

**PPTP**

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>CONDICIONES GENERALES .....</b>	<b>5</b>
2.1.	<b>Ámbito de aplicación .....</b>	<b>5</b>
2.2.	<b>Definiciones .....</b>	<b>5</b>
2.3.	<b>Condiciones generales .....</b>	<b>5</b>
2.3.1	Dirección de obra .....	5
2.3.2	Representación del CONTRATISTA .....	6
2.3.3	Documentos que se entregan al CONTRATISTA.....	7
2.3.3.1	Documentos contractuales .....	7
2.3.3.2	Documentos informativos .....	7
2.3.3.3	Cumplimiento de las ordenanzas y normativas vigentes. Permisos y licencias.....	7
2.4.	<b>Definición de las obras .....</b>	<b>7</b>
2.4.1	Documentos que definen las obras y orden de prelación .....	7
2.4.1.1	Planos .....	7
2.4.1.2	Planos adicionales.....	7
2.4.1.3	Interpretación de planos .....	7
2.4.1.4	Confrontación de planos y medidas.....	7
2.4.1.5	Contradicciones, omisiones o errores en la documentación .....	8
2.4.1.6	Planos complementarios de detalle .....	8
2.4.1.7	Archivo actualizado de Documentos que definen las obras. Planos de obra realizada ("As Built") .....	8
2.4.2	Disposiciones de aplicación .....	8
2.4.2.1	Con Carácter General.....	8
2.4.2.2	Con Carácter Particular .....	8
2.5.	<b>Ejecución de las obras.....</b>	<b>8</b>
2.5.1	Consideraciones previas a la ejecución de las obras .....	8
2.5.1.1	Plazo de ejecución de las obras. Comienzo del Plazo .....	8
2.5.1.2	Programa de Trabajos .....	9
2.5.1.3	Examen de las propiedades afectadas por las obras.....	9
2.5.1.4	Localización de servicios, estructuras e instalaciones .....	9
2.5.1.5	Terrenos disponibles para la ejecución de los trabajos.....	10
2.5.1.6	Ocupación y vallado provisional de terrenos.....	10
2.5.1.7	Vertederos y productos de préstamo .....	11
2.5.1.8	Reclamaciones de terceros .....	11
2.5.1.9	Áreas a disposición de la PROPIEDAD a pie de obra.....	11
2.5.2	Acceso a las obras.....	11
2.5.2.1	Conservación y uso .....	11
2.5.2.2	Ocupación temporal de terrenos para construcción de caminos de acceso a las obras .....	12
2.5.3	Instalaciones, medios y obras auxiliares.....	12
2.5.3.1	Retirada de instalaciones y obras auxiliares.....	12
2.5.3.2	Instalación de acopios.....	12
2.5.4	Ejecución de las obras.....	12
2.5.4.1	Equipos, maquinarias y métodos constructivos .....	12
2.5.4.2	Plan de Seguridad y Salud de la Obra .....	12
2.5.4.3	Carteles y anuncios.....	13
2.5.4.4	Cruces de carreteras y ferrocarriles .....	13
2.5.4.5	Obras que afectan a cauces de ríos o arroyos .....	14
2.5.4.6	Trabajos nocturnos o en turno extraordinario .....	16
2.6.	<b>Origen y calidad de los materiales .....</b>	<b>16</b>
2.6.1	Materiales suministrados por el CONTRATISTA .....	16
2.6.2	Calidad de los materiales .....	16
2.7.	<b>Garantía y control de calidad de las obras .....</b>	<b>17</b>
2.7.1	Definición .....	17
2.7.2	Sistema de garantía de calidad .....	17
2.7.3	Plan (o Programa) de garantía de calidad .....	17
2.7.4	Planes específicos de aseguramiento de la calidad: "Planes de Calidad".....	18
2.7.5	Abono de los costos del sistema de garantía de calidad.....	19
2.7.6	Nivel de control de calidad.....	19
2.7.7	Inspección y control de calidad por parte de la dirección de obra .....	19
2.8.	<b>Medición, abono y ensayo de las obras .....</b>	<b>19</b>
2.8.1	Mediciones .....	19
2.8.2	Certificaciones.....	20
2.8.3	Precios unitarios.....	20
2.8.4	Partidas alzadas .....	20
2.8.5	Abono.....	21
2.8.6	Obras y trabajos defectuosos, pero admisibles .....	21
2.8.7	Manera de abonar las obras concluidas y las incompletas .....	21
2.8.8	Abono de los materiales sobrantes.....	21
2.9.	<b>Recepción y liquidación de las obras.....</b>	<b>22</b>
2.9.1	Recepción provisional de las obras .....	22
2.9.2	Proyecto de liquidación provisional.....	22
2.9.3	Período de garantía. Responsabilidad del CONTRATISTA .....	22
2.9.4	Recepción y liquidación definitiva de las obras.....	22
<b>3.</b>	<b>NORMAS DE APLICACION.....</b>	<b>23</b>
<b>4.</b>	<b>ELECTRIFICACIÓN GENERAL .....</b>	<b>24</b>

<b>4.1. Acometidas Eléctricas en Baja Tensión .....</b>	<b>24</b>		
4.1.1 Descripción de las Obras .....	24	4.2.5.2 Cuadros eléctricos .....	39
4.1.1.1 Canalización entubada .....	25	4.2.5.3 Grupo cargador, baterías y ondulador .....	39
4.1.1.2 Cables de Baja Tensión.....	25	4.2.5.4 Cables.....	39
4.1.1.3 Terminales de BT .....	26	4.2.5.5 Luminarias .....	39
4.1.2 Ejecución de las obras .....	26	<b>4.3. Catenaria .....</b>	<b>40</b>
4.1.2.1 Cables de Baja Tensión.....	26	4.3.1 Introducción.....	40
4.1.2.2 Separación con otros servicios .....	27	4.3.2 Condiciones de servicio.....	40
4.1.3 Medición y abono.....	28	4.3.3 Postes .....	40
4.1.3.1 Conductores de BT.....	28	4.3.3.1 Desmontaje de postes de perfil cilíndrico (Catenaria/Farola).....	40
4.1.3.2 Terminales de BT .....	28	4.3.3.2 Postes de perfil cilíndrico o troncocónico.....	40
4.1.4 Ensayos y pruebas .....	28	4.3.3.3 Montaje y acondicionamiento de postes cilíndricos de recuperación.....	41
<b>4.2. Instalaciones eléctricas en paradas.....</b>	<b>28</b>	4.3.3.4 Suministro de poste para compensación de tensión .....	42
4.2.1 Descripción de las obras .....	28	4.3.4 Conjuntos de línea aérea de contacto tranviaria .....	42
4.2.2 Condiciones de los materiales y su mano de obra .....	29	4.3.4.1 Montaje de conjunto de ménsula de recuperación .....	42
4.2.2.1 Transformadores reductores de tensión .....	29	4.3.4.2 Suministro y montaje de conjunto de ménsula .....	42
4.2.2.2 Cuadros eléctricos.....	29	4.3.4.3 Suministro y montaje de conjunto de ménsula para seccionamiento y agujas	43
4.2.2.3 SAI .....	32	4.3.4.4 Pórticos flexibles hasta 10m.....	43
4.2.2.4 PLCs. Descripción .....	33	4.3.4.5 Suspensión "delta" .....	44
4.2.2.5 Cables .....	35	4.3.4.6 Brazo tensor de 750 Vcc.....	44
4.2.2.6 Luminarias.....	35	4.3.4.7 Hilo de contacto .....	45
4.2.3 Ejecución de las obras .....	35	4.3.4.8 Seccionamientos de compensación .....	45
4.2.3.1 Transformadores reductores de tensión .....	35	4.3.4.9 Anclaje de hilos de contacto.....	46
4.2.3.2 Cuadros eléctricos.....	35	4.3.4.10 Puntos fijos .....	46
4.2.3.3 SAI .....	36	4.3.4.11 Agujas aéreas .....	46
4.2.3.4 PLCs.....	36	4.3.5 Alimentaciones de catenaria.....	47
4.2.3.5 Tubos .....	36	4.3.5.1 Cable Feeder .....	47
4.2.3.6 Cables .....	36	4.3.5.2 Cuadro Interruptor de Feeder.....	47
4.2.3.7 Luminarias.....	37	4.3.5.3 Interruptor de puenteo en poste .....	48
4.2.4 Medición y abono.....	37	4.3.5.4 Aislador de sección.....	48
4.2.4.1 Transformadores reductores de tensión .....	37	4.3.6 Protecciones.....	49
4.2.4.2 Cuadros eléctricos.....	37	4.3.6.1 Descargador de intervalos .....	49
4.2.4.3 Grupo cargador, baterías y ondulador .....	37	4.3.6.2 Descargador de antenas .....	49
4.2.4.4 PLCs.....	37	4.3.6.3 Puesta a tierra.....	50
4.2.4.5 Tubos .....	37	4.3.6.4 Ripado de catenaria .....	51
4.2.4.6 Cables .....	38	<b>5. INSTALACIÓN ELECTRICA EN SUBESTACIÓN DE TRACCIÓN .....</b>	<b>52</b>
4.2.4.7 Luminarias.....	38	<b>5.1. Condiciones Generales .....</b>	<b>52</b>
4.2.5 Ensayos y pruebas .....	38	<b>5.2. Centro de transformación. ....</b>	<b>53</b>
4.2.5.1 Transformadores reductores de tensión .....	38	5.2.1 Características generales celdas.....	53
		5.2.2 Celda de Remonte.....	53

5.2.3	Celda de protección con interruptor automático .....	53	6.2.2.2	Descripción general .....	78
5.2.4	Celda de protección con interruptor fusibles combinados. ....	54	6.2.2.3	Arquitectura de la red de comunicaciones sobre tecnología TETRA. ....	78
5.2.5	Celda de Medida .....	54	6.2.2.4	Terminal fijo en Cocheras y PCM de TUSSAM .....	80
5.2.6	Celda de Línea.....	54	6.2.3	Sistema tren-tierra vía WIFI (No operativo actualmente) .....	82
5.2.7	Medida de la Energía eléctrica.....	55	6.2.3.1	Descripción General.....	82
5.2.8	Características de la envolvente .....	55	6.2.3.2	Arquitectura de la red de comunicaciones vía WIFI.....	83
5.2.9	Transformador de servicios auxiliares.....	56	6.2.3.3	Unidad de radio WLAN a bordo.....	83
5.2.10	Medida de la Energía eléctrica.....	56	6.2.3.4	Unidad de control WLAN a bordo.....	84
<b>5.3.</b>	<b>Cabinas de Corriente Continua y Rectificación. ....</b>	<b>57</b>	6.2.3.5	Puntos de acceso.....	85
<b>5.4.</b>	<b>Cuadros de mando y control. ....</b>	<b>57</b>	6.2.3.6	Antena .....	85
<b>5.5.</b>	<b>Bandejas eléctricas PVC con Tapa .....</b>	<b>57</b>	6.2.3.7	Controlador de red inalámbrica .....	86
<b>5.6.</b>	<b>Cuadro con tomas de corriente.....</b>	<b>59</b>	6.2.3.8	Aplicación de gestión de red WIFI.....	86
<b>5.7.</b>	<b>Cuadros eléctricos .....</b>	<b>59</b>	<b>6.3.</b>	<b>Circuito cerrado de televisión.....</b>	<b>87</b>
<b>5.8.</b>	<b>Cuadros de maniobra y control.....</b>	<b>63</b>	6.3.1	Requisitos del Sistema de CCTV.....	87
<b>5.9.</b>	<b>Red de Puesta a Tierra.....</b>	<b>64</b>	6.3.1.1	Arquitectura del Circuito Cerrado de Televisión.....	87
<b>5.10.</b>	<b>Batería de condensadores .....</b>	<b>65</b>	6.3.1.2	Cámaras de vídeo.....	87
<b>6.</b>	<b>INSTALACIONES DE COMUNICACIONES .....</b>	<b>67</b>	6.3.2	Cables de distribución de la señal de vídeo.....	89
<b>6.1.</b>	<b>Red de comunicaciones.....</b>	<b>67</b>	6.3.2.1	Codificador de vídeo MPEG2/4.....	89
6.1.1	Cable de fibra óptica .....	67	6.3.2.2	Sistema de videograbación digital.....	91
6.1.1.1	Empalmes en cables de fibra óptica .....	68	<b>6.4.</b>	<b>Sistema de información al viajero .....</b>	<b>91</b>
6.1.1.2	Conectores de fibra óptica .....	68	6.4.1	Megafonía .....	91
6.1.1.3	Latiguillos .....	69	6.4.1.1	Proyectores acústicos de 20 W .....	91
6.1.2	Requisitos para la ejecución de la instalación de los cables.....	69	1.1.1.1.	Cableado de megafonía.....	92
6.1.2.1	Tendido del cable de fibra para comunicaciones .....	69	6.4.1.2	Unidad Amplificadora/Convertora.....	92
6.1.2.2	Canalizaciones .....	70	6.4.2	Teleindicadores .....	93
6.1.3	Control de calidad .....	70	6.4.2.1	Características de los teleindicadores .....	93
6.1.4	Arquetas de comunicación.....	71	6.4.2.2	Especificaciones .....	94
6.1.5	Equipos de comunicación .....	72	6.4.2.3	Comunicación con los teleindicadores .....	94
6.1.5.1	Repartidores de fibra óptica.....	72	6.4.3	Interfonía .....	94
6.1.5.2	Switch Gigabit Ethernet .....	73	6.4.3.1	Interfonos en las paradas.....	95
6.1.5.3	Switch Fast Ethernet.....	73	6.4.3.2	Estación master de interfonía en el PCM .....	95
6.1.5.4	Cableado UTP.....	74	<b>6.5.</b>	<b>Cronometría .....</b>	<b>96</b>
<b>6.2.</b>	<b>Sistema de radiocomunicaciones .....</b>	<b>75</b>	6.5.1	Servidor maestro de cronometría .....	97
6.2.1	Sistema tren-tierra sobre tecnología PMR.....	75	6.5.2	Antena GPS .....	98
6.2.1.1	Introducción a los sistemas PMR.....	75	6.5.3	Cliente/Servidor Local de cronometría.....	98
6.2.1.2	Funcionalidades .....	76	<b>6.6.</b>	<b>Sistema de billeteaje.....</b>	<b>99</b>
6.2.1.3	Arquitectura de la Red de Radiocomunicaciones sobre tecnología PMR.....	76	6.6.1	Máquinas expendedoras de billetes.....	99
6.2.2	Sistema tren-tierra sobre tecnología TETRA.....	77	6.6.1.1	Localización .....	99
6.2.2.1	Introducción a la tecnología TETRA .....	77			

