesta a tierra del descargador o descargadores de sobretensiones no serán de acero, ni se dispondrán sobre ellos cintas ni tubos de protección de material magnético.

#### 2.7.7.3.2.7.2. Seccionadores de puesta a tierra.

En las instalaciones en las que existan líneas aéreas de salida no equipadas con cable a tierra, pero equipadas con seccionadores de puesta a tierra conectados a la tierra general, deberán adoptarse las precauciones necesarias para evitar la posible transferencia a la línea de tensiones de contacto peligrosas durante los trabajos de mantenimiento en la misma.

#### 2.7.7.3.2.7.3. Conjuntos protegidos por envolvente metálica.

En los conjuntos protegidos por envolvente metálica deberá existir una línea de tierra común para la puesta a tierra de la envolvente, dispuesta a lo largo de toda la aparamenta. La sección mínima de dicha línea de tierra será de 35 mm<sup>2</sup>, si es de cobre, y para otros materiales tendrá la sección equivalente de acuerdo con lo dictado en la presente Instrucción.

Las envolventes externas de cada celda se conectarán a la línea de tierra común, como asimismo se hará con todas las partes metálicas que no formen parte de un circuito principal o auxiliar que deban ser puestas a tierra.

A efectos de conexión a tierra de las armaduras internas, tabiques de separación de celdas, etc., se considera suficiente para la continuidad eléctrica, su conexión por tornillos o soldadura. Igualmente las puertas de los compartimentos de alta tensión deberán unirse a la envolvente de forma apropiada. Las piezas metálicas de las partes extraíbles que están normalmente puestas a tierra, deben mantenerse puestas a tierra mientras el aislamiento entre los contactos de un mismo polo no sea superior, tanto a frecuencia industrial como a onda de choque, al aislamiento a tierra o entre polos diferentes. Estas puestas a tierra deberán producirse automáticamente.

#### 2.7.7.3.2.7.4. Elementos de la construcción.

Los elementos metálicos de la construcción en edificaciones que alberguen instalaciones de alta tensión, deberán conectarse a tierra de acuerdo con las siguientes normas:

En los edificios de estructura metálica los elementos metálicos de la estructura deberán ser conectados a tierra. En estas construcciones, los restantes elementos metálicos como puertas, ventanas, escaleras, barandillas, tapas y registros, etc., así como las armaduras en edificios de hormigón armado, deberán ser puestas a tierra cuando pudieran ser accesibles y ponerse en tensión por causa de defectos o averías.

Cuando la construcción estuviera realizada con materiales, tales como hormigón en masa, ladrillo o mampostería, no es necesario conectar a tierra los elementos metálicos anteriormente citados, más que cuando pudieran ponerse en tensión por causa de defecto o averías, y además pudieran ser alcanzados por personas situadas en el exterior de los recintos de servicio eléctrico.

#### 2.7.7.3.2.7.5. Elementos metálicos que salen fuera de la instalación.

Los elementos metálicos que salen fuera del recinto de la instalación, tales como raíles y tuberías, deben estar conectados a la instalación de tierra general en varios puntos si su extensión es grande.

Será necesario comprobar si estos elementos pueden transferir al exterior tensiones peligrosas, en cuyo caso deben adoptarse las medidas necesarias para evitarlo mediante juntas aislantes, u otras medidas, si fuera necesario.

#### 2.7.7.3.2.7.6. Vallas y cercas metálicas.

Para su puesta a tierra pueden adoptarse diversas soluciones en función de las dimensiones de la instalación y características del terreno:

- a) Pueden ser incluidas dentro de la instalación de tierra general y ser conectadas a ellas.
- b) Pueden situarse distantes de la instalación de tierra general y conectarse a una instalación de tierra separada o independiente.
- c) Pueden situarse distantes de la instalación de tierra general y no necesitar instalación de tierra para mantener los valores fijados para las tensiones de paso y contacto.

#### 2.7.7.3.2.7.7. Centros de transformación

##### 2.7.7.3.2.7.7.1. Separación de la tierra de los neutros.

Para evitar tensiones peligrosas provocadas por defectos en la red de alta tensión, los neutros de baja tensión de las líneas que salen fuera de la instalación general, pueden conectarse a una tierra separada.

#### 2.7.7.3.2.7.7.2. Aislamiento entre las instalaciones de tierra.

Cuando, de acuerdo con lo dicho en el apartado anterior, se conecten los neutros de baja tensión a una tierra separada de la tierra general del centro, se cumplirán las siguientes prescripciones:

a) Las instalaciones de tierra deberán aislarse entre sí para la diferencia de tensiones que pueda aparecer entre ambas.

b) El conductor de conexión entre el neutro de baja tensión del transformador y su electrodo de tierra ha de quedar aislado dentro de la zona de influencia de la tierra general. Dicha conexión podrá realizarse conectando al electrodo directamente, un punto del conductor neutro y estableciendo los aislamientos necesarios.

c) Las instalaciones de baja tensión en el interior de los centros de transformación poseerán, con respecto a tierra, un aislamiento correspondiente a la tensión señalada en el punto a).

En el caso de que el aislamiento propio del equipo de baja tensión alcance este valor, todos los elementos conductores del mismo que deban ponerse a tierra como canalizaciones, armazón de cuadros, carcasas de aparatos, etc., se conectarán a la tierra general del centro, uniéndose a la tierra separada solamente los neutros de baja tensión.

Cuando el equipo de baja tensión no presente el aislamiento indicado anteriormente, los elementos conductores del mismo que deban conectarse a tierra, como canalizaciones, armazón de cuadros, carcasas de aparatos, etc., deberán montarse sobre aisladores de un nivel de aislamiento correspondiente a la tensión señalada en el punto a). En este caso, dichos elementos conductores se conectarán a la tierra del neutro de baja tensión, teniendo entonces especial cuidado con las tensiones de contacto que puedan aparecer.

d) Las líneas de salida de baja tensión deberán aislarse dentro de la zona de influencia de la tierra general teniendo en cuenta las tensiones señaladas en el punto a).

Cuando las líneas de salida sean en cable aislado con envolventes conductoras, deberán tenerse en cuenta la posible transferencia al exterior de tensiones a través de dichas envolventes.

#### 2.7.7.3.2.7.3. Redes de baja tensión con neutro aislado.

Cuando en la parte de baja tensión el neutro del transformador esté aislado o conectado a tierra por una impedancia de alto valor, se dispondrá limitador de tensión entre dicho neutro y tierra o entre una fase y tierra, si el neutro no es accesible.

#### 2.7.7.3.2.7.7.4. Centros de transformación conectados a redes de cables subterráneos.

En los centros de transformación alimentados en alta tensión por cables subterráneos provistos de envolventes conductoras unidas eléctricamente entre sí, se conectarán todas las tierras en una tierra general en los dos casos siguientes:

a) Cuando la alimentación en alta tensión forma parte de una red de cables subterráneos con envolventes conductoras, de suficiente conductividad.

b) Cuando la alimentación en alta tensión forma parte de una red mixta de líneas aéreas y cables subterráneos con envolventes conductoras, y en ella existen dos o más tramos de cable subterráneo con una longitud total mínima de 3 km con trazados diferentes y con una longitud cada uno de ellos de más de 1 km.

En las instalaciones conectadas a redes constituidas por cables subterráneos con envolventes conductoras de suficiente sección, se pueden utilizar como electrodos de tierra dichas envolventes, incluso sin la adición de otros electrodos de tierra.

#### 2.7.7.3.2.8. Medidas y vigilancia de las instalaciones de puesta a tierra.

##### 2.7.7.3.2.8.1. Mediciones de las tensiones de paso y contacto aplicadas.

El Director de Obra deberá verificar que las tensiones de paso y contacto aplicadas están dentro de los límites admitidos con un voltímetro de resistencia interna de mil ohmios.

Los electrodos de medida para simulación de los pies deberán tener una superficie de 200 cm<sup>2</sup> cada uno y deberán ejercer sobre el suelo una fuerza mínima de 250 N cada uno.

Se emplearán fuentes de alimentación de potencia adecuada para simular el defecto, de forma que la corriente inyectada sea suficientemente alta, a fin de evitar que las medidas queden falseadas como consecuencia de corrientes vagabundas o parásitas circulantes por el terreno.

Consecuentemente, y a menos que se emplee un método de ensayo que elimine el efecto de dichas corrientes parásitas, por ejemplo, método de inversión de la polaridad, se procurará que la intensidad inyectada sea del orden del 1 por 100 de la corriente para la cual ha sido dimensionada la instalación y en cualquier caso no inferior a 50 A para centrales y subestaciones y 5 A para centros de transformación.

Los cálculos se harán suponiendo que existe proporcionalidad para determinar las tensiones posibles máximas.

Para instalaciones de tercera categoría que respondan a configuraciones tipo, como es el caso de la mayoría de los centros de transformación, el Órgano territorial competente podrá admitir que se omita la realización de las anteriores mediciones, y sustituyéndolas por la correspondiente a la resistencia de puesta a tierra, si se ha establecido la correlación, sancionada por la práctica, en situaciones análogas, entre tensiones de paso y contacto y resistencia de puesta a tierra.

#### 2.7.7.3.2.8.2. Vigilancia periódica.

Las instalaciones de tierra serán revisadas, al menos, una vez cada tres años a fin de comprobar el estado de las mismas.

#### 2.7.7.4. Prescripciones recogidas en el R.L.A.T.

##### 2.7.7.4.1. Conexión de los apoyos a tierra. (Art. 12.6)

Los apoyos de las líneas eléctricas de alta tensión deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con las normas que en el presente apartado se dictan , determinadas, teniendo en cuenta las características que pueden influir en:

- a) La magnitud de la caída de tensión en la toma de tierra durante las descargas.
- b) La duración de las descargas a tierra.
- c) La probabilidad de contactos con las personas; y
- d) La probabilidad de fallo del aislamiento.

Deberán conectarse a tierra, mediante una conexión específica, todos los apoyos metálicos y de hormigón armado, así como las armaduras metálicas de los de madera en líneas de primera categoría, cuando formen, puente conductor entre los puntos de fijación de los herrajes de los diversos aisladores.

En el caso de líneas equipadas con protecciones de la sensibilidad necesaria para detectar faltas francas a tierra en cualquier punto de la línea averiada en un tiempo muy breve, podrá omitirse la prescripción del párrafo anterior, en los casos siguientes:

a) En los apoyos de hormigón armado, así como en los metálicos implantados directamente en el terreno, situados en zonas no frecuentadas y no equipados con cables de tierra, puede prescindirse de la puesta a tierra de la puesta a tierra de los apoyos en líneas de tensiones nominales de : hasta 45 kV. Para los primeros y de hasta 20 kV. Para los segundos, ambas tensiones incluidas.

b) En líneas equipadas con cables de tierra, sea cual fuera el material constituyente del apoyo, deberá disponerse toma de tierra en un apoyo por lo menos cada 500 metros, salvo en los apoyos de seguridad reforzada, que deberán estar siempre conectados a tierra.

La puesta a tierra de los apoyos de hormigón armado podrá efectuarse de las dos formas siguientes:

Conectando a tierra directamente los herrajes o armaduras metálicas a las que estén fijados los aisladores, mediante un conductor de conexión.

Conectando a tierra la armadura del hormigón, siempre que la armadura reúna las condiciones que más adelante se exigen para los conductores, de conexión a tierra. Sin embargo, esta forma de conexión no se admitirá en los apoyos de hormigón pretensado.

Los conductores de conexión a tierra podrán ser de cualquier material metálico que reúna las condiciones exigidas en el apartado 1 artículo 8º. Tendrán una sección tal que puedan soportar sin un calentamiento peligroso la máxima corriente de descarga a tierra prevista, durante un tiempo doble al de accionamiento de las protecciones de la línea.

En ningún caso la sección de estos conductores será inferior a la eléctricamente equivalente a 16 mm<sup>2</sup> de cobre.

Se cuidará la protección de los conductores de conexión a tierra en las zonas inmediatamente superior e inferior al terreno, de modo que queden defendidos contra golpes, etc. En este sentido, cuando en el apoyo exista macizo de hormigón, el conductor no debe tenderse por encima de él, sino atravesarlo.

Las tomas de tierra deberán ser de un material, diseño, dimensiones, colocación en el terreno y número, apropiados para la naturaleza y condiciones del propio terreno, de modo que puedan garantizar una resistencia de difusión, mínima en cada caso y de larga permanencia.

El tipo o modelo, dimensiones y colocación (bajo la superficie del terreno) de los electrodos de difusión deberá figurar claramente en un plano de los que forman el proyecto de la línea, de modo que pueda ser aprobado por el Servicio correspondiente de la Administración.



## 2.7.7.4.2. Art.26.

La resistencia de difusión máxima de la puesta a tierra no excederá de los valores que se obtengan bajo los siguientes criterios, para el caso de que se produjera un paso de corriente a tierra a través del apoyo.

1º.- En el caso en que las protecciones de la línea estuvieran dispuestas para la desconexión rápida de la misma, el umbral de funcionamiento de los dispositivos de protección será, como máximo el 50 por 100 de la intensidad de la corriente originada por la perturbación. Dentro de este criterio y en zonas frecuentadas, la resistencia de difusión de la puesta a tierra de los apoyos no será superior a 20 ohmios. En el caso de que este valor de la resistencia de difusión fuese difícil de obtener, en líneas de segunda y tercera categorías, siempre que estén provistas de protecciones sensibles y rápidas, de acuerdo con lo dicho en el apartado 6 de artículo 12, se admitirá un valor de la resistencia de difusión superior, siempre que se refuerce el aislamiento del apoyo hasta el valor correspondiente al escalón superior de tensión indicado en el artículo 24 para las ondas de choque.

En las zonas de pública concurrencia, además de cumplirse lo anterior, será obligatorio el empleo de electrodos de difusión o tomas de tierra en anillo cerrado, enterrado alrededor de empotramiento del apoyo, a un metro ( 1 m. ) de distancia de las aristas del macizo de la cimentación, o de la superficie exterior del apoyo si no existiese macizo.

Cuando no esté prevista la desconexión rápida mencionada en la condición anterior, la caída de tensión motivada por la corriente de falta, a través de la resistencia de la toma de tierra será de 125 voltios, como máximo.

Deberá obtenerse una resistencia de difusión de 20 ohmios en la puesta a tierra de todos los apoyos que soporten interruptores, seccionadores u otros apartados de maniobra, debiendo estar conectadas a tierra las carcassas y partes metálicas de los mismos. Asimismo, en este caso, se deberán disponer de tomas de tierra de tipo anillo o malla. En el caso de que estos apartados tengan mando a mano para su accionamiento mecánico, éste debe quedar puesto a tierra, recomendándose además que existan aisladores de características adecuadas, instalados entre su palanca de accionamiento y al propio aparato.

Todos los valores referentes a magnitudes eléctricas de la puesta a tierra que se mencionan en el presente apartado, se entenderán medidos en corriente alterna, de 50 o más Hz. y con el cable de tierra - si lo hubiere - conectado en posición de trabajo. Cuando la instalación de cable de tierra tenga por objeto la protección de la línea contra el rayo, la medición deberá realizarse eliminando la influencia del cable de tierra.

Cuando la naturaleza del terreno no sea favorable para obtener una resistencia de difusión reducida en la toma de tierra, podrá recurrirse al tratamiento químico de terreno por alguno de los métodos sancionados por la práctica.

#### 2.7.7.5. Sistema de tierras elegido.

En este caso se ha optado por un único sistema de tierra para el conjunto central y parque de transformación tanto para el circuito de protección, a la que se conectan las partes metálicas de la instalación, los herrajes y la cubeta del transformador, como para la toma de tierra de servicio.

El sistema de tierra será un reticulado instalado en forma horizontal en contacto directo con el terreno, enterrado a una profundidad no inferior a 0,8 m y ocupando toda la superficie de la planta, tanto del edificio de la central (30 x 10 m) como de la subestación adyacente (30 x 8 m), es decir una malla de 540 m<sup>2</sup> con una retícula de 2 x 2 m de lado con un conductor de cobre desnudo de 95 mm<sup>2</sup> de sección.

En el apoyo de entronque y conversión aéreo subterránea de la línea de evacuación se instalará una tierra de protección que constará de un anillo de difusión cuadrado de 4m de lado con 8 picas de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, electrodo enterrado a 0,5 m en configuración 40-40/5/82 y se instalará una losa de hormigón de espesor 20 cm como mínimo y que sobresalga 1,2 del borde de la columna o poste. Dentro de esa losa (plataforma de operador) y hasta un m. del borde de la base de la columna o poste se embebera una mallazo de 4 mm. de diámetro como mínimo formando una retícula de 0,3 x 0,30 m. Este mallazo irá conectado a dos puntos opuestos de la puesta a tierra y tendrá por encima la menos 10 cm de hormigón.

Respetándose todo lo anteriormente citado de obligado cumplimiento como se demuestra en el apartado correspondiente de cálculos justificativos.

## 2.7.8. Baterías de condensadores.

### 2.7.8.1. Introducción.

Ciertos receptores necesitan campos magnéticos para su funcionamiento (motores, transformadores...) y consumen otro tipo de energía denominada energía reactiva.

El motivo es que este tipo de cargas (denominadas inductivas) absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos que necesitan para su funcionamiento y la entregan durante la destrucción de los mismos.

Este trasiego de energía entre los receptores y la fuente provoca pérdidas en los conductores, caídas de tensión en los mismos, y un consumo de energía suplementario que no es aprovechable directamente por los receptores

La conexión de cargas inductivas en una instalación provoca el desfase entre la onda de intensidad y la tensión.

El ángulo  $\varphi$  mide este desfase e indica la relación entre la intensidad reactiva (inductiva) de una instalación y la intensidad activa de la misma. Esta misma relación se establece entre las potencias o energías activa y reactiva.

El  $\cos \varphi$  indicará por tanto la relación entre la potencia activa y la potencia aparente de la instalación (los kVA que se pueden consumir como máximo en la misma).

Por esta razón el  $\cos \varphi$  indicará el “rendimiento eléctrico” de una instalación

Un factor de potencia elevado optimiza los componentes de una instalación eléctrica mejorando su rendimiento eléctrico.

La instalación de condensadores reduce el consumo de energía reactiva entre la fuente y los receptores.

Los condensadores proporcionan la energía reactiva descargando a la instalación desde el punto de conexión de los condensadores aguas arriba.

Como consecuencia es posible aumentar la potencia disponible en el secundario de un transformador MT/BT, instalando en la parte de baja un equipo de corrección del factor de potencia.

La instalación de un equipo de corrección del factor de potencia en una instalación permite reducir la sección de los conductores a nivel de proyecto, ya que para una misma potencia activa la intensidad resultante de la instalación compensada es menor.

La instalación de condensadores permite la reducción de pérdidas por efecto Joule (calentamiento) en los conductores y transformadores.

Estas pérdidas son contabilizadas como energía consumida (kWh) en el contador.

Dichas pérdidas son proporcionales a la intensidad elevada al cuadrado.

#### 2.7.8.2. Condensadores instalados y armario envolvente.

Para optimizar el sistema se colocaran 109 condensadores para compensar el factor de potencia que compensan 16,6 kVA cada uno, dispuestos en dos armarios de 1600 mm de anchura, 2000 mm de altura y 600 mm de profundidad con las siguientes características.

FABRICANTE: Merlin Gerin.

MODELO: Varplus<sup>2</sup>

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

- Tensión nominal del condensador: 690 V trifásico, 50 Hz.
- Sistema de seguridad HQ en el interior de cada elemento monofásico:
- Protección frente a corrientes elevadas mediante fusible interno HPC.
- Protección frente a corrientes de pequeña intensidad por medio de la combinación para cada elemento monofásico de la membrana de sobrepresión + fusible interno
- HPC.
- Tolerancia sobre el valor de la capacidad: -5, +10 %.
- Clase de aislamiento:
- Resistencia a 50 Hz 1 minuto: 4 kV.
- Resistencia a onda de choque 1,2/ 50  $\mu$ s: 12 kV.
- Test de tensión: 2,15 Un durante 10 segundos.

- Máximas sobrecargas admisibles a tensión servicio de red según UNE-EN 60831-1-2:
- Corriente: 30 % en permanencia.
- Tensión: 10 % (8 horas sobre 24 horas).
- Resistencia interna de descarga incorporada: inferior a 50 V en 1 minuto.
- Pérdidas: inferiores a 0,5 W/kVAr (incluyendo resistencias de descarga).
- Clase de temperatura D (+55 °C):
- Máximo: 55 °C.
- Media sobre 24 horas: 45 °C.
- Media sobre 1 año: 35 °C.
- Mínima: -25 °C.
- Color:
- Condensadores: RAL 9005.
- Zócalo y cubrebornes: RAL 7030.
- Normativa:
- UNE-EN 60831-1-2.
- CSA 22-2 N.o 190.
- UL 810.
- Servicio interior.
- Índice de protección:
- IP00 sin cubrebornes.
- IP20 o IP42 con cubrebornes.
- No es necesaria conexión a tierra.
- Terminales: 3 M8.

Referencia	Q (kVAr) 690 V
51359	11
51361	14,6
51363	16,6



Varplus<sup>2</sup> IP00.



Varplus<sup>2</sup> IP42.

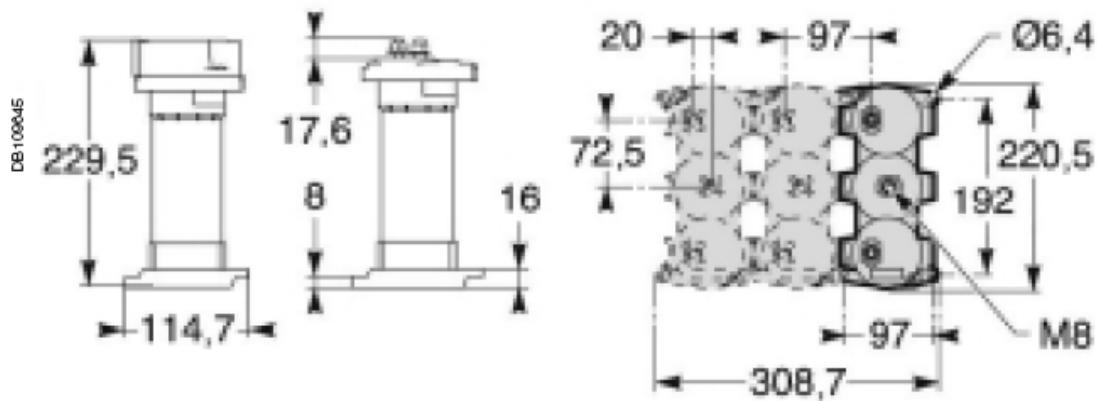


Cubrebornes.



Conjunto Varplus<sup>2</sup>  
IP42

DIMENSIONES:



Peso: 2,5 kg.

INSTALACIÓN

No hay ninguna restricción, excepto en posición vertical y con los bornes hacia abajo.

Fijación mediante tornillos/tuercas de M6.

Los condensadores se colocaran en dos armarios con las siguientes características:

Fabricante: Merlin Gerin.

MODELO: Armarios Varset A4

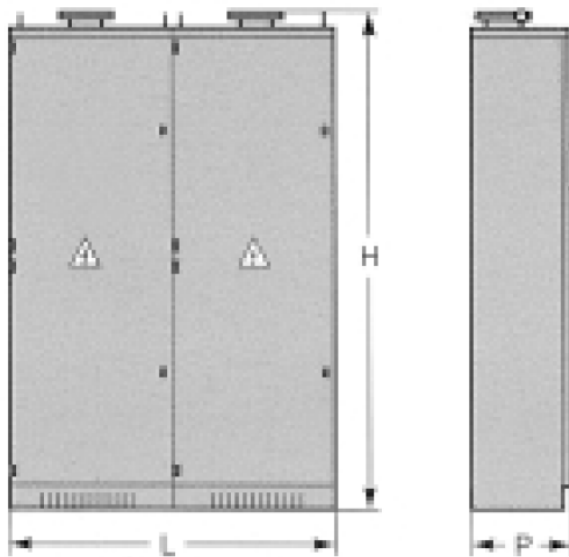
CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES:

Altura: 2.000 mm.

Anchura: 1600 mm.

Profundidad: 500 mm.

Peso máximo aproximado: 400 Kg



Varset, armarios T3 y T4.

## 2.7.9. Baterías de acumuladores de corriente continua y equipo de carga.

### 2.7.9.1. Generalidades.

Los sistemas de protección y control de las instalaciones eléctricas de alta tensión se alimentaran mediante corriente continua procedente de baterías de acumuladores asociados con sus cargadores alimentados por corriente alterna. Se exceptúan de esta obligación las instalaciones de centros de transformación de 3ª categoría y aquellos casos en los que se justifique debidamente no ser necesario su empleo.

En condiciones normales de explotación, el equipo de carga de la batería será capaz de suministrar los consumos permanentes y además de mantener la batería en condiciones óptimas.

En caso de falta de corriente alterna de alimentación al equipo de carga o fallo por avería del mismo, deberá ser la propia batería de acumuladores la encargada de efectuar el suministro de corriente continua a los sistemas de protección y control de instalación.

El proyectista deberá fijar el tiempo de autonomía en estas condiciones, teniendo en cuenta las particularidades que concurren en sus sistemas de control y protección, así como la tensión mínima que deberá mantenerse al final de la descarga de la batería, que deberá coincidir con la tolerancia de los equipos alimentados por la misma.

### 2.7.9.2. Tensiones nominales.

En el diseño de los sistemas de protección y control, se tendrá en cuenta la normalización de las tensiones nominales de corriente continua que se establece a continuación: 12 - 24 - 48 - 125 - 220 voltios.

Las citadas tensiones nominales serán utilizadas como referencia por el usuario y permitirán definir el número de elementos de acumulador que contendrá la batería, así como la tensión de flotación que deberá suministrar el equipo de carga.



### 2.7.9.3. Elección de las baterías de acumuladores.

#### 2.7.9.3.1. Tipos de baterías de acumuladores.

Los tipos de baterías de acumuladores que se utilizaran normalmente serán los siguientes:

- Baterías ácidas, también denominadas de plomo, en las versiones de vaso abierto o cerrado.
- Baterías alcalinas en las versiones de vaso semiestanco o hermético.

#### 2.7.9.3.2. Datos básicos para su elección.

En la elección del tipo de baterías, se tendrá en cuenta el valor de los puntas de descarga, el consumo permanente y la capacidad de las baterías. Se emplearan baterías de tipo lento cuando las puntas sean pequeñas en relación con el consumo permanente y baterías de descarga rápida cuando las puntas sean importantes en relación con el citado consumo permanente.

### 2.7.9.4. Instalación.

En los proyectos y posteriores realizaciones de instalaciones de baterías de acumuladores, han de tenerse en cuenta dos aspectos fundamentales:

- Requisitos mínimos que han de reunir los locales destinados a su emplazamiento.
- Condiciones mínimas que han de cumplirse en las instalaciones propiamente dichas de las mismas.

#### 2.7.9.4.1 Locales.

Las baterías de acumuladores eléctricos que puedan desprender gases corrosivos o inflamables en cantidades peligrosas.

Se emplazaran de acuerdo con las recomendaciones siguientes:

- El local de su instalación estará destinado exclusivamente a este fin, será seco y bien ventilado a ser posible con ventilación natural.
- El local estar protegido contra temperaturas extremas y aislado, en lo posible, de aquellos lugares o instalaciones donde se puedan producir vapores, gases, polvo, trepidaciones u otros agentes nocivos.
- Cuando la batería de acumuladores sea ácida y los vasos de la misma sean abiertos, se evitara la comunicación directa entre el local de instalación de la batería de acumuladores y las salas de maquinas o locales donde se hallen instalados los cuadros u otros equipos eléctricos cuyos aparatos puedan ser afectados en su funcionamiento por los gases corrosivos procedentes de la batería.
- Los materiales empleados en la construcción de los locales destinados a la instalación de la batería de acumuladores serán resistentes bien por si mismos, o bien mediante preparación por recubrimientos adecuados, a la acción de los gases que puedan desprender los acumuladores. Este extremo se tendrá particularmente en cuenta en el pavimento, el cual se recomienda disponerlo con una ligera pendiente y un drenaje en forma tal que permita la evacuación en caso de derrame del electrolito y facilite su lavado con agua abundante.

Cuando la batería de acumuladores no despida gases corrosivos o inflamables en cantidades peligrosas

(Como puede ser los de tipo alcalino o ácido en vasos cerrados y herméticos), se podrán emplazar en locales debidamente ventilados, destinados a otros fines (salas de relés, control o similares) recomendándose su instalación en el interior de armarios metálicos. Dichos armarios pueden llevar o no incorporados los equipos de carga.

#### 2.7.9.4.2. Condiciones de la instalación.

La instalación de los acumuladores debe ser tal, que permita el eventual relleno de electrolito, la limpieza y la sustitución de elementos sin riesgo de contactos accidentales peligrosos para el personal de trabajo.

En lugar visible del local en que este instalada la batería de acumuladores o en el interior de los armarios metálicos, cuando la instalación sea de este tipo, se dispondrá un cartel donde estén debidamente especificadas las características principales de la batería, así como las instrucciones precisas para realizar sus cargas periódicas y su mantenimiento.

##### 2.7.9.4.2.1. Baterías ácidas abiertas.

En el caso de que la instalación se realice en locales destinados exclusivamente a contener acumuladores del tipo ácido, con vasos abiertos, se tendrá además en cuenta que los pasillos intermedios de acceso no podrán tener un ancho inferior a 75 cm.

Los acumuladores estarán aislados de sus soportes y estos del suelo mediante piezas de materias aislantes no higroscópicas, permitiéndose la utilización de maderas tratadas.

En estos locales no existirá otra instalación eléctrica además de la propia de la batería, que la correspondiente al alumbrado, que se realizara según lo indicado en la instrucción MI BT 027 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Se prohíbe expresamente el uso de cualquier tipo de toma de corriente.

Las protecciones eléctricas a las que se refiere el apartado 5º de esta Instrucción se situaran fuera de estos locales y las conexiones de salida hasta estas protecciones se realizara tomando las debidas precauciones para evitar cortocircuitos.

Se recomienda disponer en estos locales de espacio para almacenar el electrolito, así como de un grifo y pila de agua corriente que permita el rápido lavado del personal que incidentalmente haya tenido contacto con los ácidos.

#### 2.7.9.4.2.2. Baterías alcalinas o ácidas en vasos cerrados.

Las baterías de acumuladores alcalinas o ácidas en vasos cerrados, que estén instaladas en armarios metálicos, podrán ubicarse a la intemperie siempre que dichos armarios metálicos sean apropiados para este tipo de instalación y estén dotados de ventilación adecuada y provista de un aislamiento térmico que evite temperaturas peligrosas.

#### 2.7.9.5. Protecciones eléctricas de la batería de acumuladores.

Como norma general de los dos polos de la batería de acumuladores estarán aislados de tierra.

Las protecciones mínimas que deberán ser previstas son:

- A la salida de la batería de acumuladores y antes de las barras de distribución deben instalarse cartuchos fusibles calibrados o interruptor automático.
- Sobre las barras de distribución se instalara un detector de tierras que como mínimo facilite una alarma preventiva en caso de una eventual puesta a tierra de cualquier polo.
- Todos los circuitos a los distintos servicios deben ir equipados con cartuchos fusibles calibrados o con interruptores automáticos.
- Se instalara un dispositivo detector que indique la falta de alimentación a la batería.
- Se instalaran sistemas de alarma de falta de corriente continua en los circuitos esenciales, tales como protección y maniobra.

#### 2.7.9.6. Equipo de carga de baterías de acumuladores.

Las baterías de acumuladores deberán ir asociadas a un equipo de carga adecuado, que cumpla las siguientes condiciones mínimas:

- En régimen de flotación debe ser capaz de mantener la tensión de flotación en bornas de batería dentro de una banda de fluctuación de  $\pm 1$  %, para una variación del  $\pm 10$  % de la tensión de alimentación, debiendo compensar en las condiciones anteriores, la autodescarga propia de la batería y además dar el consumo permanente del sistema de protección y control de la instalación.
- Habrá que mantener el factor de rizado máximo, en cualquier condición de carga, que exijan los equipos alimentados por el conjunto batería- equipo de carga.
- Estará dotado de un mínimo de alarmas que permitan detectar un mal funcionamiento del equipo.
- El régimen normal de funcionamiento será el de flotación. Si se emplean otros sistemas se justificara debidamente su utilización.

#### 2.7.9.7. Batería y equipo de carga seleccionadas.

Aunque el consumo de todos los relés y aparatos que deben ser alimentados no alcanzan a consumir 100 Ah ,se colocara un conjunto de 10 baterías de 100 Ah , tal como indican las recomendaciones a tener en cuenta, para poder dar suministro durante 2,5 minutos como mínimo a todos los relés y aparatos alimentados con corriente continua en caso de interrupción del suministro con una tensión de 120V.

Se implementará así mismo el correspondiente equipo de carga con su correspondiente armario, habilitado por le fabricante de la batería, donde estarán ubicadas dichas baterías.

Las características de las baterías y el equipo de carga son las siguientes:

Fabricante: Zigor

Baterías:

Código: 18050

Referencia: 12HRA100(12V-100AH).

Modelo: HRA

Tensión	Capacidad Régimen 20 horas		Dimensiones			Borne	
	(AH)	Vatios @ 15 min.	L Mm.	A Mm.	H (con borne) Mm.	Peso Kg.	Tipo
12	100	390	330	175	220	31	ST7

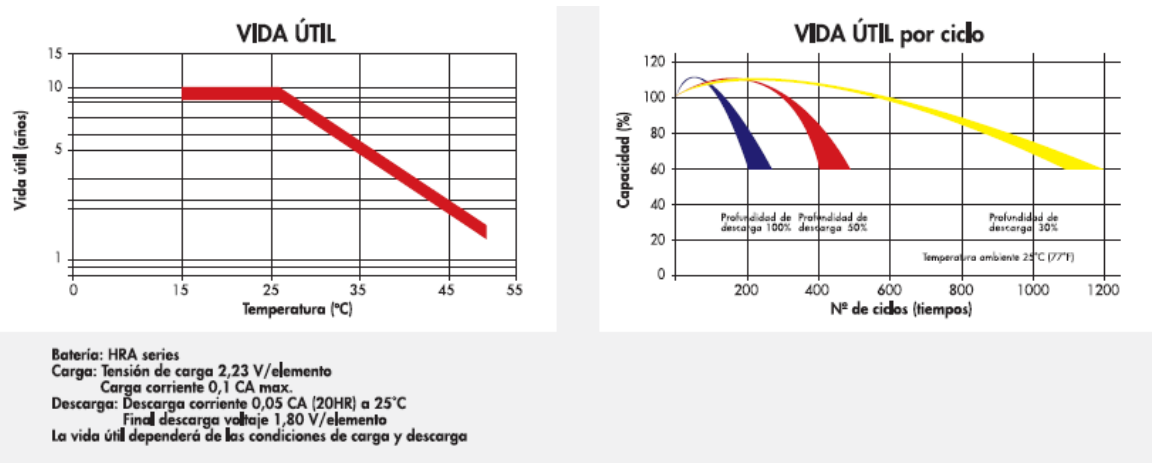
Vida útil superior a 10 años (a 25°C)

Separadores AGM.

Envolvente ABS estándar (UL94HB).

Libre de mantenimiento.

Temperatura de funcionamiento de -30°C a +45°C.



Equipo de carga

Modelo: MIT NG 3 de 12 V.

Descripción:

La gama MIT NG está formada por rectificadores-cargadores de batería de tecnología convencional de tiristores, controlados por microprocesador.

Señalización y control:

- Medidas de tensión de batería y utilización
- Medidas de corriente de cargador, batería y utilización
- Monitorización y señalización exhaustiva del estado del cargador
- Alarmas locales con LED y remotas con relés
- Opcional: Pasarela de comunicaciones y telegestión con posibilidad de implantación de diferentes protocolos: MODBUS, SNMP, etc.

La gestión de baterías:

- Carga baterías de Ni Cd y Pb
- Limitación de corriente de cargador y batería
- Regímenes de carga:
  - Níquel-Cadmio: flotación, carga rápida automática, carga manual
  - Plomo: flotación, carga manual
  - Aislamiento galvánico

- > Puente completo de Tiristores.
- > Bobina de aislamiento.
- > Protección magnetotérmica de entrada.
- > Protección por varistores en entrada y salida.

Características:

#### Intensidad

TENSIONES DE SALIDA	MODELO	5	7.5	10	15	25	35	50	75	100	125
12 V	MIT NG 3										

**Características eléctricas:**

Tensión nominal de entrada: 400V +10 –15% (Trifásica).

Frecuencia de entrada: 50 Hz/ 60 Hz  $\pm$  5%

Tensión de rizado con baterías: Vdc  $\pm$ 1,5 %

Estabilidad de tensión de carga:  $\pm$ 1 %

Temperatura de funcionamiento: 0 – 45°C

Limitación de corriente de cargador: 100%

Limitación de corriente de carga de batería: Configurable

Paralelable: Sí

**Características mecánicas:**

Alto (mm): 1050-2000.

Ancho (mm): 550-800.

Fondo (mm): 320-600.

Grado de protección: IP20.

Ventilación: Convección natural.

**Normativas:**

Marcado: CE

Directivas: 73/23/CEE-93/68/CEE / (2004/108/CEE)

Normativas: EN 50178 (1998) / EN 61000-6-4 (2001) / EN 61000-6-2 (2001)

EN 61000-3-2. EN 61000-3-3





## **2.8. INSTALACIONES INTERIORES.**

### 2.8.1. Situación de las instalaciones.

Las instalaciones eléctricas de interior podrán estar situadas en:

a) Edificios destinados a alojar en su interior estas instalaciones en independientemente de cualquier local o edificio destinado a otros usos. Estos edificios podrán tener paredes colindantes con edificios, locales o recintos destinados a almacenes, talleres, servicios, oficinas, etc., afectos al servicio de la instalación, o a viviendas del personal de servicio, si lo hubiere. En estos casos, el local destinado a albergar la instalación eléctrica, tendrá entradas para personal y equipos, independientes de las de otros locales.

b) Locales o recintos destinados a alojar en su interior estas instalaciones, situadas en el interior de edificios destinados a otros usos.

En este proyecto por un edificio del tipo del caso a), un edificio destinado únicamente la central y sin tener ningún edificio colindante.

### 2.8.2. Condiciones generales para los locales y edificios.

#### 2.8.2.1. Inaccessibilidad.

Los edificios o locales destinados a alojar en su interior instalaciones de alta tensión deberán disponerse de forma que queden cerrados de tal manera que se impida el acceso de las personas ajenas al servicio.

Las puertas de acceso al recinto en que estén situados los equipos de alta tensión y se usen para el paso del personal de servicio, serán en general abatibles y abrirán siempre hacia el exterior del recinto. Cuando estas puertas abran sobre caminos públicos, deberán poder abatirse sobre el muro exterior de fachadas.

Se admitirá el empleo en tales recintos de otro tipo de puertas, siempre que puedan quedar abiertas mientras exista en el interior personal de servicio. En estos casos, deberán existir en tales entradas unas protecciones que sean fácilmente franqueables desde el interior y que dificulten el acceso desde el exterior.

#### 2.8.2.2 Pasos y accesos.

Todos los lugares de paso tales como salas, pasillos, escaleras, rampas, salidas, etc., deben ser de dimensiones y trazado adecuados y correctamente señalizados y deben estar dispuestos de forma que su tránsito sea cómodo y seguro y no se vea impedido por la apertura de puertas o ventanas o por la presencia de objetos que puedan suponer riesgos o que dificulten la salida en casos de emergencia.

En las proximidades de elementos con tensión o de máquinas en movimiento no protegidas se prohíbe el uso de pavimentos deslizantes.

Los recintos donde existan instalaciones de alta tensión dispondrán de puerta o puertas o salidas, de tal forma que su acceso sea lo más corto y directo posible. Si las características geológicas de dicho recinto lo hacen necesario, se dispondrá de más de una puerta de salida. Para salidas de emergencia se admite el uso de barras de deslizamiento, escaleras de partes y otros sistemas similares, siempre que su instalación sea de tipo fijo.

En los centros de transformación sin personal permanente para su servicio de maniobra no será necesario disponer de más de una puerta de salida.

El acceso a los locales subterráneos que tenga que ser utilizado habitualmente varias veces durante el día por el personal de servicio, dispondrá de un paso por medio de una escalera de peldaños normales con el pasamanos correspondiente. En otros casos, el acceso a dichos locales podrá realizarse por medio de una trampilla y por escaleras fijas cuyos peldaños puedan estar situados en un plano vertical, entre los cuales la máxima separación será de 25 cm.

No obstante lo prescrito anteriormente, se podrán utilizar escaleras fijas verticales o de gran pendiente para realizar operaciones de engrase, revisión u otros usos especiales.

Cuando los accesos existentes en el pavimento, destinados a escaleras, pozos o similares estén abiertos, deberán disponerse protecciones señalizadas para evitar accidentes.

Cuando existan puertas destinadas al paso de piezas de grandes dimensiones, se dispondrá otra para la entrada y salida del personal, que podrá ser un postigo que forme parte de aquélla.

El acceso a las máquinas y aparatos principales deberá ser fácil y permitirá colocarlos y retirarlos sin entorpecimiento, exigiéndose la existencia de dispositivos instalados o rápidamente instalables que, en el caso de aparatos pesados, permitan su desplazamiento para su revisión, reparación o sustitución.

En este caso se ha optado por dos accesos uno peatonal y otro de mayor tamaño para acceder con piezas de mayor tamaño.

#### 2.8.2.3 Condiciones y almacenamiento de fluidos combustibles.

Las conducciones de fluidos combustibles, cuyas posibles averías puedan originar escapes de fluido que, por sus características, puedan dar lugar a la formación de atmósferas con riesgo de incendio o explosión, cumplirán los Reglamentos específicos que les sean de aplicación, prohibiéndose terminantemente la colocación de ambas en una misma atarjea o galería de servicio.

El almacenamiento de fluidos combustibles se situará en lugares separados de las instalaciones eléctricas a que se refiere este Reglamento, fuera del paso habitual de personal, en locales ventilados e independientes y cumplirán las disposiciones vigentes que puedan afectarles.

#### 2.8.2.4 Conducciones y almacenamiento de agua.

Las conducciones y depósitos de almacenamiento de agua se instalarán suficientemente alejados de los elementos en tensión y de tal forma que su rotura no pueda provocar averías en las instalaciones eléctricas. A estos efectos, se recomienda disponer las conducciones principales de agua en un plano inferior a las canalizaciones de energía eléctrica, especialmente cuando éstas se construyan a base de conductores desnudos sobre aisladores.

Queda prohibida la instalación de conducciones de agua, calefacción, vapor y de cualquier otro servicio ajeno a la instalación eléctrica en el interior del recinto de los centros de transformación de tercera categoría.

#### 2.8.2.5 Alcantarillado.

La red general de alcantarillado, si existe, deberá estar situada en un plano inferior al de las instalaciones eléctricas subterráneas, pero si por causas especiales fuera necesario disponer en un plano inferior alguna parte de la instalación eléctrica, se adoptarán las disposiciones adecuadas para proteger a ésta de las consecuencias de cualquier posible filtración.

#### 2.8.2.6 Canalizaciones.

Para las canalizaciones se aplicará lo establecido en el apartado 5 de la RAT 05.

### 2.8.3. Condiciones generales para las instalaciones.

#### 2.8.3.1 Cuadros y pupitres de control.

Los cuadros y pupitres de control de las instalaciones de alta tensión estarán situados en lugares de amplitud e iluminación adecuados, y cumplirán lo especificado en la RAT 10.

### 2.8.3.2 Celdas.

Cuando en la instalación de alta tensión se utilicen aparatos o transformadores que contengan aceite u otro dieléctrico inflamable con capacidad superior a 50 litros se establecerán tabiques de separación entre ellos, a fin de cortar en lo posible los efectos de la propagación de una explosión y del derrame del líquido.

Estos tabiques de separación deberán ser de material incombustible (clase MO según UNE 23 727) y mecánicamente resistente. Cuando tengan que servir de apoyo a los aparatos presentarán la debida solidez.

Los interruptores de aceite o de otros dieléctricos inflamables, sean o no automáticos, cuya maniobra se efectúe localmente, estarán separados del operador por un tabique o pantalla de material incombustible (clase MO según UNE 23-727-81) y mecánicamente resistente, con objeto de protegerlo contra los efectos de una posible proyección de líquido o explosión en el momento de la maniobra.

### 2.8.3.3. Ventilación.

Para conseguir una buena ventilación en las celdas, locales de los transformadores, etc., con el fin de evitar calentamientos excesivos, se dispondrán entradas de aire adecuadas por la parte inferior y salidas situadas en la parte superior, en el caso en que se emplee ventilación natural.

La ventilación podrá ser forzada, en cuyo caso la disposición de los conductos será la más conveniente según el diseño de la instalación eléctrica, y dispondrán de dispositivos de parada automática para su actuación en caso de incendio.

Los huecos destinados a la ventilación deben estar protegidos de forma tal que impidan el paso de pequeños animales, cuando su presencia pueda ser causa de averías o accidentes y estarán dispuestos o protegidos de forma que en el caso de ser directamente accesibles desde el exterior, no puedan dar lugar a contactos inadvertidos al introducir por ellos objetos metálicos. Deberán tener la forma adecuada o disponer de las protecciones precisas para impedir la entrada del agua.

En los centros de transformación situados en edificios no de uso exclusivo para instalaciones eléctricas, el conducto de ventilación tendrá su boca de salida de forma que el aire expulsado no moleste a los demás usuarios del edificio, empleando, si fuera preciso, ventilación forzada.

#### 2.8.3.4 Paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques de construcción.

Las entradas de las líneas eléctricas aéreas al interior de los edificios que alojan las instalaciones eléctricas de interior se realizarán a través de aisladores pasantes dispuestos de modo que eviten la entrada de agua, o bien utilizando conductores provistos de recubrimientos aislantes.

Las conexiones de alta tensión a través de muros o tabiques en el interior de edificios podrán hacerse por orificios de las dimensiones necesarias para mantener las distancias a masa, bien por medio de aisladores pasantes, o bien utilizando conductores provistos de recubrimientos aislantes.

En el caso en que se usen conductores desnudos, será obligatorio establecer un paso franco para la posible intensidad de defecto desde el dispositivo de apoyo en el muro al sistema de tierras de protección.

#### 2.8.3.5 Señalización.

Toda instalación eléctrica debe estar correctamente señalizada y deben disponerse las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se impidan los errores de interpretación, maniobras incorrectas y contactos accidentales con los elementos en tensión, o cualquier otro tipo de accidente.

A este fin se tendrá en cuenta:

a) Todas las puertas que den acceso a los recintos en que se hallan aparatos de alta tensión, estarán provistas de rótulos con indicación de la existencia de instalaciones de alta tensión.

b) Todas las máquinas y aparatos principales, celdas, paneles de cuadros y circuitos, deben estar diferenciados entre sí con marcas claramente establecidas, señalizados mediante rótulos de dimensiones y estructura apropiadas para su fácil lectura y comprensión. Particularmente deben estar claramente señalizados todos los elementos de accionamiento de los aparatos de maniobra y los propios aparatos, incluyendo la identificación de las posiciones de apertura y cierre, salvo en el caso en que su identificación se pueda hacer claramente a simple vista.

c) Deben colocarse carteles de advertencia de peligro en todos los puntos que por las características de la instalación o su equipo lo requieran.

d) En zonas donde se prevea el transporte de máquinas o aparatos durante los trabajos de mantenimiento o montaje se colocarán letreros indicadores de gálibos y cargas máximas admisibles.

e) En los locales principales, y especialmente en los puestos de mando y oficinas de jefes o encargados de las instalaciones, existirán esquemas de dichas instalaciones, al menos unifilares, e instrucciones generales de servicio.

#### 2.8.4. Otras prescripciones.

##### 2.8.4.1. Alumbrados especiales de emergencia.

En las instalaciones que tengan personal permanente para su servicio de maniobra, así como en aquellas otras que por su importancia lo requieran deberán disponerse los medios propios de alumbrados especiales de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (MI BT 025).

En este caso se ha optado por la colocación de 4 lámparas del fabricante y modelo EH 200 que proporcionan 200 lm durante una hora en caso de fallo de la alimentación garantizando así un mínimo de 120 lm de iluminación en caso de emergencia.

#### 2.8.4.2. Elementos y dispositivos para maniobra.

Para la realización de las maniobras en las instalaciones eléctricas de alta tensión y de acuerdo con sus características, se utilizarán los elementos que sean necesarios para la seguridad del personal. Todos estos elementos deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente.

#### 2.8.4.3. Instrucciones y elementos para prestación de primeros auxilios.

En todas las instalaciones se colocarán placas con instrucciones sobre los primeros auxilios que deben prestarse a los accidentados por contactos con elementos en tensión.

En toda instalación que requiera servicio permanente de personal, se dispondrá de los elementos indispensables para practicar los primeros auxilios en casos de accidente, tales como botiquín de urgencia, camilla, mantas ignífugas, etc., e instrucciones para su uso.

#### 2.8.4.4. Almacenamiento de materiales.

Los locales o recintos que albergan la instalación eléctrica no podrán usarse como lugar de almacenamiento de materiales. Lo mismo se aplica a las celdas de reserva, equipadas o no, así como a partes del edificio en construcción, cuando están próximas a instalaciones en servicio.

#### 2.8.5. Pasillos y zonas de protección.

##### 2.8.5.1. Pasillos de servicio.

La anchura de los pasillos de servicio tiene que ser suficiente para permitir la fácil maniobra e inspección de las instalaciones, así como el libre movimiento por los mismos



de las personas y el transporte de los aparatos en las operaciones de montaje o revisión de los mismos.

Esta anchura no será inferior a la que a continuación se indica según los casos:

- Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un solo lado 1,0 m.
- Pasillos de maniobra con elementos en tensión a ambos lados 1,2 m.
- Pasillos de inspección con elementos en tensión a un solo lado 0,8 m.
- Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados 1,0 m.

Los anteriores valores deberán ser totalmente libres, es decir, medidos entre las partes salientes que pudieran existir, tales como mandos de aparatos, barandillas, etc.

Los elementos en tensión no protegidos que se encuentren sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima «h» sobre el suelo medida en centímetros, igual a:

$$h = 230 + d$$

Siendo «d» el valor correspondiente de la tabla siguiente:

<b>Tensión nominal de la instalación KV ≤</b>	20	30	45	66	110	132	220
<b>«d» en centímetros</b>	20	27	38	57	95	110	185

En las zonas de transporte de aparatos deberá mantenerse una distancia, entre los elementos en tensión y el punto más próximo del aparato en traslado, no inferior a «d», con un mínimo de 40 centímetros.

En cualquier caso, los pasillos deberán estar libres de todo obstáculo hasta una altura de 230 cm.

### 2.8.5.2. Zonas de protección contra contactos accidentales.

Las celdas abiertas de las instalaciones interiores deben protegerse mediante pantallas macizas, enrejados, barreras, bornas aisladas, etc., que impidan el contacto accidental de las personas que circulan por el pasillo con los elementos en tensión de las celdas.

Entre los elementos en tensión y dichas protecciones deberán existir, como mínimo, las distancias que a continuación se indican en función del tipo de la protección, medidas en horizontal y expresadas en centímetros.

- De los elementos en tensión a pantallas o tabiques macizos de material no conductor:

$$A = d$$

- De los elementos en tensión a pantallas o tabiques macizos de material conductor:

$$B = d + 3$$

- De los elementos en tensión a pantallas de enrejados:

$$C = d + 10$$

- De los elementos en tensión a barreras (barandillas, listones, cadenas, etc.):

$$E = d + 20, \text{ con un mínimo de } 80 \text{ cm.}$$

Siendo “d” el valor indicado en la tabla anterior.

Para la aplicación de los anteriores valores es preciso tener en cuenta lo siguiente:

a) Las pantallas, los tabiques macizos y los enrejados, deberán disponerse de modo que su borde superior esté a una altura mínima de 180 cm sobre el suelo del pasillo. Podrán realizarse de forma que dicho borde superior esté a una altura mínima de 100 cm,

pero, si no alcanza los 180 cm, se aplicarán las distancias correspondientes a las barreras. El borde inferior deberá estar a una altura máxima sobre el suelo de 40 cm.

b) Las barreras de listones, barandillas o cadenas, deberán colocarse de forma que su borde superior esté a una altura “X” mínima sobre el suelo de 100 cm. Además, deberá disponerse más de un listón o barandilla para que la altura del mayor hueco libre por debajo del listón superior no supere el 30% de “X” con un máximo de 40 cm.

Cuando en la parte inferior de la celda no existan elementos en tensión, podrá realizarse una protección incompleta, es decir, que no llegue al suelo, a base de pantallas o rejillas, chapas, etc. En este caso, el borde superior de la protección quedará a una altura mínima sobre el suelo según lo indicado en los aparatos 5.2.1 y 5.2.2 anteriores y el borde inferior quedará a una altura sobre el suelo que será como máximo 25 cm menor que la altura del punto en tensión más bajo.

En las instalaciones de celdas abiertas debe establecerse una zona de protección entre el plano de las protecciones de las celdas y los elementos en tensión. La forma y dimensiones mínimas de dichas zonas de protección, se representan rayadas en las figuras adjuntas, con las precisiones que siguen, referidas a la altura y naturaleza de la protección y a las distancias de seguridad indicadas anteriormente.

En recintos no independientes cuando se trate de locales en el interior de edificios industriales siempre que sean instalaciones eléctricas de tercera categoría en celdas bajo envolvente metálica y grado de protección IP 419 (UNE 20 324) y que no contengan aparatos con líquidos combustibles podrán situarse en cualquier punto del local, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- No estar situadas bajo las áreas barridas por puentes-grúas monocarriles, y otros aparatos de manutención.
- Estar rodeadas de una barandilla de protección de un metro de altura y separada horizontalmente un mínimo de un metro de la citada envolvente, de forma que impida la aproximación involuntaria a la instalación.

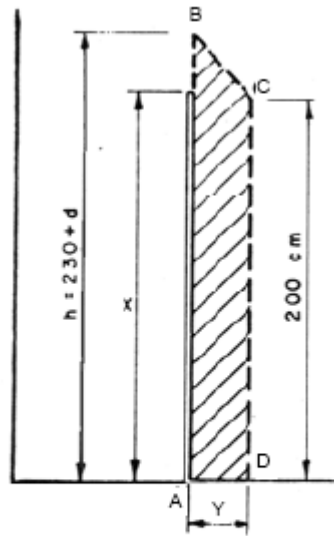


Fig. 1

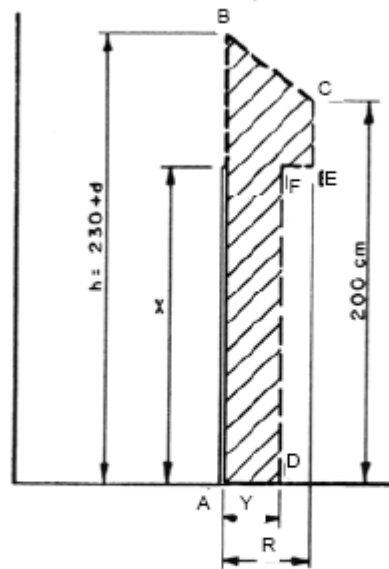


Fig. 2

Tipo de protección	X cm	Y cm	R cm	zona protección
Pantallas o tabiques macizos NO CONDUCTORES	$\geq 200$	A	-	ABCD Fig. 1
	$< 200$ $\geq 180$	A	C	ABCEFD Fig. 2
	$< 180$ $\geq 100$	E	-	ABCD Fig. 1
Pantallas o tabiques macizos CONDUCTORES	$\geq 200$	B	-	ABCD Fig. 1
	$< 200$ $\geq 180$	B	C	ABCEFD Fig. 2
	$< 180$ $\geq 100$	E	-	ABCD Fig. 1
Enrejados	$\geq 180$	C	-	ABCD Fig. 1
	$< 180$ $\geq 100$	E	-	ABCD Fig. 1
Barreras	$\geq 100$	E	-	ABCD Fig. 1

## 2.8.6. Instalaciones interiores de baja tensión.

### 2.8.6.1. Conductores.

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos.

El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior (3-5 %) y la de la derivación individual (1,5 %), de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas (4,5-6,5 %). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en este caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 y su anexo Nacional.

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

#### Sección conductores fase (mm<sup>2</sup>)

#### Sección conductores protección (mm<sup>2</sup>)

$S_f \leq 16$

$S_f$

$16 < S_f \leq 35$

16

$S_f > 35$

$S_f/2$

#### 2.8.6.2. Identificación de conductores.

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

#### 2.8.6.3. Subdivisión de las instalaciones.

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

#### 2.8.6.4. Equilibrado de cargas.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

#### 2.8.6.5. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.

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

<u>Tensión nominal</u> <u>Instalación</u>	<u>Tensión ensayo corriente</u> <u>continua (V)</u>	<u>Resistencia de aislamiento (M<math>\Omega</math>)</u>
MBTS o MBTP	250	$\geq 0,25$
$\leq 500$ V	500	$\geq 0,50$
$> 500$ V	1000	$\geq 1,00$

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

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

#### 2.8.6.6. Conexiones.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

#### 2.8.6.7. Sistemas de instalación.

##### 2.8.6.7.1. Prescripciones Generales.

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

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

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

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

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

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



#### 2.8.6.7.2. Conductores aislados bajo tubos protectores.

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

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

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

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

- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN

- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro

del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

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

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.

- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.

- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

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

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.

- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.

- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.

- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

### 2.8.6.7.3. Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes.

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

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

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.

- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.

- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.

- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.

- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.

- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

#### 2.8.6.7.4. Conductores aislados enterrados.

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

#### 2.8.6.7.5. Conductores aislados directamente empotrados en estructuras.

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

#### 2.8.6.7.6. Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 2.8.6.7.7. Conductores aislados bajo canales protectoras.

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

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

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

conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

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

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

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

#### 2.8.6.7.8. Conductores aislados bajo molduras.

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

Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

- Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.

- La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm<sup>2</sup> serán, como mínimo, de 6 mm.

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

- Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.

- Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima

de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.

- En el caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.

- Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.

- Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.

- Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.

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

#### 2.8.6.7.9. Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas.

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



#### 2.8.6.7.10. Sistemas de instalación elegidos de los conductores de baja tensión.

Los sistemas de instalación de los cables anteriormente descritos de baja tensión son los siguientes:

- Conductores tramo de 10 m desde el secundario (690V) del transformador de potencia hasta embarrado de 690V:

En este caso se colocarán 24 conductores de 240 mm<sup>2</sup> de sección unipolares de diez metros de longitud cada uno, de los cuales 18 corresponderán a las tres fases, siendo seis por fase y seis conductores para el neutro, colocados directamente enterrados en el suelo a una profundidad mínima de 0,8 m (ver anexo Cálculos Eléctricos).

- Conductor tramo de 14m desde el embarrado de 690V hasta el generador 1 y 6m hasta el generador 2.

En este caso se colocarán 12 conductores unipolares, de 240 mm<sup>2</sup> de sección, de 14 y 6 metros de longitud cada uno, hasta cada uno de los dos generadores, colocados bajo tubo de 225 mm, teniendo en cuenta todas las disposiciones anteriormente citadas, de dichos conductores nueve corresponderán a las tres fases, siendo tres por fase y tres conductores para el neutro. (Ver anexo Cálculos Eléctricos). Por lo que se colocarán 4 tubos, uno para cada fase y otro para los neutros.

- Instalación de los conductores desde el embarrado de 690 V hasta el transformador de servicios auxiliares,

En este caso se colocaran 4 conductores, tres fases y neutro, de una sección de 25 mm<sup>2</sup>. de tres metros cada uno. Irán directamente posados por el suelo o pared y en contacto mutuo.

- Conductores tramo de 15 m desde el secundario del transformador de servicios auxiliares hasta cuadro de embarrado de 400 V.

En este caso se instalarán 4 conductores de 25 mm<sup>2</sup> de sección (3 fases y neutro) en contacto mutuo sujetos a la pared de la instalación hasta la caja del embarrado de 400 V.

### 2.8.7. Sistemas contra incendios.

#### 2.8.7.1. Introducción.

Para la determinación de las protecciones contra incendios a que puedan dar lugar a instalaciones eléctricas de alta tensión, además de otras disposiciones específicas en vigor, se tendrá en cuenta:

1. La posibilidad de propagación del incendio a otras partes de la instalación.
2. La posibilidad de propagación del incendio al exterior de la instalación, por lo que respecta a daños a terceros.
3. La presencia o ausencia de personal de servicio permanente en la instalación.
4. La naturaleza y resistencia al fuego de la estructura soporte del edificio y de sus cubiertas.
5. La disponibilidad de medios públicos de lucha contra incendios.

Con carácter general se aplicarán:

Para los edificios contemplados en el apartado a) del punto 1.º, las disposiciones reguladoras de la protección contra el incendio en los establecimientos industriales, y para los del apartado b) las de la Norma Básica de la Edificación, Condiciones de Protección contra el Incendio en los Edificios (NBE-CPI), en lo que respecta a las características de los materiales de construcción, resistencia al fuego de las estructuras, compartimentación, evacuación y, en particular, sobre aquellos aspectos que no hayan sido recogidos en el Reglamento Sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones Y Centros De Transformación y afecten a la edificación.

Además y con carácter específico se adoptarán las medidas siguientes:

- a) Instalación de dispositivos de recogida del aceite en fosos colectores.

Si se utilizan aparatos o transformadores que contengan más de 50 litros de aceite mineral, se dispondrá de un foso de recogida de aceite con revestimiento resistente y estanco, teniendo en cuenta en su diseño y dimensionado el volumen de aceite que pueda

recibir. En dicho depósito o cubeta se dispondrán cortafuegos tales como: lechos de guijarros, sifones en el caso de instalaciones con colector único, etc.

Cuando se utilicen pozos centralizados de recogida de aceite es recomendable que dichos pozos sean exteriores a las celdas.

Cuando se utilicen dieléctricos líquidos con temperaturas de combustión superiores a 300° C, se dispondrá un sistema de recogida de posibles derrames, que impida su salida al exterior.

#### b) Sistemas de extinción.

##### b.1) Extintores móviles.

Se colocará como mínimo un extintor de eficacia 89 B en aquellas instalaciones en las que no sea obligatoria la disposición de un sistema fijo, de acuerdo con los niveles que se establecen en b.2). Este extintor deberá colocarse siempre que sea posible en el exterior de la instalación para facilitar su accesibilidad y, en cualquier caso, a una distancia no superior a 15 metros de la misma.

Si existe un personal itinerante de mantenimiento con la misión de vigilancia y control de varias instalaciones que no dispongan de personal fijo, este personal itinerante deberá llevar, como mínimo, en sus vehículos dos extintores de eficacia 89 B, no siendo preciso en este caso la existencia de extintores en los recintos que estén bajo su vigilancia y control.

##### b.2) Sistemas fijos.

En aquellas instalaciones con transformadores o aparatos cuyo dieléctrico sea inflamable o combustible de punto de inflamación inferior a 300°C con un volumen unitario superior a 600 litros o que en conjunto sobrepasen los 2400 litros deberá disponerse un sistema fijo de extinción automático adecuado para este tipo de instalaciones, tal como el halón o CO<sub>2</sub>.

Si se trata de instalaciones en edificios de pública concurrencia con acceso desde el interior de los mismos, se reducirán estos volúmenes a 400 litros y 1600 litros, respectivamente.

Si los transformadores o aparatos utilizan un dieléctrico de temperatura de inflamación o combustión igual o superior a 300°C (aceite de silicona, aislamiento seco a base de resinas, etc.) podrán omitirse las anteriores disposiciones, pero deberán instalarse de forma que el calor generado no suponga riesgo de incendio para los materiales próximos.

Las instalaciones fijas de extinción de incendios podrán estar integradas en el conjunto general de protección del edificio. Deberá existir un plano detallado de dicho sistema, así como instrucción de funcionamiento, pruebas y mantenimiento.

### 2.8.7.2. Sistema contra incendios adoptado.

El sistema contra incendios adoptado constará de los siguientes elementos:

- Dos extintores de fuego polivalentes de 9 kg marca Orfeo
- Dos extintores de CO<sub>2</sub>.
- Un extintor de carro de CO<sub>2</sub> de 30 kg.
- Central detectora de incendios con dos detectores y dos sirenas (una interior y otra exterior)

#### **Extintor portátil Orfeo de polvo ABC 9 KG de acero inoxidable.**

Referencia: ORFEO-NC-5M

Características técnicas:

- Capacidad: 9 kg.
- Eficacia: 34A-183B-C
- Agente impulsor: CO<sub>2</sub>
- Recipiente: Acero inoxidable
- Peso cargado: 13.92 kg
- Temperatura de servicio: -20°C / + 60°C



Dimensiones (mm):

- Diámetro: 195
- Altura: 660

**Extintor portátil Orfeo contra incendios de CO<sub>2</sub> de 5 kg.**

Referencia: ORFEO-NC-5M

Características técnicas:

- Con trompa difusora.
- Capacidad: 5 kg.
- Eficacia: 89B
- Agente impulsor: CO<sub>2</sub>
- Recipiente: Acero al carbono
- Peso cargado: 17.14 kg
- Temperatura de servicio: -20°C / + 60°C



Dimensiones (mm):

- Diámetro: 140
- Altura: 670

**Extintor con carro Orfeo de CO<sub>2</sub> de 30 kg.**

Referencia "ORFEO-NC-30M"

Características técnicas:

- Con manguera de 100 m.
- Trompa con válvula.
- Capacidad: 30 kg.
- Eficacia: N/A
- Agente impulsor: CO<sub>2</sub>
- Recipiente: Acero al carbono
- Temperatura de servicio: -20°C / + 60°C



DIMENSIONES (mm):

- Diámetro: 229.
- Altura: 1358

## Central de detección de incendios marca BOSCH. Modelo FPA 1200 ES

### CARACTERÍSTICAS:

- Central de incendios EN 54 con la última tecnología de lazo LSn
- Extremadamente rentable relación calidad/precio.
- Permite la conexión de toda la gama de dispositivos LSN.
- Configuración de 1 lazo ampliable a 2.
- Permite la conexión de hasta 254 dispositivos de lazo.
- 6 espacios para módulos para cualquier tipo de aplicación.
- Conexión a PC para programación a través de puerto USB.
- Fuente de alimentación 24 V – 6 A.
- Permite la conexión de hasta 3 paneles remotos de la serie FPA 1200.
- Conectividad a FMS (Fire Monitoring Systems) / BMS (Building Management System) vía Ethernet.
- Conectividad con PLENA VAS (Sistema de evacuación por Voz de Bosch) vía interfaz serie

### MATERIAL INCLUIDO CON LA CENTRAL:

- FPA-1200-MPC Controlador y pantalla (1)
- FPA-1200-GUIDE Guía multi-idioma para kit FPA-1200 (1)
- BCM 0000 B Controlador de fuente de alimentación Tipo B (1)
- FDP 0001 A Tapa para espacios de módulos sin ocupar (3)
- LSN 0300 A Módulo LSN 300 mA/1.600 m (1)
- PRD 0004 A Rail largo para central (4 módulos) (1)
- PRS 0002 A Rail corto para central (2 módulos) (1)
- FPO 5000 PSB-CH Soporte para 1 fuente de alimentación UPS 2416 A (1)
- UPS 2416 A Fuente de alimentación universal 24 V/6 Ah sincrónica (1)
- HCP 0006 A Cabina para 1 rail PRD 0004 A y controlador, montaje en superficie





**Detector algorítmico de humos por aspiración compacto marca BOSCH.**

Referencia: FAS-420-TM.

Detector de humos por aspiración. Se puede conectar directamente al lazo, procesamiento inteligente de señales, tecnología HPLS de detección, monitorización continua del flujo de aire, sistema de premontaje y conexión "enchufar y listo". Leds indicadores de alarma, avería y funcionamiento. Sensibilidad de respuesta de alarma programable por software a intervalos de 0,1 %/m desde 0,5 a 2 %/m. Superficie de supervisión de hasta 400 m<sup>2</sup>, con 8 orificios de aspiración.

Hasta 50 m de tubería de diámetro 25 con hasta 8 tubos capilares de 3 m.

Cumple con UNE-EN 54-20.

**Sirena anti incendios direccionable de interior marca BOSCH.**

Referencia: FNM-420-A-RD.

Características principales:

- Alimentadas del propio bus, consumo de corriente < 4 mA
- Hasta 80 sirenas en un lazo LSN 1500 A
- Aisladores de cortocircuito integrados según UNE-EN 54-17
- 5 niveles de presión sonora que se mantienen constantes aún con caídas de tensión entre 33 V y 22 V
- 32 tonos de alarma seleccionables
- Permite direccionamiento manual o automático
- FNM-420-A-RD (ROJA). Sirena analógica para interior.



**Sirena para exterior direccionable marca BOSCH**

Modelo: FNM-420-B-RD.

Características principales:

- Alimentadas del propio bus, consumo de corriente < 4 mA
- Hasta 80 sirenas en un lazo LSN 1500 A
- Aisladores de cortocircuito integrados según UNE-EN 54-17
- 5 niveles de presión sonora que se mantienen constantes aún con caídas de tensión entre 33 V y 22 V
- 32 tonos de alarma seleccionables
- Permite direccionamiento manual o automático.
- Color rojo.



## 2.9. INSTALACIONES EXTERIORES

### 2.9.1. Disposición de las instalaciones.

Las instalaciones eléctricas de exterior irán dispuestas en un parque convenientemente vallado en su totalidad.

### 2.9.2. Condiciones generales.

#### 2.9.2.1. Vallado.

Todo el recinto de los parques destinados a instalaciones señaladas en el punto anterior, deberá estar protegido por una valla, enrejado u obra de fábrica de una altura “k” de 2,20 metros como mínimo, medida desde el exterior, provista de señales de advertencia de peligro por alta tensión en cada una de sus orientaciones, con objeto de advertir sobre el peligro de acceso al recinto a las personas ajenas al servicio.

#### 2.9.2.2. Clases de instalaciones.

Las instalaciones dentro del recinto vallado de los parques pueden comprender equipos de intemperie, así como conjuntos prefabricados con aislamiento de aire, aire comprimido, gases o análogos. Igualmente pueden existir edificios destinados a instalaciones de alta tensión de tipo interior.

#### 2.9.2.3. Terreno.

El terreno deberá ser explanado en uno o varios planos, debiendo protegerse para evitar la emanación del polvo, pudiendo evitar para ello los medios que se consideran convenientes: suelo de grava, de césped, asiático, u otros análogos.

Deberán tomarse precauciones para evitar encharcamientos de agua en la superficie del terreno, dando pendientes al mismo o estableciendo un sistema de drenaje adecuado, cuando sea necesario.

Igualmente se deberán tomar disposiciones de drenaje en el caso de emplear fosas de recogida de aceite, así como para los canales y conductos de cables, tanto de potencia como de mando, señalización o control, telefónicos u otros.

#### 2.9.2.4. Condiciones atmosféricas.

Deberán tenerse en cuenta las condiciones atmosféricas del lugar donde se prevea el emplazamiento de la instalación a efectos de la influencia de la temperatura, hielo, viento, humedad, polvo, etc., sobre el equipo y disposiciones que se proyecte emplear.

Los efectos de la temperatura, del hielo y del viento se tendrán en cuenta, tanto por lo que se refiere a los esfuerzos que provoquen sobre los elementos de las instalaciones, como por las vibraciones que en algunos elementos pudieran producirse, así como por la dificultad de sus maniobras. Los esfuerzos correspondientes se calcularán tomado como base lo que a estos efectos señala el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

#### 2.9.2.5. Protecciones contra la corrosión.

Se tomarán medidas contra la corrosión que pueda efectuar a los elementos metálicos por su exposición a la intemperie, debiendo utilizarse protecciones adecuadas, tales como galvanizado, pintura u otros recubrimientos.

#### 2.9.2.6. Conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles

Las conducciones de fluidos combustibles, cuyas posibles averías puedan originar escapes de fluido que, por sus características puedan dar lugar a la formación de atmósferas con riesgo de incendio o explosión, cumplirán los Reglamentos específicos que les sean de aplicación, deberán estar alejadas de las canalizaciones eléctricas de alta tensión, prohibiéndose terminantemente la colocación de ambas en una misma atarjea o galería de servicio.

El almacenamiento de fluidos combustibles se situará en lugares independientes de las instalaciones eléctricas, fuera del paso habitual de personal, y se tendrán en cuenta los requisitos exigidos en los Reglamentos que les afecten.

### 2.9.2.7 Conducciones y almacenamiento de agua.

Las conducciones y depósitos de almacenamiento de agua se instalarán suficientemente alejados de los elementos en tensión de tal forma que su rotura no pueda provocar averías en las instalaciones eléctricas. A estos efectos, se recomienda disponer las conducciones principales de agua en un plano inferior a las canalizaciones de energía eléctrica, especialmente cuando éstas se construyan a base de conductores desnudos sobre aisladores.

### 2.9.2.8. Canalizaciones.

Para las canalizaciones se aplicará lo establecido en el apartado 5 de la RAT 05.2.10 Protección contra la descarga directa de rayos y sobretensiones inducidas por estos

En general, las instalaciones situadas al exterior, en los parques a que se refiere el párrafo a) del apartado 1 de esta instrucción, deberán estar protegidas contra los efectos de las posibles descargas de rayos directamente sobre las mismas o en sus proximidades. Para esta protección se podrán emplear conductores de tierra situados por encima de las instalaciones, o pararrayos debidamente distribuidos en función de sus características.

Para la protección de transformadores, reactancias y aparatos similares contra las sobretensiones inducidas, se utilizarán descargadores o pararrayos autoválvulas, y se recomienda igualmente el empleo de estos dispositivos en las entradas de líneas.

Las características eléctricas de estos dispositivos, estarán en función de las probables intensidades de corriente a tierra que pueda preverse en caso de sobretensión y en particular relacionadas con la coordinación de aislamiento a que se refiere la Instrucción RAT 12.

### 2.9.3. Pasillos y zonas de protección.

#### 2.9.3.1 Pasillos de servicio.

Para la anchura de los pasillos de servicio es válido lo dicho en el apartado 5.1.1 de la instrucción RAT 14.

Los elementos en tensión no protegidos que se encuentran sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima “H” sobre el suelo, medida en centímetros, igual a:

$$H = 250 + d$$

Siendo “d” la distancia expresada en centímetros de las tablas 4 y 6 de la MIE-RAT. 12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación.

De la tabla 6 de dicha MIE-RAT 12 se tomarán los valores indicados en la columna “Conductor-estructura”.

En cualquier caso los pasillos de servicio estarán libres de todo obstáculo hasta una altura de 250 cm sobre el suelo.

En las zonas accesibles, cualquier elemento en tensión estará situado a la altura mínima sobre el suelo de 230 cm. En el caso en que dicha altura sea menor de 230 cm será necesario establecer sistemas de protección.

A estos efectos se considerará en tensión la línea de contacto del aislador con su zócalo o soporte, si éste se encuentra puesto a tierra.