6.6.1.2	Modalidades de funcionamiento .....	99
1.1.1.2.	Sistema de Billetaje .....	99
6.6.1.3	Características de la máquina expendedora automática.....	99
6.6.1.4	Módulos.....	100
6.6.1.5	Interfaz Máquina-Usuario.....	101
6.6.1.6	Unidad de Gestión y Subsistemas de la Máquina Expendedora .....	102
6.6.1.7	Interfaz de comunicaciones .....	103
6.6.2	Máquinas canceladoras .....	104
6.6.2.1	Localización.....	104
6.6.2.2	Canceladoras sin contacto (fuera del alcance de este proyecto) .....	104
<b>7.</b>	<b>CONTROL DE CALIDAD.....</b>	<b>105</b>
7.1.	Introducción.....	105
7.2.	Verificación de los equipos de Media Tensión.....	105
7.3.	Control Calidad Líneas de Media Tensión Subterráneas .....	106
<b>8.</b>	<b>SEGURO.....</b>	<b>107</b>
<b>9.</b>	<b>PRESCRIPCIONES GENERALES .....</b>	<b>107</b>
<b>10.</b>	<b>NORMATIVA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO .....</b>	<b>107</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge las prescripciones técnicas para la definición e instalación de los Sistemas de Señalización y Semaforización, Electrificación, Comunicaciones y Equipamiento de paradas para la entrada en servicio de la cuarta fase del Metro Ligero en Superficie del Centro de Sevilla, que ampliará la línea actual desde la parada de Eduardo Dato hasta la parada terminal junto a la Estación de FFCC de Santa Justa.

El objeto de este Pliego es la definición de:

Normativas aplicables:

- Características funcionales, técnicas y generales de los equipos
- Características de los materiales
- Pruebas y ensayos a efectuar
- Documentación y formación
- Condiciones de recepción y garantía
- Características operativas

También es objeto de este Pliego la definición de:

- Condiciones de ejecución de las obras
- Condiciones de las mediciones y abono de las obras
- Condiciones generales

Las obras que integran este Pliego se realizarán de acuerdo con las disposiciones y planos y no podrán ser modificadas por el Contratista en todo o parcialmente sin la aprobación del Ingeniero Director de la Obra mediante autorización escrita y referida al punto concreto que se trate.

## 2. CONDICIONES GENERALES

### 2.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las prescripciones de este Pliego se aplicarán a las obras descritas en este proyecto y quedarán incorporadas al Contrato de obras, por simple referencia a ellas en dicho Contrato.

En todos los artículos del presente Pliego de Prescripciones Técnicas se entenderá que su contenido rige para las materias que expresan sus títulos en cuanto no se opongan a lo establecido en disposiciones vigentes.

### 2.2. DEFINICIONES

En lo que sigue, y salvo anulación o modificación expresa de alguno de los conceptos que se detallan a continuación por parte de la PROPIEDAD, se interpretarán los términos en la forma y modo siguientes:

- PROPIEDAD: Designa al AYUNTAMIENTO DE SEVILLA, con inclusión de cualquier empleado o representante autorizado formalmente por escrito.
- CONTRATISTA: Designa a la empresa constructora que, como firmante del Contrato de Adjudicación, coordina, dirige y ejecuta las obras, por sí o por delegación en otros.
- PROYECTO: Se refiere al conjunto de documentos integrados en el presente "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE LA LÍNEA DE METRO LIGERO EN SUPERFICIE DEL CENTRO DE SEVILLA. FASE 4: CENTRO NERVIÓN – SANTA JUSTA".
- DIRECCION DE OBRA: Designa a la empresa o persona que coordina y dirige la ejecución de las obras objeto del Contrato de Adjudicación y que deberá reunir las características básicas que la PROPIEDAD estime oportuno.
- INSPECCION: Designa a la empresa o personas encargadas por la PROPIEDAD de comprobar que la ejecución de las obras se ajusta a las condiciones establecidas en el Contrato de Adjudicación.

### 2.3. CONDICIONES GENERALES

#### 2.3.1 Dirección de obra

El Director de Obra es la persona con titulación adecuada y suficiente, directamente responsable de la comprobación y vigilancia de la correcta realización de las obras contratadas.

Las funciones del Director, en orden a la dirección, control y vigilancia de las obras que fundamentalmente afectan a sus relaciones con el CONTRATISTA, son las siguientes:

- Exigir al CONTRATISTA, directamente o a través del personal a sus órdenes, el cumplimiento de las condiciones contractuales.
- Garantizar la ejecución de las obras con estricta sujeción al proyecto aprobado, modificaciones debidamente autorizadas, y el cumplimiento del programa de trabajos.
- Definir aquellas condiciones técnicas que los Pliegos de Prescripciones correspondientes dejan a su decisión.
- Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de planos, condiciones de materiales y ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del Contrato.
- Estudiar las incidencias o problemas planteados en las obras que impidan el normal cumplimiento del Contrato o aconsejen su modificación, tramitando, en su caso, las propuestas correspondientes.
- Proponer las actuaciones procedentes para obtener, de los organismos oficiales y de los particulares, los permisos y autorizaciones necesarios para la ejecución de las obras y ocupación de los bienes afectados por ellas, y resolver los problemas planteados por los servicios y servidumbres relacionados con las mismas.
- Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en caso de urgencia o gravedad la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso, para lo cual el CONTRATISTA deberá poner a su disposición el personal y material de obra.
- Acreditar al CONTRATISTA las obras realizadas, conforme a lo dispuesto en los documentos del Contrato.
- Participar en las recepciones provisional y definitiva y redactar la liquidación de las obras, conforme a las normas legales establecidas.

El CONTRATISTA estará obligado a prestar su colaboración al Director para el normal cumplimiento de las funciones a éste encomendadas.

Las atribuciones asignadas en el presente Pliego al Director de la Obra y las que le asigne la legislación vigente, podrán ser delegadas en su personal colaborador de acuerdo con las prescripciones establecidas, pudiendo exigir el CONTRATISTA que dichas atribuciones delegadas se emitan explícitamente en orden que conste en el correspondiente "Libro de Ordenes e Incidencias".

Cualquier miembro del equipo colaborador del Director de Obra, incluido explícitamente en el órgano de Dirección de Obra, podrá dar en caso de emergencia, a juicio de él mismo, las instrucciones que estime pertinentes dentro de las atribuciones legales, que serán de obligado cumplimiento por el CONTRATISTA.

La inclusión en el presente Pliego de las expresiones Director de Obra y Dirección de Obra son prácticamente ambivalentes, teniendo en cuenta lo antes enunciado, si bien debe entenderse aquí que al indicar Dirección de Obra, las funciones o tareas a que se refiere dicha expresión son presumiblemente delegables.

### 2.3.2 Representación del CONTRATISTA

El CONTRATISTA antes de que se inicien las obras, comunicará por escrito el nombre de la persona que haya de estar por su parte al frente de las mismas para representarle como "Delegado de Obra", según lo dispuesto en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado (PPAG).

Este representante tendrá titulación de Ingeniero, así se hará constar en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares del Contrato (PCAP), también llamado Pliego de Bases de la Licitación, y con la experiencia profesional suficiente, a juicio de la Dirección de Obra, debiendo residir en la zona donde se desarrollen los trabajos y no podrá ser sustituido sin previo conocimiento y aceptación por parte de aquélla.

Igualmente, comunicará los nombres, condiciones y organigrama de las personas que, dependiendo del citado representante, hayan de tener mando y responsabilidad en sectores de la obra, siendo obligado, al menos que exista con plena dedicación un Ingeniero Superior, preferentemente Ingeniero Industrial, y será de aplicación todo lo indicado anteriormente en cuanto a experiencia profesional, sustituciones de personas y residencia.

La Dirección de Obra podrá suspender los trabajos, sin que de ello se deduzca alteración alguna de los términos y plazos contratados, cuando no se realicen bajo la dirección del personal facultativo designado para los mismos.

La Dirección de Obra podrá exigir al CONTRATISTA la designación de nuevo personal facultativo, cuando así lo requieran las necesidades de los trabajos. Se presumirá existe siempre dicho requisito en los casos de incumplimiento de las órdenes recibidas o de negativa a suscribir, con su conformidad o reparos, los documentos que reflejen el desarrollo de las obras, como partes de situación, datos de

medición de elementos a ocultar, resultados de ensayos, órdenes de la Dirección y análogos definidos por las disposiciones del Contrato o convenientes para un mejor desarrollo del mismo.

### 2.3.3 Documentos que se entregan al CONTRATISTA

Los documentos, tanto del proyecto como otros complementarios, que la PROPIEDAD entrega al CONTRATISTA, pueden tener valor contractual o meramente informativo.

#### 2.3.3.1 Documentos contractuales

Será de aplicación los Pliegos de Prescripciones Generales de las distintas disciplinas que abarca el Proyecto.

El carácter contractual de cualquier otro documento sólo se considerará aplicable a dicho documento si se menciona expresamente en el Pliego de Bases de la Licitación (PCAP).

#### 2.3.3.2 Documentos informativos

Los datos sobre procedencia de materiales, a menos que tal procedencia se exija en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, ensayos, condiciones locales, diagramas de movimientos de tierra, estudios de maquinaria, de programación, de condiciones climáticas, de justificación de precios y, en general, todos los que se incluyen habitualmente en la Memoria de los Proyectos, son documentos informativos. Sin embargo, ello no supone que se responsabilice de la certeza de los datos que se suministran; y, en consecuencia, debe aceptarse tan sólo como complementos de la información que el CONTRATISTA debe adquirir directamente y con sus propios medios.

Por tanto, el CONTRATISTA será responsable de los errores que se puedan derivar de su defecto o negligencia en la consecución de todos los datos que afectan al Contrato, al planeamiento y a la ejecución de las obras.

#### 2.3.3.3 Cumplimiento de las ordenanzas y normativas vigentes. Permisos y licencias

El CONTRATISTA viene obligado al cumplimiento de la legislación vigente que por cualquier concepto durante el desarrollo de los trabajos, le sea de aplicación, aunque no se encuentre expresamente indicada en este Pliego o en cualquier otro documento de carácter contractual.

La PROPIEDAD facilitará las autorizaciones y licencias de su competencia que sean precisas al CONTRATISTA para la construcción de la obra y le prestará su apoyo en los demás casos, en que

serán obtenidas por el CONTRATISTA sin que esto dé lugar a responsabilidad adicional o abono por parte de la PROPIEDAD.

### 2.4. DEFINICIÓN DE LAS OBRAS

#### 2.4.1 Documentos que definen las obras y orden de prelación

Las obras quedan definidas por los documentos contractuales de Planos, Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y por la normativa incluida en el apartado 2.4.2. "Disposiciones de aplicación".

No es propósito, sin embargo, de planos y Pliego de Prescripciones el definir todos y cada uno de los detalles o particularidades constructivas que puede requerir la ejecución de las obras, ni será responsabilidad de la PROPIEDAD la ausencia de tales detalles.

##### 2.4.1.1 Planos

Las obras se realizarán de acuerdo con los planos del proyecto utilizado para la adjudicación, y con las instrucciones y planos adicionales de ejecución que entregue la Dirección de Obra al CONTRATISTA.

##### 2.4.1.2 Planos adicionales

El CONTRATISTA deberá solicitar el día primero de cada mes los planos adicionales de ejecución que eventualmente pudieran ser necesarios por omisión, ampliación o modificación de obra para definir las unidades que hayan de realizarse sesenta (60) días después de dicha fecha. Los planos solicitados en estas condiciones serán entregados al CONTRATISTA en un plazo no superior a treinta (30) días.

##### 2.4.1.3 Interpretación de planos

Cualquiera duda en la interpretación de los planos deberá ser comunicada al Director de Obra, el cual, antes de quince (15) días, dará las explicaciones necesarias para aclarar los detalles que no estén perfectamente definidos en los planos.

##### 2.4.1.4 Confrontación de planos y medidas

El CONTRATISTA deberá confrontar, inmediatamente después de recibir todos los planos que le hayan sido facilitados y deberá informar prontamente al Director de las Obras sobre cualquier contradicción.

El CONTRATISTA deberá confrontar los planos y comprobar las cotas antes de aparejar la obra y será responsable por cualquier error que hubiera podido evitar de haberlo hecho.

#### 2.4.1.5 Contradicciones, omisiones o errores en la documentación

En caso de contradicción entre los Planos y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, prevalece lo prescrito en este último. Lo mencionado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos documentos; siempre que, a juicio del Director, quede suficientemente definida la unidad de obra correspondiente, y ésta tenga precio en el Contrato.

En todo caso, las contradicciones, omisiones o errores que se adviertan en estos documentos por el director, o por el CONTRATISTA, deberán reflejarse preceptivamente en el Acta de Comprobación del Replanteo Previo.

#### 2.4.1.6 Planos complementarios de detalle

Será responsabilidad del CONTRATISTA la elaboración de cuantos planos complementarios de detalle sea necesario para la correcta realización de las obras.

#### 2.4.1.7 Archivo actualizado de Documentos que definen las obras. Planos de obra realizada ("As Built")

El CONTRATISTA dispondrá en obra de una copia completa del Pliego de Prescripciones, un juego completo de los planos del proyecto, así como copias de todos los planos complementarios desarrollados por el CONTRATISTA o de los revisados suministrados por la Dirección de Obra, junto con las instrucciones y especificaciones complementarias que pudieran acompañarlos.

Una vez finalizadas las obras y como fruto de este archivo actualizado el CONTRATISTA está obligado a presentar seis colecciones debidamente ordenadas y encarpetadas de los Planos "As Built" o Planos de Obra Realmente Ejecutada, así como copia en formato informático, siendo de su cuenta los gastos ocasionados por tal motivo.

### 2.4.2 Disposiciones de aplicación

En todo lo que no esté expresamente previsto en el presente Pliego ni se oponga a él serán de aplicación los siguientes documentos:

#### 2.4.2.1 Con Carácter General

- Reglamento de Contratación de las Corporaciones Locales.
- Ley de bases de contratos del Estado y actualizaciones.

- Reglamento general de contratación del Estado.
- Contratos de Estado. Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción (BOE 25/10/1997).
- N.B.E., CPI-96. Construcciones de Protección contra incendios en los edificios.

#### 2.4.2.2 Con Carácter Particular

En todo aquello que no esté expresamente especificado en el presente pliego, y tanto en lo que se refiere a la calidad de los materiales como a las condiciones para su puesta en obra, se exigirá el cumplimiento de las Normas recogidas en el apartado 3.

Y en general, cuantas prescripciones figuren en las Normas, Instrucciones o Reglamentos oficiales, que guarden relación con las obras del presente proyecto, con sus instalaciones complementarias o con los trabajos necesarios para realizarlas.

En caso de discrepancia entre las normas anteriores, y salvo manifestación expresa en contrario en el presente proyecto, se entenderá que es válida la prescripción más restrictiva.

Cuando en algunas disposiciones se haga referencia a otra que haya sido modificada o derogada, se entenderá que dicha modificación o derogación se extiende a aquella parte de la primera que haya quedado afectada.

### 2.5. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

#### 2.5.1 Consideraciones previas a la ejecución de las obras

##### 2.5.1.1 Plazo de ejecución de las obras. Comienzo del Plazo

Las obras a que se aplica el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberán quedar terminadas en el plazo que se señala en las condiciones de la licitación, o en el plazo que el CONTRATISTA hubiese ofrecido con ocasión de dicha licitación y fuese aceptado en el contrato subsiguiente. Lo anteriormente indicado es asimismo aplicable para los plazos parciales, si así se hubieran hecho constar.

Todo plazo comprometido comienza al principio del día siguiente al de la firma del Acta de Comprobación del Replanteo y así se hará constar en el Pliego de Bases de la Licitación. Cuando el

plazo se fija en días, estos serán naturales, y el último se computará por entero. Cuando el plazo se fija en semanas, se contará de fecha a fecha. Si no existe fecha correspondiente, en la semana en el que se da por finalizado el plazo, éste termina el último día de esa semana.

#### 2.5.1.2 Programa de Trabajos

El CONTRATISTA está obligado a presentar un Programa de Trabajos de acuerdo con lo que se indique respecto al plazo y forma en los Pliegos de Licitación, en su defecto, en el plazo de 10 días desde la firma del Acta de Comprobación del Replanteo.

Este programa habrá de estar ampliamente razonado y justificado, teniéndose en cuenta los plazos de llegada a obra de materiales y medios auxiliares y la interdependencia de las distintas operaciones, así como la incidencia que sobre su desarrollo hayan de tener las circunstancias climatológicas estacionales, de movimiento de personal y cuantas de carácter general sean estimables, según cálculos estadísticos de probabilidades, siendo de obligado ajuste con el plazo fijado en la licitación o con el menor ofertado por el CONTRATISTA, si fuese éste el caso, aún en la línea de apreciación más pesimista.

Dicho programa se reflejará en dos diagramas. Uno de ellos especificará los espacios-tiempos de la obra a realizar, y el otro será de barras, donde se ordenarán las diferentes partes de obra que integran el proyecto, estimando en día-calendario los plazos de ejecución de la misma, con indicación de la valoración semanal y acumulada.

La maquinaria y medios auxiliares de toda clase que figuran en el Programa de trabajo, lo serán a efectos indicativos, pero el CONTRATISTA estará obligado a mantener en obra y en servicio cuantos sean precisos para el cumplimiento de los objetivos intermedios y finales o para la corrección de los desajustes que pudieran producirse respecto a las previsiones, todo ello en orden al exacto cumplimiento del plazo total y de los parciales contratados para la realización de las obras.

La Dirección de Obra y el CONTRATISTA revisarán conjuntamente y con una frecuencia mínima decenal, la progresión real de los trabajos contratados y los programas parciales a realizar en el período siguiente, sin que estas revisiones eximan al CONTRATISTA de su responsabilidad respecto de los plazos estipulados en la adjudicación.

Las demoras que en la corrección de los defectos que pudiera tener el Programa de Trabajos propuesto por el CONTRATISTA, se produjeran respecto al plazo legal para su presentación, no serán tenidas en cuenta como aumento del concedido para realizar las obras, por lo que el CONTRATISTA queda

obligado siempre a hacer sus previsiones y el consiguiente empleo de medios de manera que no se altere el cumplimiento de aquél.

#### 2.5.1.3 Examen de las propiedades afectadas por las obras

El CONTRATISTA realizará a su cargo la recopilación de información adecuada sobre el estado de las propiedades existentes en las proximidades de las obras, antes del comienzo de éstas, si dichas propiedades pueden ser afectadas por las mismas o si pueden ser causa de posibles reclamaciones de daños.

El CONTRATISTA informará al Director de Obra de la incidencia de los sistemas constructivos en las propiedades próximas.

El Director de Obra establecerá el método de recopilación de información sobre el estado de las propiedades antes del comienzo de las obras y las necesidades del empleo de fotografías, actas notariales o métodos similares.

Antes del comienzo de los trabajos, el CONTRATISTA entregará al Director de la Obra, un informe completo sobre el estado actual de las propiedades y terrenos, de acuerdo con los párrafos anteriores.

El costo de esos informes, actas notariales, fotografías, etc. se considera incluido dentro de los precios ofertados por el CONTRATISTA.

#### 2.5.1.4 Localización de servicios, estructuras e instalaciones

La situación de los servicios y propiedades que se indica en los planos ha sido definida con la información disponible, pero no hay garantía, ni LA PROPIEDAD se responsabiliza, de la total exactitud de estos datos. Tampoco se puede garantizar que no existan otros servicios o instalaciones no reflejados en el Proyecto.

El CONTRATISTA, antes de iniciar los trabajos, procederá a detectar los servicios o servidumbres que se ven afectados por las obras, confirmando lo reflejado en el proyecto, y en su caso, determinando aquellos otros no detectados a la hora de su redacción.

De todo ello informará a la Dirección de Obra, para que ésta comunique a las compañías respectivas la necesidad de su desvío o reposición.

No obstante, una vez establecida esta comunicación, el CONTRATISTA gestionará directamente con las compañías la planificación de las obras de desvío o reposición, a fin de incorporar a su propio programa de trabajos dicha planificación y de adaptar, en su caso, la ejecución de las distintas unidades

de obra a los condicionantes de plazo y modo de ejecución de la reposición del servicio que se vean afectados por las obras y que no estén contemplados en el proyecto, el CONTRATISTA, amén de comunicarlo inmediatamente a la Dirección de Obra, propondrá la solución de desvío o reposición que considere más adecuada para su aprobación por la Dirección de Obra y la Compañía correspondiente.

La reposición o desvío de determinados servicios afectados por las obras, por la índole particular de tales servicios o por las características de funcionamiento de las compañías respectivas, tales como ENDESA, C.T.N.E., Compañía de Gas, Ayuntamiento, etc., se llevan a cabo por su propio personal, no participando el CONTRATISTA de las obras, en la ejecución directa de dicha reposición o desvío, si bien es responsable de la coordinación de las mismas con sus propios trabajos y de la necesaria integración en su plan de obra como plazos.

En tales casos el abono de los gastos originados se efectúa contra factura emitida por la Compañía respectiva.

Si se encontrase algún servicio no señalado en el Proyecto, el CONTRATISTA lo notificará inmediatamente, por escrito, al Director de la Obra.

El Programa de Trabajos aprobado y en vigor, ha de suministrar al Director de Obra la información necesaria para gestionar todos los desvíos o retiradas de servicios previstos en el proyecto.

#### 2.5.1.5 Terrenos disponibles para la ejecución de los trabajos

El CONTRATISTA podrá disponer de aquellos espacios adyacentes o próximos al tajo mismo de obra, expresamente recogidos en el proyecto como ocupación temporal, para el acopio de materiales, la ubicación de instalaciones auxiliares o el movimiento de equipos y personal. El director de obra deberá autorizar la disposición de estos espacios-

Será de su cuenta y responsabilidad la reposición de estos terrenos a su estado original y la reparación de los deterioros que hubiera podido ocasionar en las propiedades.

Será también de cuenta del CONTRATISTA la provisión de aquellos espacios y accesos provisionales que, no estando expresamente recogidos en el proyecto, decidiera utilizar para la ejecución de las obras.

Dentro de los terrenos afectados por las obras debe contemplarse de forma especial la ocupación de suelo urbano. Antes de proceder a la apertura de una obra en suelo urbano el CONTRATISTA deberá considerar los siguientes aspectos.

- Tráfico. En relación con el tráfico generado por la obra deberá atenerse a las ordenanzas municipales vigentes en cada momento. En relación con el tráfico general cualquier limitación o corte de tráfico deberá realizarse previo conocimiento y aprobación de los servicios municipales y de común acuerdo con la Dirección de Obra. El CONTRATISTA deberá instalar la señalización viaria que sea precisa para informar de las afecciones al tráfico y mantener el nivel de seguridad en el área de las obras, incluso con iluminación nocturna y señales semafóricas si fuese necesario.
- Servicios afectados. El CONTRATISTA deberá comprobar la existencia de posibles servicios afectados mediante la ejecución de catas si fuese necesario, tomando las medidas adecuadas para no interrumpir ningún servicio. Igualmente deberá contactar con los servicios municipales correspondientes o las empresas de servicios afectados antes de proceder a cualquier modificación en obra, debiendo atenerse a las instrucciones que reciba de los citados servicios municipales a través de la Dirección de Obra.
- Entorno urbano. El CONTRATISTA será responsable de la limpieza y mantenimiento tanto de la obra en sí como de los accesos y su entorno. En particular será responsable igualmente del mantenimiento digno de los cierres, tomando las medias que sean adecuadas para eliminar carteles de propaganda, pintadas u otros motivos ajenos a las obras, medidas que a elección del CONTRATISTA pueden variar desde la terminación de superficies no aptas para dichas funciones hasta el cierre con malla a partir de un zócalo del orden de medio metro, estando tanto el coste de las citadas medidas como el mantenimiento de los cierres incluido en el coste de las mismas.

#### 2.5.1.6 Ocupación y vallado provisional de terrenos

El CONTRATISTA notificará al Director de Obra, para cada tajo de obra, su intención de iniciar los trabajos, con quince (15) días de anticipación, siempre y cuando ello requiera la ocupación de terreno y se ajuste al programa de trabajos en vigor. Si la ocupación supone una modificación del programa de trabajos vigente, la notificación se realizará con una anticipación de 45 días y quedará condicionada a la aceptación por el Director de Obra.