#### 2.9.3.2 Zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación

Los sistemas de protección que deban establecerse guardarán unas distancias mínimas medidas en horizontal a los elementos en tensión que se respetaran en toda zona

comprendida entre el suelo y una altura de 200 cm que, según el sistema de protección elegido y expresadas en centímetros, serán:

- De los elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima:

$$B = d + 3$$

- De los elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima:

$$C = d + 10$$

- De los elementos en tensión a cierres de cualquier tipo (paredes macizas, enrejados, barreras, etc.) con una altura que en ningún caso podrá ser inferior a 100 cm:

$$E = d + 30, \text{ con un mínimo de } 80 \text{ cm.}$$

Siendo “d” el mismo valor definido en el apartado 3.1.2 de esta Instrucción.

Para la aplicación de estos valores se tendrá en cuenta lo indicado en el apartado 5.2.2 de la Instrucción RAT 14.

Teniendo en cuenta estas distancias mínimas así como la altura libre en las zonas accesibles señaladas en el apartado 3.1.5, la zona total de protección que deberá respetarse entre los sistemas de protección y los elementos en tensión se representará rayada en la figura 1, con las acotaciones del cuadro que la sigue:

	<b>X</b>	<b>Y</b>
<b>Tipo de protección</b>	<b>(cm)</b>	<b>(cm)</b>
Tabiques macizos	$\geq 180$	B
Enrejados	$\geq 180$	C
Barreras, tabiques macizos o enrejados	$< 180$ $\geq 100$	E

2.9.3.3 Zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación.

Para evitar los contactos accidentales desde el exterior del cierre del recinto de la instalación con los elementos en tensión, deberán existir entre éstos y el cierre las distancias mínimas de seguridad, medidas en horizontal y en centímetros, que a continuación se indican:

-De los elementos en tensión al cierre cuando éste es una pared maciza de altura  $k < 250 + d$  cm.

$$F = d + 100 \text{ ( fig. 2 )}$$

-De los elementos en tensión al cierre cuando éste es una pared maciza de altura  $k \geq 250 + d$  cm.

$$B = d + 3 \text{ ( fig. 3 )}$$

-De los elementos en tensión al cierre cuando éste es un enrejado de cualquier altura  $k \geq 220$  cm.

$$G = d + 150 \text{ ( fig. 4 )}$$

Si la altura sobre el suelo de la línea, de contacto del aislador con su zócalo puesto a tierra, es inferior a 230 cm no podrán establecerse, pasillos de servicio a no ser que se disponga de una protección situada entre los aparatos y el cierre exterior de modo que se cumpla simultáneamente lo indicado en el apartado 2.9.3.2.



#### 2.9.4. Otras prescripciones.

##### 2.9.4.1. Elementos y dispositivos para maniobras.

Para la realización de las maniobras en las instalaciones eléctricas de alta tensión y de acuerdo con sus características, se utilizarán los elementos necesarios para la seguridad personal. Todos estos elementos deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente.

##### 2.9.4.2. Instrucciones y elementos para prestación de primeros auxilios.

En todas las centrales, subestaciones y centros de transformación, se colocarán placas con instrucciones sobre los primeros auxilios que deban prestarse a los accidentados por contactos con elementos en tensión.

En toda instalación que requiera servicio permanente de personal, se dispondrá de los elementos indispensables para practicar los primeros auxilios en casos de accidente, tales como botiquín de urgencia, camilla, mantas ignífugas u otras instrucciones para su uso.

##### 2.9.5. Instalación de la línea subterránea de 30 kV.

La instalación será en una zanja con el conductor directamente enterrado.

Las zanjas se excavarán según las dimensiones indicadas, atendiendo al número de cables a instalar. Sus paredes serán verticales, proveyéndose entubaciones en los casos que la naturaleza del terreno lo haga necesaria. Se estima una longitud total de zanjas de aproximadamente 300 m.

Los tramos desde el transformador a las celdas de protección y medida de 4 m de longitud tendrán el mismo sistema de instalación.

Los conductores irán alojados, en una zanja de 1,30 x 0,60 m, y se tenderán, en capa, sobre un lecho de arena de 40 cm de espesor. Sobre ellos se dispondrá una capa de

unos 15 cm de zahorra; encima de esta capa se dispondrá una placa de PPC, que servirá de protección mecánica y testigo.

A una profundidad de 50 cm, se colocará una malla de señalización.

El relleno de las zanjas se efectuará con aportación de zahorras, por compactaciones mecánicas de tongadas de unos 20 cm de espesor.

Accesorios del cable subterráneo.

Los terminales y empalmes serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, no debiendo aumentar la resistencia eléctrica de estos.

El cable subterráneo en el tramo aéreo de subida por el apoyo hasta la línea aérea, irá protegido con un tubo de hierro galvanizado o bien, tubo de PVC 10 atm., que se empotrará en la cimentación del apoyo, sobresaliendo 6 m por encima del nivel del terreno.

## 2.10. CONVERSIÓN AEREO-SUBTERRÁNEA Y ENTRONQUE. CARACTERÍSTICAS DEL APOYO

### 2.10.1. Apoyo seleccionado:

Para poder realizar la conexión a la línea aérea de evacuación existente de 30 kV, con la línea subterránea proveniente de la central se colocará un apoyo del tipo metálico de celosía de Imedexsa de la serie Halcón, 16 m de altura y 3000 daN de esfuerzo en punta (HA-3000), con armado en T (T1)

Se colocaran los aisladores con una distancia 0,7m y herrajes de acero forjado y convenientemente galvanizados en caliente para su exposición a la intemperie, de acuerdo con la Norma UNE 21158 y se tendrán en cuenta las prescripciones del Decreto De Avifauna

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa, de una dosificación de 200 Kg/m<sup>3</sup> y una resistencia mecánica de 125 Kg/cm<sup>2</sup>, del tipo monobloque. El bloque de cimentación sobresaldrá del terreno, como mínimo 20 cm, formando zócalos, con objeto de proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones; dichos zócalos terminarán en punta de diamante para facilitar así mismo la evacuación del agua de lluvia.

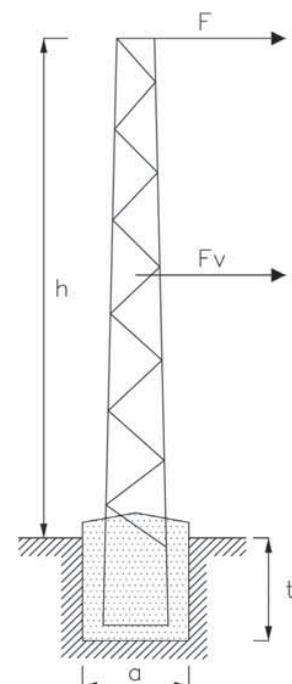
Las cimentaciones de las torres constituidas por monobloques de hormigón se calculan al vuelco según el método suizo de Sulzberger.

El momento de vuelco será:

$$M_V = F (h + 2/3 t) + F_V (h_t/2 + 2/3 t)$$

Y el momento resistente al vuelco:

$$M_r = M_1 + M_2$$



Donde:

$M_1 = 139 \times K \times a \times t^4$  : Momento debido al empotramiento lateral del terreno.

$M_2 = 880 \times a^3 \times t + 0,4 \times p \times a$  : Momento debido a las cargas verticales

Siendo:

$K$  = Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 m. de profundidad ( $\text{Kg/cm}^2 \times \text{cm}$ )

$F$  = Esfuerzo nominal del apoyo en kg.

$h$  = Altura de aplicación del esfuerzo nominal en m.

$F_V$  = Esfuerzo de viento sobre la estructura en kg.

$h_t$  = Altura total del apoyo en m.

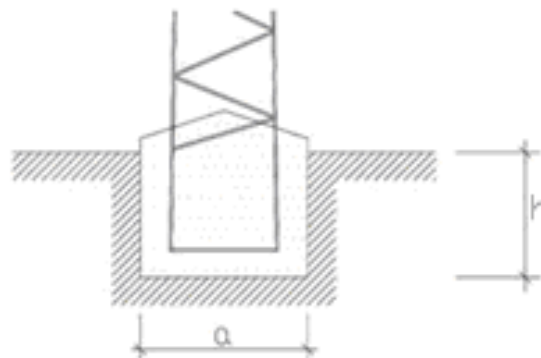
$a$  = Anchura de la cimentación en m.

$t$  = Profundidad de la cimentación en m.

$p$  = Peso torre y herrajes en kg.

Estas cimentaciones deben su estabilidad fundamentalmente a las reacciones horizontales del terreno, por lo que teniendo en cuenta el punto 3.6.1. de la ITC-LAT 07 del RD 223/2008, debe cumplirse que:  $M_1 + M_2 \geq MV$

Sus dimensiones serán las facilitadas en la siguiente tabla por el fabricante según el tipo de terreno, en este caso normal ( $k=12$ ), definido por el coeficiente de compresibilidad. Lo que se resume en la siguiente tabla:



Compresibilidad		K - 12						Compresibilidad	
Altura/Esfuerzo		HA-2000	HA-2500	HA-3000	HA-3500	HA-4500	HA-6000	Altura/Esfuerzo	
8	a	1,39	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	8	a
	h	1,62	1,77	1,84	1,92	2,03	2,19		h
	V	3,13	3,52	3,66	3,82	4,04	4,35		V
10	a	1,48	1,50	1,50	1,50	1,50	1,51	10	a
	h	1,72	1,86	1,93	2,01	2,12	2,29		h
	V	3,77	4,19	4,34	4,52	4,77	5,22		V
12	a	1,55	1,56	1,55	1,55	1,55	1,56	12	a
	h	1,77	1,91	2,00	2,07	2,20	2,37		h
	V	4,25	4,65	4,81	4,97	5,29	5,77		V
14	a	1,65	1,65	1,65	1,65	1,66	1,67	14	a
	h	1,82	1,98	2,06	2,14	2,25	2,42		h
	V	4,95	5,39	5,61	5,83	6,20	6,75		V
16	a	1,71	1,72	1,71	1,73	1,74	1,76	16	a
	h	1,87	2,02	2,11	2,17	2,30	2,48		h
	V	5,47	5,98	6,17	6,49	6,96	7,68		V
19	a	1,81	1,81	1,82	1,82	1,83	1,84	19	a
	h	1,92	2,07	2,15	2,23	2,35	2,53		h
	V	6,29	6,78	7,12	7,39	7,87	8,57		V
21	a	1,88	1,90	1,91	1,91	1,93	1,93	21	a
	h	1,95	2,11	2,19	2,27	2,39	2,57		h
	V	6,89	7,62	7,99	8,28	8,90	9,57		V
23	a	1,98	1,95	1,96	1,95	1,97	2,01	23	a
	h	1,98	2,15	2,22	2,31	2,43	2,59		h
	V	7,76	8,18	8,53	8,78	9,43	10,46		V
26	a	2,02	2,06	2,05	2,06	2,09	2,12	26	a
	h	2,02	2,17	2,26	2,34	2,45	2,66		h
	V	8,24	9,21	9,50	9,93	10,70	11,96		V
28	a	2,12	2,14	2,15	2,16	2,17	2,15	28	a
	h	2,04	2,20	2,27	2,36	2,48	2,66		h
	V	9,17	10,08	10,49	11,01	11,68	12,30		V
30	a	2,22	2,22	2,23	2,23	2,24	2,25	30	a
	h	2,05	2,22	2,30	2,38	2,51	2,70		h
	V	10,10	10,94	11,44	11,84	12,59	13,67		V
32	a	2,24	2,28	2,28	2,29	2,29	2,34	32	a
	h	2,08	2,25	2,33	2,41	2,54	2,70		h
	V	10,44	11,70	12,11	12,64	13,32	14,78		V

Luego las dimensiones de la cimentación serán  $a = 1,71\text{m}$  y  $h = 2,19\text{m}$

## 2.11. PROTECCIONES Y ELEMENTOS DE MEDIDA.

### 2.11.1. Protecciones y seccionamiento en media tensión:

#### 2.11.1.1. Entronque y conversión aéreo-subterránea.

Se colocarán tres seccionadores unipolares en el apoyo de entronque (uno por fase) en disposición vertical con las siguientes características:

Fabricante: Ibérica de Aparallajes.

Modelo: IA80.

Tensión asignada 36 kV.

Intensidad asignada 400 A

Máxima intensidad admisible cortocircuito: 40 kA



En el entronque también se montará un conjuntote 3 autoválvulas. Del tipo anteriormente descrito.

#### 2.11.1.2. Salida transformador de potencia a 30 kV.

Se colocará una celda con seccionamiento y protección incluida, con las siguientes características:

Fabricante: MESA

Tipo CAS-36kV

Tensión nominal asignada 36 kV

Tensión de ensayo de corta duración (1 min) a 50 Hz : 70 kV eficaces

Tensión asignada soportada a impulsos tipo rayo (1,2/50  $\mu$ s): cresta 170 kV cresta

Intensidad nominal de embarrado 400 A.

Intensidad nominal de salida de línea (L) 400 A.

Intensidad admisible de corta duración (1 s valor eficaz): 16/20 kA asignada

Poder de corte de los interruptores-seccionadores 400 A.

Poder de cierre nominal en cortocircuito 40/50 kA cresta

Endurancia mecánica de los interruptores-seccionadores 1000 maniobras

Temperatura ambiental de trabajo – 5 °C / +40 °C

Medio de aislamiento SF6

Presión relativa nominal de gas 0,2 bares - 0,3 bares

Grado de protección general IP-3X (según UNE-EN 60529)

Grado de protección cuba de gas IP-67 (según UNE-EN 60529)

Grado de protección general frente a impactos IK-08

Interruptor de protección motorizado.

Seccionador de 3 posiciones.

Dimensiones y pesos:

Dimensiones:

Altura: 2000 mm.

Anchura: 1580 mm.

Profundidad: 1030 mm.

Peso: 480 kg.

### 2.11.2. Elementos de medida en media tensión.

#### 2.11.2.1. Salida transformador de potencia a 30 kV.

Se colocará una Celda de medida a la salida del transformador, que incorpora en el interior de una envolvente metálica del tipo de la anterior, los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Transformadores de corriente:

Marca: RITZ

Modelo ASN 36.

Relación de transformación: 20/1 A

Intensidad térmica 1000 In.

Dimensiones:

Anchura: 300 mm., profundidad: 225 mm, altura: 390 mm

Potencia 10 VA,

Clase 0,2 en medida, Clase 5 P en protección

Transformadores de tensión:

Marca: RITZ

Modelo VEN 36 (tensión nominal 36 kV).

Transformador unipolar.

Tensión primaria asignada:  $30000/\sqrt{3}$ .

Tensión secundaria asignada: 100/3.

Tensión secundaria asignada del arrollamiento de puesta a tierra: 100/3.

Medida: Potencia 100 VA.

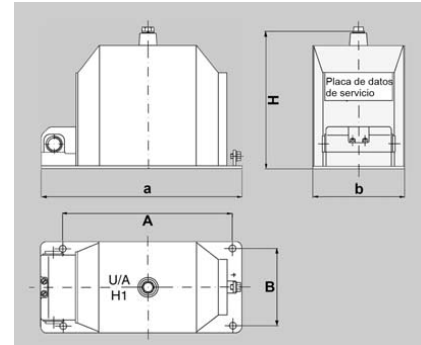
Clase 0,2 en medida, Clase 3 P en protección

Intensidad límite térmica secundaria 10 A.

Intensidad límite térmica  $1,9 \times U_n / 8h$ : 9A

Sobretensión admisible en permanencia: 1,2  $U_n$  y 1,9  $U_n$  durante 8 horas.

Dimensiones: Anchura (A): 300 mm, profundidad (B): 225 mm, altura (H): 321 mm





### 2.11.3. Protecciones en baja tensión.

#### 2.11.3.1. Entrada transformador de potencia lado BT (690 V)

Corriente nominal de la entrada: 2510 A

Se instalará una celda envolvente con las siguientes características:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin).
- Modelo: Prisma Plus modelo P
- Intensidad: 3200 A
- Icc: 85 kA.
- IP: 30.
- IK: 08.
- Dimensiones:
  - Altura: 2000 mm.
  - Anchura: 800 mm.
  - Profundidad: 600 mm.
- Incluye placas de soporte tornillería y juegos de barras necesarios para cada elemento instalado.

Que contendrá:

Interruptor.

Características:

- Fabricante: Schneider Electric.
- Tetrapolar
- Modelo: Masterpack NW 32
- Tensión 690V
- In: 3200 A (ajustable), (Se ajustara a 3000 A)
- Poder de corte Ic: 65 KA. (H1)
- Dimensiones: 352 x 537x 297 mm.
- Altura: 352 mm



- Anchura: 537 mm.
- Profundidad: 297 mm.

Se montará motorizado con unidad motoreductor MCH con las siguientes características:

- Alimentación: Vca (50 Hz) 400 ó Vcc 24
- Umbral de funcionamiento 0,85 a 1,1 Un
- Consumo (VA o W) 180
- Sobreintensidad motor 2 a 3 In durante 0,1 s
- Tiempo de rearme 3 s máx. para Masterpact NT  
4 s máx. para Masterpact NW
- Cadencia de maniobras 3 ciclos máx. por minuto



### 2.11.3.2. Salida del generador 1 y 2.

Corriente nominal de la entrada: 1255 A en cada generador.

Se instalarán en dos celdas, una para cada generador, con las siguientes características:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin).
- Modelo: Prisma Plus modelo P
  
- Intensidad: 3200 A
- Icc: 85 KA.
- IP: 30.
- IK: 08.
  
- Dimensiones:
  - Altura: 2000 mm.
  - Anchura: 800 mm.
  - Profundidad: 600 mm.

Incluye placas de soporte tornillería y juegos de barras necesarios para cada elemento instalado.

Que contendrá:

Interruptor.

Características:

- Fabricante: Schneider Electric.
- Modelo: Masterpack NW 32
- Tensión 690V
- In: 3200 A (ajustable), (Se ajustara a 2000 A)
- Poder de corte Ic: 65 KA. (H1)



- Dimensiones: 352 x 537x 297 mm.
- Altura: 352 mm
- Anchura: 537 mm.
- Profundidad: 297 mm.

Se montará motorizado con unidad motoreductor MCH con las siguientes características:

- Alimentación:  $V_{ca}$  (50 Hz) 400 ó  $V_{cc}$  24
- Umbral de funcionamiento 0,85 a 1,1  $U_n$
- Consumo (VA o W) 180
- Sobreintensidad motor 2 a 3 In durante 0,1 s
- Tiempo de rearme 3 s máx. para Masterpact NT  
4 s máx. para Masterpact NW
- Cadencia de maniobras 3 ciclos máx. por minuto



### 2.11.3.3. Entrada transformador de servicios auxiliares lado 690 V.

Corriente nominal de la entrada: 41,8 A.

Se instalara en una celda con las siguientes características:

- Fabricante: (Merlin Gerin).
- Modelo: Prisma Plus modelo P
- Intensidad: 3200 A
- Icc: 85 KA.
- IP: 30.
- IK: 08
- Altura: 2000 mm.
- Anchura: 400 mm.
- Profundidad: 600 mm.

Incluye placas de soporte tornilleria y juegos de barras necesarios para cada elemento instalado.

Que contendrá:

Interruptor.

Características:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin).
- Modelo: Compact NS 100 H
- Tensión 690V
- In: 100 A (ajustable entre 0.4 a 1 In) (Se ajustara a 50 A)
- Poder de corte Ic: 70 KA.
- 4 polos
- Dimensiones:
- Altura: 161 mm.
- Anchura: 140 mm.
- Profundidad: 86 mm.
- Accionamiento manual.

#### 2.11.3.4. Salida transformador de servicios auxiliares lado 400 V.

Corriente nominal de la salida: 72,16 A.

Se instalara en una celda con las siguientes características:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin).
- Modelo: Prisma Plus modelo P
- Intensidad: 3200 A
- Icc: 85 KA.
- IP: 30.
- IK: 08.
- Altura: 2000 mm.
- Anchura: 400 mm.
- Profundidad: 600 mm.
  
- Incluye placas de soporte tornilleria y juegos de barras necesarios para cada elemento instalado.

Que contendrá:

Interruptor.

- Características:
- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin).
- Modelo: Compact NS 100 N
- Tensión 690V
- In: 100 A (ajustable entre 0.4 a 1 In)
- Poder de corte Ic: 30 KA.
- 4 polos
- Altura: 161 mm.
- Anchura: 140 mm.
- Profundidad: 86 mm.
  
- Accionamiento manual.

### 2.11.3.5. Entrada Baterías de condensadores

Corriente nominal de la entrada:  $I = 1506,13A$

Se instalará una celda envolvente con las siguientes características:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin)..
- Modelo: Prisma Plus modelo P
- Intensidad: 3200 A
- Icc: 85 KA.
- IP: 30.
- IK: 08.
- Dimensiones:
  - Altura: 2000 mm.
  - Anchura: 800 mm.
  - Profundidad: 600 mm.
- Incluye placas de soporte tornillería y juegos de barras necesarios para cada elemento instalado.

Que contendrá:

Interruptor.

- Características:
  - Fabricante: Schneider Electric.
  - Modelo: Masterpack NW 32
  - Tensión 690V
  - In: 3200 A (ajustable), (Se ajustara a 1800 A)
  - Poder de corte Ic: 65 KA. (H1)
  - Dimensiones: 352 x 537x 297 mm.
  - Altura: 352 mm
  - Anchura: 537 mm.
  - Profundidad: 297 mm.



Se montará motorizado con unidad motoreductor MCH con las siguientes características:

- Alimentación: Vca (50 Hz) 400 ó Vcc 24
- Umbral de funcionamiento 0,85 a 1,1 Un
- Consumo (VA o W) 180
- Sobreintensidad motor 2 a 3 In durante 0,1 s
- Tiempo de rearme 3 s máx. para Masterpact NT  
4 s máx. para Masterpact NW
- Cadencia de maniobras 3 ciclos máx. por minuto





#### 2.11.4. Elementos de medida

##### 2.11.4.1. Medida entrada transformador potencia (690 V).

Se colocará una Celda de medida a la entrada del transformador, que incorpora en el interior de una envolvente metálica los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Se instalará una celda envolvente con las siguientes características:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin)..
- Modelo: Prisma Plus modelo P
- Intensidad: 3200 A
- Icc: 85 KA.
- IP: 30.
- IK: 08.
- Dimensiones:
- Altura: 2000 mm.
- Anchura: 400 mm.
- Profundidad: 600 mm.
- Incluye placas de soporte tornillería y juegos de barras necesarios para cada elemento instalado.

Transformadores de corriente:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin).
- Factor de seguridad  $\leq 5$
- Corriente del secundario del TI 5 A
- Corriente del primario del TI 3000/5
- Factor de seguridad  $\leq 5$
- Clase de precisión Precisión clase 0,5
- Potn nomin: 15 VA

- Calibre In 3000 A
- Tensión asignada de empleo < 720 V AC 50/60 Hz
- Modo de montaje Tornillo de bloqueo aislado
- Soporte de montaje Barra de distribución
- Ancho 38 mm interior
- 99 mm exterior
- Alto 127 mm interior
- 160 mm exterior
- Profundidad 87 mm exterior
- Peso 1 kg
- Grado de protección IP IP20

Relés de máxima frecuencia, mínima frecuencia, sobretensión, subtensión, sobreintensidad y de reenganche de Schneider gama Acti9

#### 2.11.4.2. Medida entrada transformador de servicios auxiliares (690 V).

Se colocará una Celda de medida a la entrada del transformador, que incorpora en el interior de una envolvente metálica los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Se instalará una celda envolvente con las siguientes características:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin)..
- Modelo: Prisma Plus modelo P
- Intensidad: 3200 A
- Icc: 85 KA.
- IP: 30.
- IK: 08.
- Dimensiones:
  - Altura: 2000 mm.
  - Anchura: 400 mm.
  - Profundidad: 600 mm.
- Incluye placas de soporte tornillería y juegos de barras necesarios para cada elemento instalado.

Transformadores de corriente:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin).
- Referencia: 16452.
- Factor de seguridad  $\leq 5$
- Corriente del secundario del TI 5 A
- Corriente del primario del TI 75/5
- Factor de seguridad  $\leq 5$
- Clase de precisión Precisión clase 1
- Potencia nomin: 1,5 VA
- Tensión asignada de empleo  $< 720$  V AC 50/60 Hz



- Modo de montaje Tornillo de bloqueo aislado
- Soporte de montaje Barra de distribución
- Ancho 44 mm exterior.
- Alto 65 mm exterior.
- Profundidad 30 mm exterior
- Peso 0,2 kg
- Grado de protección IP IP20

#### 2.11.4.3. Medida salida transformador de servicios auxiliares (400 V).

Se colocará una Celda de medida a la entrada del transformador, que incorpora en el interior de una envolvente metálica los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Se instalará una celda envolvente con las siguientes características:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin)..
- Modelo: Prisma Plus modelo P
- Intensidad: 3200 A
- Icc: 85 KA.
- IP: 30.
- IK: 08.
- Dimensiones:
- Altura: 2000 mm.
- Anchura: 400 mm.
- Profundidad: 600 mm.
- Incluye placas de soporte tornillería y juegos de barras necesarios para cada elemento instalado.

Tranformadores de corriente:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin)..
- Referencia: 16452.
- Factor de seguridad  $\leq 5$
- Corriente del secundario del TI 5 A
- Corriente del primario del TI 75/5
- Factor de seguridad  $\leq 5$
- Clase de precisión Precisión clase 1
- Potencia nomin: 1,5 VA
- Calibre In 75 A
- Tensión asignada de empleo  $< 720$  V AC 50/60 Hz
- Modo de montaje Tornillo de bloqueo aislado
- Soporte de montaje Barra de distribución
- Ancho 44 mm exterior.
- Alto 65 mm exterior.
- Profundidad 30 mm exterior
- Peso 0,2 kg
- Grado de protección IP IP20



#### 2.11.4.4. Medida salida generadores.

Se instalará una celda envolvente con las siguientes características:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin)..
- Modelo: Prisma Plus modelo P
- Intensidad: 3200 A
- Icc: 85 KA.
- IP: 30.
- IK: 08.
- Dimensiones:
- Altura: 2000 mm.
- Anchura: 400 mm.
- Profundidad: 600 mm.
- Incluye placas de soporte tornillería y juegos de barras necesarios para cada elemento instalado.

Tranformadores de corriente:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin).
- Referencia: 16534.
- Factor de seguridad  $\leq 5$
- Corriente del secundario del TI 5 A
- Corriente del primario del TI 1500/5
- Factor de seguridad  $\leq 5$
- Clase de precisión Precisión clase 0,5
- Potencia nomin: 15 VA
- Calibre In 1500 A
- Tensión asignada de empleo  $< 720$  V AC 50/60 Hz
- Modo de montaje Tornillo de bloqueo aislado
- Soporte de montaje Barra de distribución
- Ancho 32 mm interior  
90 mm exterior

- Alto 65 mm interior  
90 mm exterior
- Profundidad 87 mm exterior
- Peso 0,6 kg
- Grado de protección IP IP20

#### 2.11.4.5. Medida entrada condensadores.

Se colocará una Celda de medida a la entrada de la batería de condensadores, que incorpora en el interior de una envolvente metálica los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Se instalará una celda envolvente con las siguientes características:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin)..
- Modelo: Prisma Plus modelo P
- Intensidad: 3200 A
- Icc: 85 KA.
- IP: 30.
- IK: 08.
- Dimensiones:
- Altura: 2000 mm.
- Anchura: 400 mm.
- Profundidad: 600 mm.
- Incluye placas de soporte tornillería y juegos de barras necesarios para cada elemento instalado.

## Tranformadores de corriente:

- Fabricante: Schneider Electric (Merlin Gerin).
- Referencia: 16542.
- Factor de seguridad  $\leq 5$
- Corriente del secundario del TI 5 A
- Corriente del primario del TI 2000/5
- Factor de seguridad  $\leq 5$
- Clase de precisión Precisión clase 0,5
- Potencia nomin: 15 VA
- Calibre In 2000 A
- Tensión asignada de empleo  $< 720$  V AC 50/60 Hz
- Modo de montaje Tornillo de bloqueo aislado
- Soporte de montaje Barra de distribución
- Ancho 38 mm interior
- 99 mm exterior
- Alto 127 mm interior
- 160 mm exterior
- Profundidad 87 mm exterior
- Peso 1 kg
- Grado de protección IP IP20



### **3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

### 3.1. CÁLCULO DEL NÚMERO DE GRUPOS:

#### 3.1.1. Proceso para la determinación del número de grupos:

En este diseño de la central se dispone de:

- Caudal disponible para turbinar:  $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Altura neta de salto:  $h = 2,10 \text{ m}$ .
- Velocidad de giro de la turbina:  $n = 63 \text{ r.p.m}$ .

Luego la potencia neta del salto (p) será:

$$p = \frac{1000 \times Q(\text{m}^3/\text{seg}) \times h(\text{m})}{75} = \frac{1000 \times 130 \times 2,1}{75} = 3640 \text{ C.V.}$$

Con la potencia neta calculamos la velocidad específica de la turbina  $n_s$  para los distintos números de grupos y comparamos con la siguiente tabla:

Velocidad específica ( $n_s$ )	Tipo de turbina	Salto motor (m)
menos de 18	Pelton de 1 chorro	Más de 800
De 18 a 25	Pelton de 1 chorro	De 800 a 400
De 25 a 35	Pelton de 1 chorro	De 400 a 100
De 35 a 50	Pelton de 2 chorro	De 800 a 400
De 35 a 50	Pelton de 2 chorro	De 400 a 100
De 50 a 72	Pelton de 4 chorro	De 400 a 100
De 55 a 70	Francis lentísima	De 400 a 200
De 70 a 120	Francis lenta	De 200 a 100
De 120 a 200	Francis media	De 100 a 50
De 200 a 300	Francis rápida	De 50 a 25
De 300 a 450	Francis ultra-rápida	De 25 a 15
De 450 a 500	Hélice rápida	Hasta 15
De 270 a 500	Kaplan lenta	De 50 a 15
De 500 a 800	Kaplan rápida	De 15 a 5
De 800 a 1100	Kaplan muy rápida	Menos de 5

- **Caso 1: Un único grupo:**

$$n_s = n \times \frac{\sqrt{p}}{h \times \sqrt[4]{h}} = 63 \times \frac{\sqrt{3640}}{2,1 \times \sqrt[4]{2,1}} = \mathbf{1503,54 \text{ r.p.m.}}$$

Siendo:

p: potencia neta del salto.

$n_s$ : velocidad específica de la turbina.

h: altura neta de salto.

Como se puede deducir de la tabla anterior este resultado para la altura de 2,1 m. no existe por lo que **no es viable la colocación de un único grupo.**

- **Caso 2: Dos grupos:**

En el caso de varios grupos se reparte la potencia neta del salto entre el número de grupos.

$$n_s = n \times \frac{\sqrt{\frac{p}{n^\circ \text{ grupos}}}}{h \times \sqrt[4]{h}} = 63 \times \frac{\sqrt{\frac{3640}{2}}}{2,1 \times \sqrt[4]{2,1}} = \mathbf{1063,17 \text{ r.p.m.}}$$

Siendo:

p: potencia neta del salto.

$n_s$ : velocidad específica de la turbina.

h: altura neta de salto.

Como se puede deducir de la tabla anterior este resultado para la altura de 2,1 m. en este caso **sería adecuado la colocación de dos turbinas Kaplan (o semikaplan) muy rápidas (800 a 1100 r.p.m.)**

- **Caso 3: Tres grupos:**

$$n_s = n \times \frac{\sqrt{\frac{p}{n^\circ \text{ grupos}}}}{h \times \sqrt[4]{h}} = 63 \times \frac{\sqrt{\frac{3640}{3}}}{2,1 \times \sqrt[4]{2,1}} = \mathbf{868,07 \text{ r.p.m.}}$$

Siendo:

p: potencia neta del salto.

$n_s$ : velocidad específica de la turbina.

h: altura neta de salto.

Homologamente al caso anterior este resultado demuestra que **sería adecuado la colocación de tres turbinas Kaplan (o semikaplan) muy rápidas (800 a 1100 r.p.m.)**

- **Caso 4: Cuatro grupos y sucesivos:**

$$n_s = n \times \frac{\sqrt{\frac{p}{n^\circ \text{ grupos}}}}{h \times \sqrt[4]{h}} = 63 \times \frac{\sqrt{\frac{3640}{4}}}{2,1 \times \sqrt[4]{2,1}} = \mathbf{751,77 \text{ r.p.m.} < 800 \text{ r.p.m.}}$$

Siendo:

p: potencia neta del salto.

$n_s$ : velocidad específica de la turbina.

h: altura neta de salto

Como se puede deducir de la tabla anterior este resultado al ser menor de 800 r.p.m. no corresponde a ninguna turbina para una altura menor de 5 m. Luego **no es viable la colocación de cuatro o más grupos.**

## 3.1.2. Tabla de resultados del cálculo de grupos y decisión adoptada:

Nº de grupos	Caudal Q (m <sup>3</sup> /s)	Altura neta salto h (m)	Pot. Neta salto p (CV)	Velocidad específica ns (r.p.m.)	Tipo de turbina
1	130	2,1	3640	1503,54	No viable
2				1063,17	Kaplan muy rápida
3				868,07	Kaplan muy rápida
4				751,77	No viable

En este proyecto tras analizar los resultados obtenidos **se ha optado por la colocación de dos grupos** ya que es mucho más económico que colocar tres y se aprovecha adecuadamente el caudal disponible para turbinar.

### 3.2. CÁLCULO DE LAS AUTOVÁLVULAS DE MEDIA TENSIÓN.

Para la elección y cálculo de las autoválvulas hay múltiples posibilidades pudiendo elegir las con neutro aislado o neutro a tierra y además de óxidos metálicos o de carburo de Silicio, variando los cálculos según la elección.

En este caso se ha optado por autoválvula de óxidos metálicos para instalación con neutro aislado.

- a) Se ha elegido una intensidad de descarga  $I_d = 10 \text{ kA}$  siguiendo la recomendación de no utilizar  $I_d < 10 \text{ kA}$  en M.T.
- b) Cálculo de la tensión máxima de servicio continuo ( $V_c$ ):

Determina la tensión máxima que se puede aplicar al pararrayos de forma continua sin que en el mismo se origine una corriente de fuga que pueda dañar el pararrayos, condicionando así la elección.

Para una autoválvula de óxidos metálicos con neutro aislado la tensión asignada viene determinada mediante la expresión.

$$V_c = \frac{V_{\text{Máx}}}{T_c} = \frac{36 \text{ kV}}{1,26} = 28.57 \text{ kV}.$$

Siendo:

$V_c$ : tensión máxima del servicio continuo.

$V_{\text{Máx}}$ : Tensión más elevada = 36 kV.

$T_c$ : Factor de sobretensión temporal suministrada por el fabricante Inael: 1,26

Se ha optado por una autoválvula con  $V_c = 29 \text{ kV}$ .

c) Cálculo del margen de protección.

Determina el margen entre el nivel de protección y el nivel de aislamiento del equipo eléctrico.

La autoválvula elegida INZSP36/10/02 del fabricante INAEL presenta las siguientes características:

- Tensión residual para impulso de corriente de maniobra (kV Cresta) = 71,4
- Tensión residual para corriente de descarga nominal 8/20  $\mu$ s (kV) = 87,5.
- Tensión equivalente al frente de onda (kV Cresta)= 89 kV.

El Margen de Protección (PM) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$PM = \left( \frac{NA}{NP} - 1 \right) \times 100$$

Siendo:

- PM: Margen de Protección.
- NA: Nivel de Aislamiento, valor que corresponde a la tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV Cresta) para una tensión más elevada de 36 kV de la tabla 1 de la Instrucción técnica complementaria MIE-RAT 12

**TABLA 1**

<b>TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um)</b>	<b>TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO</b>		<b>TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL DE CORTA DURACIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL</b>
<b>kV eficaces</b>	<b>Lista 1</b>	<b>Lista 2</b>	<b>kV eficaces</b>
	<b>kV cresta</b>		
3,6	20	75	10
7,2	40	95	20
12	40	95	28
17,5	60	125	38
24	60	145	50
36	75	170	70

En este caso **NA= 170 kV**

- NP: Nivel de protección de aislamiento del equipo eléctrico.

Es el mayor de los siguientes valores:

- Tensión residual para impulso de corriente de maniobra (kV Cresta) = 71,4
- Tensión residual para corriente de descarga nominal 8/20  $\mu$ s (kV) = 87,5.
- Tensión equivalente al frente de onda (kV Cresta): 89 dividido por 1,15.= 77,39 kV

Para esta autoválvula **NP = 87,5 kV.**

Luego

$$PM = \left( \frac{NA}{NP} - 1 \right) \times 100 = \left( \frac{170}{87,5} - 1 \right) \times 100 = 94,28 \%$$

La elección es correcta ya que es mucho mayor que el 30% que marca el reglamento de AT.



### 3.3. CÁLCULO DEL NÚMERO Y SECCIÓN DE CONDUCTORES.

#### 3.3.1. Cálculo de los conductores de los generadores al embarrado de 690 V

- Intensidad máxima admisible en servicio permanente y número de conductores.

Para el cálculo de los conductores es necesario tener en cuenta

A la salida de cada generador de 1500 kVA de potencia y 690 V de tensión tendremos una intensidad nominal:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V} = \frac{1500}{\sqrt{3} \times 0,690} = \mathbf{1255,11 \text{ A}}$$

Siendo:

I: Intensidad nominal

P: Potencia del generador.

V: Tensión de salida del generador.

Se ha optado por cables unipolares de 240 mm<sup>2</sup> de sección en contacto bajo tubo (caso F de la tabla 19.2 del REBT), por lo que el número de conductores vendrá determinado por la siguiente expresión.

$$\mathbf{N^{\circ} \text{ Conductores} = \frac{I}{I_{\text{Reglamento}} \times K} = 2,90 \approx 3 \text{ conductores por fase.}}$$









Siendo:

I: Intensidad nominal (anteriormente calculada).

I<sub>Reglamento</sub>: Intensidad máxima admisible dada en la tabla del REBT. (455A)

K: Factor de corrección a aplicar por agrupamiento (0,95)

Tabla 19.2 del REBT ITC-19 de intensidades máximas admisibles

			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
<b>A</b>		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes										
<b>A2</b>		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
<b>B</b>		Conductores aislados en tubos <sup>1)</sup> en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
<b>B2</b>		Cables multiconductores en tubos <sup>1)</sup> en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR			2x XLPE o EPR		
<b>C</b>		Cables multiconductores directamente sobre la pared <sup>1)</sup>				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
<b>E</b>		Cables multiconductores al aire libre <sup>2)</sup> . Distancia a la pared no inferior a 0.3D <sup>5)</sup>					3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
<b>F</b>		Cables unipolares en contacto mutuo <sup>3)</sup> . Distancia a la pared no inferior a D <sup>5)</sup>						3x PVC			3x XLPE o EPR <sup>1)</sup>	
<b>G</b>		Cables unipolares separados mínimo D <sup>3)</sup>								3x PVC <sup>1)</sup>		3x XLPE o EPR
<b>Cobre</b>	mm <sup>2</sup>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70				149	160	171	188	202	224	244	321
	95				180	194	207	230	245	271	296	391
	120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601
	240				315	350	374	419	455	490	552	711
300				360	404	423	484	524	565	640	821	

- 1) A partir de 25 mm<sup>2</sup> de sección.
- 2) Incluyendo canales para instalaciones -canaletas- y conductos de sección no circular.
- 3) O en bandeja no perforada.
- 4) O en bandeja perforada.
- 5) D es el diámetro del cable.

En el tramo desde cada generador hasta el embarrado de 690 V se colocarán 3 cables de cobre de 240 mm<sup>2</sup> XLPE por fase bajo tubo y un cable, de la misma sección e idéntico, para el neutro. **Luego se colocarán 9 conductores 1x240 mm<sup>2</sup> de sección y 3 conductores de neutro** idénticos a los anteriores (3 conductores por fase y 3 conductores para neutro) desde cada generador.

- caída de tensión

Datos del cable seleccionado:

Caída de tensión en V/km: 0,17 V/km

Dada la longitud de 10 m y 6 m de los conductores:

Para 10 m:

$$e \text{ (V)} = 0,17 \cdot 0,01 = 1,7 \text{ mV}$$

Luego la caída de tensión en este tramo es de  $e = 1,7 \text{ mV}$  es decir un 0,00025% y por lo tanto puede considerarse despreciable y para 6 m con mayor razón al ser un valor menor.

### 3.3.2. Cálculo de los conductores desde el embarrado de 690 V hasta el transformador de potencia.

En este caso como al embarrado entran los cables desde cada generador, se ha optado por 6 conductores de cobre de  $240 \text{ mm}^2$  XLPE por fase, en instalación enterrada y 6 conductores de la misma sección e idénticos por fase para el neutro. **Luego se colocarán 18 conductores  $1 \times 240 \text{ mm}^2$  de sección y 6 conductores de neutro** idénticos a los anteriores (6 conductores por fase y 6 conductores para neutro).

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V} = \frac{3000}{\sqrt{3} \times 0,690} = 2510,21 \text{ A}$$

Siendo:

I: Intensidad nominal

P: Potencia.

V: Tensión 690V.

$$\text{N}^\circ \text{ Conductores} = \frac{I}{I_{\text{Reglamento}} \times K} = \frac{2510,21}{550 \times 0,8} = 5,70 \approx 6 \text{ conductores por fase}$$



Siendo:

I: Intensidad nominal (anteriormente calculada).

$I_{\text{Reglamento}}$ : Intensidad máxima admisible dada en la tabla 7.5 del REBT.

K: Factor de corrección a aplicar por agrupamiento.

Tabla 7.5- Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente).

SECCIÓN NOMINAL mm <sup>2</sup>	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Tipo de aislamiento:

XLPE - Polietileno reticulado - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

EPR - Etileno propileno - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

PVC - Policloruro de vinilo - Temperatura máxima en el conductor 70°C (servicio permanente).

Temperatura del terreno 25°C.

Profundidad de instalación 0,70 m.

Resistividad térmica del terreno 1 K.m/W.

- (1) Incluye el conductor neutro, si existe.
- (2) Para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.
- (3) Para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o tetrapolar de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

- Caída de tensión.

La caída de tensión también es despreciable ya que la longitud y el conductor son iguales que el caso anterior.

### 3.3.3. Cálculo del conductor del transformador de servicios auxiliares al embarrado de 690 V

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V} = \frac{50}{\sqrt{3} \times 0,690} = \mathbf{41,83 \text{ A}}$$

Siendo:

P: potencia del transformador de servicios auxiliares (50 kVA).

V: tensión de 690 V.

La caída de tensión será despreciable ya que esta situado al lado del embarrado de 690 V

Se ha optado por 3 cables unipolares de 25 mm<sup>2</sup> de sección instalados en canal para instalaciones, al lado de las celdas (caso B de la tabla 19.2 del REBT) y un cable idéntico para el neutro.

### 3.3.4. Cálculo del conductor del transformador de servicios auxiliares al embarrado de 400 V

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V} = \frac{50}{\sqrt{3} \times 0,400} = \mathbf{72,16 \text{ A}}$$

Siendo:

P: potencia del transformador de servicios auxiliares (50kVA).

V: tensión de 400 V.

Se ha optado por 3 cables unipolares de 25 mm<sup>2</sup> de sección instalados en contacto mutuo (caso F de la tabla 19.2 del REBT) y un cable idéntico para el neutro.

### 3.3.5. Cálculo de los conductores de lado de MT de 30 kV desde el transformador al entronque.

Se ha elegido un conductor de aluminio con protección XLPE, de 240 mm<sup>2</sup> de sección.

- Intensidad máxima admisible en servicio permanente.

Para comprobar la sección adecuada de los cables de media tensión se ha tenido en cuenta en primer lugar, que la intensidad máxima admisible en servicio permanente, que nunca supere la establecida por el RLAT y detallada en la ITC-LAT-06 para el tipo de instalación por el que se ha optado.

**Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados**

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

La corriente en régimen permanente vendrá dada por la expresión.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V} = \frac{3150}{\sqrt{3} \times 30} = 60,621 \text{ A}$$

Siendo:

I: corriente de los conductores.

P: potencia del transformador de potencia (3,15 MVA)

V: tensión nominal (30 kV)

Luego la elección de 240 mm<sup>2</sup> de Aluminio, según la recomendación de la compañía, cumple con la normativa, ya que la intensidad máxima admisible en régimen permanente es menor que la del reglamento.

$$60,621 \text{ A} < 345 \text{ A}$$

- Caída de tensión

Datos del cable seleccionado:

Resistencia del conductor a 20°C:  $R = 0,125 \Omega/\text{km}$

Reactancia inductiva del conductor:  $X = 0,114 \Omega/\text{km}$

La caída de tensión en el tramo de 300 m viene determinada por la expresión.

$$e = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$$

Siendo:

$e$  = Caída de tensión, en V/km

$I$  = Intensidad de corriente, en A

$R$  = Resistencia por fase  $\Omega/\text{km}$

$X$  = Reactancia por fase  $\Omega/\text{km}$

$\varphi$  = Angulo de desfase.

Luego

$$e = \sqrt{3} \cdot 60,621 \cdot (0,125 \cdot 0,8 + 0,114 \cdot 0,6) = 17,68 \text{ V/km}$$

Dada la longitud de 300 m del conductor subterráneo:

$$e \text{ (V)} = 17,68 \cdot 0,30 = 5,3 \text{ V}$$

Luego la caída de tensión en este tramo es de  $e = 5,3 \text{ V}$  es decir un 0,0176% y por lo tanto puede considerarse despreciable.

### 3.4. CÁLCULOS DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.

Para el cálculo de la intensidad máxima que originaría un cortocircuito, se tomará el valor máximo de corriente de cortocircuito prevista por la Compañía Distribuidora para la línea existente de tensión 30 kV y que en este caso es de 20kA.

La potencia de cortocircuito vendrá determinada mediante la siguiente expresión:

$$P_{cc} = \sqrt{3} \times V_n \times I_{cc} = \sqrt{3} \times 30\text{kV} \times 20\text{kA} = 1039,23 \text{ MVA.}$$

Siendo:

$P_{cc}$  : Potencia de cortocircuito de la línea de evacuación.

$V_n$  : Tensión nominal de la línea de evacuación de 30 kV.

$I_{cc}$  : Corriente de cortocircuito correspondiente a la línea de evacuación.

Las reactancias por unidad de los diferentes elementos a tener en cuenta de la instalación, tomando como potencia base la potencia de cortocircuito de la línea de evacuación, son:

- Reactancia por unidad del generador :

$$X_g = \frac{\% \times P_{base}}{100 \times P_g} = \frac{20 \times 1039230}{100 \times 1500} = 138,56$$

Siendo:

$X_g$  : Reactancia por unidad del generador.

$P_{base}$  : Potencia base de cálculo.

$P_g$  : Potencia de cada generador.

% : Reactancia síncrona del generador.



- Reactancia por unidad del transformador de potencia exterior:

$$X_t = \frac{\% \times P_{\text{base}}}{100 \times P_t} = \frac{6,25 \times 1039230}{100 \times 3150} = 20,62$$

Siendo:

$X_t$  : Reactancia por unidad del transformador de potencia exterior.

$P_{\text{base}}$  : Potencia base de cálculo.

$P_t$  : Potencia del transformador de potencia exterior.

% : Tensión de cortocircuito del transformador de potencia exterior.

- Reactancia por unidad del transformador de servicios auxiliares:

$$X_{\text{tsa}} = \frac{\% \times P_{\text{base}}}{100 \times P_t} = \frac{6 \times 1039230}{100 \times 50} = 1247,07$$

Siendo:

$X_{\text{tsa}}$  : Reactancia por unidad del transformador de servicios auxiliares.

$P_{\text{base}}$  : Potencia base de cálculo.

$P_t$  : Potencia del transformador de servicios auxiliares.

% : Tensión de cortocircuito del transformador de servicios auxiliares

- Reactancia por unidad del tramo subterráneo de 30 kV:

La reactancia total del cable de 240 mm<sup>2</sup> seleccionado en el tramo de 300 m es:

$$X_1 = X_{\text{cable}} \times L = 0,125 \times 0,3 = 0,0375 \Omega.$$

Siendo:

$X_1$  : Reactancia total del cable de 240 mm<sup>2</sup> seleccionado en el tramo de 300 en  $\Omega$

$X_{\text{cable}}$  : Reactancia del cable de 240 mm<sup>2</sup> seleccionado del fabricante en  $\Omega/\text{km}$ .

$L$  : Longitud del conductor de la línea subterránea de 30 kV.

$$X_{\text{sub}} = \frac{X_1 \times P_{\text{base}}}{1000 \times V_n^2} = \frac{0,0375 \times 1039230}{1000 \times 30^2} = 0,1587$$

Siendo:

$X_{\text{sub}}$  : Reactancia por unidad del del tramo subterráneo de 30 kV.

$P_{\text{base}}$  : Potencia base de cálculo.

$V_n$  : Tensión nominal de la línea subterranea de 30 kV

- Reactancia por unidad de la red (línea aérea de 30 kV):

$$X_{\text{red}} = \frac{100 \times P_{\text{base}}}{100 \times P_{\text{cc}}} = 1.$$

Siendo:

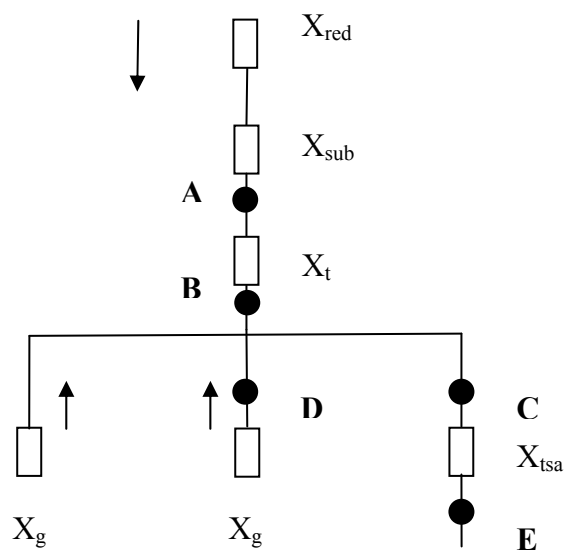
$P_{\text{base}}$  : Potencia base de cálculo.

$P_{\text{cc}}$  : Potencia de cortocircuito de la línea de evacuación.

$X_{\text{red}}$  : Reactancia por unidad de la red (línea aérea de 30 kV)

El resto de cableados y elementos se desprecia debido a sus cortas longitudes y pequeños valores.

Teniendo en cuenta la situación de cada elemento:



- **Cálculo de la corriente de cortocircuito en el punto A:**

La corriente de cortocircuito en el punto A queda determinada mediante las siguientes expresiones deducidas del esquema anterior:

La reactancia unitaria de cortocircuito en el punto A desde la línea de 30 kV es:

$$X_A = X_{\text{red}} + X_{\text{sub}} = 1 + 0,1588 = 1,1588 \Omega$$

Siendo:

$X_A$  : Reactancia de cortocircuito por unidad en A desde la línea aérea de 30 kV.

$X_{\text{red}}$  : Reactancia por unidad de la red (línea aérea de 30 kV)

$X_{\text{sub}}$  : Reactancia por unidad del del tramo subterráneo de 30 kV.

Luego la potencia de cortocircuito desde la línea aérea de 30 kV en el punto A es:

$$P_{\text{ccA}} = \frac{P_{\text{base}}}{X_A} = \frac{1039230}{1,1588} = 896820,85 \text{ kVA.}$$

Siendo:

$P_{\text{ccA}}$  : Potencia de cortocircuito en el punto A desde la línea aérea de 30 kV.

$P_{\text{base}}$  : Potencia base de cálculo.

$X_A$  : Reactancia de cortocircuito unitaria en A desde la línea aérea de 30 kV.

Por lo que la intensidad de cortocircuito en A desde la línea aérea de 30 kV es:

$$I_{\text{ccA}} = \frac{P_{\text{ccA}}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{896820,85}{\sqrt{3} \times 30000} = 17,26 \text{ kA.}$$

Siendo:

$I_{\text{ccA}}$  : intensidad de cortocircuito en el punto A desde la línea aérea de 30 kV

$P_{\text{ccA}}$  : Potencia de cortocircuito en el punto A desde la línea aérea de 30 kV.

$U_n$  : Tensión nominal en el punto A.

Por otro lado la reactancia unitaria de cortocircuito en el punto A desde los generadores es:

$$X'_{A} = X_g // X_g // X_{tsa} + X_t = \frac{1}{\frac{1}{X_g} + \frac{1}{X_g} + \frac{1}{X_{tsa}}} + X_t$$

$$X'_{A} = \frac{1}{\frac{1}{138,56} + \frac{1}{138,56} + \frac{1}{1247,07}} + 20,62 = 86,25 \Omega$$

Siendo:

$X'_{A}$  : Reactancia de cortocircuito unitaria en A desde los generadores

$X_g$  : Reactancia por unidad del generador.

$X_{tsa}$  : Reactancia por unidad del transformador de servicios auxiliares.

$X_t$  : Reactancia por unidad del transformador de potencia exterior.

Luego la potencia de cortocircuito en el punto A desde los generadores es:

$$P'_{ccA} = \frac{P_{base}}{X'_A} = \frac{1039230}{86,25} = 12049,11 \text{ kVA.}$$

Siendo:

$P'_{ccA}$  : Potencia de cortocircuito en el punto A desde los generadores.

$P_{base}$  : Potencia base de cálculo.

$X'_A$  : Reactancia de cortocircuito unitaria en A desde los generadores.

Por lo que la intensidad de cortocircuito en A desde los generadores es:

$$I'_{ccA} = \frac{P'_{ccA}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{12049,11}{\sqrt{3} \times 30000} = 0,23 \text{ kA.}$$

Siendo:

$I'_{ccA}$  : intensidad de cortocircuito en el punto A desde los generadores

$P'_{ccA}$  : Potencia de cortocircuito en el punto A desde los generadores.

$U_n$  : Tensión nominal en el punto A.

Luego la intensidad de cortocircuito en el punto A por ser el caso más desfavorable es:

$$I_{ccA} > I'_{ccA} \rightarrow I_{ccA} = 17,26 \text{ kA}$$

- **Cálculo de la corriente de cortocircuito en el punto B:**

La corriente de cortocircuito en el punto B queda determinada mediante las siguientes expresiones deducidas del esquema anterior:

La reactancia unitaria de cortocircuito en el punto B desde la línea de 30 kV es:

$$X_B = X_{\text{red}} + X_{\text{sub}} + X_t = 1 + 0,1588 + 20,62 = 21,78 \Omega$$

Siendo:

$X_B$  : Reactancia de cortocircuito por unidad en B desde la línea aérea de 30 kV.

$X_{\text{red}}$  : Reactancia por unidad de la red (línea aérea de 30 kV)

$X_{\text{sub}}$  : Reactancia por unidad del del tramo subterráneo de 30 kV.

$X_t$  : Reactancia por unidad del transformador de potencia exterior.

Luego la potencia de cortocircuito desde la línea aérea de 30 kV en el punto B es:

$$P_{\text{ccB}} = \frac{P_{\text{base}}}{X_B} = \frac{1039230}{21,78} = 47714,87 \text{ kVA.}$$

Siendo:

$P_{\text{ccB}}$  : Potencia de cortocircuito en el punto B desde la línea aérea de 30 kV.

$P_{\text{base}}$  : Potencia base de cálculo.

$X_B$  : Reactancia de cortocircuito unitaria en B desde la línea aérea de 30 kV.

Por lo que la intensidad de cortocircuito en B desde la línea aérea de 30 kV es:

$$I_{\text{ccB}} = \frac{P_{\text{ccB}}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{47714,87}{\sqrt{3} \times 690} = \mathbf{39,92 \text{ kA.}}$$

Siendo:

$I_{\text{ccB}}$  : intensidad de cortocircuito en el punto B desde la línea aérea de 30 kV

$P_{\text{ccB}}$  : Potencia de cortocircuito en el punto B desde la línea aérea de 30 kV.

$U_n$  : Tensión nominal en el punto B.(690V)

Por otro lado la reactancia unitaria de cortocircuito en el punto B desde los generadores es:

$$X'_B = X_g // X_g // X_{tsa} = \frac{1}{\frac{1}{X_g} + \frac{1}{X_g} + \frac{1}{X_{tsa}}} = \frac{1}{\frac{1}{138,56} + \frac{1}{138,56} + \frac{1}{1247,07}} = 65,63 \Omega$$

Siendo:

$X_g$  : Reactancia por unidad del generador.

$X_{tsa}$  : Reactancia por unidad del transformador de servicios auxiliares.

$X_t$  : Reactancia por unidad del transformador de potencia exterior.

$X'_B$  : Reactancia de cortocircuito unitaria en B desde los generadores

Luego la potencia de cortocircuito en el punto B desde los generadores es:

$$P'_{ccB} = \frac{P_{base}}{X'_B} = \frac{1039230}{65,63} = 15834,68 \text{ kVA.}$$

Siendo:

$P'_{ccB}$  : Potencia de cortocircuito en el punto B desde los generadores.

$P_{base}$  : Potencia base de cálculo.

$X'_B$  : Reactancia de cortocircuito unitaria en B desde los generadores.

Por lo que la intensidad de cortocircuito en B desde los generadores es:

$$I'_{ccB} = \frac{P'_{ccB}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{15834,68}{\sqrt{3} \times 690} = 13,24 \text{ kA.}$$

Siendo:

$I'_{ccB}$  : intensidad de cortocircuito en el punto B desde los generadores

$P'_{ccB}$  : Potencia de cortocircuito en el punto B desde los generadores.

$U_n$  : Tensión nominal en el punto B (690 V).

Luego la intensidad de cortocircuito en el punto B por ser el caso más desfavorable es:

$$I_{ccA} > I'_{ccA} \rightarrow I_{ccB} = 39,92 \text{ kA}$$

- **Cálculo de la corriente de cortocircuito en el punto C:**

La corriente de cortocircuito en el punto C queda determinada mediante las siguientes expresiones deducidas del esquema anterior:

La reactancia unitaria de cortocircuito en el punto C es:

$$X_C = (X_{\text{red}} + X_{\text{sub}} + X_t) // X_g // X_g = \frac{1}{\frac{1}{X_{\text{red}} + X_{\text{sub}} + X_t} + \frac{1}{X_g} + \frac{1}{X_g}}$$

$$X_C = \frac{1}{\frac{1}{1 + 0,1588 + 20,62} + \frac{1}{138,56} + \frac{1}{138,56}} = 16,57 \Omega$$

Siendo:

$X_C$  : Reactancia de cortocircuito por unidad en C.

$X_{\text{red}}$  : Reactancia por unidad de la red (línea aérea de 30 kV)

$X_{\text{sub}}$  : Reactancia por unidad del del tramo subterráneo de 30 kV.

$X_t$  : Reactancia por unidad del transformador de potencia exterior.

$X_g$  : Reactancia por unidad del generador.

Luego la potencia de cortocircuito en el punto C es:

$$P_{\text{ccC}} = \frac{P_{\text{base}}}{X_C} = \frac{1039230}{16,57} = 62717,56 \text{ kVA.}$$

Siendo:

$P_{\text{ccC}}$  : Potencia de cortocircuito en el punto C.

$P_{\text{base}}$  : Potencia base de cálculo.

$X_C$  : Reactancia de cortocircuito unitaria en C.

Por lo que la intensidad de cortocircuito en C es:

$$I_{ccC} = \frac{P_{ccC}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{62717,56}{\sqrt{3} \times 690} = 52,48 \text{ kA.}$$

Siendo:

$I_{ccC}$  : intensidad de cortocircuito en el punto C.

$P_{ccC}$  : Potencia de cortocircuito en el punto C.

$U_n$  : Tensión nominal en el punto C.(690V)

Luego la intensidad de cortocircuito en el punto C es:

$$I_{ccC} = 52,48 \text{ kA.}$$



- **Cálculo de la corriente de cortocircuito en el punto D:**

La corriente de cortocircuito en el punto D queda determinada mediante las siguientes expresiones deducidas del esquema anterior:

La reactancia unitaria de cortocircuito en el punto C es:

$$X_D = (X_{red} + X_{sub} + X_t) // X_g // X_{tsa} = \frac{1}{\frac{1}{X_{red} + X_{sub} + X_t} + \frac{1}{X_g} + \frac{1}{X_{tsa}}}$$

$$X_D = \frac{1}{\frac{1}{1 + 0,1588 + 20,62} + \frac{1}{138,56} + \frac{1}{1247,07}} = 18,54 \Omega$$

Siendo:

$X_D$  : Reactancia de cortocircuito por unidad en D.

$X_{red}$  : Reactancia por unidad de la red (línea aérea de 30 kV)

$X_{sub}$  : Reactancia por unidad del del tramo subterráneo de 30 kV.

$X_t$  : Reactancia por unidad del transformador de potencia exterior.

$X_g$  : Reactancia por unidad del generador.

$X_{tsa}$  : Reactancia por unidad del transformador de servicios auxiliares.

Luego la potencia de cortocircuito en el punto D es:

$$P_{ccD} = \frac{P_{base}}{X_D} = \frac{1039230}{18,54} = 56053,40 \text{ kVA.}$$

Siendo:

$P_{ccD}$  : Potencia de cortocircuito en el punto D.

$P_{base}$  : Potencia base de cálculo.

$X_D$  : Reactancia de cortocircuito unitaria en D.

Por lo que la intensidad de cortocircuito en D es:

$$I_{ccD} = \frac{P_{ccD}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{56053,40}{\sqrt{3} \times 690} = 46,9 \text{ kA.}$$

Siendo:

$I_{ccD}$  : intensidad de cortocircuito en el punto D.

$P_{ccD}$  : Potencia de cortocircuito en el punto D.

$U_n$  : Tensión nominal en el punto D.(690V)

Luego la intensidad de cortocircuito en el punto D es:

$$I_{ccD} = 46,9 \text{ kA.}$$

- **Cálculo de la corriente de cortocircuito en el punto E:**

La corriente de cortocircuito en el punto E queda determinada mediante las siguientes expresiones deducidas del esquema anterior:

La reactancia unitaria de cortocircuito en el punto E es:

$$X_E = [(X_{\text{red}} + X_{\text{sub}} + X_t) // X_g // X_g] + X_{\text{tsa}} = \frac{1}{\frac{1}{X_{\text{red}} + X_{\text{sub}} + X_t} + \frac{1}{X_g} + \frac{1}{X_g}} + X_{\text{tsa}}$$

$$X_E = \frac{1}{\frac{1}{1 + 0,1588 + 20,62} + \frac{1}{138,56} + \frac{1}{138,56}} + 1247,07 = 1263,64 \Omega$$

Siendo:

$X_E$  : Reactancia de cortocircuito por unidad en E.

$X_{\text{red}}$  : Reactancia por unidad de la red (línea aérea de 30 kV)

$X_{\text{sub}}$  : Reactancia por unidad del del tramo subterráneo de 30 kV.

$X_t$  : Reactancia por unidad del transformador de potencia exterior.

$X_g$  : Reactancia por unidad del generador.

$X_{\text{tsa}}$  : Reactancia por unidad del transformador de servicios auxiliares.

Luego la potencia de cortocircuito en el punto E es:

$$P_{\text{ccE}} = \frac{P_{\text{base}}}{X_E} = \frac{1039230}{1263,64} = 822,41 \text{ kVA.}$$

Siendo:

$P_{\text{ccE}}$  : Potencia de cortocircuito en el punto E.

$P_{\text{base}}$  : Potencia base de cálculo.

$X_E$  : Reactancia de cortocircuito unitaria en E.

Por lo que la intensidad de cortocircuito en E es:

$$I_{ccE} = \frac{P_{ccE}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{822,41}{\sqrt{3} \times 400} = \mathbf{1,19 \text{ kA.}}$$

Siendo:

$I_{ccD}$  : intensidad de cortocircuito en el punto E.

$P_{ccD}$  : Potencia de cortocircuito en el punto E.

$U_n$  : Tensión nominal en el punto E.(400V)

Luego la intensidad de cortocircuito en el punto D es:

$$I_{ccE} = \mathbf{1,19 \text{ kA.}}$$

### 3.5. CÁLCULOS DE LA PUESTAS A TIERRA.

#### 3.5.1. Puesta a tierra de la central y subestación.

- Cálculo de la resistencia de tierra:

Para el cálculo de la resistencia de tierra se ha determinado mediante medidas experimentales en el terreno que la resistividad es de  $\rho = 100 \Omega \cdot \text{m}$  y la compañía suministradora ha facilitado una intensidad de defecto para la línea de 30 kV de  $I_d = 450 \text{ A}$  y un tiempo de falta a tierra de  $t = 1 \text{ s}$ .

Tal como se indica anteriormente, el cálculo de la resistencia de tierra de una red enterrada de 30 m x 18 m (30 m x 10 m: superficie de la central y 30 m x 8 m la superficie de la subestación) se calcula mediante la expresión:

$$R_t = \frac{\rho}{L} + \frac{\rho}{4r} = \frac{100}{588} + \frac{100}{4 \cdot 13,11} = 2,08 \Omega.$$

Siendo:

$\rho$  : Resistividad del terreno ( $100 \Omega \cdot \text{m}$ )

$L$  = longitud en metros de la pica o del conductor, y en malla la longitud total de los conductores enterrados.

$r$  = radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

$L$  se calcula mediante la expresión:

$$L = \left(\frac{x}{2} + 1\right) \cdot y + \left(\frac{y}{2} + 1\right) \cdot x = \left(\frac{30}{2} + 1\right) \cdot 18 + \left(\frac{18}{2} + 1\right) \cdot 30 = 588 \text{ m}$$

Siendo:

$x$ : Lado del eje  $x$  del área en planta ocupada por la red de tierra rectangular (30 m).

$y$ : Lado del eje  $y$  del área en planta ocupada por la red de tierra rectangular (8 m).

a.: Lado del eje  $x$  en planta de un rectángulo interior de los que conforman el mallado (2 m).

b.: Lado del eje  $x$  en planta de un rectángulo interior de los que conforman el mallado (2m).

r se calcula mediante la expresión:

$$r = \sqrt{\frac{x \cdot y}{\pi}} = \sqrt{\frac{30 \cdot 18}{\pi}} = 13,11 \text{ m}$$

Siendo:

x: Lado del eje x del área en planta ocupada por la red de tierra rectangular (30 m).

y: Lado del eje y del área en planta ocupada por la red de tierra rectangular (8 m).

Se comprueba es posible la unificación de las tierras ya que se verifica la condición reglamentaria  $V_d < 1000 \text{ V}$  ya que:

$$V_d = R_t \times I_d = 2,08 \times 450 = \mathbf{936 \text{ V}} < 1000 \text{ V}$$

Siendo:

$V_d$ : Tension de defecto a tierra.

$I_d$ : Intensidad de defecto a tierra (450 A).

$R_t$ : Resistencia de tierra.

- Cálculo de las tensiones de paso y de contacto.

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Los valores máximos de la tensión de paso y la de contacto vendrán determinadas por las siguientes expresiones:

$$V_p = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{6\rho_s}{1000} \right) \quad \text{y} \quad V_c = \frac{K}{t^n} \left( 1 + \frac{1,5\rho_s}{1000} \right)$$

Siendo.

$\rho$  : Resistividad del terreno.

1000 : Resistividad del cuerpo humano.

t : tiempo de la duración de la falta en segundos.(1s) (facilitado por la compañía distribuidora)

Para  $t=1 \rightarrow K = 78,5$  y  $n = 0,18$  según estipula la normativa.

Sustituyendo los valores:

$$V_p = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{6\rho_s}{1000} \right) = \frac{10 \cdot 78,5}{1^{0,18}} \left( 1 + \frac{6 \cdot 100}{1000} \right) = \mathbf{1256 \text{ V.}}$$

$$V_c = \frac{K}{t^n} \left( 1 + \frac{1,5\rho_s}{1000} \right) = \frac{78,5}{1^{0,18}} \left( 1 + \frac{1,5 \cdot 100}{1000} \right) = \mathbf{90,275 \text{ V}}$$

Las tensiones de paso en el acceso de las instalaciones vendrán determinadas por las siguientes ecuaciones:

$$V_{p \text{ acc}} = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{3\rho_s + 3\rho_h}{1000} \right) = \frac{10 \cdot 78,5}{1^{0,18}} \left( 1 + \frac{3 \cdot 100 + 3 \cdot 3000}{1000} \right) = 8085,5 \text{ V.}$$

Una vez ejecutada la obra se realizarán las mediciones oportunas y se tomarán las acciones correctoras necesarias para garantizar que en ningún caso se supere ninguna de estas tensiones.

- Tabla de resultados

	Valor obtenido	Valor máximo
Resistencia de tierra $R_t$ ( $\Omega$ )	2,08	(2)
Tensión de paso $V_p$ (V)	(1)	1256
Tensión de contacto $V_c$ (V)	(1)	90,275
Tensión de paso en el acceso $V_{p\text{ acc}}$ (V)	(1)	8085,5
Tensión de defecto a tierra $V_D$	936	1000 <sup>(3)</sup>

(1) Se realizarán las mediciones y se tomarán las acciones correctoras necesarias para garantizar que en ningún caso se supere ninguno de los valores máximos obtenidos.

(2) La relación entre  $V_d = R_t \times I_d$  determina una que la  $R_t$  obtenida es adecuada.

(3) Tensión de defecto para poder unificar las tierras.



### 3.5.2. Puesta a tierra del apoyo de conversión de la línea aero-subterránea y entronque.

- Constará de un anillo de difusión cuadrado de 4m de lado con 8 picas de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, electrodo enterrado a 0,5 m en configuración 40-40/5/82. y se instalará una losa de hormigón de espesor 20 cm como mínimo y que sobresalga 1,2 del borde de la columna o poste. Dentro de esa losa (plataforma de operador) y hasta un m. del borde de la base de la columna o poste se embebera una mallazo de 4 mm. de diámetro como mínimo formando una retícula de 0,3 x 0,30 m. Este mallazo irá conectado a dos puntos opuestos de la puesta a tierra y tendrá por encima la menos 10 cm de hormigón.

- Cálculo de los valores de la resistencia de tierra  $R_t$ , tensión de paso y contacto de la tierra de protección mediante las tablas UNESA:

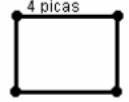

Para el cálculo de la resistencia de tierra se ha determinado mediante medidas experimentales en el terreno que la resistividad es de  $\rho = 100 \Omega \cdot m$  y la compañía suministradora ha facilitado una intensidad de defecto para la línea de 30 kV de  $I_d = 450 A$  y un tiempo de falta a tierra de  $t = 1s$ .

Tal como se indica anteriormente la resistencia de tierra para un anillo de difusión con las características anteriormente descritas tal como indican las tablas UNESA le corresponden las siguientes características:

#### PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

**Cuadrado de 4,0 m x 4,0 m**  
 Sección del conductor = 50 mm<sup>2</sup>.  
 Diámetro de las picas = 14 mm.  
 $L_p$  = Longitud de la pica en m.

**Profundidad = 0,5 m**

Configuración	$L_p$ (m)	Resistencia $K_r$	Tensión de paso $K_p$	Tensión de contacto $K_c = K_{p(ace)}$	Código de la configuración
Sin picas	-	0,123	0,0252	0,0753	40-40/5/00
 4 picas	2	0,092	0,0210	0,0461	40-40/5/42
	4	0,075	0,0164	0,0330	40-40/5/44
	6	0,064	0,0134	0,0254	40-40/5/46
	8	0,056	0,0113	0,0205	40-40/5/48
 8 picas	2	0,082	0,0181	0,0371	40-40/5/82
	4	0,063	0,0132	0,0237	40-40/5/84
	6	0,053	0,0103	0,0170	40-40/5/86
	8	0,045	0,0084	0,0131	40-40/5/88

Luego la resistencia de la tierra de protección viene determinada por la expresión:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0,082 \cdot 100 = \mathbf{8,2 \Omega}$$

Siendo:

$R_t$ : Resistencia de la tierra de protección.

$K_r$ : Parámetro de tabla UNESA de valor 0,082.

$\rho$ : Resistividad del terreno de valor  $100 \Omega \cdot m$

y por lo tanto

$$V_d = R_t \times I_d = 8,2 \times 450 = \mathbf{3690 V}$$

Siendo

$V_d$ : Tension de defecto a tierra.

$I_d$ : Intensidad de defecto a tierra (450 A).

$R_t$ : Resistencia de tierra (de protección).

Al estar colocado el mallazo se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto.

La tensión de paso viene determinada por la expresión:

$$V_p = K_p \cdot \rho \cdot I_D = 0,0181 \cdot 100 \cdot 450 = \mathbf{814,5 V}$$

Siendo.

$K_p$ : Constante de tablas UNESA de valor 0,0181

$\rho$ : Resistividad del terreno de valor  $100 \Omega \cdot m$

$I_D$ : Corriente de defecto máxima (450 A).

La tensión de paso en el acceso viene determinada por la expresión:

$$V_{p \cdot acc} = K_c \cdot \rho \cdot I_D = 0,0371 \cdot 100 \cdot 450 = \mathbf{1669,5 \text{ V}}$$

Siendo.

$K_c$  : Constante de tablas UNESA de valor 0,0371

$\rho$  : Resistividad del terreno de valor  $100 \Omega \cdot m$

$I_D$  : Corriente de defecto máxima (450 A).

- Cálculo de los valores máximos admisibles de la tensión de paso, y de acceso.

Los valores máximos de la tensión de paso  $V_p$  y la de contacto  $V_{p \cdot acc}$  vendrán determinadas por las siguientes expresiones:

$$V_{p \text{ máx}} = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{6\rho_s}{1000} \right)$$

$$V_{p \cdot acc \text{ máx}} = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{3\rho_s + 3\rho_h}{1000} \right)$$

Siendo.

$\rho_s$  : Resistividad del terreno ( $100 \Omega \cdot m$ ).

$\rho_h$  : Resistividad del hormigón ( $3000 \Omega \cdot m$ ).

1000 : Resistividad del cuerpo humano.

$t$  : tiempo de la duración de la falta en segundos.(1s) (facilitado por la compañía distribuidora)

Para  $t=1 \rightarrow K = 78,5$  y  $n = 0,18$  según estipula la normativa.

Sustituyendo los valores:

$$V_{p \text{ máx}} = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{6\rho_s}{1000} \right) = \frac{10 \cdot 78,5}{1^{0,18}} \left( 1 + \frac{6 \cdot 100}{1000} \right) = \mathbf{1256 \text{ V.}}$$

$$V_{p \cdot acc \text{ máx}} = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{3\rho_s + 3\rho_h}{1000} \right) = \frac{10 \cdot 78,5}{1^{0,18}} \left( 1 + \frac{3 \cdot 100 + 3 \cdot 3000}{1000} \right) = \mathbf{8085.5 \text{ V.}}$$

- Tabla de resultados

Resistencia de tierra $R_t$ ( $\Omega$ )	8,2
Intensidad de defecto a tierra $I_D$ (A)	450
Tensión de defecto a tierra $V_D$ (V)	3690

	Valor obtenido	Valor máximo Reglamentario.
Tensión de paso $V_p$ (V)	814,5	1256
Tensión de paso en el acceso $V_{p\text{ acc}}$ (V)	1669,5	8085,5

### 3.6. CÁLCULO DE LAS BATERIAS DE CONDENSADORES.

Para optimizar el sistema se colocaran condensadores para compensar el factor de potencia,  $\cos \varphi$ , de modo que de un valor de 0,8 se pase a un valor próximo a la unidad ( $\cos \varphi = 0,99$ ), en el conjunto de la instalación, y así compensar la potencia reactiva procedente de la instalación, obteniéndose así una potencia activa real igual a la aparente producida.