El CONTRATISTA archivará la información y documentación sobre las fechas de entrada y salida de cada propiedad, pública o privada, así como los datos sobre las fechas de montaje y desmontaje de vallas. El CONTRATISTA suministrará copias de estos documentos al Director de Obra cuando sea requerido.

El CONTRATISTA confinará sus trabajos al terreno disponible y prohibirá a sus empleados el uso de otros terrenos.

Tan pronto como el CONTRATISTA tome posesión de los terrenos, procederá a su vallado, si fuese necesario por razones de seguridad o así lo requiriesen las ordenanzas o reglamentación de aplicación, o lo exigiese la Dirección de Obra.

Antes de cortar el acceso a una propiedad, el CONTRATISTA, previa aprobación del Director de Obra, informará con quince días de anticipación a los afectados, y proveerá un acceso alternativo. Estos accesos provisionales alternativos no serán objeto de abono independiente.

El vallado de zanjas y pozos se realizará mediante barreras metálicas portátiles enganchables o similar, de acuerdo con el Plan de Seguridad presentado por el CONTRATISTA y aprobado por la Dirección de Obra. Su costo será de cuenta del CONTRATISTA.

#### 2.5.1.7 Vertederos y productos de préstamo

El CONTRATISTA, bajo su única responsabilidad y riesgo, elegirá los lugares apropiados para la extracción y vertido de materiales naturales que requiera la ejecución de las obras, y se hará cargo de los gastos por canon de vertido o alquiler de préstamos y canteras y de la obtención de todos los permisos necesarios para su utilización y acceso.

El Director de Obra dispondrá de un mes de plazo para aceptar o rehusar los lugares de extracción y vertido propuestos por el CONTRATISTA. Este plazo contará a partir del momento en que el CONTRATISTA notifique los vertederos, préstamos y/o canteras que se propone utilizar, o una vez que, por su cuenta y riesgo, haya entregado las muestras del material solicitadas por el Director de Obra para apreciar la calidad de los materiales propuestos por el CONTRATISTA para el caso de canteras y préstamos.

La aceptación por parte del Director de Obra del lugar de vertido no limita la responsabilidad del CONTRATISTA a la obtención de las correspondientes licencias y permisos.

La Dirección de Obra podrá proporcionar a los Concursantes o CONTRATISTA cualquier dato o estudio previo que conozca con motivo de la redacción del proyecto, pero siempre a título informativo y sin que ello anule o contradiga lo establecido en este apartado.

#### 2.5.1.8 Reclamaciones de terceros

El CONTRATISTA tomará las precauciones necesarias para evitar cualquier clase de daños a terceros, atenderá a la mayor brevedad las reclamaciones de propietarios y afectados, y lo notificará por escrito y sin demora a la Dirección de Obra.

El CONTRATISTA notificará al Director de Obra, por escrito y sin demora, de cualquier accidente o daño que se produzca en la ejecución de los trabajos.

En el caso de que se produjesen daños a terceros, el CONTRATISTA informará de ello al Director de Obra y a los afectados. El CONTRATISTA repondrá el bien a su situación original con la máxima rapidez, especialmente si se trata de un servicio público fundamental o si hay riesgos importantes.

#### 2.5.1.9 Áreas a disposición de la PROPIEDAD a pie de obra

El CONTRATISTA pondrá a disposición del personal de LA PROPIEDAD un área habilitada con una mesa de trabajo.

Dicha área podrá se habilitada en una caseta de obra prefabricada de uso para otros servicios del CONTRATISTA en la obra, como puede ser vestuarios, etc.

### 2.5.2 Acceso a las obras

#### 2.5.2.1 Conservación y uso

El CONTRATISTA conservará en condiciones adecuadas para su utilización los accesos y caminos provisionales de obra.

En el caso de caminos que han de ser utilizados por varios CONTRATISTAS, éstos deberán ponerse de acuerdo entre sí sobre el reparto de los gastos de su construcción y conservación, que se hará en proporción al tráfico generado por cada CONTRATISTA. La Dirección de Obra, en caso de discrepancia, realizará reparo de los citados gastos, abonando o descontando las cantidades resultantes, si fuese necesario, de los pagos correspondientes a cada CONTRATISTA.

Los caminos particulares o públicos usados por el CONTRATISTA para el acceso a las obras y que hayan sido dañados por dicho uso, deberán ser reparados por su cuenta, si así lo exigieran los propietarios o las administraciones encargadas de su conservación.

La PROPIEDAD se reserva para sí y para los CONTRATISTAS a quienes encomiende trabajos de reconocimientos, sondeos e inyecciones, suministros y montajes especiales, etc., el uso de todos los caminos de acceso construidos por el CONTRATISTA, sin colaborar en los gastos de conservación.

### 2.5.2.2 Ocupación temporal de terrenos para construcción de caminos de acceso a las obras

Las autorizaciones necesarias para ocupar temporalmente terrenos para la construcción de caminos provisionales de acceso a las obras, no previstos en el Proyecto, serán gestionadas por el CONTRATISTA, quien deberá satisfacer por su cuenta las indemnizaciones correspondientes y realizar los trabajos para restituir los terrenos a su estado inicial tras la ocupación temporal.

### 2.5.3 Instalaciones, medios y obras auxiliares

Estos Proyectos deberán ser presentados por el CONTRATISTA al Director de Obras con la antelación suficiente para que dicho Director de Obra pueda decidir sobre su idoneidad.

La conformidad del Director de Obra al proyecto de instalaciones, obras auxiliares y servicios generales en nada disminuirá la responsabilidad del CONTRATISTA, tanto en la calidad como en los plazos de ejecución de las obras definitivas.

#### 2.5.3.1 Retirada de instalaciones y obras auxiliares

La retirada de las instalaciones y demolición de obras auxiliares al finalizar los trabajos correspondientes deberá ser anunciada al Director de Obra quien lo autorizará si está realmente terminada la parte de obra principal correspondiente, quedando éste facultado para obligar esta retirada cuando a su juicio, las circunstancias de la obra lo requieran.

Los gastos provocados por la retirada de instalaciones y demolición de obras auxiliares y acondicionamiento y limpieza de las superficies ocupadas, para que puedan recuperar su aspecto original, serán de cuenta del CONTRATISTA, debiendo obtener la conformidad del Director de Obra para que pueda considerarse terminado el conjunto de la obra.

Transcurridos 10 días de la terminación de las obras y si el CONTRATISTA no hubiese cumplido lo preceptuado en los párrafos anteriores, la Dirección de Obra podrá realizar por terceros la limpieza del terreno y retirada de elementos sobrantes, pasándole al CONTRATISTA el correspondiente cargo.

#### 2.5.3.2 Instalación de acopios

Las ubicaciones de las áreas para instalación de los acopios serán propuestas por el CONTRATISTA a la aprobación de la Dirección de Obra.

### 2.5.4 Ejecución de las obras

#### 2.5.4.1 Equipos, maquinarias y métodos constructivos

Los equipos, maquinaria y métodos constructivos necesarios para la ejecución de todas las unidades de obra, deberán ser justificados previamente por el CONTRATISTA, de acuerdo con el volumen de obra a realizar y con el programa de trabajos de las obras, y presentados a la Dirección de Obra para su aprobación.

Dicha aprobación cautelar de la Dirección de Obra no eximirá en absoluto al CONTRATISTA de ser el único responsable de la calidad, y del plazo de ejecución de las obras.

El CONTRATISTA no tendrá derecho a compensación económica adicional alguna por cualesquiera que sean las particularidades de los métodos constructivos, equipos, materiales, etc., que puedan ser necesarios para la ejecución de las obras, a no ser que esté claramente demostrado, a juicio del Director de la Obra, que tales métodos, materiales, equipos, etc., caen fuera del ámbito y espíritu de lo definido en Planos y Pliego.

El equipo habrá de mantenerse, en todo momento, en condiciones de trabajo satisfactorias y exclusivamente dedicado a las obras del Contrato, no pudiendo ser retirado sin autorización escrita de la Dirección de Obra, previa justificación de que se han terminado las unidades de obra para cuya ejecución se había previsto.

#### 2.5.4.2 Plan de Seguridad y Salud de la Obra

En aplicación del Estudio básico de Seguridad el CONTRATISTA deberá elaborar un Plan de Seguridad y Salud, (Real Decreto 485/1987) en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen, en función de su propio sistema de ejecución de obra, las previsiones contenidas en el estudio básico citado.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser presentado, antes del inicio de la obra, a la aprobación expresa del coordinador en materia de Seguridad y Salud o en su defecto a la Dirección de Obra.

En cualquier caso, la ejecución de las obras se ajustará a las siguientes normas de buena práctica:

- a) Señalización y balizamiento de obras e instalaciones

El CONTRATISTA, sin perjuicio de lo que sobre el particular ordene el Director de Obra, será responsable del estricto cumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia.

El CONTRATISTA estará además obligado a lo que sobre el particular establezcan las normas de los organismos públicos afectados por las obras, siendo de cuenta del CONTRATISTA, además de los gastos de señalización, los de los organismos citados en ejercicio de las facultades inspectoras que sean de su competencia.

b) Excavación de zanjas y pozos

1. En zona urbana las zanjas estarán completamente circundadas por vallas. Se colocarán sobre las zanjas pasarelas a distancias no superiores a 50 m.
2. Las zonas de construcción de obras singulares, como pozos, bocas de acceso, etc, estarán completamente valladas.
3. Las vallas de protección distarán no menos de 1 m del borde de la excavación cuando se prevea paso de peatones paralelo a la dirección de la misma y no menos de 2 m cuando se prevea paso de vehículos.
4. Cuando los vehículos circulen en sentido normal al eje de una zanja, la zona acotada se ampliará a dos veces la profundidad de la zanja en ese punto, siendo la anchura mínima de 4 m y limitándose la velocidad de los vehículos, en cualquier caso.
5. El acopio de materiales y tierras extraídas en cortes de profundidad mayor de 1,25 m, se dispondrán de una distancia no menor de 1,5 m del borde.
6. En zanjas o pozos de profundidad mayor de 1,25 m siempre que haya operarios trabajando en el interior, se mantendrá uno de retén en el exterior.
7. Las zanjas o pozos de pared vertical y profundidad mayor de 1,25 m deberán ser entibadas. El método de sostenimiento a utilizar será tal que permita su puesta en obra, sin necesidad de que el personal entre en la zanja hasta que ésta esté suficientemente soportada.
8. Las zanjas de profundidad mayor de 1,25 m estarán provistas de escaleras que alcancen hasta 1 m. de altura sobre la arista superior de la excavación.
9. Al finalizar la jornada de trabajo o en interrupciones largas, se cubrirán las zanjas y pozos de profundidad mayor de 1,25 m, con un tablero resistente, red o elemento equivalente.
10. Durante la ejecución de las obras de excavación de zanjas en zona urbana, la longitud mínima de tramos abierto no será en ningún caso mayor de setenta (70) metros.
11. Las zonas de construcción de obras singulares estarán completamente valladas.
12. Como complemento a los cierres de zanjas y pozos se dispondrá la señalización de tráfico pertinente y se colocarán señales luminosas en número suficiente.

13. Al comenzar la jornada se revisarán las entubaciones y la estabilidad de las excavaciones.

Con independencia de lo anterior, el CONTRATISTA vendrá obligado a cumplir la legislación vigente en materia de Seguridad y Salud Laboral y cualquier otra norma de ámbito municipal que le fuera aplicable.

2.5.4.3 Carteles y anuncios

Inscripciones en las obras. Podrán ponerse en las obras las inscripciones que acrediten su ejecución por el CONTRATISTA. A tales efectos, éste cumplirá las instrucciones que tenga establecidas la PROPIEDAD y en su defecto las que dé el Director de Obra.

El CONTRATISTA no podrá poner, ni en la obra ni en los terrenos ocupados o expropiados por LA PROPIEDAD para la ejecución de la misma, inscripción alguna que tenga carácter de publicidad comercial.

Por otra parte, el CONTRATISTA estará obligado a colocar carteles informativos de la obra a realizar, en los lugares y de las características indicadas por la Dirección de Obra.

El coste de los carteles y accesorios, así como las instalaciones de los mismos, será por cuenta del CONTRATISTA.

2.5.4.4 Cruces de carreteras y ferrocarriles

Antes del comienzo de los trabajos que afecten al uso de carreteras, viales, o vías ferroviarias, el CONTRATISTA propondrá el sistema constructivo, que deberá ser aprobado por escrito por el Director de Obra y el Organismo responsable de la vía de tráfico afectada.

Durante la ejecución de los trabajos el CONTRATISTA seguirá las instrucciones, previa notificación y aceptación del Director de Obra, hechas por el Organismo competente.

Las instrucciones que los Organismos competentes pudieran dar al CONTRATISTA deberán ser notificadas al Director de Obra para su aprobación por escrito.

Serán objeto de abono las obras de desvío provisional expresamente recogidas en el Proyecto u ordenadas por el Director de Obra, al objeto de posibilitar la realización de los cruces.

No serán objeto de abono los desvíos provisionales promovidos o realizados por el CONTRATISTA, al objeto de facilitar, en interés propio, la ejecución de los trabajos de cruce.

La ejecución de trabajos nocturnos, en días festivos o conforme a un determinado programa de trabajos, ya sea en cumplimiento de las condiciones exigidas por el Organismo competente o por interés del propio CONTRATISTA, o la adopción de cualesquiera precauciones especiales que fuera necesario adoptar, no dará derecho a abono adicional alguno, ni tampoco lo dará la disminución de los ritmos de ejecución que pudiera producirse en estos puntos singulares de la obra.

El CONTRATISTA tomará las medidas adecuadas para evitar que los vehículos que abandonen las zonas de obras depositen restos de tierra, barro, etc., en las calles adyacentes. En todo caso eliminará rápidamente estos depósitos, si se llegaran a producir.

#### 2.5.4.5 Obras que afectan a cauces de ríos o arroyos

Serán de aplicación los mismos criterios indicados en el apartado anterior para cruces de carreteras y/o ferrocarriles, debiendo además el CONTRATISTA adoptar las medidas adecuadas para evitar la polución de ríos, arroyos, etc., durante los trabajos.

Reposición de servicios, estructuras e instalaciones afectadas

En ningún caso el CONTRATISTA tendrá derecho a reclamar cantidad alguna en concepto de indemnización por bajo rendimiento en la ejecución de los trabajos, bien sea por las dificultades físicas añadidas, por los tiempos muertos a que den lugar (gestiones, autorizaciones y permisos, refuerzos, desvíos, etc), o por la inmovilización temporal de los medios constructivos implicados.

Control del ruido y de las vibraciones del terreno

El CONTRATISTA adoptará las medidas adecuadas para minimizar los ruidos y vibraciones.

Las mediciones de nivel de ruido en las zonas urbanas permanecerán por debajo de los límites que se indican en este Apartado.

Toda la maquinaria situada al aire libre se organizará de forma que se reduzca al mínimo la generación de ruidos.

En general el CONTRATISTA deberá cumplir lo prescrito en las Normas Vigentes, sean de ámbito nacional ("Reglamento de Seguridad y Salud") o de uso municipal. En caso de contradicción se aplicará la más restrictiva.

Se considerarán, en lo que sigue, de forma explícita o implícita, tres tipos de vibraciones y ruidos:

1. Pulsatorios: con subida rápida hasta un valor punta seguida por una caída amortiguada que puede incluir uno o varios ciclos de vibración. Por ejemplo: voladuras, demoliciones, etc.
2. Continuos: vibración continua e ininterrumpida durante largos períodos, por ejemplo: vibrohincadores, compresores estáticos pesados, vibroflotación, etc.
3. Intermitentes: conjunto de vibraciones o episodios vibratorios, cada una de ellas de corta duración, separadas por intervalos sin vibración o con vibración mucho menor, por ejemplo: martillos rompedores neumáticos pesados, hinca de pilotes o tablestacas por percusión, etc.

Se adoptan los siguientes parámetros de medida:

- Para vibración, con objeto de proteger los edificios contra daños originados por vibraciones: máxima velocidad pico de partículas, medida en el rango de frecuencia de 1 Hz a 300 Hz.
- Los niveles de vibración especificados se referirán a un edificio, grupo de edificios, o elemento considerado, y no se establecen para aplicar en cualquier lugar de forma global y generalizada.
- Para vibración con objeto de no originar molestias excesivas a las personas en los edificios: aceleración r.m.s. de acuerdo con el Anexo A de ISO 2631.
- Para ruido: máximo nivel sonoro admisible expresado en nivel continuo equivalente en decibelios de escala "A" dB(A), LAeq.

Acciones previas a realizar:

Antes del comienzo de los trabajos en cada lugar y con la antelación que después se especifica, el CONTRATISTA, según el tipo de maquinaria que tenga previsto utilizar, realizará un inventario de las propiedades adyacentes afectadas, respecto a su estado y a la existencia de posibles defectos, acompañado de fotografías. En casos especiales que puedan presentar especial conflictividad a juicio del Ingeniero Director, se levantará acta notarial de la situación previa de dichas propiedades antes del comienzo de los trabajos.

Se prestará especial atención al estado de todos aquellos elementos, susceptibles de sufrir daños como consecuencia de las vibraciones.

Donde se evidencien daños en alguna propiedad con anterioridad al comienzo de las obras, se registrarán los posibles movimientos al menos desde un mes antes de dicho comienzo y mientras duren éstas. Esto incluirá la determinación de asientos, fisuración, etc, mediante el empleo de marcas testigo.

Todas las actuaciones especificadas en este artículo las efectuará el CONTRATISTA bajo la supervisión y dirección del Ingeniero Director de las Obras y no serán objeto de abono independiente, sino que están incluidas en la ejecución de los trabajos a realizar, objeto del Proyecto.

#### Vibraciones:

La medida de vibraciones será realizada por el CONTRATISTA bajo la supervisión de la Dirección de Obra, a la que proporcionará copias de los registros de vibraciones.

El equipo de medida registrará la velocidad pico de partícula en tres direcciones perpendiculares, en el rango de frecuencia de 1 a 300 Hz. El equipo de medida debe ser calibrado y controlado regularmente para asegurar la precisión necesaria.

Se tomará un conjunto de medidas cada vez que se sitúen los equipos de obra en un nuevo emplazamiento o avancen una distancia significativa en la ejecución de los trabajos. Además, cuando los niveles de vibración estén próximos a los especificados como máximos admisibles, se efectuarán medidas adicionales de acuerdo con las indicaciones del Director de Obra.

En el caso de viviendas, edificios industriales o comerciales en buen estado, de estructura porticada metálica o de hormigón armado, podrá el CONTRATISTA optar por construir con niveles de vibración superiores al II, mediante negociación con los afectados, de las indemnizaciones por daños, molestias y alteraciones del normal desenvolvimiento de la actividad industrial o comercial, que puedan producirse.

En todo caso deberá someterse a la aprobación de la Dirección de Obra la alteración de los límites de vibración correspondientes al nivel II (12,9 y 6 mm/s, respectivamente, para los tres tipos de vibración), mediante informe de un especialista. Tal aprobación, de producirse, no eximirá en absoluto al CONTRATISTA de su total responsabilidad sobre posibles daños ocasionados.

En ningún caso los límites más arriba mencionados superarán los siguientes: treinta y cinco (35) mm/s (vibración pulsatoria), veinticinco (25) mm/s (vibración intermitente) y doce (12) mm/s (vibración continua).

#### Ruidos:

Además de lo ya especificado respecto a los ruidos en apartados anteriores, se tendrán en cuenta las limitaciones siguientes:

##### a) Niveles

Se utilizarán los medios adecuados a fin de limitar a setenta y cinco (75) dB (A) el nivel sonoro continuo equivalente, medido a un (1) m de distancia de la edificación más sensible al ruido y durante un período habitual de trabajo (12 horas, desde las 8 a las 20 horas)

$$Leq_{b-20} = 75 \text{ dBA}$$

En las mediciones el micrófono se colocará a 1,5 m. de altura sobre el suelo, excepto cuando existan obstáculos que atenúen los niveles a esta altura; en estos casos el micrófono se colocará en las ventanas o balcones del último piso, efectuando las correcciones oportunas en cada caso para obtener el nivel a 1 m. de la fachada.

En casos especiales, el Director de Obra podrá autorizar otros niveles continuos equivalentes.

##### b) Ruidos mayores durante cortos períodos de tiempo

El uso de la escala Neq posibilita contemplar el trabajo con mayor rapidez, sin aumentar la energía sonora total recibida, ya que puede respetarse el límite para la jornada completa aun cuando los niveles generados realmente durante alguna pequeña parte de dicha jornada excedan del valor del límite global, siempre que los niveles de ruido en el resto de la jornada sean mucho más bajos que el límite.

Se pueden permitir aumentos de tres (3) dB (A) durante el período más ruidoso siempre que el período anteriormente considerado se reduzca a la mitad para cada incremento de tres (3) dB (A). Así por ejemplo, si se ha impuesto una limitación para un período de 12 horas, se puede aceptar un aumento de 3 dB (A) durante 6 horas como máximo; un aumento de 6 dB (A) durante 3 horas como máximo; un aumento de 9 dB (A) durante 1,5 horas como máximo, etc. Todo esto en el entendimiento de que, como el límite para el período total debe mantenerse, sólo pueden admitirse mayores niveles durante cortos períodos de tiempo si en el resto de la jornada los niveles son progresivamente menores que el límite total impuesto.

##### c) Horarios de trabajo no habituales

Entre las 20 y las 22 horas, los niveles anteriores se reducirán en diez (10) dB (A) fijándose como límite de ruido un  $Leq_{20-22} = 65 \text{ dBA}$ . Se requerirá autorización expresa del Director de Obra para trabajar entre las 22 horas y las 8 horas del día siguiente.

##### d) Funcionamiento

Como norma general a observar, la maquinaria situada al aire libre se organizará de forma que se reduzca a mínimo la generación de ruidos.

La maquinaria de utilización al aire libre para la que exista Directiva Europea que regule su potencia sonora, deberá estar en posesión del etiquetado de la CEE correspondiente.

Las Directivas Comunitarias actualmente existentes respecto a la emisión sonora de la maquinaria de construcción se refieren a:

- Motocompresores
- Grupos electrógenos de soldadura
- Grupos electrógenos de potencia
- Grúas torre

Se permitirá la utilización de la maquinaria incluida en la relación anterior que no posea el etiquetado CEE, siempre que su potencia acústica no supere el nivel indicado en las Directivas Europeas.

La maquinaria no incluida en esta relación deberá ubicarse y utilizarse de forma que no se superen por el conjunto total de las actividades desarrolladas en la obra los límites de ruido en nivel continuo equivalente en dBA establecido para la zona de obras.

El CONTRATISTA deberá cumplir lo prescrito en las Normas vigentes, sean de ámbito estatal ("Reglamento de Seguridad y Salud") o de uso municipal. En caso de discrepancias se aplicará la más restrictiva.

El Director de Obra podrá ordenar la paralización de la maquinaria o actividades que incumplan las limitaciones respecto al ruido hasta que se subsanen las deficiencias observadas, sin que ello dé derecho al CONTRATISTA a percibir cantidad alguna por merma de rendimiento ni por ningún otro concepto.

#### 2.5.4.6 Trabajos nocturnos o en turno extraordinario

Si el CONTRATISTA considera necesario establecer varios turnos de trabajo deberá proponerlo previamente, para su autorización, al Director de Obra.

Igualmente, cualquier trabajo nocturno de carácter excepcional deberá ser previamente autorizado por el Director de Obra y realizarse solamente en las unidades de obra que el indique.

Los gastos adicionales que puede conllevar el trabajo en turnos extra del horario normal de obra, iluminación, señalización complementaria, etc., serán de cuenta del CONTRATISTA, que someterá a la aprobación del Director de Obra las medidas complementarias necesarias a disponer.

El CONTRATISTA dispondrá siempre a pie de obra una persona responsable, cuyas características, en función del trabajo que se esté desarrollando, serán fijadas por el Director de Obra.

#### Emergencias:

El CONTRATISTA dispondrá de la organización necesaria para solucionar emergencias relacionadas con las obras del Contrato, aun cuando aquellas se produzcan fuera de las horas de trabajo.

El Director de Obra dispondrá en todo momento de una lista actualizada de direcciones y números de teléfono del personal del CONTRATISTA responsable de la organización de estos trabajos de emergencia.

## 2.6. ORIGEN Y CALIDAD DE LOS MATERIALES

### 2.6.1 Materiales suministrados por el CONTRATISTA

Los materiales necesarios para la ejecución de las obras serán suministrados por el CONTRATISTA.

Los materiales serán nuevos y procederán directa y exclusivamente de los lugares, fábrica o marcas elegidos por el CONTRATISTA y que previamente hayan sido aprobados por la Dirección de Obra.

### 2.6.2 Calidad de los materiales

Todos los materiales que se empleen en las obras deberán cumplir las condiciones que se establecen en el presente pliego y ser aprobados por la Dirección de Obra. Cualquier trabajo que se realice con materiales no ensayados, o sin estar aprobados por la Dirección de Obra será considerado como defectuoso, o incluso, rechazable.

Los materiales que queden incorporados a la obra y para los cuales existan normas oficiales establecidas en relación con su empleo en las Obras Públicas, deberán cumplir las que estén vigentes treinta (30) días antes del anuncio de la licitación, salvo las derogaciones que se especifiquen en el presente pliego, o que se convengan de mutuo acuerdo.

No se procederá al empleo de materiales sin que antes sean examinados y aceptados en los términos y forma que prescriba el Programa de Control de Calidad por la Dirección de Obra o persona en quien delegue.