El procedimiento de cálculo será el siguiente:

$$S = 3 \text{ MVA.}$$

$$\cos \varphi = 0,8 \rightarrow \varphi = 0,64 \rightarrow \text{Sen } \varphi = 0,6$$

$$Q_{\cos \varphi = 0,8} = S \times \text{Sen } \varphi = 3 \times 0,6 = 1,8 \text{ MVA.}$$

Siendo:

S: Potencia aparente de la central.

$\cos \varphi$ : Factor de potencia antes de colocar los condensadores.

Tras colocar los condensadores el factor de potencia  $\cos \varphi$  ha de ser la unidad y la potencia reactiva ha de ser nula, por lo que habrá de compensarse 1,8 MVA de potencia reactiva mediante una batería de condensadores que proporcionen dicha potencia reactiva.


Se escoge 109 condensadores que compensan 16,6 kVA cada uno, dispuestos en un armario de 1350 mm de anchura, 2000 mm de altura y 600 mm de profundidad.

#### 4.-CONCLUSIÓN.

Con todo lo anteriormente expuesto se considera que quedan suficientemente detallados los diferentes aspectos de la instalación eléctrica de la Central Hidroeléctrica del tipo de Agua Fluyente Villa de la Peña dando respuesta así a la solicitud para el aprovechamiento del caudal del Ebro a su paso por el término municipal de Velilla de Ebro.

En Zaragoza a 15 de noviembre de 2012.

Fdo.:



Luis Morlans Pueyo

## **5.- ANEXO 2: CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES**

## media tensión

## características constructivas

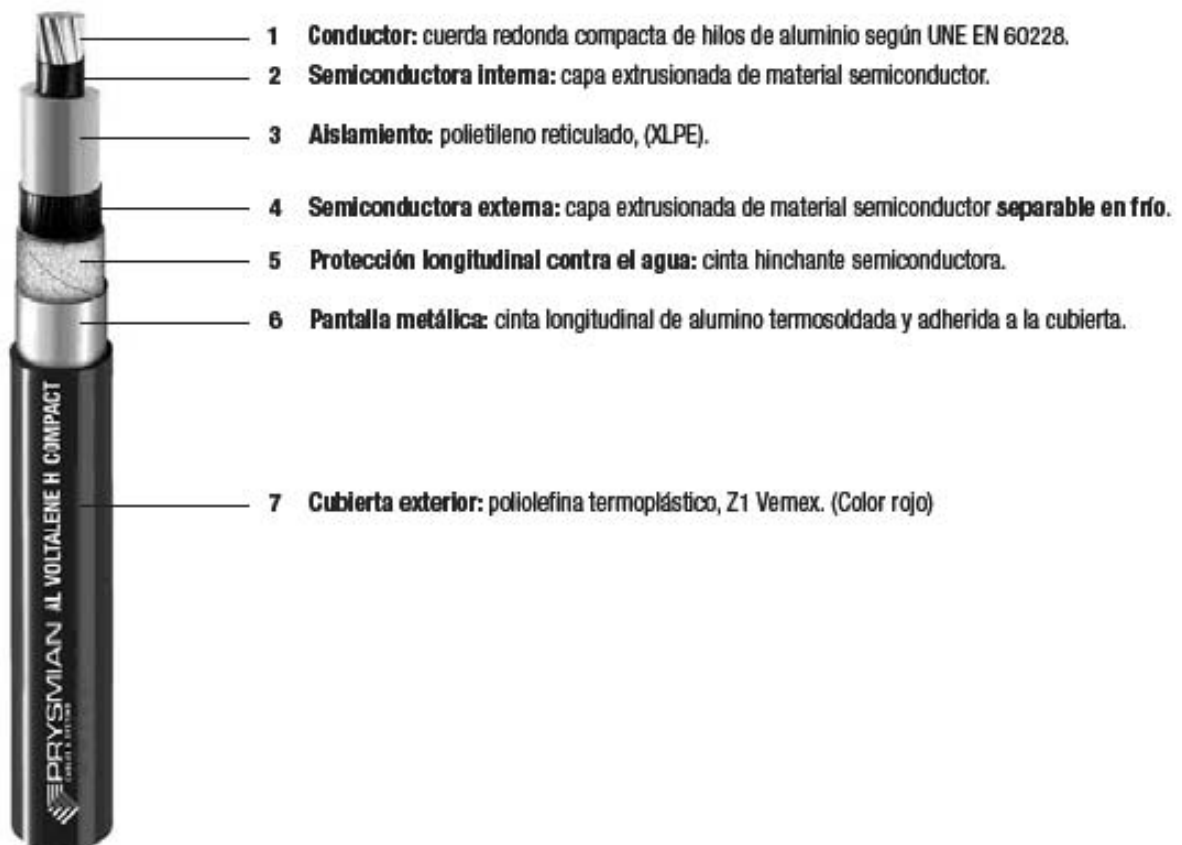
## CABLE AL VOLTALENE H COMPACT 12/20 kV, 18/30 kV

## ESTRUCTURA DEL CABLE NORMALIZADO POR ENDESA (NUEVO DISEÑO)

NUEVO

Tipo: AL RH5Z1  
 Tensión: 12/20 kV, 18/30 kV  
 Norma de diseño: IEC 60502-2, G3 DND003 (en lo aplicable)

## Composición:





## media tensión

## características constructivas

**DATOS TÉCNICOS DEL CABLE AL VOLTALENE H COMPACT (NORMALIZADO POR ENDESA, NUEVO DISEÑO)  
AL RH5Z1**

## CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES

1 x sección conductor (Al) (mm <sup>2</sup> )	Código	→ nominal aislamiento* (mm)	Espesor aislamiento (mm)	→ nominal exterior* (mm)	Espesor cubierta (mm)	Peso aproximado* (kg/km)	Radio de curvatura estático (posición final) (mm)	Radio de curvatura dinámico (durante tendido) (mm)
<b>12/20 kV</b>								
1x95 (1)	20090757	21,3	4,3	29,4	2,0	860	441	588
1x150 (1)	20090758	24,1	4,3	32,1	2,0	1070	482	642
1x240 (1)	20090759	28,2	4,3	36,0	2,0	1430	540	720
1x400 (1)	20090760	33,6	4,3	41,5	2,0	2020	623	830
<b>18/30 kV</b>								
1x95	20090761	25,7	6,4	33,6	2,0	1060	504	672
1x150 (1)	20090762	28,5	6,4	36,4	2,0	1300	546	728
1x240 (1)	20090763	32,6	6,4	40,5	2,0	1690	608	810
1x400 (1)	20090764	38,0	6,4	46,0	2,0	2320	690	920

(1) Secciones homologadas por las compañías del Grupo Endesa  
\*Valores aproximados (sujetos a tolerancias propias de fabricación)

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

	12/20 kV	18/30 kV
Tensión nominal simple, U <sub>0</sub> (kV)	12	18
Tensión nominal entre fases, U (kV)	20	30
Tensión máxima entre fases, U <sub>m</sub> (kV)	24	36
Tensión a impulsos, U <sub>p</sub> (kV)	125	170
Temperatura máxima admisible en el conductor en servicio permanente (°C)	90	
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito (°C)	250	

1 x sección conductor (Al) (mm <sup>2</sup> )	Intensidad máxima admisible bajo cable y enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible directamente enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible al aire** (A)	Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor durante 1 s (A)	Intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla durante 1 s*** (A)	
					12/20 kV	18/30 kV
	12/20 kV y 18/30 kV		12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV	18/30 kV
1x95 (1)	190	205	255	8930	2240	2690
1x150 (2)	245	260	335	14100	2540	2990
1x240 (2)	320	345	455	22560	2990	3440
1x400 (2)	415	445	610	37600	3440	3890

(1) Sección homologada por las compañías del Grupo Endesa en 12/20 kV  
(2) Secciones homologadas por las compañías del Grupo Endesa en 12/20 kV y 18/30 kV  
\*Condiciones de instalación: una tanda de cables enterrado a 1 m de profundidad, temperatura de terreno 25 °C y resistividad térmica 1,5 K·m/W  
\*\*Condiciones de instalación: una tanda de cables al aire (a la sombra) a 40 °C

1 x sección conductor (Al) (mm <sup>2</sup> )	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Resistencia del conductor a T máx (105 °C) (Ω/km)	Reactancia inductiva (Ω/km)		Capacidad (μF/km)	
	12/20 kV y 18/30 kV		12/20 kV	18/30 kV	12/20 kV	18/30 kV
1x95 (1)	0,320	0,410	0,123	0,132	0,217	0,167
1x150 (2)	0,206	0,264	0,114	0,123	0,254	0,192
1x240 (2)	0,125	0,161	0,106	0,114	0,306	0,229
1x400 (2)	0,078	0,100	0,099	0,106	0,376	0,277

(1) Sección homologada por las compañías del Grupo Endesa en 12/20 kV  
(2) Secciones homologadas por las compañías del Grupo Endesa en 12/20 kV y 18/30 kV  
NOTA: valores obtenidos para una tanda de cables al trestallo

## TECNOLOGÍA HYDROCATCHER EN CABLES VOLTALENE

La tecnología Hydro Catcher ofrece evidentes ventajas respecto a los cables convencionales en los siguientes aspectos:

A la conocida cualidad de la cubierta VEMEX de resistencia a las agresiones externas (impactos, desgarros, abrasiones, etc...), así como su elevada impermeabilidad, el diseño del nuevo VOLTALENE Hydro Catcher ofrece **grandes e innovadoras ventajas en lo referente a la "no propagación del agua"** para cables de Media Tensión aislados en XLPE.

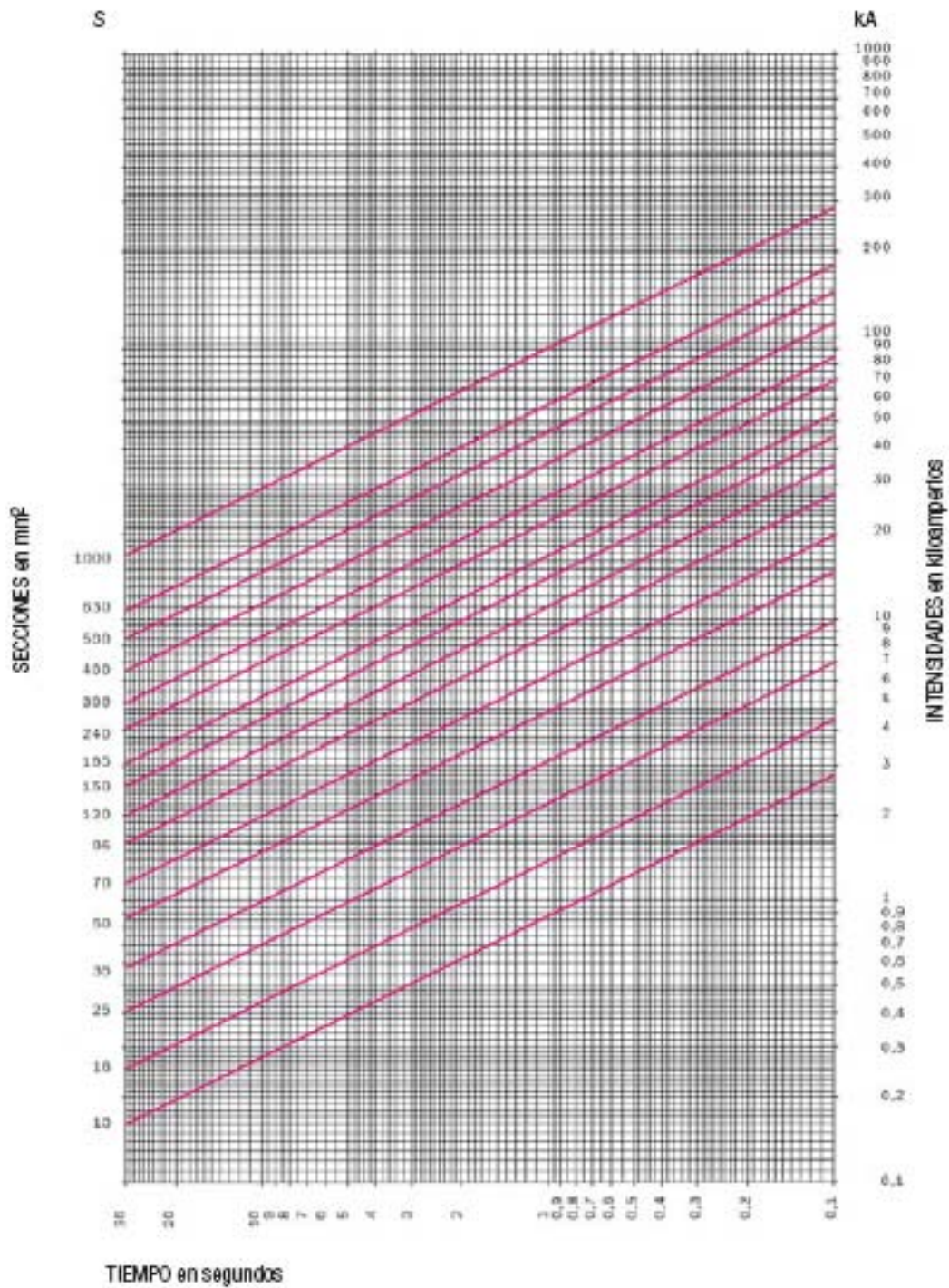


- **Barrera radial, cubierta VEMEX, que optimiza la impermeabilidad del cable.**
- **Barrera longitudinal** consistente en la incorporación de "dos cordones higroscópicos cruzados en hélice contraria o cinta hinchante bajo cubierta" (patentado) que bloquea la accidental entrada de agua en un espacio reducido del cable.
- **El diseño facilita el montaje de los accesorios** ya que las cintas absorbentes son fácilmente extraíbles.
- **Las características mecánicas de la conocida cubierta VEMEX de Prysmian aseguran una mayor fiabilidad de la instalación** por su demostrado excelente comportamiento a las sollicitaciones mecánicas (impactos, desgarros, etc...) a que se ve sometido el cable durante su tendido. Éste presenta además una **mayor deslizabilidad de la cubierta.**
- Asimismo, **la capa semiconductor interna viene marcada con las instrucciones de uso y una referencia que permite el traceado incluso sin conocerse la bobina de origen.**



**GRÁFICOS DE INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN EL CONDUCTOR PARA LOS CABLES TIPO VOLTAENE**

Intensidades térmicamente admisibles en cortocircuito para conductores de aluminio.  
(Según Normas IEC 60949 y UNE 21192).



Temperatura máxima en servicio permanente 90 °C.  
Temperatura máxima en cortocircuito 250 °C.

baja tensión

cables para instalaciones interiores o receptoras

**AFUMEX 1000 V (AS)** 

 Tensión nominal: **0,6/1 kV** Norma diseño: **UNE 21123-4** Designación genérica: **RZ1-K (AS)**


### CARACTERÍSTICAS CABLE



Cable flexible

No propagación de la llama  
UNE EN 60332-1-2No propagación del incendio  
UNE EN 50266-2-4Baja emisión de humos opacos  
UNE EN 61034-2Libre de halógenos  
UNE EN 50267-2-1Reducida emisión de gases tóxicos  
NFC 20454Nula emisión de gases corrosivos  
UNE EN 50267-2-2

Resistencia a la absorción de agua



Resistencia al frío



Resistencia a los rayos ultravioleta

- Norma constructiva: UNE 21123-4.
- Temperatura de servicio (instalación fija): -40 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Tensión nominal: 0,6/1 kV.
- Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos: 3500V.

#### Ensayos de fuego:

- No propagación de la llama: UNE EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio: UNE EN 50266-2-4; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos: UNE EN 50267-2-1 ; IEC 60754-1 ; BS 6425-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos: DEF STAN 02-713 ; NFC 20454 ; It 1,5.
- Baja emisión de humos opacos: UNE EN 61034-2 ; IEC 61034-2.
- Nula emisión de gases corrosivos: UNE EN 50267-2-2 ; IEC 60754-2 ; NFC 20453 ; BS 6425-2 ; pH 4,3 ; C 10 µS/mm.

### DESCRIPCIÓN

#### CONDUCTOR

Metal: Cobre electrolítico recocido.  
Flexibilidad: Flexible, clase 5, según UNE EN 60228.  
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

#### ASLAMIENTO

Material: Mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3.  
Colores: Amarillo/verde, azul, gris, marrón y negro; según UNE 21089-1.  
(Ver tabla de colores según número de conductores).

#### CUBIERTA

Material: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.  
Color: Verde, con franja de color identificativa de la sección y que permite escribir sobre la misma para identificar circuitos (ver colores en página siguiente).



### APLICACIONES

- Cable de fácil pelado y alta flexibilidad, especialmente adecuado para instalaciones interiores o receptoras en locales de pública concurrencia: (salas de espectáculos, centros comerciales, escuelas, hospitales, edificios de oficinas, pabellones deportivos, etc.)
- En centros informáticos, aeropuertos, naves industriales, parkings, túneles ferroviarios y de carreteras, locales de difícil ventilación y/o evacuación, etc.
- En toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable (instalaciones en montaje superficial, canalizaciones verticales en edificios o sobre bandejas, etc.) o donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos de construcción.
  - Líneas generales de alimentación (ITC-BT 14). – Derivaciones individuales (ITC-BT 15). – Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
  - Locales de pública concurrencia (ITC-BT 28).
  - Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R.D. 2267/2004).
  - Edificios en general (Código Técnico de la Edificación, R.D. 314/2006, art. 11).

**baja tensión** cables para instalaciones interiores o receptoras

**AFUMEX 1000 V (AS)** IrisTech Quick System

Tensión nominal: **0,6/1 kV** Norma diseño: **UNE 21123-4** Designación genérica: **RZ1-K (AS)**



**CÓDIGO DE COLORES DE FRANJAS IRIS TECH DE LA CUBIERTA**

Sección	Color	Sección	Color	Sección	Color
1,5	Rojo	6	Gris	25	Blanco
2,5	Azul	10	Naranja		
4	Marrón	16	Azul Claro		

**SECCIONES DISPONIBLES EN STOCK\***

1 conductor (NE)			2 conductores (AZ-MA)			4 conductores (AZ-GR-MA-NE)			5 conductores (AV-AZ-GR-MA-NE)		
1 x 1,5	1 x 2,5	1 x 4	2 x 1,5	2 x 2,5	2 x 4	4 x 6	4 x 10	4 x 16	5 G 1,5	5 G 2,5	5 G 4
1 x 6	1 x 10	1 x 16	2 x 6	2 x 10	2 x 16	4 x 25	4 x 35	4 x 50	5 G 6	5 G 10	5 G 16
1 x 25	1 x 35	1 x 50	<b>3 conductores (AV-AZ-MA)</b>			**4 G 1,5	**4 G 2,5	**4 G 4	5 G 25	5 G 35	-
1 x 70	1 x 95	1 x 120	3 G 1,5	3 G 2,5	3 G 4	**4 G 6	**4 G 10	**4 G 16			
1 x 150	1 x 185	1 x 240	3 G 6	3 G 10	3 G 16						
1 x 300											

\* Sujeto a modificaciones. (Consultar tarifa vigente).  
 \*\* AV-GR-MA-NE.

Código de colores:  
 AV-Amarillo/Verde ; AZ-Azul ; GR-Gris ; MA-Marrón ; NE-Negro.

Nota: La "G", en lugar del signo "x", indica que incluye conductor de protección amarillo/verde.

baja tensión

cables para instalaciones interiores o receptoras

**AFUMEX 1000 V (AS)**  **Quick System**

Tensión nominal: **0,6/1 kV** Norma técnica: **UNE 21123-4** Designación genérica: **RZ1-K (AS)**


## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

**DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximados)**

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km	Intensidad admisible al aire (1) A	Intensidad admisible enterrado (2) A	Caída de tensión V/A km	
							cos φ = 1	cos φ = 0,8
1 x 1,5	0,7	5,7	42	13,3	21	No Permitido	26,5	21,36
1 x 2,5	0,7	6,2	60	7,98	29	No Permitido	15,92	12,88
1 x 4	0,7	6,8	74	4,95	38	No Permitido	9,96	8,1
1 x 6	0,7	7,3	96	3,3	49	44	6,74	5,51
1 x 10	0,7	8,4	140	1,91	68	58	4	3,31
1 x 16	0,7	9,4	195	1,21	91	75	2,51	2,12
1 x 25	0,9	11	290	0,78	116	96	1,59	1,37
1 x 35	0,9	12,6	395	0,55	144	117	1,15	1,01
1 x 50	1	14,2	550	0,38	175	138	0,85	0,77
1 x 70	1,1	15,8	750	0,27	224	170	0,59	0,56
1 x 95	1,1	17,9	970	0,20	271	202	0,42	0,43
1 x 120	1,2	19	1200	0,16	314	230	0,34	0,36
1 x 150	1,4	21,2	1490	0,12	363	260	0,27	0,31
1 x 185	1,6	23,9	1866	0,10	415	291	0,22	0,26
1 x 240	1,7	26,9	2350	0,08	490	336	0,17	0,22
1 x 300	1,8	29,5	3063	0,06	630	380	0,14	0,19
2 x 1,5	0,7	8,7	105	13,3	24	No Permitido	30,98	24,92
2 x 2,5	0,7	9,6	136	7,98	33	No Permitido	18,66	15,07
2 x 4	0,7	10,5	175	4,95	45	No Permitido	11,68	9,46
2 x 6	0,7	11,7	230	3,3	57	53	7,90	6,42
2 x 10	0,7	14	345	1,91	76	70	4,67	3,84
2 x 16	0,7	16,9	503	1,21	105	91	2,94	2,45
2 x 25	0,9	20,4	780	0,78	123	116	1,86	1,59
2 x 35	0,9	23,4	1060	0,55	154	140	1,34	1,16
2 x 50	1	26,8	1448	0,38	188	166	0,99	0,88
3 G 1,5	0,7	9,2	120	13,3	24	No Permitido	30,98	24,92
3 G 2,5	0,7	10,1	160	7,98	33	No Permitido	18,66	15,07
3 G 4	0,7	11,1	215	4,95	45	No Permitido	11,68	9,46
3 G 6	0,7	12,3	282	3,3	57	53	7,90	6,42
3 G 10	0,7	14,7	430	1,91	76	70	4,67	3,84
3 G 16	0,7	17,8	650	1,21	105	91	2,94	2,45
3 x 25	0,9	21,4	946	0,78	110	96	1,62	1,38
3 x 35	0,9	24,9	1355	0,55	137	117	1,17	1,01
3 x 50	1	28,6	1899	0,38	167	138	0,86	0,77
3 x 70	1,1	32,1	2530	0,27	214	170	0,6	0,56
3 x 95	1,1	36,4	3322	0,20	259	202	0,43	0,42
3 x 120	1,2	40,3	4301	0,16	301	230	0,34	0,35
3 x 150	1,4	44,9	5332	0,12	343	260	0,28	0,3
3 x 185	1,6	49,8	6521	0,10	391	291	0,22	0,26
3 x 240	1,7	56,1	8576	0,08	468	336	0,17	0,21
3 x 300	1,8	61,8	10633	0,06	565	380	0,14	0,18

(1) Instalación en bandeja al aire (40 °C).

→ XLPE3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).

→ XLPE2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).

→ XLPE3 con instalación tipo E → columna 10 (3x, 4G, 4x, 5G trifásica).

(2) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K·m<sup>2</sup>/W.

→ XLPE3 con instalación tipo Método D (Cu) → 1x, 3x, 4G, 4x, 5G trifásica.

→ XLPE2 con instalación tipo D (Cu) → 2x, 3G monofásica.



baja tensión

cables para instalaciones interiores o receptoras

AFUMEX 1000 V (AS)

Quick  
System

Tensión nominal: 0,6/1 kV

Norma aplicable: UNE 21123-4

Designación genérica: RZI-K (AS)



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximados)

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km	Intensidad admisible al aire (1) A	Intensidad admisible enterrado (2) A	Caída de tensión V/A km	
							cos φ = 1	cos φ = 0,8
3 x 25/16	0,9/0,7	22,6	1120	0,780/1,21	110	96	1,62	1,38
3 x 35/16	0,9/0,7	26,1	1570	0,554/1,21	137	117	1,17	1,01
3 x 50/25	1,0/0,9	30,3	2240	0,386/0,780	167	138	0,86	0,77
3 x 70/35	1,1/0,9	34	3010	0,272/0,554	214	170	0,6	0,56
3 x 95/50	1,1/1,0	38,7	3809	0,206/0,386	259	202	0,43	0,42
3 x 120/70	1,2/1,1	43,5	5028	0,161/0,272	301	230	0,34	0,35
3 x 150/70	1,4/1,1	47,4	5980	0,129/0,272	343	260	0,28	0,3
3 x 185/95	1,6/1,1	52,7	7490	0,106/0,206	391	291	0,22	0,26
3 x 240/120	1,7/1,2	59,3	9705	0,0801/0,161	468	336	0,17	0,21
3 x 300/150	1,8/1,4	64,7	12145	0,0641/0,129	565	380	0,14	0,18
4 G 1,5	0,7	9,9	145	13,3	20	No permitido	26,94	21,67
4 G 2,5	0,7	11	195	7,98	26,5	No permitido	16,23	13,1
4 G 4	0,7	12,1	260	4,95	36	No permitido	10,16	8,23
4 G 6	0,7	13,5	350	3,3	46	44	6,87	5,59
4 G 10	0,7	16,2	540	1,91	65	58	4,06	3,34
4 G 16	0,7	19,7	810	1,21	87	75	2,56	2,13
4 x 25	0,9	23,8	1233	0,78	110	96	1,62	1,38
4 x 35	0,9	27,4	1711	0,55	137	117	1,17	1,01
4 x 50	1	31,7	2386	0,38	167	138	0,86	0,77
4 x 70	1,1	35,7	3240	0,27	214	170	0,6	0,56
4 x 95	1,1	40,0	4380	0,20	259	202	0,43	0,42
4 x 120	1,2	44,0	5420	0,16	301	230	0,34	0,35
4 x 150	1,4	50,0	6800	0,12	343	260	0,28	0,3
4 x 185	1,6	56,5	8560	0,10	391	291	0,22	0,26
4 x 240	1,7	63,5	10940	0,08	468	336	0,17	0,21
5 G 1,5	0,7	10,8	170	13,3	20	No permitido	26,94	21,67
5 G 2,5	0,7	12	230	7,98	26,5	No permitido	16,23	13,1
5 G 4	0,7	13,2	315	4,95	36	No permitido	10,16	8,23
5 G 6	0,7	14,8	420	3,3	46	44	6,87	5,59
5 G 10	0,7	17,8	660	1,91	65	58	4,06	3,34
5 G 16	0,7	21,5	990	1,21	87	75	2,56	2,13
5 G 25	0,9	25,8	1490	0,78	110	96	1,62	1,38
5 G 35	0,9	30,6	2160	0,55	137	117	1,17	1,01

En el caso de conductores con sección "3 x a/b", se trata de tres conductores de sección "a" (las fases) más un conductor de sección "b".

(1) Instalación en bandeja al aire (40 °C).

→ XLPE3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).

→ XLPE2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).

→ XLPE3 con instalación tipo E → columna 10 (3x, 4G, 4x, 5G trifásica).

(2) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K·m<sup>2</sup>/W.

→ XLPE3 con instalación tipo Método D (Cu) → 1x, 3x, 4G, 4x, 5G trifásica.

→ XLPE2 con instalación tipo D (Cu) → 2x, 3G monofásica. (Ver página 23).

**6.- ANEXO 3. CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR  
ELEVADOR DE TENSIÓN DE LA SUBESTACIÓN**



- **TRANSFORMADOR DE MEDIA POTENCIA ALKARGO**  
DE 3,15 A 31,5 MVA  
TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL  $\leq 36$  KV

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

Transformadores de media potencia trifásicos en baño de aceite, diseñados y contruidos para ser instalados en intemperie. Estos transformadores son ensayados de acuerdo con las normas UNE 20101, CEI-76, BS 171, ANSI C 57 ó con otras normas nacionales.

### POTENCIA ASIGNADA

Las potencias asignadas que figuran en las tablas son aquellas que pueden suministrarse de modo continuo en todas y cada una de las posiciones de regulación.

Debido a las distintas temperaturas ambiente, así como a los diferentes ciclos de carga, los transformadores pueden ser sometidos a cargas superiores a su potencia asignada, siempre que se cumpla lo indicado en la norma UNE 20110 y CEI 354 “Guía de carga para transformadores de potencia sumergidos en aceite”.

### REGULACION DE TENSIÓN

La regulación de tensión puede realizarse en el bobinado de Alta Tensión, en el de Baja Tensión o en ambos. En cualquiera de estos casos se puede llevar a efecto mediante un conmutador en vacío, accionable sin carga ni tensión, o bien mediante un conmutador en carga con mando manual o automático.

### CAMBIOS DE TENSIÓN

Cuando en uno de los bobinados hay que realizar un cambio de tensión, con o sin cambio de conexión, éste puede ser realizado por medio de aisladores situados en la tapa o por un conmutador en vacío con mando sobre tapa. De este modo se hace innecesario el desencubado parcial o total del transformador.

## PÉRDIDAS

Las pérdidas indicadas en las tablas de características eléctricas son las consideradas estándar. Bajo demanda o con fórmula de capitalización, pueden fabricarse transformadores con otros niveles de pérdidas.

## NIVEL DE RUIDO

El nivel de ruido medido de acuerdo con la norma UNE EN 60551 y CEI 551 es inferior a los valores señalados en las mismas, así como a los indicados en NEMA TR 1.

Bajo demanda se fabrican Transformadores con más bajo nivel de ruido.

## CALENTAMIENTO

Funcionando a plena carga de modo continuo, el incremento medio de temperatura de cualquier bobinado, medido por variación de su resistencia, no sobrepasa los 65 K. En idénticas condiciones, el incremento de temperatura sobre el ambiente del aceite bajo la tapa, medido por termómetro, no supera los 60 K.

En las condiciones señaladas, el incremento de temperatura sobre ambiente del punto más caliente de los devanados no excede los 78 K.

## REFRIGERACIÓN

Los transformadores estandar están provistos de radiadores adosados a la cuba para una refrigeración natural (ONAN). Bajo demanda pueden suministrarse con un equipo de ventilación que funciona de modo automático (ONAF).

También pueden realizarse con circulación forzada de aceite y aire (OFAF) mediante aero-refrigerantes o circulación forzada de aceite y agua (OFWF) mediante hidro-refrigerantes.

## **DESCRIPCIÓN DEL TRANSFORMADOR.**

### **I- NÚCLEO**

Se realiza con chapa magnética de grano orientado de pérdidas específicas bajas. Este tipo de chapa está provista de un aislamiento de tipo cerámico por ambos lados, que garantiza una larga vida de funcionamiento correcto del núcleo.

El sistema de fijación del núcleo y bobinados es diseñado para soportar sin daño los esfuerzos mecánicos de cortocircuito.

Adicionalmente, las columnas y culatas son zunchadas con una cinta especial para reducir vibraciones y nivel de ruido.

En las potencias más grandes el núcleo está provisto de canales de refrigeración que facilitan la circulación de aceite por su interior.

### **II- BOBINADOS**

Los bobinados están dispuestos concéntricamente, el de Baja Tensión situado junto al núcleo y el de Alta Tensión en el exterior.

En función de los valores de tensión e intensidad, los bobinados se realizan por capas, en espiral o por discos. Los bobinados para altas intensidades se realizan con cable transpuesto o con varios conductores en paralelo a los que se les realizan varias transposiciones. La inclusión de canales axiales y/o radiales asegura una fuerte circulación de aceite así como una buena resistencia a los impulsos y voltajes inducidos.

Los conductores están contruidos de cobre electrolítico de alta pureza, aislados con varias capas de papel o esmaltados. Con anterioridad a su colocación en el núcleo, los bobinados son estabilizados mecánicamente.

### III- CONMUTADOR DE TENSIÓN EN VACÍO

Puede actuar sobre cualquiera de los bobinados, aunque lo más usual es que lo haga sobre el bobinado de Alta Tensión.

Es de construcción robusta y está dimensionado para una intensidad de 1,4 veces la nominal. El mando está situado sobre la tapa y actúa directamente sobre el mecanismo cambiador por medio de piñón y cremallera. Bajo demanda puede situarse el mando en un lateral de la cuba.

### IV- CONMUTADOR DE TENSIÓN EN CARGA

En transformadores con regulación de tensión en carga, utilizamos conmutadores en carga de calidad y prestigio mundialmente reconocidos.

El control de los mismos puede ser manual o automático y en todos los casos el tiempo de cambio de toma es de corta duración.

En caso de fallo del mecanismo de accionamiento, el conmutador siempre permanece en posición de servicio.

Su estudiada y simple construcción, hace posible una fácil y rápida revisión así como un elevado número de maniobras

### V- CUBA.

Se construye con chapa de acero laminada en caliente, reforzada con perfiles.

Está diseñada y ensayada para soportar pleno vacío y una presión interna 1,5 veces superior a la máxima columna de aceite que puede obtenerse en servicio.

Bajo su base se sitúan los elementos de apoyo en los que se alojan las ruedas bidireccionales.

Dispone así mismo de los elementos necesarios para arrastre, izado y elevación mediante gatos.

#### VI- DEPOSITO DE EXPANSIÓN

Está dimensionado para absorber la dilatación térmica producida en el aceite entre las temperaturas más baja y más alta de funcionamiento.

Su construcción está diseñada para colocarse autosoportado en la propia tapa del transformador.

Dispone en sus extremos de tapas desmontables para acceder a su interior en operaciones de mantenimiento.

#### VII- RADIADORES

Construidos a base de elementos embutidos y soldados entre sí, están dimensionados para soportar pleno vacío así como una presión interna  $> 1 \text{ Kg/cm}^2$ .

Se sitúan en general adosados a la cuba en las dos caras de mayor dimensión, para facilitar la instalación de una futura ventilación forzada.

#### VIII- AISLADORES

Para tensiones más elevadas para el material de 36 kV e inferiores, los aisladores son de porcelana según UNE EN 50180.

Para 72,5 kV son de tipo condensador, herméticos y conteniendo su propio aceite. En todos los casos pueden ser desmontados para mantenimiento o sustitución.

Bajo demanda, los transformadores pueden suministrarse con los aisladores protegidos con cajas de cables en aire o aceite, adecuadas para recibir uno o más cables por fase.

## TABLA DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS

### SERIE DE 36 kV

Potencia (MVA)		3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	
Pérdidas en vacío (W <sub>0</sub> ) kW		3,8	4,1	4,8	5,6	6,2	7,4	9,3	10,5	13	16	20	
Intensidad en vacío (%)		0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35	
Pérdidas en carga (W <sub>c</sub> ) kW		28	35	40	48	56	66	80	90	102	120	140	
Tensión de c.c. (%)		6,25	7,15	7,15	7,15	8,35	8,35	8,35	10	10	10	12,5	
Rendimiento con cos φ=1	(%)a	4/4	99,00	99,03	99,11	99,15	99,23	99,27	99,29	99,37	99,42	99,45	99,49
		3/4	99,17	99,21	99,27	99,31	99,37	99,41	99,42	99,49	99,53	99,55	99,58
		2/4	99,31	99,36	99,41	99,44	99,49	99,52	99,53	99,58	99,61	99,63	99,65
		1/4	99,30	99,37	99,41	99,45	99,51	99,54	99,54	99,59	99,61	99,62	99,63
Rendimiento con cos φ=0,8	(%)a	4/4	98,75	98,79	98,89	98,94	99,03	99,09	99,11	99,22	99,28	99,32	99,36
		3/4	98,97	99,01	99,09	99,14	99,21	99,26	99,28	99,36	99,41	99,44	99,48
		2/4	99,15	99,20	99,265	99,30	99,37	99,40	99,41	99,48	99,52	99,54	99,56
		1/4	99,12	99,22	99,27	99,32	99,39	99,42	99,43	99,49	99,51	99,53	99,54
Caida de Tensión cos φ=1	(%)a	4/4	1,08	1,12	1,05	1,01	1,04	1,00	0,98	1,06	1,00	0,97	1,22
		3/4	0,81	0,85	0,79	0,76	0,78	0,75	0,74	0,80	0,76	0,73	0,92
		2/4	0,54	0,56	0,53	0,51	0,52	0,50	0,49	0,53	0,50	0,49	0,61
		1/4	0,27	0,28	0,26	0,25	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,31
Caida de Tensión cos φ=0,8	(%)a	4/4	4,52	5,09	5,03	5,01	5,74	5,71	5,70	6,73	6,69	6,67	8,32
		3/4	3,39	3,82	3,78	3,76	4,31	4,29	4,28	5,05	5,02	5,01	6,24
		2/4	2,26	2,55	2,52	2,51	2,87	2,86	2,85	3,37	3,35	3,34	4,16
		1/4	1,13	1,27	1,26	1,25	1,44	1,43	1,43	1,68	1,67	1,67	2,08
Longitud	mm.		2400	2500	2600	2700	2850	2950	3150	3500	3750	4000	4250
Anchura	mm.		2050	2050	2100	2200	2680	2900	3000	3120	3240	3350	3450
Altura	mm.		2560	2670	2710	2790	3050	3150	3400	3700	3850	4100	4360
Distancia e/e. de ruedas	mm.		1150	1150	1150	1150	1150	1150	1500	1500	1710	1710	1710
Peso de aceite	Kg.		1500	1600	1840	2100	2550	2970	3540	4320	5150	6150	7300
Peso a desencubar	Kg.		4550	4950	5760	6650	7900	9360	11400	14050	17160	21400	26200
Peso Total	Kg.		7800	8700	9900	11300	13750	16500	19700	24200	29700	36150	43600

## ACCESORIOS

### I- RUEDAS

Normalmente, estos transformadores se suministran con 4 ruedas bidireccionales, orientables en el sentido de los dos ejes principales.