Las pruebas y ensayos no ordenados no se llevarán a cabo sin la notificación previa a la dirección de Obra.

El CONTRATISTA deberá, por su cuenta, suministrar a los laboratorios y retirar, posteriormente, una cantidad suficiente de material a ensayar.

El CONTRATISTA tiene la obligación de establecer a pie de obra el almacenaje o ensilado de los materiales, con la suficiente capacidad y disposición conveniente para que pueda asegurarse el control de calidad de los mismos, con el tiempo necesario para que sean conocidos los resultados de los ensayos antes de su empleo en obra y de tal modo protegidos que se asegure el mantenimiento de sus características y aptitudes para su empleo en obra.

Cuando los materiales no fueran de la calidad prescrita en el presente pliego o no tuvieran la preparación en ellos exigida, o cuando a falta de prescripciones formales del pliego se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su utilización, la Dirección de Obra dará orden al CONTRATISTA para que a su costa los reemplace por otros que satisfagan las condiciones o sean idóneos para el uso proyectado.

Los materiales rechazados deberán ser inmediatamente retirados de la obra a cargo del CONTRATISTA, o vertidos en los lugares indicados por la Dirección de Obra, sin que por este motivo sean abonados más que por el valor del material al que puedan sustituir.

En los casos de empleo de elementos prefabricados o construcciones parcial o totalmente realizados fuera del ámbito de la obra, el Control de Calidad de los materiales, según se especifica, se realizará en los talleres o lugares de preparación.

## 2.7. GARANTÍA Y CONTROL DE CALIDAD DE LAS OBRAS

### 2.7.1 Definición

Se entenderá por Garantía o Aseguramiento de Calidad el conjunto de acciones planeadas y sistemáticas necesarias para proveer la confianza adecuada de que todas las estructuras, componentes e instalaciones se construyen de acuerdo con el contrato, códigos, normas y especificaciones de diseño.

La Garantía de Calidad incluye el Control de Calidad el cual comprende aquellas acciones de comprobación de que la calidad está de acuerdo con requisitos predeterminados. El Control de Calidad de una Obra comprende los aspectos siguientes:

- Control de materias primas.
- Calidad de equipos o materiales suministrados a obra, incluyendo su proceso de fabricación.

- Calidad de ejecución de las obras (construcción y montaje).
- Calidad de la obra terminada (inspección y pruebas).

### 2.7.2 Sistema de garantía de calidad

Con objeto de asegurar la calidad de las actividades que se desarrollen durante las distintas fases de la obra, la Propiedad tiene establecido un Sistema de Garantía de Calidad cuyos requisitos, junto con los contenidos en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, serán de aplicación al trabajo y actividades de cualquier organización o individuo participante en la realización de la obra.

### 2.7.3 Plan (o Programa) de garantía de calidad

Una vez adjudicada la oferta y un mes antes de la fecha programada para el inicio de los trabajos, el CONTRATISTA enviará a la Dirección de Obra un Plan de Garantía de Calidad.

La Dirección de Obra evaluará el Plan y comunicará por escrito al CONTRATISTA su aprobación o comentarios en un plazo de dos semanas que deberán de cumplimentar en un plazo de una semana.

El Plan de Garantía de Calidad comprenderá, como mínimo, la descripción de los siguientes conceptos:

#### a) Organización

Se incluirá en este apartado un organigrama funcional y nominal específico para el contrato.

El organigrama incluirá la organización específica de Garantía de Calidad acorde con las necesidades y exigencias de la obra. Los medios, ya sean propios o ajenos, estarán adecuadamente homologados.

El responsable de Garantía de Calidad del CONTRATISTA tendrá una dedicación exclusiva a su función.

#### b) Procedimientos, Instrucciones y Planos. Planes de calidad.

Todas las actividades relacionadas con la construcción, inspección y ensayo deben ejecutarse de acuerdo con instrucciones de trabajo, procedimientos, planos u otros documentos análogos que desarrollen detalladamente lo especificado en los planos y Pliegos de Prescripciones del Proyecto.

El plan contendrá una relación de tales procedimientos, instrucciones y planos que, posteriormente, serán sometidos a la aprobación de la Dirección de Obra, con la suficiente antelación al comienzo de los trabajos.

Estos procedimientos e instrucciones adoptarán la fórmula de Plan Específico de Aseguramiento de la Calidad o "Plan de Calidad" en determinadas actividades o unidades de obra de particular importancia.

c) Control de materiales y servicios comprados

El CONTRATISTA presentará a la Dirección de Obra y para cada equipo, una relación de tres posibles suministradores debidamente documentada, con el fin de que la Dirección elija el que estime más adecuado.

La documentación a presentar para cada equipo o material propuesto será como mínimo la siguiente:

- Plano del equipo.
- Plano de detalle.
- Documentación complementaria suficiente para que el Director de la Obra pueda tener la información precisa para determinar la aceptación o rechazo del equipo.
- Materiales que componen cada elemento del equipo.
- Normas de acuerdo con las cuales ha sido diseñado.
- Normas a emplear para las pruebas de recepción, especificando cuales de ellas deben realizarse en banco y cuales en obra. Para las primeras deberá avisarse a la Dirección de la Obra con quince días (15 días) de anticipación a la fecha de pruebas.

Asimismo, realizará la inspección de recepción en fábrica y obra en la que se compruebe que el material está de acuerdo con los requisitos del proyecto, emitiendo el correspondiente informe de inspección.

d) Manejo, Almacenamiento y Transporte

El Plan de Garantía de Calidad a desarrollar por el CONTRATISTA deberá tener en cuenta los procedimientos e instrucciones propias para el cumplimiento de los requisitos relativos al transporte, manejo y almacenamiento de los materiales y componentes utilizados en la obra.

e) Procesos especiales

Los procesos especiales tales como soldaduras, ensayos, pruebas, etc., serán realizados y controlados por personal cualificado del CONTRATISTA, utilizando procedimientos homologados de acuerdo con los Códigos, Normas y Especificaciones.

El Plan definirá los medios para asegurar y documentar tales requisitos.

f) Inspección de obra por parte del CONTRATISTA

El CONTRATISTA es responsable de realizar los controles, ensayos, inspecciones y pruebas requeridos en el presente pliego.

El plan deberá definir la sistemática a desarrollar por el CONTRATISTA para cumplir este apartado.

g) Gestión de la documentación

Se asegurará la adecuada gestión de la documentación relativa a la calidad de la obra de forma que se consiga una evidencia final documentada de la calidad de los elementos y actividades incluidas en el Programa de Garantía de Calidad.

El CONTRATISTA definirá los medios para asegurarse de que toda la documentación relativa a la calidad de la construcción es archivada y controlada hasta su entrega a la Dirección de Obra.

2.7.4 Planes específicos de aseguramiento de la calidad: "Planes de Calidad"

El CONTRATISTA presentará a la Dirección de Obra un Plan de Calidad "PC" para cada actividad o fase de obra con un mes de antelación a la fecha programada de inicio de la actividad o fase.

La Dirección de Obra evaluará el Plan de Calidad y comunicará por escrito al CONTRATISTA su aprobación o comentarios.

Las actividades o fases de obra objeto del Plan de Calidad, serán, previamente presentados por el CONTRATISTA para aprobación por parte de la Dirección de Obra.

El Plan de Calidad, incluirá como mínimo, la descripción de los siguientes conceptos cuando sean aplicables:

- Descripción y objeto del plan.
- Códigos y normas aplicables.
- Materiales a utilizar.
- Planos de construcción.
- Procedimientos de construcción.
- Procedimientos de inspección, ensayo y pruebas, para pruebas de recepción en fábrica, de operación y funcionales.
- Proveedores y subcontratistas.
- Embalaje, transporte y almacenamiento.
- Marcado e identificación.
- Documentación a generar referente a la construcción, inspección, ensayos y pruebas.

- Lista de verificación.

Para cada operación se indicará, siempre que sea posible, la referencia de los planos y procedimientos a utilizar, así como la participación de las organizaciones del CONTRATISTA en los controles a realizar. Se dejará un espacio en blanco para que la Dirección de Obra pueda marcar sus propios puntos de inspección.

Una vez finalizada la actividad o fase de obra, existirá una evidencia (mediante protocolos o firmas en el PPI) de que se han realizado todas las inspecciones, pruebas y ensayos programados por las distintas organizaciones implicadas.

#### 2.7.5 Abono de los costos del sistema de garantía de calidad

Los costos ocasionados al CONTRATISTA como consecuencia de las obligaciones que contrae en cumplimiento del Manual de Garantía de Calidad y del Pliego de Prescripciones, serán de su cuenta y se entienden incluidos en los precios de proyecto.

Por consiguiente, serán también de cuenta del CONTRATISTA, tanto los ensayos y pruebas que éste realice como parte de su propio control de calidad (control de producción, control interno o autocontrol), como los establecidos por LA PROPIEDAD para el control de calidad de "recepción" y que están definidos en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en la normativa general que sea de aplicación al presente Proyecto.

#### 2.7.6 Nivel de control de calidad

En los artículos correspondientes del presente pliego o en los planos, se especifican el tipo y número de ensayos a realizar de forma sistemática durante la ejecución de la obra para controlar la calidad de los trabajos. Se entiende que el número fijado de ensayos es mínimo y que, en el caso de indicarse varios criterios para determinar su frecuencia, se tomará aquél que exija una frecuencia mayor.

El Director de Obra podrá modificar la frecuencia y tipo de dichos ensayos con objeto de conseguir el adecuado control de calidad de los trabajos, o recabar del CONTRATISTA la realización de controles de calidad no previstos en el proyecto. Los ensayos adicionales ocasionados serán de cuenta del CONTRATISTA hasta un importe del 1% del presupuesto de obra. En caso de que se supere el importe indicado, el exceso será abonado por LA PROPIEDAD, si como consecuencia de estos ensayos adicionales el suministro, material o unidad de obra cumple las exigencias de calidad; en caso contrario será por cuenta del CONTRATISTA, se haya superado o no el 1% antes indicado.

#### 2.7.7 Inspección y control de calidad por parte de la dirección de obra

La Dirección de Obra, por su cuenta, podrá mantener un equipo de Inspección y Control de Calidad de las obras y realizar ensayos de homologación y contradictorios.

La Dirección de Obra, para la realización de dichas tareas, con programas y procedimientos propios, tendrá acceso en cualquier momento a todos los tajos de la obra, fuentes de suministro, fábricas y procesos de producción, laboratorios y archivos de Control de Calidad del CONTRATISTA o Subcontratista del mismo.

El CONTRATISTA suministrará, a su costa, todos los materiales que hayan de ser ensayados, y dará facilidades necesarias para ello.

El coste de la ejecución de estos ensayos contradictorios o de homologación, será por cuenta de LA PROPIEDAD si como consecuencia de los mismos el suministro, material o unidad de obra cumple las exigencias de calidad.

Los ensayos serán por cuenta del CONTRATISTA en los siguientes casos:

- Si como consecuencia de los ensayos el suministro, material o unidad de obra es rechazado.
- Si se trata de ensayos adicionales propuestos por el CONTRATISTA sobre suministros, materiales o unidades de obra que hayan sido previamente rechazados en los ensayos efectuados por la Dirección de Obra.

### 2.8. MEDICIÓN, ABONO Y ENSAYO DE LAS OBRAS

Salvo indicación en contrario de los Pliegos de Licitación y/o del Contrato de Adjudicación las obras contratadas se pagarán como "Trabajos a precios unitarios" aplicando los precios unitarios a las unidades de obra resultantes.

Asimismo, podrán liquidarse en su totalidad, o en parte, por medio de partidas alzadas.

En todos los casos de liquidación por aplicación de precios unitarios, las cantidades a tener en cuenta se establecerán en base a las cubicaciones deducidas de las mediciones.

#### 2.8.1 Mediciones

Las mediciones son los datos recogidos de los elementos cualitativos y cuantitativos que caracterizan las obras ejecutadas, los acopios realizados o los suministros efectuados, y se realizarán de acuerdo

con lo estipulado en el presente Pliego. El CONTRATISTA está obligado a pedir (a su debido tiempo) la presencia de la Dirección de Obra, para la toma contradictoria de mediciones en los trabajos, prestaciones y suministros que no fueran susceptibles de comprobaciones o de verificaciones ulteriores, a falta de lo cual, salvo pruebas contrarias que debe proporcionar a su costa, prevalecerán las decisiones de la Dirección de Obra con todas sus consecuencias.

### 2.8.2 Certificaciones

Los pagos se realizarán contra certificaciones mensuales de obra ejecutada.

Se aplicarán los precios de Adjudicación, o bien los contradictorios que hayan sido aprobados por LA PROPIEDAD.

El abono del importe de una certificación se efectuará siempre a buena cuenta y pendiente de la liquidación definitiva; se considerarán además las deducciones y abonos complementarios a los que el CONTRATISTA tenga derecho en virtud del Contrato de Adjudicación.

En todos los casos los pagos se efectuarán de la forma que se especifique en el Contrato de Adjudicación, Pliegos de Licitación y/o fórmula acordada en la adjudicación con el CONTRATISTA.

### 2.8.3 Precios unitarios

Los precios unitarios de "ejecución material", comprenden, sin excepción ni reserva, la totalidad de los gastos y cargas ocasionados por la ejecución de los trabajos correspondientes a cada uno de ellos, los que resulten de las obligaciones impuestas al CONTRATISTA por los diferentes documentos del Contrato y por el presente Pliego de Prescripciones Técnicas.

Estos precios de ejecución material comprenderán todos los gastos necesarios para la ejecución de los trabajos correspondientes hasta su completa terminación y puesta a punto, a fin de que sirvan para el objeto que fueron proyectados, y en particular, sin pretender una relación exhaustiva, los siguientes:

- Los gastos de mano de obra, de materiales de consumo y de suministros diversos, incluidas terminaciones y acabados que sean necesarios, aun cuando no se hayan descrito expresamente en la descripción de los precios unitarios.
- Los seguros de toda clase de responsabilidad civil y de daños a las instalaciones y a terceros.
- Los gastos de planificación y organización de obra.

- Los gastos de realización de cálculos, planos o croquis de construcción y archivo actualizado de planos de obra.
- Los gastos de construcción, mantenimiento, remoción y retirada de toda clase de construcciones auxiliares.
- Los gastos de alquiler o adquisición de terrenos para depósitos de maquinaria y materiales.
- Los gastos de protección y acopios de la propia obra contra todo deterioro, daño o incendio, cumpliendo los requisitos vigentes para el almacenamiento de explosivos y carburantes.
- Los gastos de construcción y conservación de los caminos auxiliares de acceso y de obra provisionales.
- Los gastos derivados del cumplimiento de los apartados 2.5.3 (Instalaciones) y del 2.5.4 (Carteles y anuncios) del presente PPTP.
- Los gastos derivados de la Garantía y Control de Calidad de la obra, conforme se especifica en el artículo 2.6 del presente PPTP.

En los precios de "ejecución por contrata" obtenidos según los criterios de los Pliegos de Bases para la Licitación o Contrato de Adjudicación, están incluidos, además:

- Los gastos generales y el beneficio.
- Los impuestos y tasas de toda clase, incluso el IVA.

Los precios cubren igualmente:

- Los gastos no recuperables relativos al estudio y establecimiento de todas las instalaciones auxiliares, salvo indicación expresa de que se pagarán separadamente.
- Los gastos no recuperables relativos al desmontaje y retirada de todas las instalaciones auxiliares, incluyendo el arreglo de los terrenos correspondientes, a excepción de que se indique expresamente que serán pagados separadamente.

Salvo los casos previstos en el presente Pliego, el CONTRATISTA no puede, bajo ningún pretexto, pedir la modificación de los precios de adjudicación.

### 2.8.4 Partidas alzadas

Son partidas del presupuesto correspondientes a la ejecución de una obra o de una de sus partes en cualquiera de los siguientes supuestos:

- Por un precio fijo definido con anterioridad a la realización de los trabajos y sin descomposición en los precios unitarios (Partida alzada de abono íntegro).
- Justificándose la facturación a su cargo mediante la aplicación de precios unitarios elementales o alzados existentes a mediciones reales cuya definición resultara imprecisa en la fase de proyecto (Partida alzada a justificar).

En el primer caso la partida se abonará completa tras la realización de la obra en ella definida y en las condiciones especificadas, mientras que en el segundo supuesto sólo se certificará el importe resultante de la medición real.

Las partidas alzadas tienen el mismo tratamiento en cuanto a su clasificación (ejecución material y por contrata), conceptos que comprenden repercusión del coeficiente de baja de adjudicación respecto del tipo de licitación y fórmulas de revisión de los precios unitarios.

Se incluye en el presupuesto de Sistemas de Comunicaciones, Información y Billetaje como partida alzada la canalización secundaria a colocar en la marquesina de paradas para realizar el cableado de los equipos a instalar sobre ella.

#### 2.8.5 Abono

Todas las unidades de obra se abonarán de acuerdo con los precios establecidos en el Capítulo de Presupuestos, la aplicación de los cuales se efectuará a través del presente Pliego, que comprende la totalidad de los importes abonables al Contratista.

Cualquier operación necesaria para la total finalización de las obras o para la ejecución de las prescripciones de este Pliego, que no estén explícitamente especificada, se entenderá incluida en las obligaciones del Contratista.

Su coste se entenderá en todo caso englobado en el precio de los Presupuestos correspondiente a la unidad de obra de la cual forme parte, en el sentido de ser física o preceptivamente necesaria para la ejecución de la mencionada unidad.

Los precios se abonarán por las unidades acabadas y ejecutadas de acuerdo con las condiciones establecidas en este Pliego y comprende el estudio, suministro, transporte y manipulación de los diversos componentes de la obra, la mano de obra y la utilización de equipos auxiliares necesarios para su ejecución, así como cuantas necesidades y circunstancias se presenten para la realización y ejecución final de las unidades de obra.

Cada partida de obra se medirá exclusivamente en el tipo de unidad que en cada caso se especifique en los Presupuestos.

Todas las medidas básicas de las obras realizadas habrán de ser confirmadas por representantes autorizados del Contratista y de la Administración, y aprobadas por la Administración.

#### 2.8.6 Obras y trabajos defectuosos, pero admisibles

Si alguna parte de las obras o trabajos no fuera efectuada de acuerdo con las condiciones del contrato y fuera admisible a juicio del Ingeniero Director de las Obras, podrá ser recepcionada provisionalmente o definitivamente en su caso; pero el Contratista quedará obligado a conformarse, sin derecho a reclamación con la rebaja que la Administración apruebe, dejando aparte el caso en el cual el Contratista prefiera retirarla a su cargo y sustituirla por otra realizada de acuerdo con las condiciones del contrato.

#### 2.8.7 Manera de abonar las obras concluidas y las incompletas

Las obras acabadas de acuerdo con las condiciones del contrato se abonarán según los precios del Presupuesto.

Habiéndose calculado los precios de todas las unidades de obra con todos los costes incluidos, también se incluye el correspondiente a medios auxiliares y, por lo tanto, en el caso de rescisión, cuando una obra no estuviera concluida, los medios auxiliares que el Contratista hubiera adoptado, aunque fueran por la totalidad del trabajo, no serán abonables y tendrá que retirarlos a cargo suyo.

Pese a esto, si la Administración considera que podrían ser útiles para la continuación de las obras, una vez escuchado al Contratista y al Ingeniero Director de la Obra, previa propuesta del Ingeniero Director de la Administración, se podrá adquirir la propiedad de los medios auxiliares valorados en su justa medida, siendo obligatoria para el Contratista su cesión.

En caso alguno el Contratista tendrá derecho a reclamar en función de la insuficiencia de los precios de los cuadros o en omisión del coste de cualquiera de los elementos que constituyen los referidos precios.

#### 2.8.8 Abono de los materiales sobrantes

No se abonarán los materiales sobrantes y se tendrá en cuenta lo indicado en la memoria respecto al presupuesto.

## 2.9. RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN DE LAS OBRAS

corresponder, de acuerdo con la legislación vigente, referidas a posibles defectos por vicios ocultos que surjan en la vida útil de la obra.

### 2.9.1 Recepción provisional de las obras

Al término de la ejecución de las obras objeto de este Pliego se hará, si procede, la recepción provisional de las mismas.

En el acta de recepción provisional, se harán constar las deficiencias que a juicio de la Dirección de Obra deben ser subsanadas por el CONTRATISTA, estipulándose igualmente el plazo máximo (inferior al plazo de garantía), en que deberán ser ejecutadas.

### 2.9.2 Proyecto de liquidación provisional

Conforme se prescribe en el apartado 2.4.1.7, el CONTRATISTA deberá presentar una colección completa de planos de la obra realmente construida o planos "as built". Estos planos, comprobados y corregidos en su caso, servirán de base para el Proyecto de Liquidación Provisional de las Obras.

### 2.9.3 Período de garantía. Responsabilidad del CONTRATISTA

El plazo de garantía, a contar desde la recepción provisional de las obras, es de 12 meses. Durante el mismo el contratista tendrá a su cargo la conservación ordinaria de aquéllas, cualquiera que fuera la naturaleza de los trabajos a realizar, siempre que no fueran motivados por causas de fuerza mayor. Igualmente deberá subsanar aquellos extremos que se reflejaron en el acta de recepción provisional de las obras.

Serán de cuenta del CONTRATISTA los gastos correspondientes a las pruebas generales complementarias que durante el período de garantía hubieran de hacerse, siempre que hubiese quedado así indicado en el acta de recepción provisional de las obras.

Los gastos de explotación o los daños que por uso inadecuado se produjeran durante el período de garantía, no serán imputables al CONTRATISTA, teniendo éste en todo momento derecho a vigilar dicha explotación y a exponer cuantas circunstancias de ella pudieran afectarle.

### 2.9.4 Recepción y liquidación definitiva de las obras

Terminado el plazo de garantía se hará, si procede, la recepción y liquidación definitiva de las obras. La recepción definitiva de las obras no exime al CONTRATISTA de las responsabilidades que le puedan

### 3. NORMAS DE APLICACION

En todo aquello que no esté expresamente especificado en el presente pliego, y tanto en lo que se refiere a la calidad de los materiales como a las condiciones para su puesta en obra, el Director de Obra, podrá exigir el cumplimiento de las disposiciones contenidas en las siguientes normas y pliego de condiciones técnicas, las cuales se designarán, en general, cuando se haga referencia a ellas, con las abreviaturas que a continuación se indican:

#### Líneas e Instalaciones B.T.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Reglamento electrotécnico para Baja Tensión.
- Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51.
- Normas de Referencia indicadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión:

#### Normativas energéticas

- Medidas a adoptar en edificaciones con objeto de reducir el consumo de energía. Decreto 1490/1975 del 12 de junio publicado en el B.O.E. 1975-07-11.
- Ley de Protección del Ambiente Atmosférico vigente.
- Procedimiento de la “Ley de Protección del Ambiente Atmosférico”.

#### Normativas de seguridad y de riesgos laborales

- RD 1627/97 sobre Seguridad y Salud y normativa complementaria.
- Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo.
- Ley 31/1995 del 8 de noviembre publicada al B.O.E. nº 269 del 10.11.1995.
- De cualquier normativa que haga referencia a este tema y que esté vigente.

#### Normativas eléctricas y electrónicas de aplicación en ferrocarriles

- Serán de aplicación las normas Standard de CENELEC relativas a Electricidad y Electrónica de aplicación en Ferrocarriles.
- Serán de aplicación las Normas de RENFE, según los criterios que aplique la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía de las mismas.

#### Normativa general

Además de las normas mencionadas en las Cláusulas de este Pliego, se aplicarán, en ausencia de prescripciones que hagan referencia a los materiales, componentes y equipos, para su montaje, pruebas y ensayos, las normas U.N.E. o equivalentes aplicables a criterio del Ingeniero Director de la Obra.

En ausencia de las normas U.N.E. se aplicarán las normas específicas determinadas contractualmente por el Contratista y por el Ingeniero Director de la Obra, que también serán de aplicación:

- Las Leyes generales
- El Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la “Construcción de Obras del Estado” vigente
- El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares
- El Pliego de Condiciones Particulares y Económicas que dicte para este caso la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía o en quienes delegue.
- Norma NB-EA-95 “Estructuras de acero en edificación”.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación vigente.
- Normas de la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) en los criterios que apliquen.
- Normas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT): Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (UIT-T) y Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones (UIT-R).
- IEC Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional.
- UNESA Recomendaciones de Unidad Eléctrica, S.A.
- UNE Normas de cumplimiento obligatorio, en los Ministerios de Obras Públicas e Industria y Energía.
- CTE Código técnico estructural.
- IEB Norma Tecnológica. Baja Tensión
- IEO Norma Tecnológica. Puesta a Tierra.
- I.E.I. Norma Tecnológica. Alumbrado Interior.
- Ley 31/1995 del 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- RD1627/97 Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por los que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- RENFE Normativa de electrificación.

- Por su carácter general se considerarán vigentes y de aplicación las siguientes leyes y reglamentos:
- Ley de Contrataciones del Estado, vigente.
- Y todas aquellas normas que a criterio de la Dirección de la Obra sean de aplicación.

Igualmente se cumplirá con la normativa de carácter regional o local.

El CONTRATISTA está obligado al cumplimiento de todas las instrucciones, pliegos o normas de toda índole promulgadas por el AYUNTAMIENTO DE SEVILLA, que tengan aplicación en los trabajos a realizar, aunque no hayan sido citados, quedando a criterio del Director de Obra, resolver cualquier discrepancia que pudiera existir entre ellos y lo dispuesto en este pliego.

#### 4. ELECTRIFICACIÓN GENERAL

##### 4.1. ACOMETIDAS ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN

###### 4.1.1 Descripción de las Obras

Con objeto de optimizar las secciones de los cables, dadas las grandes longitudes de tirada, las alimentaciones eléctricas a cada parada de la línea del Metro Ligerero en Superficie del Centro de Sevilla serán en 660 Vac de tensión nominal. En los cuadros eléctricos de cada parada se instalará un transformador de 660/400 V para dar servicio en baja tensión a todos los consumidores eléctricos de la misma.