Estas ruedas son planas salvo indicación expresa por parte del comprador.

Bajo pedido pueden suministrarse ruedas de pestaña para montaje sobre carril.

### II- CONEXIONES PARA PUESTA A TIERRA

En la parte inferior derecha de cada una de las caras de mayor dimensión de la cuba, se dispone de una placa para la conexión a tierra de la cuba del transformador. Cada conexión, de material inoxidable, dispone de dos agujeros de 14 mm. de diámetro.



### III- APOYOS PARA ELEVACIÓN MEDIANTE GATOS

Para poder realizar el cambio de dirección de las ruedas, el transformador dispone de cuatro puntos para elevación mediante gatos, situados próximos a las cuatro esquinas inferiores de la cuba.

### IV- VÁLVULA DE VACIADO

Está situada en una de las caras menores de la cuba, bajo el depósito de expansión, tan próxima al fondo como es posible para permitir el vaciado total.



### V- VALVULAS DE FILTRADO Y TOMA DE MUESTRAS

Estas dos válvulas se encuentran diagonalmente opuestas en la cuba del transformador, la superior esta situada bajo el depósito de expansión y la inferior en el lado opuesto. Esta última está dotada de un dispositivo para toma de muestras del líquido aislante.



### VI- OREJAS DE ARRASTRE

Dispuestas en los cuatro extremos de los bastidores que alojan las ruedas, sirven para desplazar el transformador por arrastre en cualquier dirección.



### VII - ANILLAS PARA DESENCUBADO

Están situadas en la tapa del transformador, sobre el eje longitudinal del mismo y próximas al borde de la tapa.

### VIII - GANCHOS DE ELEVACIÓN

Son cuatro y están situados dos en cada cara mayor de la cuba, apoyados en el marco de atornillamiento a la tapa.





### IX - DISPOSITIVOS PARA ALOJAMIENTO DE SENSORES

En general se instalan dos alojamientos de sensor sobre la tapa del transformador, situados en los lugares donde el aceite alcanza su mayor temperatura. La rosca de acoplamiento es de 1" GAS.

### X - TERMÓMETRO DE 2 CONTACTOS

Sirve para medir la temperatura más elevada del aceite. Es del tipo de escala circular y está dotado de dos contactos regulables e independientes, uno para alarma y otro para disparo.

Dispone además de una aguja indicadora de la máxima temperatura alcanzada. Su situación en el transformador permite la lectura directa a la altura de persona



### XI - INDICADOR DE TEMPERATURA DE BOBINADOS (IMAGEN TERMICA)

Bajo petición expresa del Cliente, el transformador puede ser suministrado con un indicador de temperatura de bobinados que señala la temperatura del punto más caliente del arrollamiento. Este accesorio dispone de varios contactos regulables e independientes así como de conexión para indicación a distancia de la temperatura. Su situación sobre el transformador permite la observación directa sobre la escala de la temperatura a la altura de persona.



## XII - RELE BUCHHOLZ

El relé de gases "Buchholz" es un accesorio que protege al transformador frente a la emisión de gases o al flujo súbito de aceite a través de la tubería entre caja y depósito de expansión. Posee dos flotadores a distinto nivel que actúan sobre dos contactos independientes, uno de alarma y el otro de disparo. Sobre el cuerpo del relé existen dos ventanas con escala indicadora del volumen de gas acumulado, así como una válvula para purgado o toma de muestras de gas. Entre el relé y el depósito de expansión se monta una válvula para operaciones de mantenimiento.



## XIII - DISPOSITIVO RECOGEDOR DE GASES

Bajo petición expresa del Cliente, puede instalarse un dispositivo recogedor de gases, conectado a la parte superior del cuerpo del relé mediante tubo de cobre y llaves que permiten el paso del gas acumulado en el relé al cuerpo del recogedor. El recogedor de gases puede retirarse del transformador fácilmente para el análisis posterior de los mismos.

## XIV - VALVULA DE SOBREPRESION

Protege al transformador de sobrepresiones internas en la cuba y puede montarse sobre la tapa o en el extremo de una tubería. Dispone de un indicador mecánico de haber actuado, así como de un contacto eléctrico conmutado y libre de potencial.



### XV - INDICADOR DE NIVEL

Situado en una tapa desmontable del depósito de expansión, indica en cada momento el nivel que alcanza el aceite en el mismo. La transmisión del movimiento del flotador situado en el interior sobre el líquido a la esfera indicadora, es del tipo de acoplamiento magnético. Dispone de dos contactos normalmente abiertos y libres de potencial, uno correspondiente al nivel mínimo y otro al nivel máximo.



### XVI - DESECADOR DE AIRE

Para evitar la entrada de aire húmedo al depósito de expansión, el transformador dispone de un desecador de silicagel situado en el extremo inferior de una tubería de respiración que comunica el ambiente con la parte interior más elevada del depósito de expansión.



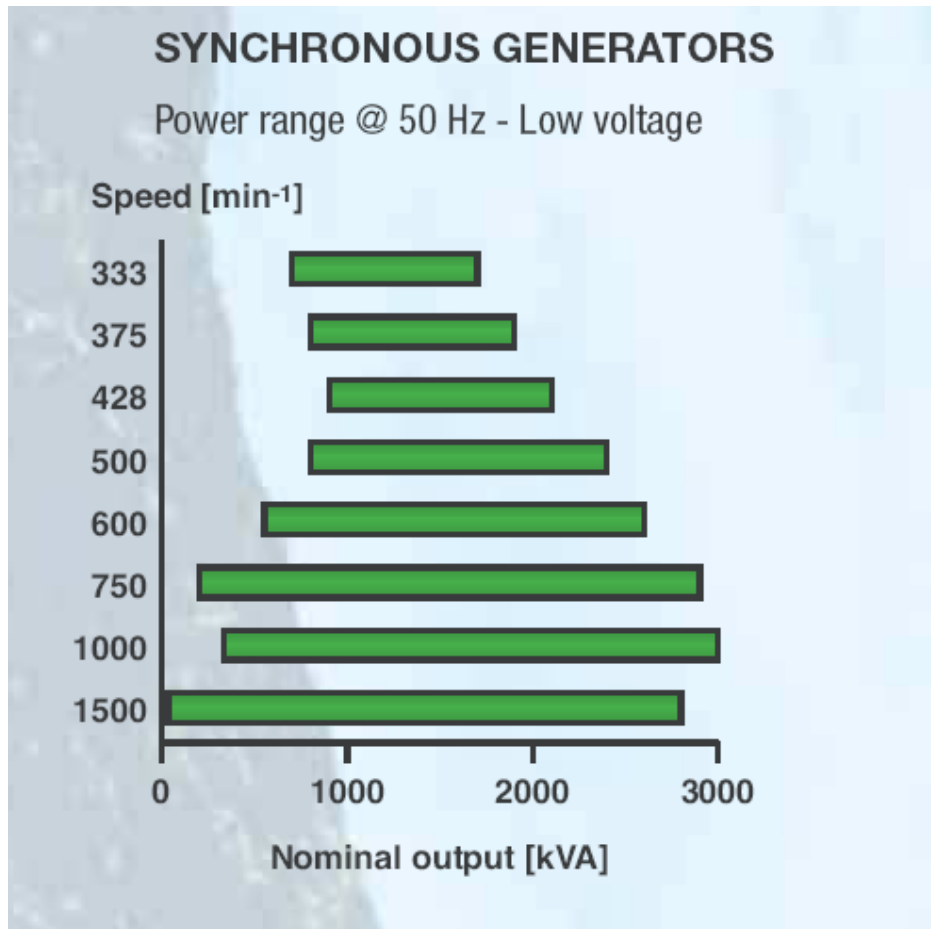
### XVII - CAJA AUXILIAR DE BORNAS

Todos los circuitos de protección, señalización y de servicios auxiliares son conducidos a una caja auxiliar de bornas. Este es el único punto al que debe accederse desde el exterior para tomar señales. Su situación en el transformador esta cercana a la placa de características y bajo el depósito de expansión.



## **7.- ANEXO 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS GENERADORES**

Características técnicas de generadores de 400 a 710 V:



Normas.

Todos los generadores están diseñados de acuerdo a la norma IEC 60034-1, CEI EN 60034-1, BS 4999-5000, VDE 0530, NF 51-100, OVE M-10 y NEMA MG 1,22.

Tensión disponible.

Los generadores se pueden suministrar con el rango de tensión siguiente: Baja tensión ( 380 - 480 V) para tensiones diferentes a las mencionadas se pueden suministrar a petición del cliente.

### Sistema de excitación.

Los generadores son del tipo auto-excitado a través de un sistema de excitación sin escobillas.

La tensión se mantiene dentro de  $\pm 0,5\%$  del valor nominal en condiciones de estabilidad.

Los generadores están equipados con un devanado auxiliar, o con el dispositivo de sobreexcitación Varicomp, con el fin de suministrar un cortocircuito de corriente trifásica 2,5 veces mayor que la corriente nominal del generador.

### Sobrecargas.

Las sobrecargas permitidas son: 10% durante una hora, 15% durante diez minutos, 30% durante cuatro minutos y 50% durante dos minutos. Todas las sobrecargas deben ocurrir de vez en cuando y debe seguirse por un mínimo de una hora de funcionamiento con carga nominal o menos.

### Condiciones de funcionamiento.

#### Funcionamiento en paralelo

Todos los generadores están provistos de un amortiguador de jaula de gran tamaño y son adecuados para el funcionamiento en paralelo con otros generadores, cuando está equipado con una unidad de conexión en paralelo. Hay disponible un regulador del factor de potencia automática.

### Condiciones ambientales.

Las potencias nominales se refieren a una altura de instalación de hasta 1.000 m de altitud y a una temperatura ambiente máxima de 40 ° C. Para mayor altitud y temperatura diferente los valores de las potencias nominales se deben volver a calcularse utilizando los factores enumerados en la siguiente tabla.

Altitude [m asl]	Ambient temperature [°C]			
	30	40	45	50
1000	1,04	1,00	0,98	0,95
1500	1,03	0,97	0,95	0,92
2000	0,99	0,93	0,91	0,88
2500	0,95	0,90	0,88	0,86
3000	0,91	0,86	0,84	0,82

### Factor de potencia.

El factor de potencia nominal es de 0,8 en retraso. Para diferentes valores de factor de potencia de se deben aplicar los siguientes factores:

Power factor	1,0	+0,8	+0,7	+0,6	+0,5	+0,3	0
$K_{\varphi}$	1,0	1,0	0,93	0,88	0,84	0,82	0,80

### GRADO DE PROTECCIÓN.

Generadores estándar son refrigerados por aire con un Grado de protección IP 23 (Tipo de enfriamiento IC 01). Filtros de entrada y salida de aire (Tipo de refrigeración IC 01) están disponibles para actualizar el índice a IP 44.

Para obtener un mayor índice de protección (IP 44, IP 54) se pueden suministrar los generadores con un intercambiador de calor aire-agua instalado en el cuerpo de la máquina (Tipo de refrigeración IC81W).

### Orientación de eje.

Los generadores se suministran con una configuración de eje horizontal (IM B3) o vertical (IM V10). Los generadores verticales están equipados con un cojinete de empuje en lado de libre final (NDE).

### Rodamientos.

Los generadores estándar se suministran lubricados con grasa de rodamientos. Todos los rodamientos están sobredimensionados para garantizar una vida útil mínima de 100.000 h ( $L_{10h} = 100,000h$ ), valor obtenido respecto a un eje de carga estándar. El rodamiento trasero está muy bien aislado (\*) para evitar corrientes del eje.

### Rodete directamente unido con el eje.

Los generadores pueden equiparse con una extensión de eje especial para conectar directamente el rodete de la turbina hidráulica. En esta configuración, todos los rodamientos y el eje se diseñan para resistir a cargas axiales y radiales causadas por el empuje hidráulico y por el peso del rodete. Dependiendo de las cargas aplicadas los generadores pueden ser suministrados con manguitos de lubricación de aceite y rodamientos o cojinetes

### Aislamiento.

El sistema de aislamiento Clase H estándar permite un aumento máximo de la temperatura del devanado de 125 ° C referido a una temperatura ambiente de 40 ° C. Los Bobinados están impregnados con resina de poliéster utilizando la última tecnología (VPI sistema). Un aislante esmalte (tratamiento de tropicalización) cubre todas las partes internas del generador con el fin de proteger de la corrosión..



### Sensores de temperatura.

Los generadores están equipados con tres sensores de temperatura PT100 (uno para cada fase) instalados en las ranuras para supervisar la temperatura del devanado del estator y con un PT100 para cada cojinete, para vigilar su temperatura (\*\*). Para controlar la temperatura de entrada y de salida de aire del intercambiador de calor aire-agua, los PT100 se instalan tanto en el lado de ECM y de la unidad de cierre (DE) bajo pedido. Si el intercambiador de calor aire-agua está instalado, el PT100 se utiliza para controlar la temperatura del agua de la entrada y la salida.

### Volante

Cuando el momento de inercia requerido es mayor que el impulso de inercia real del generador, es posible extender el eje en el lado ECM con el fin de para conectar un volante de inercia.

### CAJA de bornas.

Los generadores se suministran con las cajas de bornas de dimensiones apropiadas para permitir una fácil conexión a los conductores principales. Todos los generadores permiten la conexión de los cables principales y del neutro.

Dos cajas de terminales diferentes, uno para el neutro y otro para los cables de los dispositivos auxiliares, están disponibles bajo pedido.

Los generadores pueden estar equipados con transformadores de corriente tanto en los conductores principales y los conductores de neutro.

El grado de protección estándar para las cajas de terminales es de IP 44; el IP 55 se puede instalar bajo pedido.

### Equipamiento

#### Estándar

- Clase de aislamiento H
- VPI tipo impregnación
- Bobinas protegidas contra la corrosión (tropicalización)
- Seis cables del estator bobinado en la caja de bornes

- Dispositivo para paralelo entre generadores
- N ° 3 PT100 en el devanado del estator
- N ° 1 PT100 para cada cojinete (\*\*)
- Calentadores térmicos anticondensación
- IP 23 Grado de protección
- IP 44 grado de protección de la caja de bornas
- Rodamientos: más de 100,000 h de vida
- Rodamiento lado NDE aislado para evitar corrientes del eje (\*)

#### Opciones eléctricas

- Regulador automático de factor de potencia
- Reóstato para el control remoto de Tensión
- Manual del dispositivo de excitación
- Control de la excitación
- monitor led de avería.
- AVR digital
- transformadores de medida en la caja de bornas
- Encoder
- Dínamo taquimétrica

#### Opciones mecánicas

- Entrada y salida de aire (filtros IP 44)
- Intercambiador Aire-agua montado en el generador
- Caja de bornas IP 55
- Neutro separado en caja de bornes
- Líneas auxiliares en una caja de bornas separada
- Rodete directamente conectado al eje del generador
- Alargamiento del eje
- Volante
- Disposición de los sensores de velocidad
- Peine de conexión con rotor para la detección de fugas a tierra

(\*) En los tamaños 400 y 500 con 4 y 6 polos bajo pedido

(\*\*) Para tamaño 400 bajo pedido

GENERADORES SÍNCRONOS / BAJA TENSIÓN

Type	Leads	KVA rating @ Temperature Rise / Ambient Temp. (°C)				Moment of inertia (**) [kgm <sup>2</sup> ]	Weight (**) [kg]	Max overspeed [min <sup>-1</sup> ]
		Continuous duty						
		105 / 40 ΔT cl. F	80 / 40 ΔT cl. B	105 / 40 ΔT cl. F	80 / 40 ΔT cl. B			

4 pole		400V 50Hz - 1500 min <sup>-1</sup>		480V 60Hz - 1800 min <sup>-1</sup>				
MJT 400 MA4	6	725	635	870	760	16,3	2.250	3.000
400 MB4	6	815	710	980	855	17,0	2.300	3.000
400 LA4	6	895	780	1.075	940	19,3	2.550	3.000
400 LB4	6	1.010	880	1.210	1.055	22,5	2.800	3.000
450 MB4	6	1.100	960	1.320	1.150	29,0	3.200	2.700
450 LA4	6	1.210	1.055	1.450	1.265	34,0	3.600	2.700
450 LB4	6	1.340	1.170	1.610	1.405	38,0	4.000	2.700
500 SC4	6	1.460	1.275	1.750	1.530	46,7	3.700	2.700
500 MB4	6	1.675	1.460	2.010	1.755	52,5	4.400	2.700
500 LA4	6	1.945	1.700	2.335	2.040	61,5	5.100	2.700
560 MA4	6	2.145	1.870	2.465	2.150	83	5.000	2.700
560 LA4	6	2.555	2.230	2.940	2.565	95	5.700	2.700
630 SA4	6	2.350	2.050	2.705	2.360	117	6.350	2.400
630 MA4*	6	2.550	2.225	2.935	2.560	151	7.500	2.400
630 LA4*	6	2.780	2.425	3.200	2.795	163	8.000	2.400

6 pole		400V 50Hz - 1000 min <sup>-1</sup>		480V 60Hz - 1200 min <sup>-1</sup>				
MJT 400 SA6	6	330	290	395	345	11,8	1.450	2.200
400 SB6	6	380	330	455	395	14,1	1.600	2.200
400 MA6	6	510	445	610	530	17,9	2.200	2.200
400 MB6	6	575	500	690	600	19,4	2.260	2.200
400 LA6	6	660	575	790	690	20,9	2.530	2.200
400 LB6	6	815	710	980	855	24,2	2.750	2.200
500 SA6	6	865	755	1.040	910	50,5	3.200	2.200
500 SC6	6	1.100	960	1.320	1.150	64,7	3.800	2.200
500 MB6	6	1.320	1.150	1.585	1.385	70,0	4.100	2.200
500 LA6	6	1.540	1.345	1.850	1.615	88,9	5.100	2.200
560 MA6	6	1.595	1.390	1.835	1.600	111	5.000	2.200
560 LA6	6	1.900	1.660	2.185	1.905	137	5.700	2.200
630 SC6	6	1.690	1.475	1.945	1.700	145	6.500	2.200
630 MA6	6	2.020	1.765	2.325	2.030	167	8.000	2.200
630 MB6	6	2.150	1.875	2.475	2.160	183	8.500	2.200
630 LA6	6	2.390	2.085	2.750	2.400	200	9.500	2.200
710 SC6*	6	2.560	2.235	2.870	2.505	on request		2.100
710 MA6*	6	2.970	2.590	3.330	2.905	on request		2.100

8 pole		400V 50Hz - 750 min <sup>-1</sup>		480V 60Hz - 900 min <sup>-1</sup>				
MJT 400 SA8	6	200	175	240	210	13,5	1.450	2.000
400 SB8	6	255	225	305	265	16,2	1.600	2.000
400 MA8	6	355	310	425	370	20,6	2.200	2.000
400 MB8	6	420	365	505	440	22,4	2.260	2.000
400 LA8	6	500	435	600	525	24,1	2.530	2.000
400 LB8	6	610	530	730	635	25,4	2.750	2.000
500 SA8	6	675	590	810	705	55,1	3.200	2.000
500 SC8	6	840	735	1.010	880	74,2	3.800	2.000
500 MB8	6	1.045	910	1.255	1.095	77,7	4.100	2.000
500 LA8	6	1.235	1.080	1.480	1.290	95,0	5.100	2.000
560 MA8	6	1.245	1.085	1.430	1.250	122	5.000	2.000
560 LA8	6	1.485	1.295	1.710	1.495	146	5.700	2.000
630 SC8	6	1.280	1.115	1.470	1.285	177	6.500	1.900
630 MA8	6	1.530	1.335	1.760	1.535	204	8.000	1.900
630 LA8	6	2.020	1.765	2.325	2.030	245	9.500	1.900
710 SC8	6	2.270	1.980	2.540	2.215	on request		1.800
710 MA8*	6	2.640	2.305	2.960	2.585	on request		1.800
710 LA8*	6	2.850	2.490	3.190	2.785	on request		1.800

\*: 690 V recommended

\*\* : Showed data could change depending on mounting.

The rated outputs refer to the following conditions: balanced and non deforming load, altitude below 1.000 m asl, power factor from 0,8 to 1.

For values of overspeed greater than as listed, please contact MarelliMotori.

10 pole		400V 50Hz - 600 min <sup>-1</sup>		480V 60Hz - 720 min <sup>-1</sup>					
MJT 500 SA10	6	535	465	640	560	63,8	3.200	1.500	
500 SC10	6	670	585	805	705	81,6	3.800	1.500	
500 MB10	6	780	680	935	815	85,7	4.100	1.500	
500 LA10	6	865	755	1.040	910	106,7	5.100	1.500	
630 SC10	6	1.020	890	1.175	1.025	188	6.500	1.320	
630 MA10	6	1.210	1.055	1.390	1.215	217	8.000	1.320	
630 MB10	6	1.300	1.135	1.495	1.305	237	8.500	1.320	
630 LA10	6	1.420	1.240	1.635	1.425	260	9.500	1.320	
710 SC10	6	2.010	1.755	2.240	1.955		on request	1.320	
710 MA10	6	2.420	2.110	2.720	2.375		on request	1.320	
710 MB10*	6	2.580	2.250	2.890	2.525		on request	1.320	

12 pole		400V 50Hz - 500 min <sup>-1</sup>		480V 60Hz - 600 min <sup>-1</sup>					
MJT 630 SC12	6	720	630	820	715	206	6.500	1.100	
630 MA12	6	870	760	1.000	875	238	8.000	1.100	
630 MB12	6	1.100	960	1.270	1.110	260	8.500	1.100	
630 LA12	6	1.280	1.115	1.490	1.300	285	9.500	1.100	
710 SA12	6	1.380	1.205	1.580	1.380		on request	1.100	
710 MA12	6	1.780	1.555	2.040	1.780		on request	1.100	
710 LA12	6	2.200	1.920	2.530	2.210		on request	1.100	

14 pole		400V 50Hz - 428 min <sup>-1</sup>		480V 60Hz - 514 min <sup>-1</sup>					
MJT 710 SA14	6	750	655	850	740		on request	950	
710 SC14	6	1.020	890	1.180	1.030		on request	950	
710 MA14	6	1.220	1.065	1.410	1.230		on request	950	
710 LA14	6	1.500	1.310	1.730	1.510		on request	950	
710 LB14	6	1.700	1.485	1.960	1.710		on request	950	

16 pole		400V 50Hz - 375 min <sup>-1</sup>		480V 60Hz - 450 min <sup>-1</sup>					
MJT 710 SA16	6	660	575	750	655		on request	825	
710 SC16	6	900	785	1.040	910		on request	825	
710 MA16	6	1.070	935	1.240	1.080		on request	825	
710 LA16	6	1.330	1.160	1.520	1.325		on request	825	
710 LB16	6	1.500	1.310	1.720	1.500		on request	825	

18 pole		400V 50Hz - 333 min <sup>-1</sup>		480V 60Hz - 400 min <sup>-1</sup>					
MJT 710 SA18	6	590	515	680	595		on request	740	
710 SC18	6	810	705	940	820		on request	740	
710 MA18	6	970	845	1.110	970		on request	740	
710 LA18	6	1.190	1.040	1.370	1.195		on request	740	
710 LB18	6	1.350	1.180	1.550	1.355		on request	740	

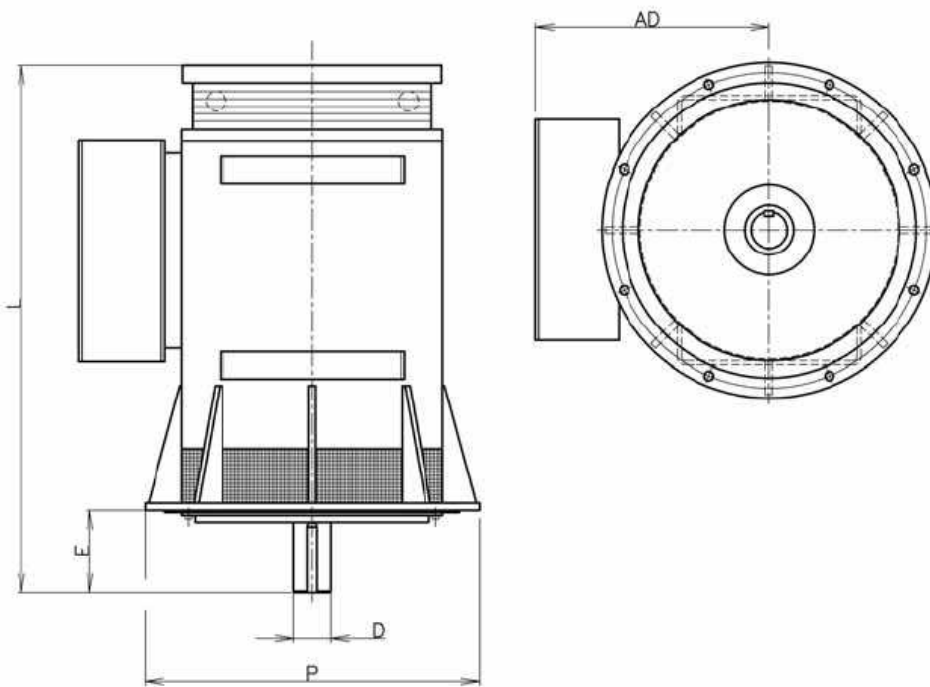
\*: 690 V recommended

\*\*: Showed data could change depending on mounting.

The rated outputs refer to the following conditions: balanced and non deforming load, altitude below 1.000 m asl, power factor from 0,8 to 1.  
For values of overspeed greater than as listed, please contact MarelliMotori.



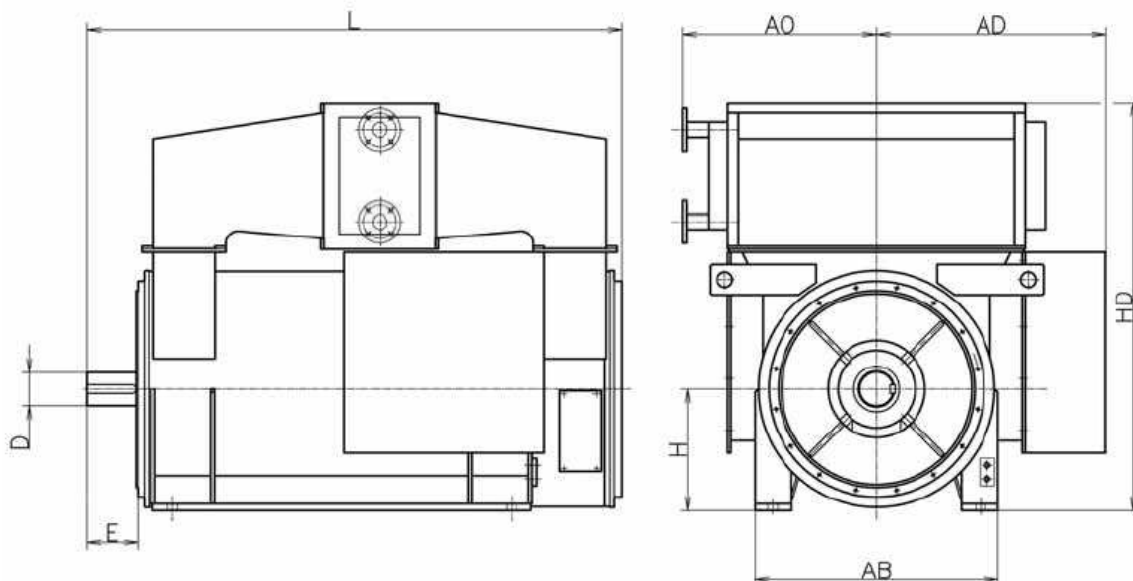
Mounting: IM V10 - Air cooled (IC01)



Dimension	400			450		500			560		630			710		
	S	M	L	M	L	S	M	L	M	L	S	M	L	S	M	L
P	1000	1000	1000	1150	1150	1250	1250	1250	1400	1400	1600	1600	1600	1800	1800	1800
AD	700	700	700	740	740	780	780	780	700	700	1125	1125	1125	1150	1150	1150
L	1540	1740	1940	2030	2210	2250	2500	2600	2340	2440	2430	2630	2730	2470	2670	2770
D	110	110	110	125	125	130	130	130	150	150	160	160	160	180	180	180
E	170	170	170	210	210	210	210	210	230	230	210	210	210	300	300	300

**SYNCHRONOUS GENERATORS / OVERALL DIMENSIONS [mm]**

Mounting: IM B3 - Air-to-water heat exchanger (IC81W)

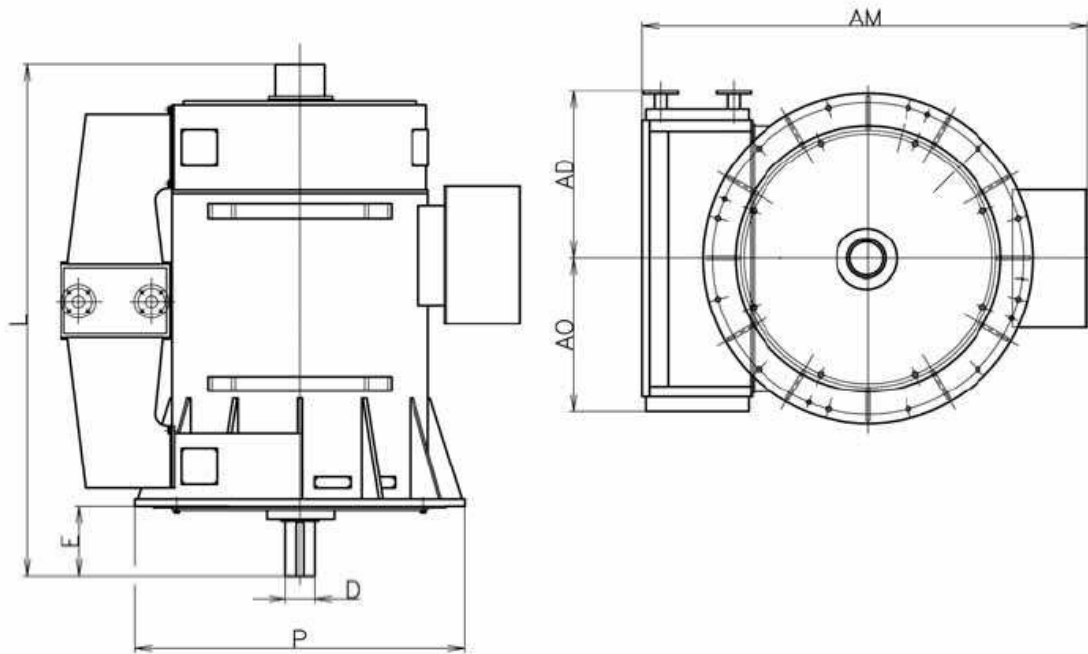




Dimension	400			500			560		630			710		
	S	M	L	S	M	L	M	L	S	M	L	S	M	L
H	400	400	400	500	500	500	560	560	630	630	630	710	710	710
HD	1340	1340	1340	1610	1610	1610	1750	1750	1880	1880	1880	2060	2060	2060
AB	800	800	800	1000	1000	1000	1100	1100	1280	1280	1280	1500	1500	1500
L	1345	1545	1745	1830	2080	2180	2180	2280	2150	2350	2450	2440	2640	2740
AO	640	640	640	685	685	685	685	685	825	825	825	915	915	915
AD	750	750	750	800	800	800	800	800	850	850	850	900	900	900
D	110	110	110	130	130	130	150	150	160	160	160	180	180	180
E	170	170	170	210	210	210	230	230	210	210	210	300	300	300

Dimensions for 450 frame size on demand

Mounting: IM V10 - Air-to-water heat exchanger (IC81W)



Dimension	400			500			560		630			710		
	S	M	L	S	M	L	M	L	S	M	L	S	M	L
P	1000	1000	1000	1250	1250	1250	1400	1400	1600	1600	1600	1800	1800	1800
AM	1650	1650	1650	1800	1800	1800	1950	1950	2100	2100	2100	2435	2435	2435
L	1540	1740	1940	2250	2500	2600	2340	2440	2470	2670	2770	2470	2670	2770
AO	640	640	640	685	685	685	685	685	825	825	825	915	915	915
AD	555	555	555	605	605	605	605	605	745	745	745	835	835	835
D	110	110	110	130	130	130	150	150	160	160	160	180	180	180
E	170	170	170	210	210	210	230	230	210	210	210	300	300	300

Dimensions for 450 frame size on demand

## **8. ANEXO 5: CARACTERÍSTICAS DE BATERÍAS DE CONDENSADORES Y ARMARIO DE LAS MISMAS**



## CONDENSADORES VARPLUS<sup>2</sup>

FABRICANTE: Merlin Gerin

### DESCRIPCIÓN

Los condensadores Varplus<sup>2</sup> cubren una extensa gama de tensiones (230 V a 690 V) y de potencias a partir de un reducido número de referencias y un solo tamaño común para todas las potencias y tensiones.

Su diseño modular permite el ensamblaje de distintos elementos para conformar potencias superiores.

### TECNOLOGÍA:

- La utilización de una película de polipropileno con metalización variable evita la necesidad de cualquier impregnante, proporcionando la ventaja de la autocicatrización.
- El sistema de protección HQ, que integra cada elemento monofásico, avala la seguridad en su utilización al proteger frente a los dos tipos de defectos que se pueden dar en el fin de vida de los condensadores:
  - La protección contra los defectos de elevada intensidad se realiza por un fusible interno de alto poder de corte.
  - La protección contra los defectos de baja intensidad se realiza por la combinación de una membrana de sobrepresión asociada al fusible interno APR.
  - Para ambos defectos es un fusible APR normalizado el que asegura el corte del circuito eléctrico.
  - La envolvente plástica de los condensadores Varplus<sup>2</sup>, única en su clase, posee doble aislamiento eléctrico y ofrece unas excelentes propiedades mecánicas y una máxima autoextinguibilidad (certificación UL 94 5 VA).

La película de plástico aislante de polipropileno está recubierta con una capa metálica de zinc, que constituye un electrodo. Esta capa metálica confiere a la película la propiedad de autocicatrización.

En caso de perforación del aislante, causada por un defecto en la película, la energía desprendida en el punto de defecto hace evaporarse el depósito metálico alrededor

del defecto lo que reconstituye el aislamiento.

Sin embargo, la propiedad autocicatrizante tiene límites, en particular si el defecto en la película es demasiado importante: la película alrededor del defecto está deteriorada y pierde sus propiedades aislantes, esto puede implicar un aumento de temperatura y presión en el interior del bote. En este momento el sistema HQ comienza a actuar.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

- Tensión nominal del condensador: 230 V, 415 V, 480 V, 690 V trifásico, 50 Hz.
- Sistema de seguridad HQ en el interior de cada elemento monofásico:
- Protección frente a corrientes elevadas mediante fusible interno HPC.
- Protección frente a corrientes de pequeña intensidad por medio de la combinación para cada elemento monofásico de la membrana de sobrepresión + fusible interno
- HPC.
- Tolerancia sobre el valor de la capacidad: -5, +10 %.
- Clase de aislamiento:
- Resistencia a 50 Hz 1 minuto: 4 kV.
- Resistencia a onda de choque 1,2/ 50  $\mu$ s: 12 kV.
- Test de tensión: 2,15 Un durante 10 segundos.
- Máximas sobrecargas admisibles a tensión servicio de red según UNE-EN 60831-1-2:
- Corriente: 30 % en permanencia.
- Tensión: 10 % (8 horas sobre 24 horas).
- Resistencia interna de descarga incorporada: inferior a 50 V en 1 minuto.
- Pérdidas: inferiores a 0,5 W/kVAr (incluyendo resistencias de descarga).
- Clase de temperatura D (+55 °C):
- Máximo: 55 °C.
- Media sobre 24 horas: 45 °C.
- Media sobre 1 año: 35 °C.
- Mínima: -25 °C.
- Color:

- Condensadores: RAL 9005.
- Zócalo y cubrebornes: RAL 7030.
- Normativa:
- UNE-EN 60831-1-2.
- CSA 22-2 N.o 190.
- UL 810.
- Servicio interior.
- Índice de protección:
- IP00 sin cubrebornes.
- IP20 o IP42 con cubrebornes.
- No es necesaria conexión a tierra.
- Terminales: 3 M8.

#### Instalación

No hay ninguna restricción, excepto en posición vertical y con los bornes hacia abajo.

Fijación mediante tornillos/tuercas de M6.



Varplus<sup>2</sup> IP00.



Varplus<sup>2</sup> IP42.

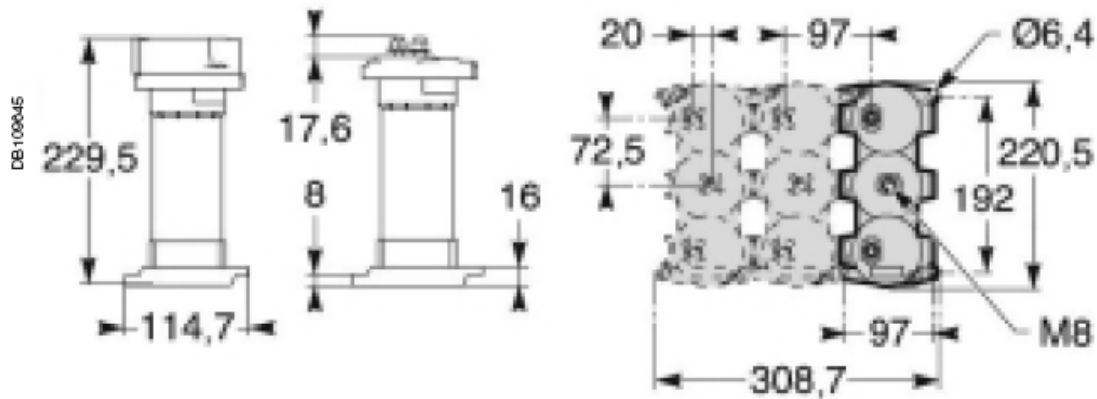


Cubrebornes.



Conjunto Varplus<sup>2</sup>  
IP42

## DIMENSIONES:



Peso: 2,5 kg.

## REFERENCIAS:

Referencia	Q (kVAr) 525 V	P.V.P.
51351	10,5	255,00
51353	12,3	270,00
51357	16,4	290,00

Referencia	Q (kVAr) 550 V	P.V.P.
51351	11,5	255,00
51353	13,5	270,00
51357	18	290,00

Referencia	Q (kVAr) 690 V	P.V.P.
51359	11	330,00
51361	14,6	360,00
51363	16,6	405,00

## ARMARIOS PARA LOS CONDENSADORES

## Dimensiones

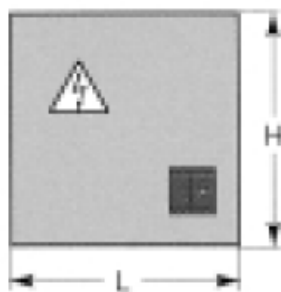
Armario	Altura (mm) H	Ancho (mm) L	Profundidad armario (mm) P	Profundidad total (mm) P
C1	450	500	275	275
C2	800	500	275	275
A1	1.100	550	500	600
A2	1.100	800	500	600
A3	2.000	800	500	600
A4	2.000	1.600	500	600
A3B	2.000	1.350	500	600
A4B	2.000	2.150	500	600

Pesos máximos aproximados (kg):

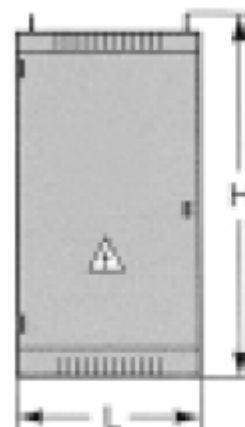
## Pesos máximos aproximados (kg)

## Vaset automático

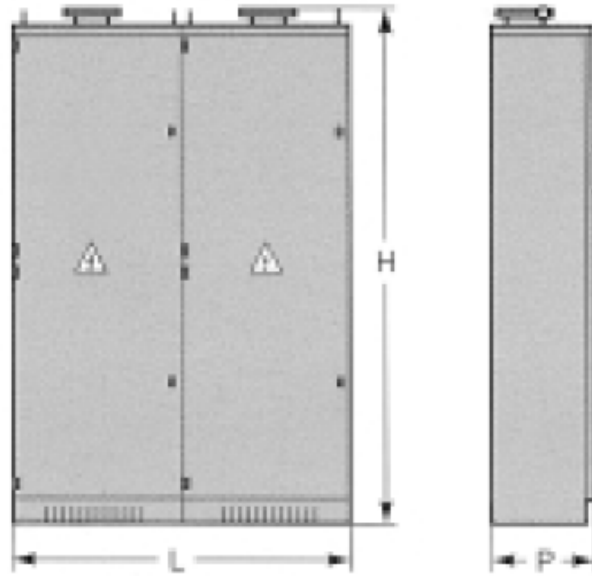
Armario	Estándar	NS cabecera	NS escalón
C1	20	30	35
C2	50	60	70
A1	65	-	90
A2	105	70	145
A3	200	225	295
A4	400	430	500



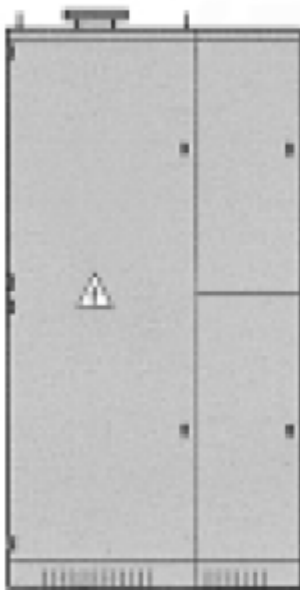
Vaset, cofrets C1 y C2.



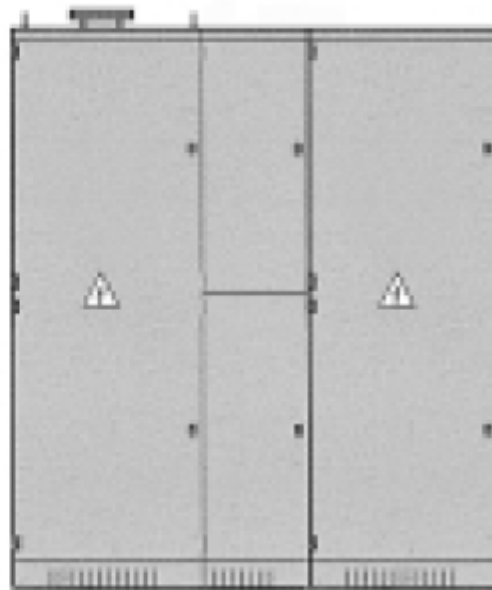
Vaset, armarios A1 y A2.



Varses, armarios T3 y T4.



Armario T3B.



Armario T4B.

## **9. ANEXO DE SEGURIDAD.**

## 9.1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.

### 9.1.1. Introducción.

La ley **31/1995**, de 8 de noviembre de 1995, de **Prevención de Riesgos Laborales** tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las **normas reglamentarias** irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

### 9.1.2. Derechos y obligaciones.

#### 9.1.2.1. Derecho a la protección frente a los riesgos laborales.

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los



artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

#### 9.1.2.2. Principios de la acción preventiva.

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

#### 9.1.2.3. Evaluación de los riesgos.

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
  - Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
  - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
  - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
  - Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los

siguientes grupos:

- Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
- Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

#### 9.1.2.4. Equipos de trabajo y medios de protección.

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

#### 9.1.2.5. Información, consulta y participación de los trabajadores.

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

#### 9.1.2.6. Formación de los trabajadores.

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

#### 9.1.2.7. Medidas de emergencia.

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

#### 9.1.2.8. Riesgo grave e inminente.

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

#### 9.1.2.9. Vigilancia de la salud.

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

#### 9.1.2.10. Documentación.

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

#### 9.1.2.11. Coordinación de actividades empresariales.

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

#### 9.1.2.12. Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos.

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

#### 9.1.2.13. Protección de la maternidad.

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

#### 9.1.2.14. Protección de los menores.

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

#### 9.1.2.15. Relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal.

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

#### 9.1.2.16. Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos.

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

### 9.1.3. Servicios de prevención.

#### 9.1.3.1. Protección y prevención de riesgos profesionales.

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

#### 9.1.3.2. Servicios de prevención.

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.



#### 9.1.4. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

##### 9.1.4.1. Consulta de los trabajadores.

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

##### 9.1.4.2. Derechos de participación y representación.

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

#### 9.1.4.3. Delegados de prevención.

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

## 9.2. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO.

### 9.2.1. Introducción.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las *normas reglamentarias* las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **486/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las *disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo*, entendiéndose como tales las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

### 9.2.2. Obligaciones del empresario.

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

#### 9.2.2.1. Condiciones constructivas.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbaciones o caídas de materiales sobre los trabajadores, para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m<sup>2</sup> por trabajador, un volumen mayor a 10 m<sup>3</sup> por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m. Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura.

Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para éstos.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura.

Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

Caso de utilizar escaleras de mano, éstas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearán escaleras de más de 5 m de altura, se colocarán formando un ángulo aproximado de 75° con la horizontal, sus largueros deberán prolongarse al menos 1 m sobre la zona a acceder, el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán frente a las mismas, los trabajos a más de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o más personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocarán en el exterior. El número, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar dimensionados para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobrintensidades previsibles y

se dotará a los conductores y resto de aparamenta eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcasas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

#### 9.2.2.2. Orden, limpieza y mantenimiento, señalización.

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.

#### 9.2.2.3. Condiciones ambientales.

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
  - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
  - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
  - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.
- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m<sup>3</sup> de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m<sup>3</sup> en los casos restantes.
- Se evitarán los olores desagradables.

#### 9.2.2.4. Iluminación.

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los puestos de trabajo llevarán además puntos de luz individuales, con el fin de obtener una visibilidad notable. Los niveles de iluminación mínimos establecidos (lux) son los siguientes:

- Áreas o locales de uso ocasional: 50 lux
- Áreas o locales de uso habitual: 100 lux
- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.

- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.
- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de luminarias, evitándose los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia.

Se instalará además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.

#### 9.2.2.5. Servicios higiénicos y locales de descanso.

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistema de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración. Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2 m. del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.



#### 9.2.2.6. Material y locales de primeros auxilios.

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.

### 9.3. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

#### 9.3.1. Introducción.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las *normas reglamentarias* las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **485/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las *disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo*, entendiéndose como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

#### 9.3.2. Obligación general del empresario.

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para las señalizaciones de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

#### **9.4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.**

##### 5.4.1. Introducción.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las *normas reglamentarias* las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto *1215/1997* de 18 de Julio de 1.997 establece las *disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo*, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

##### 9.4.2. Obligación general del empresario.

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

#### 9.4.2.1. Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo.

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que

todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

#### 9.4.2.2. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles.

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

#### 9.4.2.3. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas.

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos,

los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

#### 9.4.2.4. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general.

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.



Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin

grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

#### 9.4.2.5. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta.

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc.). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se

deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección antiatrapamientos o abrasiones.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilería, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

## 9.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.

### 9.5.1. Introducción.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las *normas reglamentarias* las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1627/1997** de 24 de Octubre de 1.997 establece las *disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción*, entendiéndose como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la Ejecución de una Edificación de uso Industrial o Comercial se encuentra incluida en el **Anexo I** de dicha legislación, con la clasificación **a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, d) Montaje y desmontaje de elementos prefabricados, e) Acondicionamiento o instalación, l) Trabajos de pintura y de limpieza y m) Saneamiento.**

### 9.5.2. Estudio de seguridad y salud.

#### 9.5.2.1. Riesgos más frecuentes en las obras de construcción.

Los Oficios más comunes en las obras de construcción son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Cubiertas.
- Alicatados.
- Enfoscados y enlucidos.
- Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.
- Carpintería de madera, metálica y cerrajería.
- Montaje de vidrio.
- Pintura y barnizados.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.
- Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.
- Instalación de antenas y pararrayos.

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.

- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Caída de los encofrados al vacío, caída de personal al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas, pisadas sobre objetos punzantes, etc.
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Los derivados de la rotura fortuita de las planchas de vidrio.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

#### 9.5.2.2. Medidas preventivas de carácter general.

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilera metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica y de madera, vidrio, pinturas,

barnices y disolventes, material eléctrico, aparatos sanitarios, tuberías, aparatos de calefacción y climatización, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc) se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de



las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

#### 5.5.2.3. Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio

##### Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de

control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra,

queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

#### Relleno de tierras.

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

#### Encofrados.

Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonas, sopandas, puntales y ferralla; igualmente se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.

El ascenso y descenso del personal a los encofrados, se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de losas horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas.

Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se extraerán o remacharán, según casos.

Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la ubicación de redes de protección.

#### Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

#### Trabajos de manipulación del hormigón.

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablonas, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado"

En el momento en el que el forjado lo permita, se izará en torno a los huecos el peto definitivo de fábrica, en prevención de caídas al vacío.

Se prohíbe transitar pisando directamente sobre las bovedillas (cerámicas o de hormigón), en prevención de caídas a distinto nivel.

#### Montaje de estructura metálica.

Los perfiles se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Una vez montada la "primera altura" de pilares, se tenderán bajo ésta redes horizontales de seguridad.

Se prohíbe elevar una nueva altura, sin que en la inmediata inferior se hayan concluido los cordones de soldadura.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilera.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

Se prohíbe trepar directamente por la estructura y desplazarse sobre las alas de una viga sin atar el cinturón de seguridad.

El ascenso o descenso a/o de un nivel superior, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío por fachadas se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

#### Montaje de prefabricados.

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

### Albañilería.

Los grandes huecos (patios) se cubrirán con una red horizontal instalada alternativamente cada dos plantas, para la prevención de caídas.

Se prohíbe concentrar las cargas de ladrillos sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar, para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente mediante trompas de vertido montadas al efecto, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Las rampas de las escaleras estarán protegidas en su entorno por una barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm.

### Cubiertas.

El riesgo de caída al vacío, se controlará instalando redes de horca alrededor del edificio. No se permiten caídas sobre red superiores a los 6 m. de altura.

Se paralizarán los trabajos sobre las cubiertas bajo régimen de vientos superiores a 60 km/h., lluvia, helada y nieve.

### Alicatados.

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas, se ejecutará en vía húmeda, para evitar la formación de polvo ambiental durante el trabajo.

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas se ejecutará en locales abiertos o a la intemperie, para evitar respirar aire con gran cantidad de polvo.

### Enfoscados y enlucidos.

Las "miras", reglas, tablones, etc., se cargarán a hombro en su caso, de tal forma

que al caminar, el extremo que va por delante, se encuentre por encima de la altura del casco de quién lo transporta, para evitar los golpes a otros operarios, los tropezones entre obstáculos, etc.

Se acordonará la zona en la que pueda caer piedra durante las operaciones de proyección de "garbancillo" sobre morteros, mediante cinta de banderolas y letreros de prohibido el paso.

#### Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.

El corte de piezas de pavimento se ejecutará en vía húmeda, en evitación de lesiones por trabajar en atmósferas pulverulentas.

Las piezas del pavimento se izarán a las plantas sobre plataformas emplintadas, correctamente apiladas dentro de las cajas de suministro, que no se romperán hasta la hora de utilizar su contenido.

Los lodos producto de los pulidos, serán orillados siempre hacia zonas no de paso y eliminados inmediatamente de la planta.

#### Carpintería de madera, metálica y cerrajería.

Los recortes de madera y metálicos, objetos punzantes, cascotes y serrín producidos durante los ajustes se recogerán y se eliminarán mediante las tolvas de vertido, o mediante bateas o plataformas emplintadas amarradas del gancho de la grúa.

Los cercos serán recibidos por un mínimo de una cuadrilla, en evitación de golpes, caídas y vuelcos.

Los listones horizontales inferiores contra deformaciones, se instalarán a una altura en torno a los 60 cm. Se ejecutarán en madera blanca, preferentemente, para hacerlos más visibles y evitar los accidentes por tropiezos.

El "cuelgue" de hojas de puertas o de ventanas, se efectuará por un mínimo de dos



operarios, para evitar accidentes por desequilibrio, vuelco, golpes y caídas.

### Montaje de vidrio.

Se prohíbe permanecer o trabajar en la vertical de un tajo de instalación de vidrio.

Los tajos se mantendrán libres de fragmentos de vidrio, para evitar el riesgo de cortes.

La manipulación de las planchas de vidrio, se ejecutará con la ayuda de ventosas de seguridad.

Los vidrios ya instalados, se pintarán de inmediato a base de pintura a la cal, para significar su existencia.

### Pintura y barnizados.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Se prohíbe realizar "pruebas de funcionamiento" en las instalaciones, tuberías de presión, equipos motobombas, calderas, conductos, etc. durante los trabajos de pintura de

señalización o de protección de conductos.

### Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una

banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

300 mA. Alimentación a la maquinaria.

30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.

30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando

rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

#### Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.

El transporte de tramos de tubería a hombro por un solo hombre, se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma que el extremo que va por delante supere la altura de un hombre, en evitación de golpes y tropiezos con otros operarios en lugares poco iluminados o iluminados a contra luz.

Se prohíbe el uso de mecheros y sopletes junto a materiales inflamables.

Se prohíbe soldar con plomo, en lugares cerrados, para evitar trabajos en atmósferas tóxicas.

#### Instalación de antenas y pararrayos.

Bajo condiciones meteorológicas extremas, lluvia, nieve, hielo o fuerte viento, se suspenderán los trabajos.

Se prohíbe expresamente instalar pararrayos y antenas a la vista de nubes de tormenta próximas.

Las antenas y pararrayos se instalarán con ayuda de la plataforma horizontal, apoyada sobre las cuñas en pendiente de encaje en la cubierta, rodeada de barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié, dispuesta según

detalle de planos.

Las escaleras de mano, pese a que se utilicen de forma "momentánea", se anclarán firmemente al apoyo superior, y estarán dotados de zapatas antideslizantes, y sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar.

Las líneas eléctricas próximas al tajo, se dejarán sin servicio durante la duración de los trabajos.

#### 9.5.3. Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras.

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente.

## **9.6. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.**

### 5.6.1. Introducción.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las *normas de desarrollo reglamentario* las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

### 9.6.2. Obligaciones generales del empresario.

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

#### 9.6.2.1. Protectores de la cabeza.

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.

- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

#### 9.6.2.2. Protectores de manos y brazos.

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

#### 9.6.2.3. Protectores de pies y piernas.

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

#### 9.6.2.4. Protectores del cuerpo.

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.



**Universidad  
Zaragoza**

## Proyecto Fin de Carrera

### **2. PLANOS.**

Autor

Luis Morláns Pueyo

Director/es y/o ponente

Ángel Santillán Lázaro

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2012



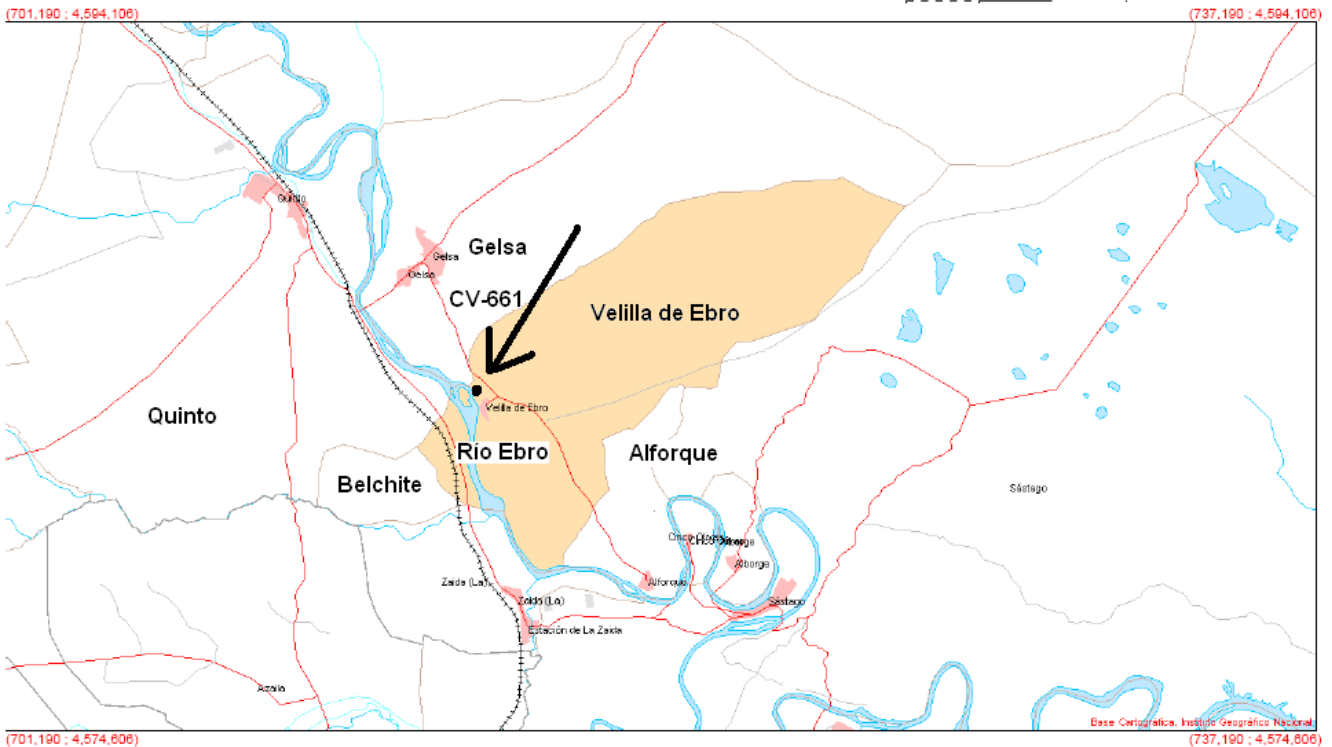
## ÍNDICE

1. PLANO SITUACION
2. PLANO EMPLAZAMIENTO
3. PLANO DE PLANTA.
4. PLANO PLANTA GENERAL.
5. PLANO PUESTA A TIERRA CENTRAL Y SUBESTACIÓN.
6. PLANO ILUMINACIÓN INTERIOR, EMERGENCIAS Y ANTI INCENDIO
7. PLANOS UNIFILARES DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA COMPLETA.
  - 7.1. HOJA 1. UNIFILAR
  - 7.2. HOJA 2. SERVICIOS AUXILIARES
8. PLANO CONEXIÓN RELÉS TRANSFORMADOR.
9. PLANO TURBINA.
10. PLANO CONVERSIÓN AEREO-SUBTERRANEO Y ENTRONQUE.
11. PLANO CONEXIÓN TRANSFORMADOR DE POTENCIA.
12. PLANO CELDAS BAJA TENSIÓN.



Provincia de ZARAGOZA  
 Municipio de VELILLA DE EBRO  
 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89

ESCALA 1:150,000  
 2000m 0 2000 4000m



Coordenadas del centro: X = 719,190 Y = 4,584,356

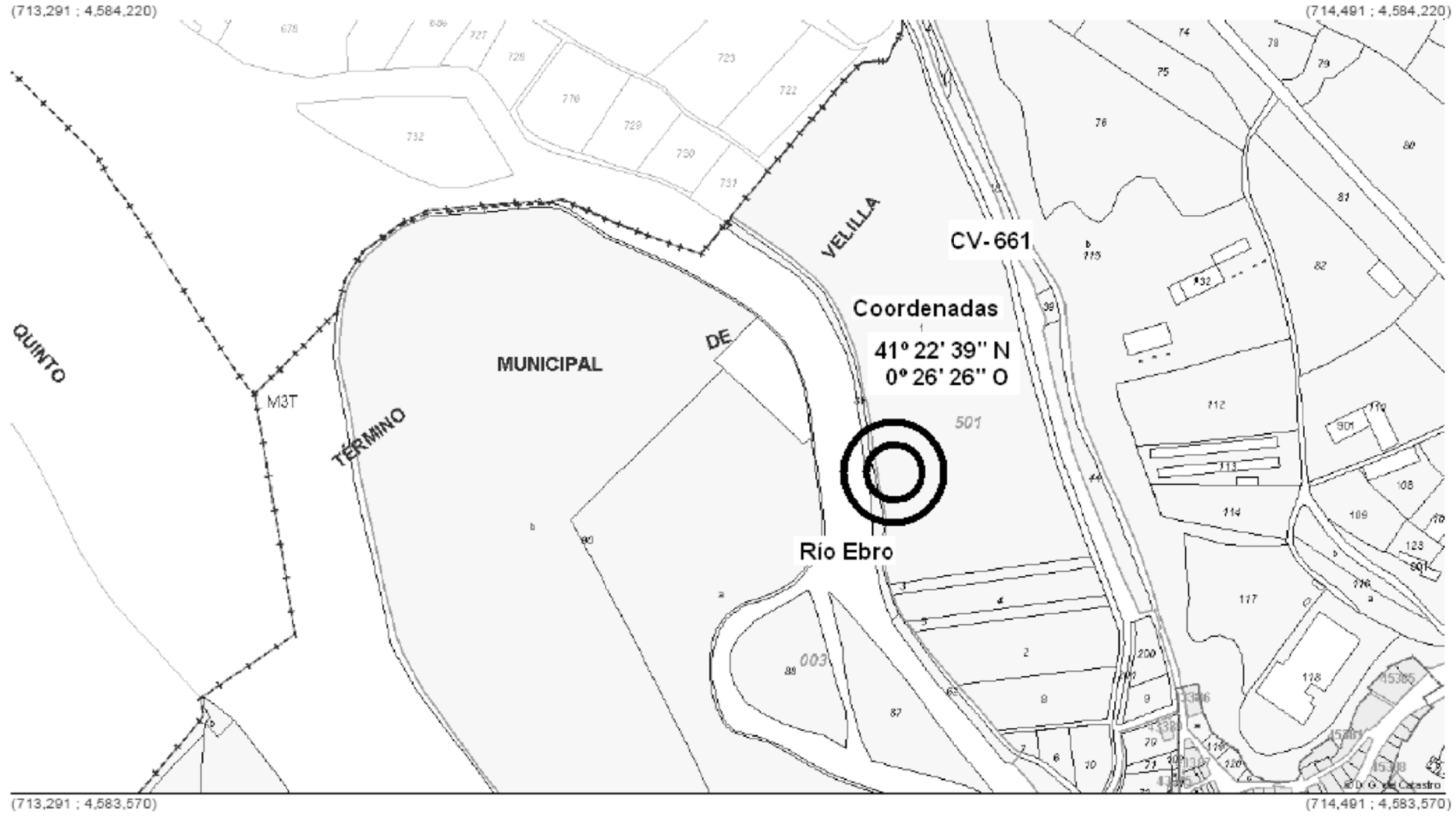
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	7/11/12	Luis Morlans Pueyo		
Comprob.				Plano: 1
Escala:	PLANO DE SITUACIÓN			Hoja: 1
S/E				Especialidad: Electricidad

PARCELA CATASTRAL: 50283A501000010000LQ

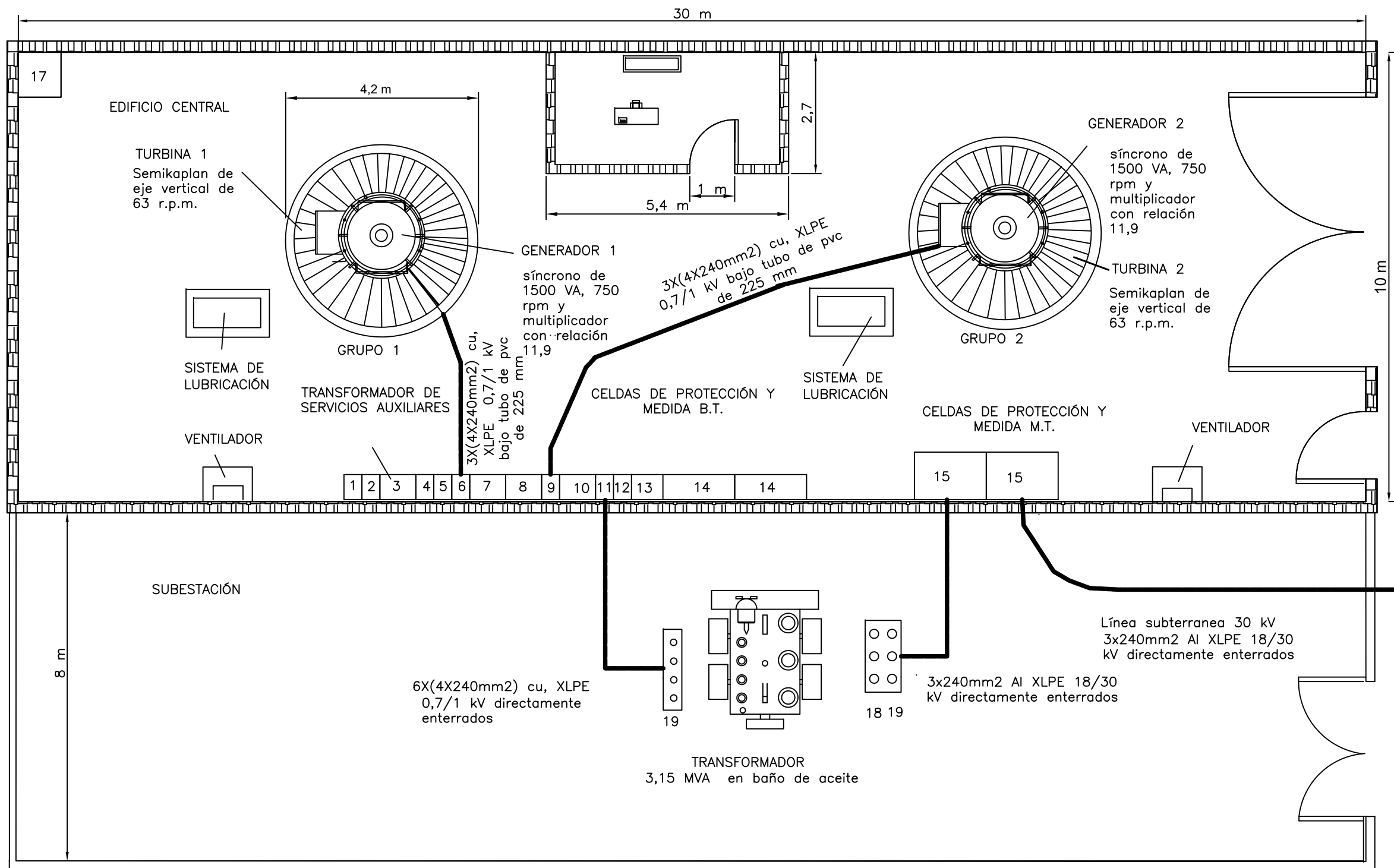
Provincia de ZARAGOZA  
Municipio de VELILLA DE EBRO  
Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89



ESCALA 1:5,000



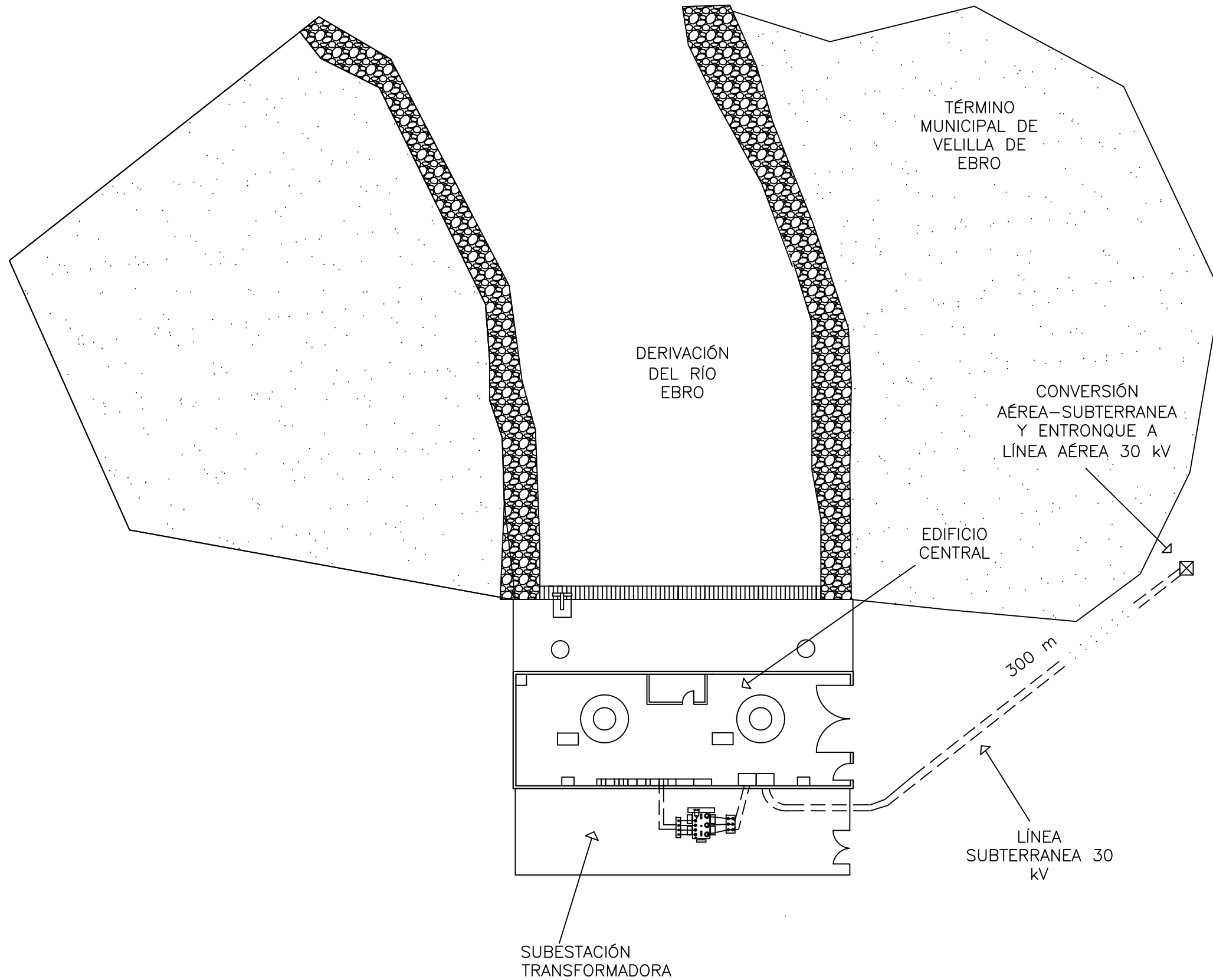
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	8/11/12	Luis Morlans Pueyo		
Comprob.				
Escala:	EMPLAZAMIENTO			Plano: 2
1:5000				Hoja: 1
				Especialidad: Electricidad



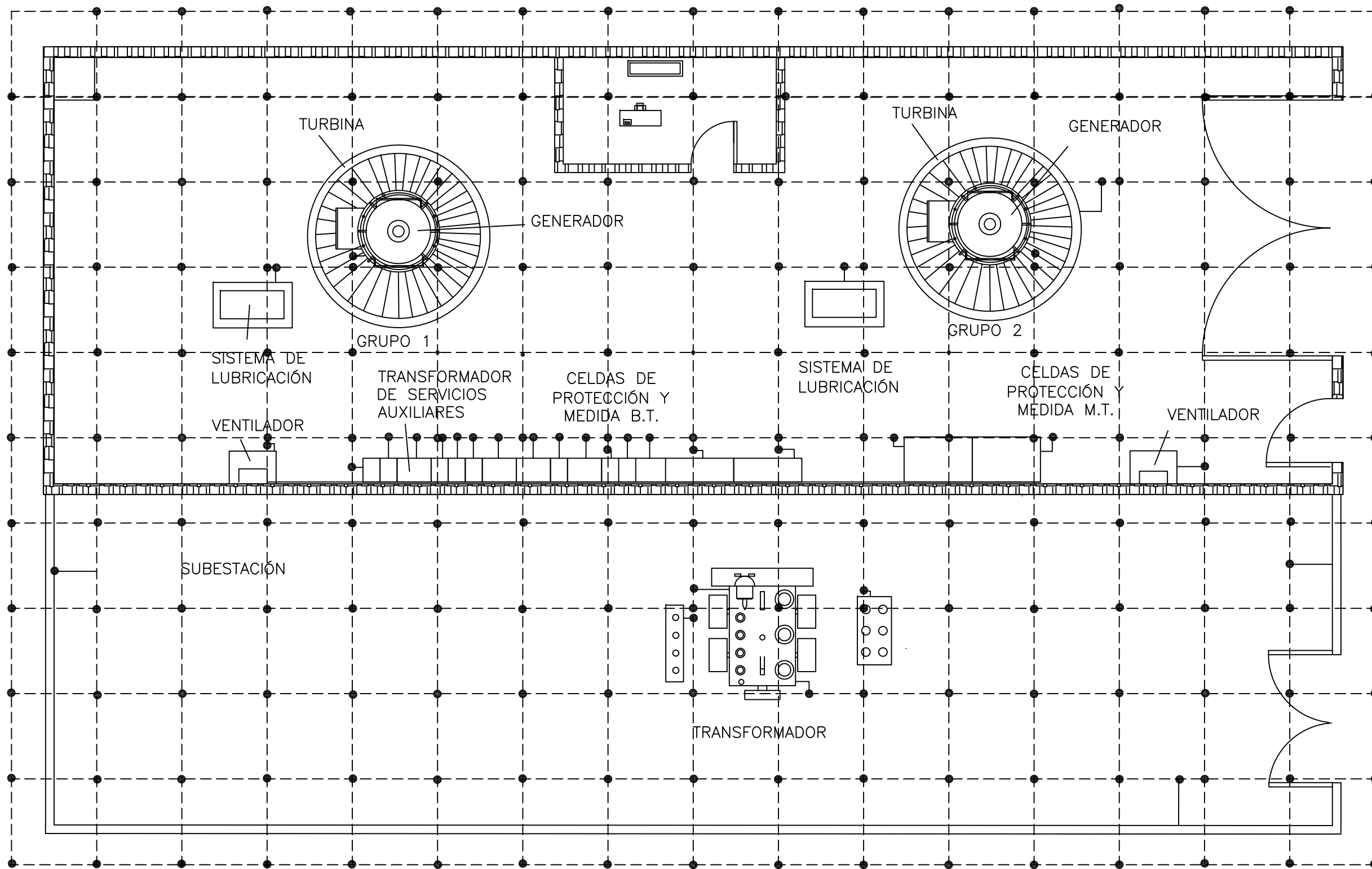
Leyenda

- 1 Celda de protección 400V Trafo S.A.
- 2 Celda de medida 400V Trafo S.A.
- 3 Celda con Trafo S.A. 400/ 690V, 50KVA seco.
- 4 Celda de medida 690V Trafo S.A.
- 5 Celda de protección 400V Trafo S.A.
- 6 Celda de medida y entrada Generador 1
- 7 Celda de protección Generador 1
- 8 Celda de protección Generador 2
- 9 Celda de medida y entrada Generador 2
- 10 Celda de protección 690V Trafo potencia 3,15 MVA
- 11 Celda de medida 690V Trafo potencia 3,15 MVA
- 12 Celda de medida Batería de Condensadores
- 13 Celda de protección Batería de Condensadores
- 14 Armarios con los Condensadores
- 15 Celda de medida 30 kV Trafo de potencia 3,15 MVA
- 16 Celda de seccionamiento y protección 30 kV Trafo de potencia 3,15 MVA
- 17 Cuadro de Servicios Auxiliares
- 18 Autoválvulas M.T.
- 19 Soporte con aisladores para acceder al transformador de potencia 3,15 MVA

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	17/11/12	Luis Morláns Pueyo		
Comprob.				
Escala:	PLANTA			Plano: 3
1/100				Hoja: 1
				Especialidad: Electricidad



	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	17/11/12	Luis Morláns Pueyo		
Comprob.				
Escala:	PLANTA GENERAL			Plano: 4
S/E				Hoja: 1
				Especialidad: Electricidad



Cable de Cu desnudo



Conector soldable tipo TA para cable a cable

Sin escala

Conector soldable cable



Cable de Cu desnudo

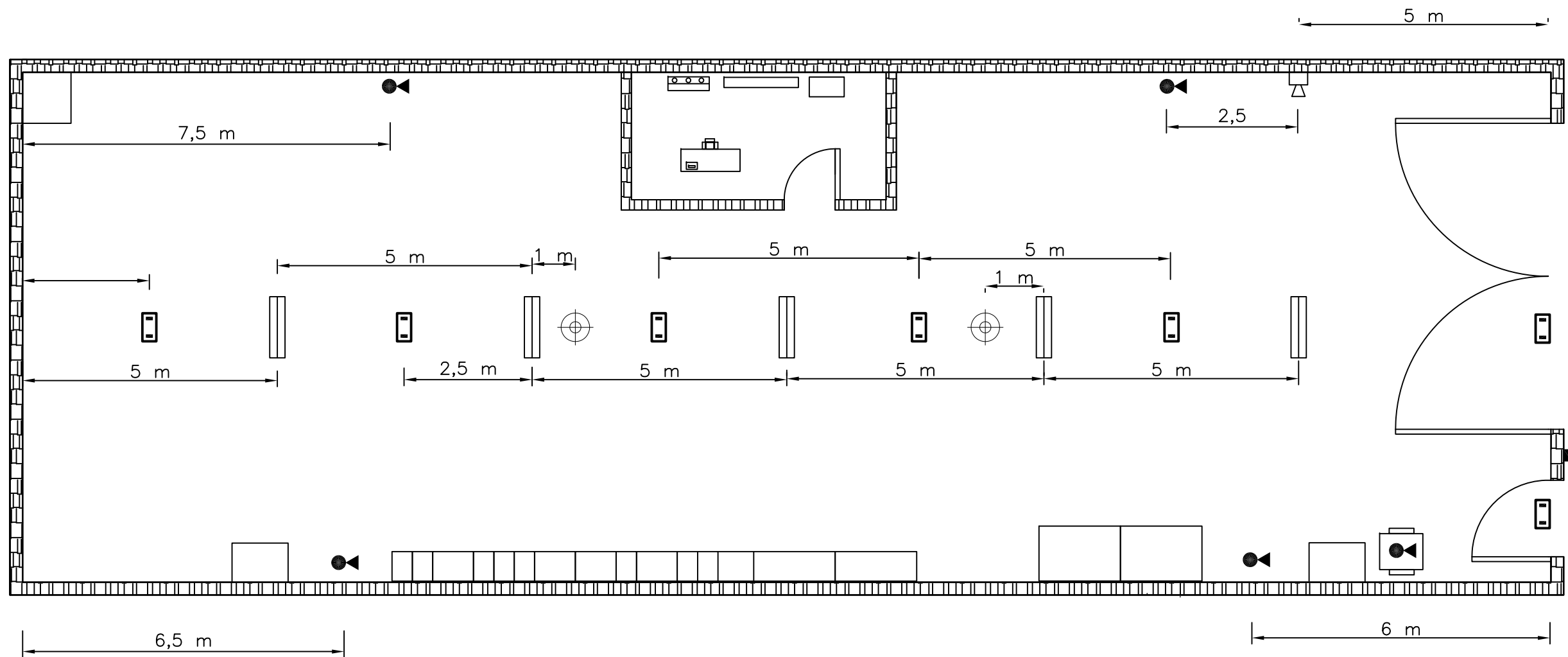
Conector soldable horizontal de un cable de paso y dos derivaciones

Sin escala










NOTA

Se instalará una red de 30 m x 18 m, de cable desnudo de Cu de 95 mm<sup>2</sup> de sección a una profundidad mínima de 0,8 m con una retícula de 2x2 m

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUOLA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	17/11/12	Luis Morláns Pueyo		
Comprob.				
Escala:	PUESTA A TIERRA CENTRAL Y SUBESTACIÓN			Plano: 5
1/100				Hoja: 1
				Especialidad: Electricidad



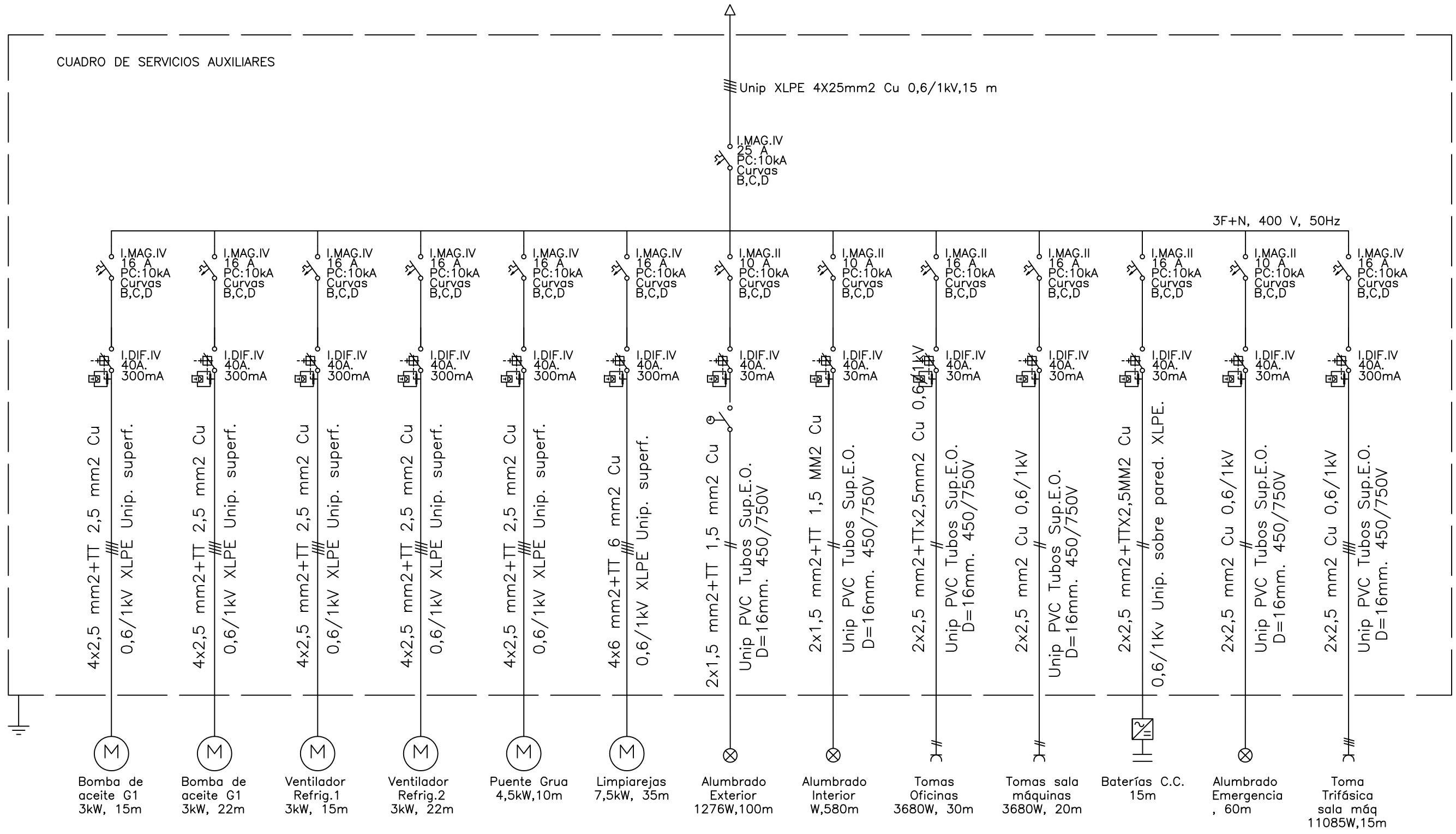
Leyenda

-  Pantalla fluorescente 2x58W 230V
-  Alumbrado de emergencia de 120 Lm
-  Extintor portátil de polvo ABC 9 kg
-  Extintor portátil de CO2 5 kg
-  Central de detección de incendios
-  Detector de humos por aspiración
-  Extintor de carro de CO2 30 kg
-  Sirena interior
-  Sirena exterior

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	17/11/12	Luis Morláns Pueyo		
Comprob.				
Escala:	ILUMINACIÓN INTERIOR EMERGENCIA Y CONTRA INCENDIOS			Plano: 6
S/E				Hoja: 1
				Especialidad: Electricidad

TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES

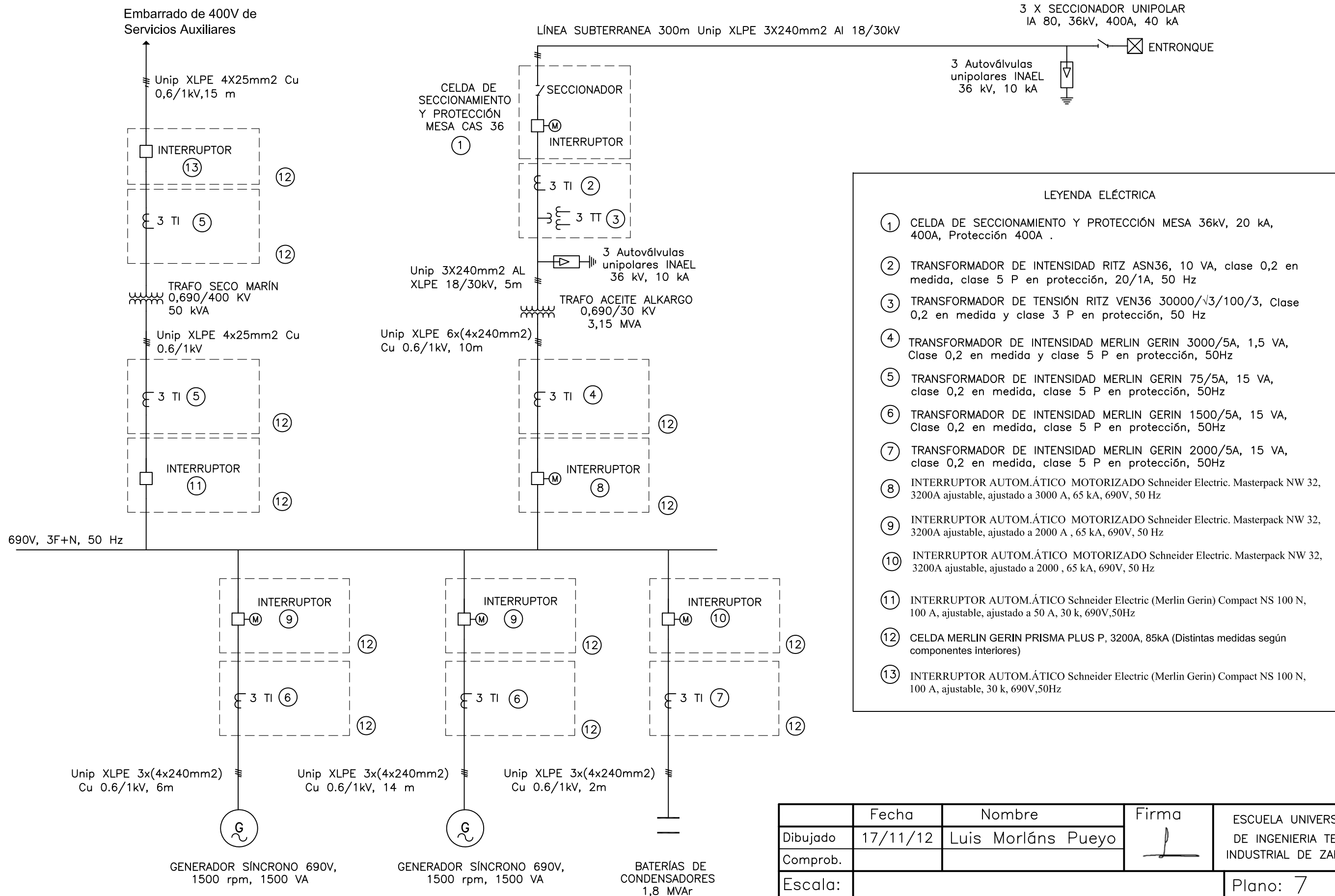
CUADRO DE SERVICIOS AUXILIARES



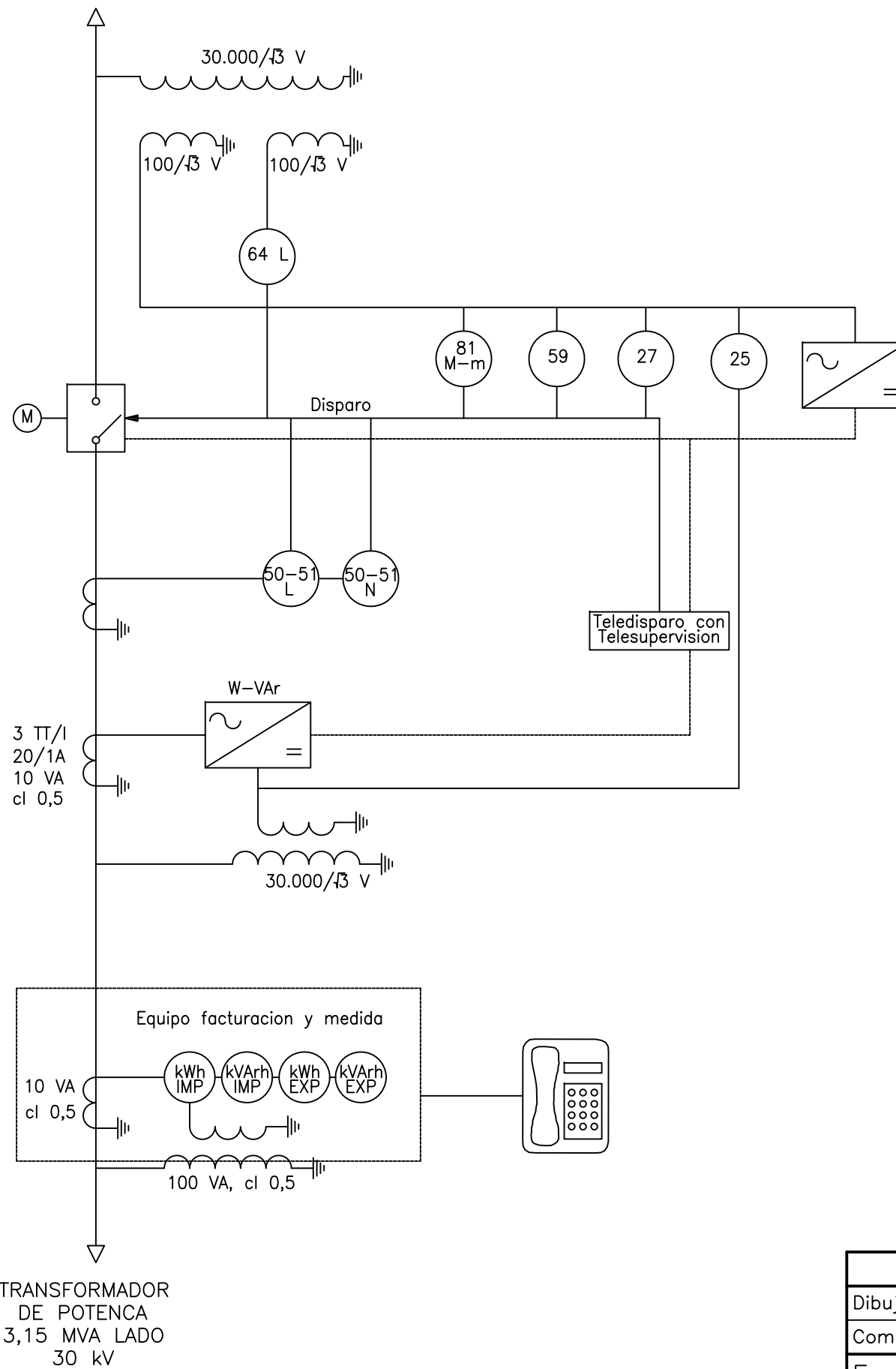
- Bomba de aceite G1 3kW, 15m
- Bomba de aceite G1 3kW, 22m
- Ventilador Refrig.1 3kW, 15m
- Ventilador Refrig.2 3kW, 22m
- Puente Grúa 4,5kW, 10m
- Limpiarejas 7,5kW, 35m
- Alumbrado Exterior 1276W, 100m
- Alumbrado Interior W, 580m
- Tomas Oficinas 3680W, 30m
- Tomas sala máquinas 3680W, 20m
- Baterías C.C. 15m
- Alumbrado Emergencia , 60m
- Toma Trifásica sala máq 11085W, 15m

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	15/11/12	Luis Morlans Pueyo		
Comprob.				
Escala:	UNIFILAR			Plano: 7
S/E				Hoja: 2
				Especialidad: Electricidad





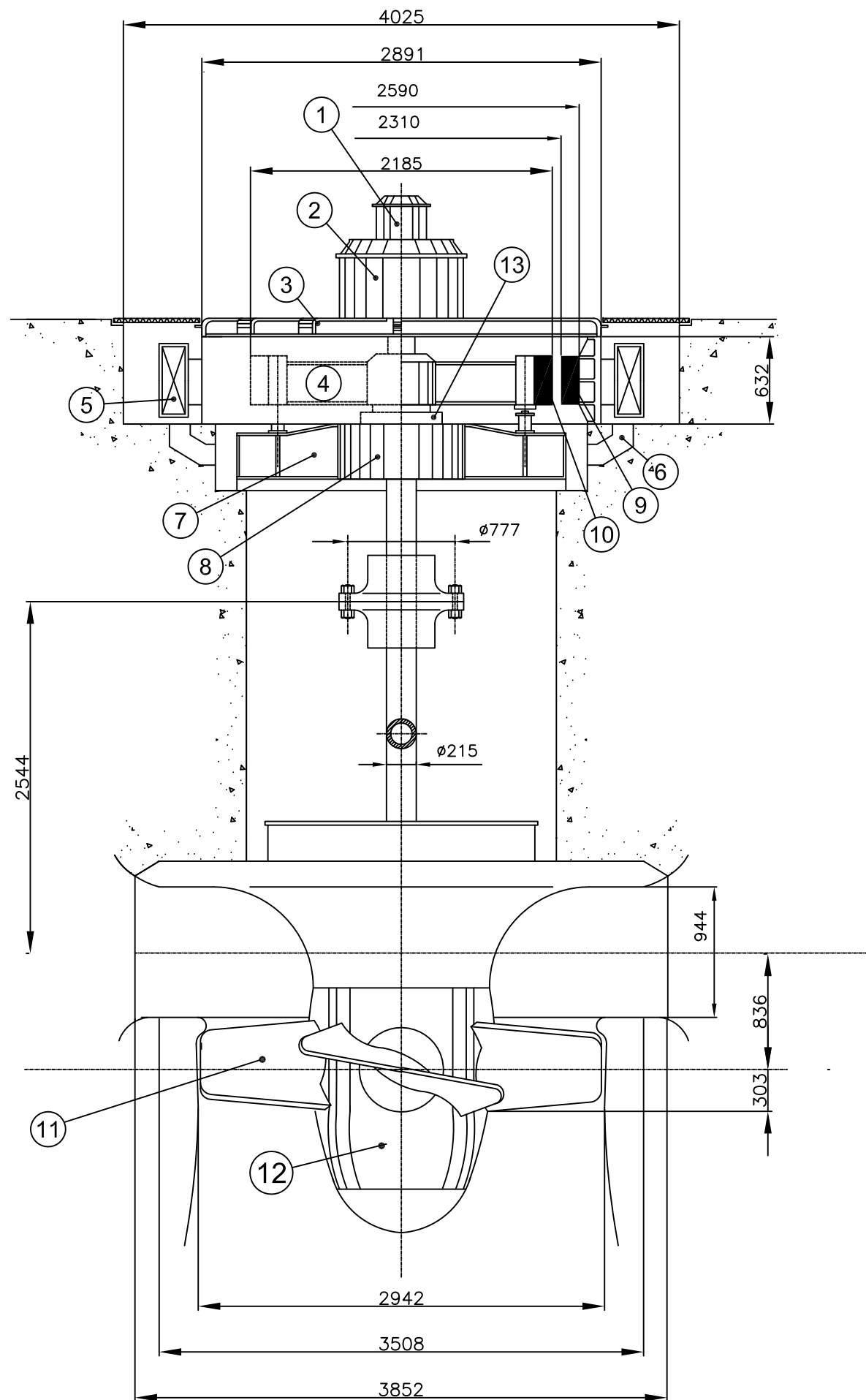
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	17/11/12	Luis Morláns Pueyo		
Comprob.				
Escala:	ESQUEMA UNIFILAR			Plano: 7
S/E				Hoja: 1
				Especialidad: Electricidad



- 25 RELE DE SINCRONISMO
- 27 RELE MINIMA TENSION
- 50N/51N RELE MAXIMA INTENSIDAD DE NEUTRO
- 50/51 RELE MAXIMA INTENSIDAD
- 59 RELE MAXIMA TENSION
- 64 RELE MAXIMA TENSION HOMOPOLAR
- 81m/81M RELE MAXIMA Y MINIMA FRECUENCIA

TRANSFORMADOR DE POTENCA  
3,15 MVA LADO  
30 kV

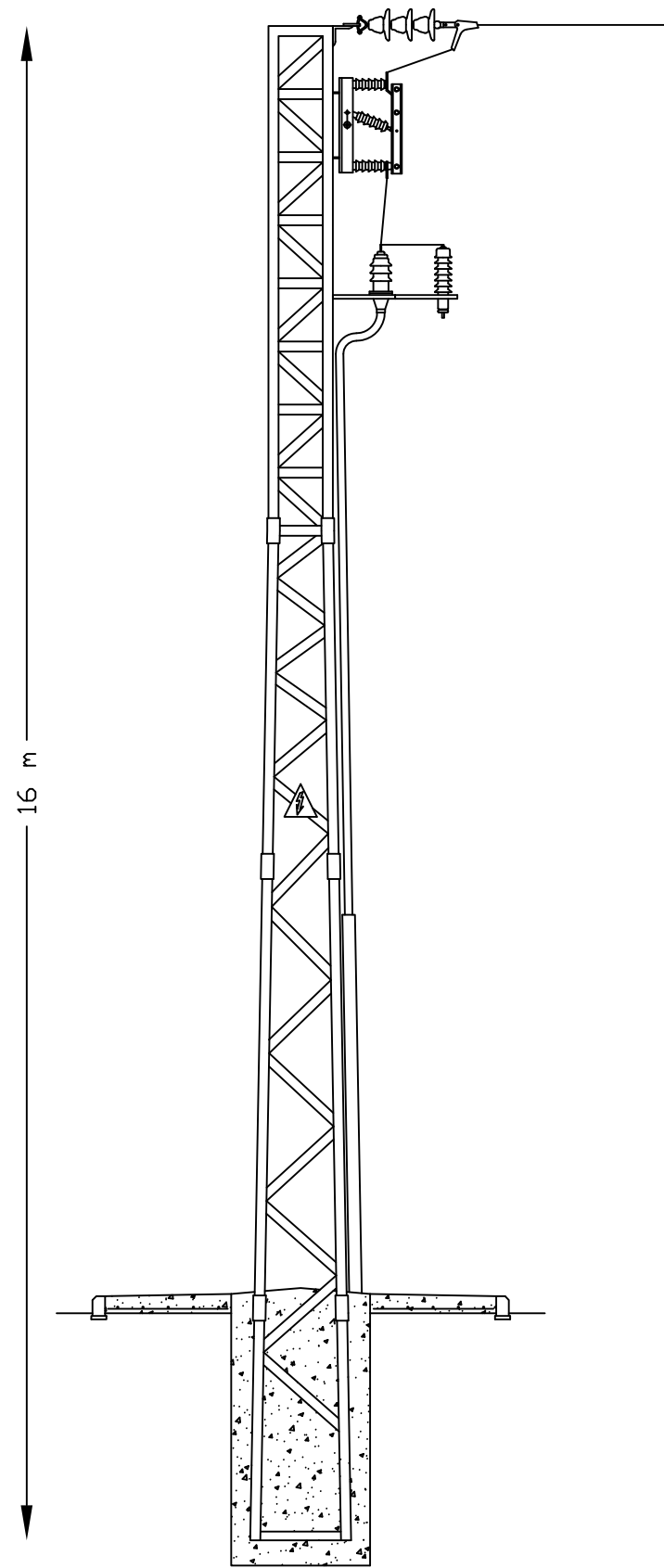
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	17/11/12	Luis Morlans Pueyo		
Comprob.				
Escala:	CONEXION RELES TRANSFORMADOR			Plano: 8
S/E				Hoja: 1
				Especialidad: Electricidad



## PARTES

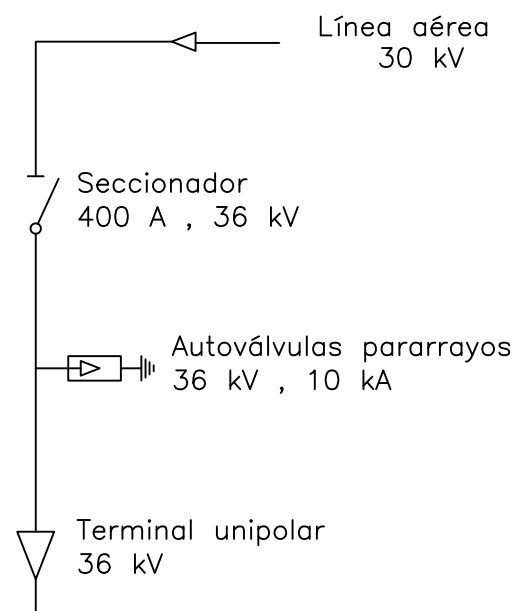
- ① Excitratiz piloto
- ② Excitratiz principal
- ③ Cruceta superior
- ④ Rotor
- ⑤ Refrigerador
- ⑥ Conducto de ventilaciøn
- ⑦ Cruceta inferior
- ⑧ Cojinete de apoyo
- ⑨ Arrollamiento estator
- ⑩ Arrollamiento rotor
- ⑪ Palas orientables
- ⑫ Rodete
- ⑬ Multiplicador

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	15/11/12	Luis Morlans Pueyo		
Comprob.				
Escala:	TURBINA			Plano: 9
S/E				Hoja: 1
				Especialidad: Electricidad

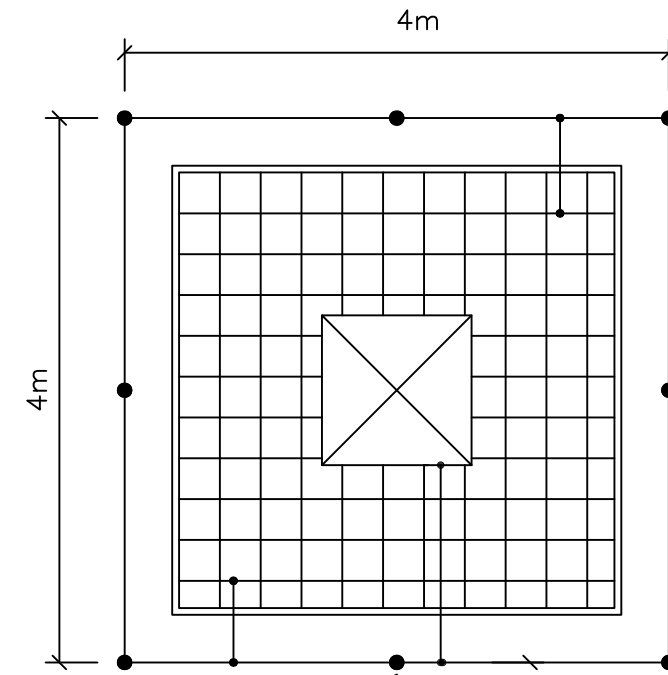


ALZADO

ESQUEMA UNIFILAR



PUESTAS A TIERRA



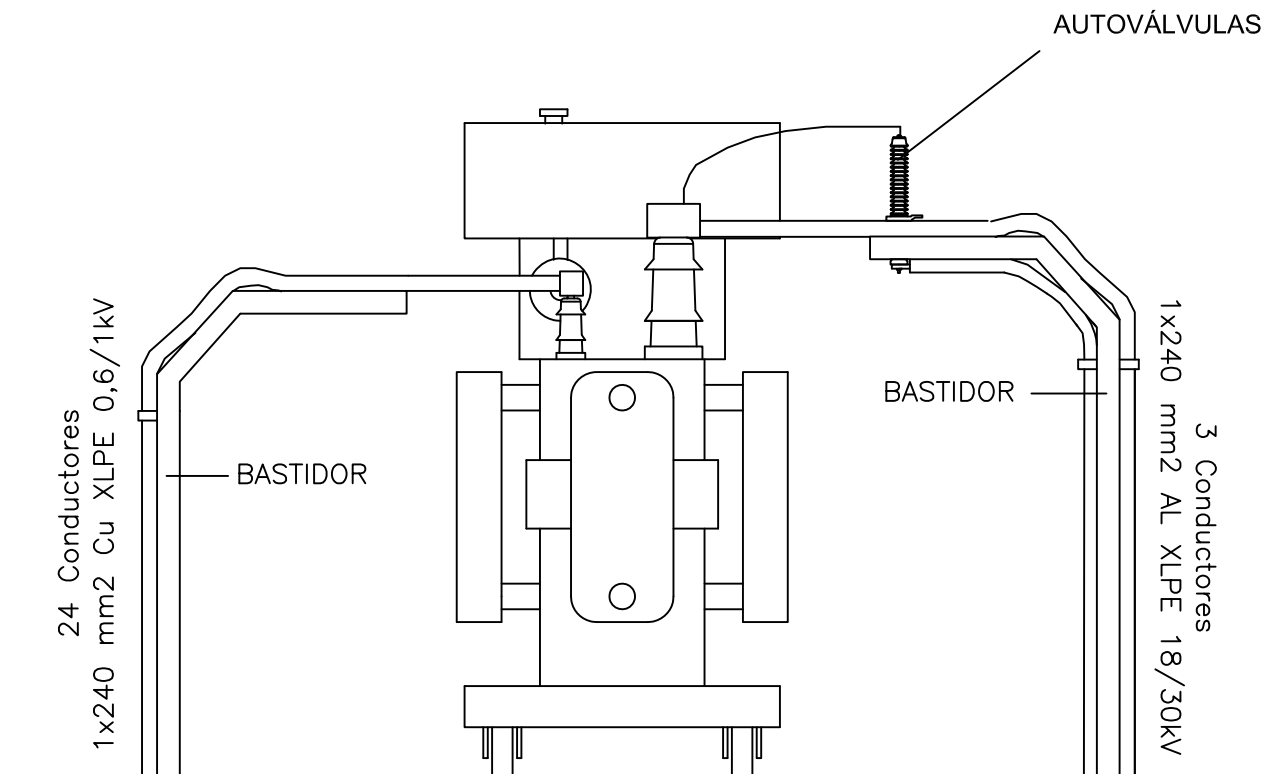
TIERRA DE PROTECCIÓN  
 Picas:  $L_p = 2 \text{ m}$ ,  $\varnothing = 14 \text{ mm}$   
 Conductor: Cu desnudo,  $S = 50 \text{ mm}^2$


TIERRA DE PROTECCIÓN  
 Configuración: 40-40/5/82  
 Profundidad electrodo: 0.5 m  
 Sección conductor: 50 mm<sup>2</sup>  
 Diámetro picas: 14 mm  
 Número de picas: 8  
 Longitud picas: 2

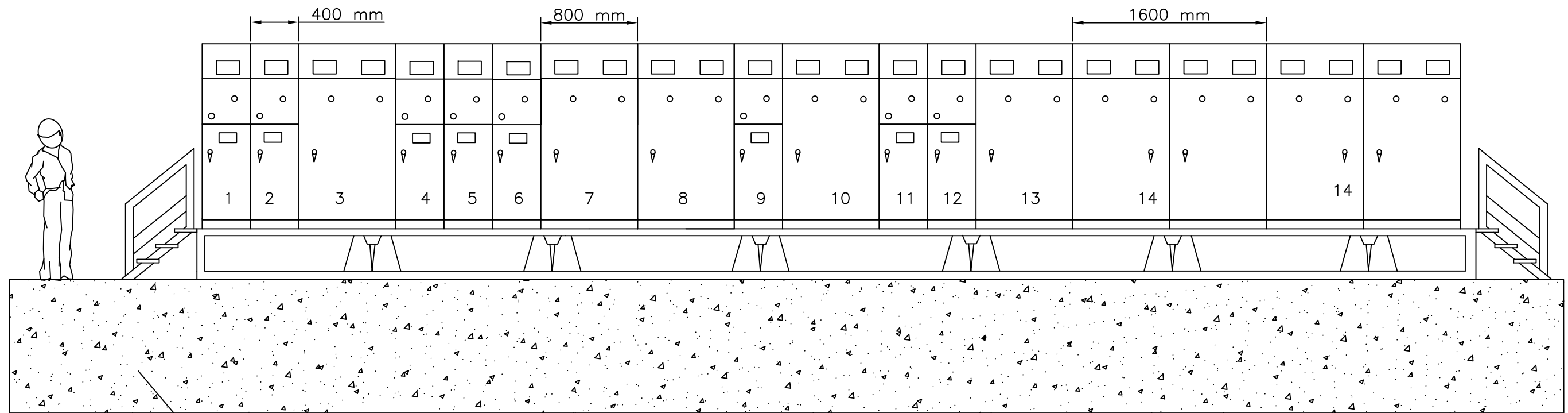
Se instalará una losa de hormigón de espesor mínimo 20 cm. y que sobresalga 1,2 m. del borde de la base de la columna.  
 Se embeberá un mallazo de 4mm. de diámetro como mínimo, formando una retícula de 0.3 x 0.3 m. Este mallazo irá conectado a dos puntos opuestos de la toma la puesta a tierra y tendrá por encima al menos 10 cm. de hormigón

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	8/11/12	Luis Morlans		
Comprob.				
Escala:	CONVERSIÓN AÉREO-SUBTERRANEO Y ENTRONQUE			Plano: 10
S/E				Hoja: 1
				Especialidad: Electricidad

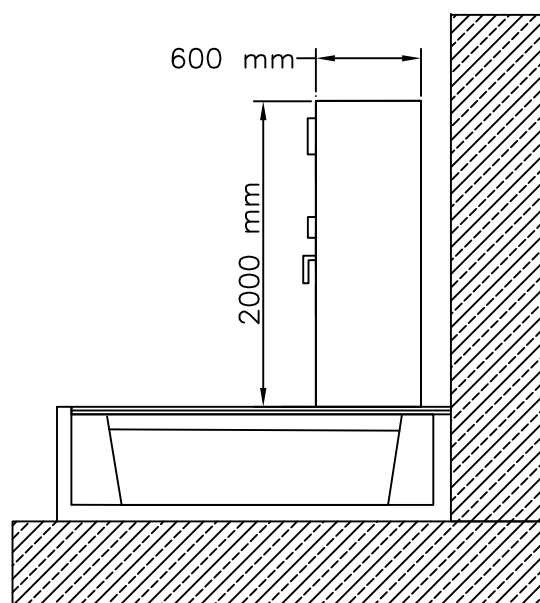
TRANSFORMADOR 3,15 MVA



	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	17/11/12	Luis Morláns Pueyo		
Comprob.				
Escala:	CONEXIÓN TRANSFORMADOR DE POTENCIA			Plano: 11
S/E				Hoja: 1
				Especialidad: Electricidad



Suelo



- 1 Celda de protección 400V Trafo S.A.
- 2 Celda de medida 400V Trafo S.A.
- 3 Celda con Trafo S.A. 400/ 690V, 50KVA seco.
- 4 Celda de medida 690 Trafo S.A.
- 5 Celda de protección 400V Trafo S.A.
- 6 Celda de medida y entrada Generador 1
- 7 Celda de protección Generador 1
- 8 Celda de protección Generador 2
- 9 Celda de medida y entrada Generador 2
- 10 Celda de protección 690V Trafo potencia 3,15 MVA
- 11 Celda de medida 690V Trafo potencia 3,15 MVA
- 12 Celda de medida Batería de Condensadores
- 13 Celda de protección Batería de Condensadores
- 14 Armarios con los Condesadores

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUOLA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	7/11/12	Luis Morlans Pueyo		
Comprob.				
Escala:	S/E CELDAS DE BAJA TENSIÓN			Plano: 12
				Hoja: 1
				Especialidad: Electricidad