La distribución de las alimentaciones a las paradas se hace en anillo uniendo las salidas de la nueva Subestación que se ubicará en SANTA JUSTA con la salida dispuesta en la última parada del tramo anterior, EDUARDO DATO, que se alimenta normalmente desde SET COCHERAS, asegurando así la redundancia en las alimentaciones a cada estación ya que pueden ser abastecidas bien desde COCHERAS, o desde SANTA JUSTA. En condiciones normales, la subestación de SANTA JUSTA alimentará las nuevas Paradas, aunque como la alimentación se realiza en paralelo esto es irrelevante. De todas formas, si las condiciones así lo requirieran por la aparición de un defecto, puede evitarse el acoplamiento entre ambas por medio de los interruptores de acometida dispuestos en cada cuadro, que se describen en el **Anejo 5 – Instalación Eléctrica en Paradas**.

La ampliación consta de las siguientes paradas:

- **E8: Kansas City**

A continuación, se describen de modo general, las actuaciones principales para la definición e instalación de dichas alimentaciones.

1. Instalación de Cuadro General de 0,66 kV dotados de:
  - a. Dos interruptores automáticos motorizados de 660 V para la entrada – salida de la línea de 660 V.
  - b. Un interruptor automático de protección del transformador de potencia 660/420 V, de 31,5 kVA.
2. Modificación del software de control para la integración en el mando y telemando de las Subestaciones y el Puesto de Control, de la nueva parada.
3. Modificación del SCADA para la integración en el mismo de la nueva parada.

4. En la parada de Eduardo Dato se ha dejado dispuesto un interruptor automático para darle continuidad a la línea de 660 V desde esta parada hasta esta nueva parada (Kansas City)
5. Prolongación de la canalización entubada desde la parada de Eduardo Dato hasta esta nueva parada y continuación hasta la siguiente en Santa Justa.
6. Suministro y tendido de los cables de alimentación, cada uno de ellos formado por una terna de cables unipolares de 150 mm<sup>2</sup> en cobre, por la canalización entubada existente a ambos lados de la plataforma a lo largo de toda la traza tranviaria entre la parada anterior de Eduardo Dato y esta nueva parada. El tendido se realizará en una sola tirada sin empalmes.
7. Ejecución de las acometidas y de las salidas a los cuadros eléctricos de baja tensión de la parada.
8. Suministro de instalación de los terminales y conexión de los cables a las salidas en la parada existente y en la acometida en el cuadro de la nueva parada.
9. Inspecciones, pruebas y puesta en marcha de la instalación.

• **E9: San Justa – Terminal**

A continuación, se describen de modo general, las actuaciones principales para la definición e instalación de dichas alimentaciones.

1. Instalación de Cuadro General de 0,66 kV dotados de:
  - a. Dos interruptores automáticos motorizados de 660 V para la entrada – salida de la línea de 660 V.
  - b. Un interruptor automático de protección del transformador de potencia 660/420 V, de 31,5 KVA.
2. Modificación del software para la integración en el mando y telemando de las Subestaciones y el Puesto de Control la nueva parada.
3. Modificación del SCADA para la integración en el mismo de la nueva parada.
4. Desde la parada de Kansas City se alimentará a esta parada usando el interruptor de salida de 660 V dispuesto para tal fin y continuando hasta el que se instalará en la SET Santa Justa.
5. Prolongación de la canalización entubada desde la nueva parada de Kansas City hasta la nueva parada de Santa Justa.
6. Suministro y tendido de los cables de alimentación, cada uno de ellos formado por una terna de cables unipolares de 150 mm<sup>2</sup> en cobre, por la canalización entubada que se dispone a ambos lados de la plataforma, a lo largo de toda la traza tranviaria entre paradas. El tendido se realizará en una sola tirada sin empalmes entre paradas.
7. Ejecución de las acometidas y de las salidas a los cuadros eléctricos de baja tensión de la parada.

8. Suministro de instalación de los terminales y conexión de los cables a las salidas en la Subestación de SANTA JUSTA y a la acometida en el cuadro de la nueva parada.
9. Inspecciones, pruebas y puesta en marcha de la instalación. Condiciones de los materiales y su mano de obra

4.1.1.1 Canalización entubada

Serán canalizaciones a ambos lados de la plataforma a lo largo de toda la traza tranviaria y formadas por tubos dispuestos del siguiente modo:

- Tres filas de 3 tubos de diámetro 200 mm.
- Tres filas de 3 tubos de diámetro 200 mm y una fila de 2 tubos de 300 mm. Lado por el que discurre la línea de MT

Las dimensiones de los prismas de hormigón serán de 720x720 mm, según el detalle definido en los planos del proyecto. Así mismo, se dispondrán de arquetas tal y como se muestran en los planos del proyecto.

4.1.1.2 Cables de Baja Tensión

Conductores

Cable 0,6/1 kV BUPRENO 1x150

Tipo de cable: DN-K

Sección: 1 x 150 mm<sup>2</sup> Cu

Tensión: 0,6/1 kV

Composición:

Conductor: cobre electrolítico, clase 5, conforme a UNE 21022.

Aislamiento: etileno-propileno de alto módulo, HEPR o EPR.

Cubierta exterior: termoestable tipo SE1, conforme a IEC 60502-1.

Características físicas

Resistencia eléctrica del conductor a 20°C c.c.	0,129	Ω/km
Reactancia inductiva a 50 Hz para tres cables unipolares en contacto mutuo	0,074	Ω/km
Tensión simple, U <sub>0</sub>	0,6	kV
Tensión máxima entre fases, U <sub>m</sub>	1	kV
Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos	3,5	kV
Tª máxima admisible en el conductor en servicio permanente	90	°C
Tª máxima admisible en el conductor en cortocircuito	250	°C

Diámetro exterior	22,4	mm
Peso	1660	kg/km
Color cubierta exterior	Negro	

#### Normas eléctricas y construcción:

- Métodos de ensayo s/ IEC 60.502.
- No propagador de la llama s/ UNE EN 50.265-2-1.
- Resistente a la absorción de agua, al frío, a los agentes químicos, a las grasa y aceites, y a la abrasión.

#### 4.1.1.3 Terminales de BT

Los terminales para los cables de Baja Tensión serán de presión, preaislados en nylon y de los colores identificativos de la fase correspondiente:

- Fase R: marrón
- Fase S: gris
- Fase T: negro

Este tipo de terminales están fabricados en cobre electrolítico y bañados de una capa de estaño. El interior del aislante de nylon está diseñado de tal manera que el conductor tenga una fácil introducción y evita la posibilidad de rotura del conductor en el momento de la introducción.

Las dimensiones del terminal serán las correspondientes para los cables de cobre de 150 mm<sup>2</sup> de sección (diámetro mínimo del interior del aislante 25 mm) y adecuadas para las bornas del interruptor

de acometida (diámetro del agujero del terminal 10,5 mm, será necesario colocar terminales anteriores prolongados en el interruptor).

Para su crimpado óptimo será necesario el uso de herramientas hidráulicas adecuadas para secciones de 150 mm<sup>2</sup>.

#### 4.1.2 Ejecución de las obras

##### 4.1.2.1 Cables de Baja Tensión

##### Tendido de conductores

Todos los cables se enviarán a obra en bobinas normalizadas y debidamente protegidas con duelas. Las bobinas serán transportadas al lugar del tendido, cuidando que no sufran deterioros, ni sea dañado el cable contenido en las mismas.

En caso de tener que almacenar las bobinas, no se apilarán de forma que las alas/platos de unas puedan clavarse en las duelas de las otras.

No se quitarán las protecciones hasta el momento en que vaya a realizarse el tendido.

Antes de iniciar el tendido de un cable se comprobará la limpieza de las proximidades de la bobina y puntos por donde debe transcurrir el cable, con el fin de evitar posibles daños.

Antes de tender los cables por las canalizaciones, el Contratista procederá a la limpieza de los tubos, pasando cepillos de cerdas duras de forma que se garantice que no quedan en el interior de las mismas sustancias extrañas. Una vez realizada la limpieza se pasarán testigos o mandrinos para asegurar que los tubos no se encuentran aplastados.

Los cables se desenrollarán de la bobina estando estas sobre útiles apropiados que le permitan girar sobre su eje.

Se situará el personal necesario a lo largo del tendido, especialmente en las zonas más difíciles, como son las arquetas de cambio de dirección, con objeto de comprobar el correcto desplazamiento del cable.

Con objeto de facilitar el desplazamiento del cable dentro del tubo se permitirá el uso de productos como polvo de talco, siempre y cuando éstos no ataquen o dañen la cubierta exterior del cable.

El tendido de los cables se hará con sumo cuidado, con medios adecuados al tipo de cable, evitando la formación de cocas y torceduras, así como los roces perjudiciales que pudieran deteriorar la cubierta de protección y las tracciones exageradas.

El cable no estará sometido a radios de curvatura inferiores a los que se indican a continuación:

- Durante la operación de tendido, el radio de curvatura será, al menos, de 8 veces el diámetro exterior del cable (180 mm).
- Una vez colocado, el radio de mínimo de curvatura será de 5 veces el diámetro exterior del cable (112 mm).

Durante la operación de tendido se empleará un dinamómetro de tiro continuo, con objeto de no superar la tensión de tiraje máxima: 900 Kg (6 kg/mm<sup>2</sup> para conductores de cobre).

Los cambios de dirección en las arquetas o cámaras se producirán sobre rodillos, con objeto de evitar radios de curvatura inferiores a los admisibles. Además, se garantizará el empleo del número suficiente de rodillos para que la presión radial sobre el cable no sea superior a la máxima admisible y recomendada por el fabricante.

No se colocarán cables durante las heladas, ni estando éstos demasiado fríos, debiendo, por lo menos, permanecer doce horas en almacén a 20 grados centígrados antes de su colocación, sin dejarlos a la intemperie más que el tiempo preciso para su instalación.

Los cables para cada uno de los circuitos estarán convenientemente señalizados en su recorrido, es decir, entrada y salida de tubo y en los pasos de muros y arquetas, de manera que sean fácilmente localizables. La identificación se realizará con bridas y placas UNEX rotuladas o similar indicando circuito y fase.

Los cables correspondientes a cada circuito se identificarán convenientemente en el inicio del circuito al que corresponde y durante su recorrido, cuando por los cambios de trazado, sea difícil su identificación. Para ello, se utilizarán cinta aislante, etiquetas y otros elementos de identificación adecuados.

Los cables se instalarán en los conductos utilizando guías adecuadas y no sometiendo los cables a tensiones ni rozaduras que puedan perjudicar el aislamiento y cubierta de los mismos.

En las canalizaciones entubadas, una vez terminado el tendido de los cables, se procederá al taponamiento de todos y cada uno de los tubos ocupados que constituyen la canalización, de forma que se evite la entrada de roedores, aguas fangosas o materias extrañas por el interior de los mismos.

El taponamiento se realizará con espuma de poliuretano tipo EP-750 y aplicador AMEP.

Durante el tendido de los cables sobre las bandejas de las subestaciones se verificará que los tornillos de unión de bandejas y soportes éstos tienen la cabeza hacia el interior, con objeto de evitar el dañado de las cubiertas de los cables.

Los cables de un mismo circuito se montarán sobre la bandeja formando una terna, en contacto mutuo, y estarán sujetas entre sí y a la bandeja mediante bridas UNEX o similar. Las bridas se montarán a una interdistancia aproximada de 70 cm.

Cada una de las ternas que forman los circuitos de acometida estará separada en la bandeja, de otros circuitos o conductores, el espacio de un diámetro equivalente de la terna.

#### 4.1.2.2 Separación con otros servicios

##### Paralelismos

Los cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

- Líneas de alta tensión: 25 cm. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias.
- Líneas de baja tensión: 10 cm. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias.
- Cables de telecomunicaciones: 20 cm. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias.
- Canalizaciones de agua, gas, etc.: 20 cm. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias.
- Canalizaciones de gas: 20 cm, excepto para las canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar) que serán 40 cm; mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias.

##### Cruces

La separación mínima requerida será la siguiente:

- Calles y carreteras: Los cables se colocarán en el interior de tubos hormigonados en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.
- Líneas de alta tensión: 25 cm. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias. La distancia del punto de cruce a empalmes será superior a 1 m.
- Líneas de baja tensión: 10 cm. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias. La distancia del punto de cruce a empalmes será superior a 1 m.
- Cables de telecomunicaciones: 20 cm. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias. La distancia del punto de cruce a empalmes será superior a 1 m.
- Canalizaciones de agua, gas, etc.: 20 cm. Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otras a una distancia superior a 1 m del punto de cruce. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias.
- Conducciones de alcantarillado: Se procurará pasar los cables por encima de las alcantarillas. No se admitirá incidir en su interior. Si no es posible se pasará por debajo, disponiendo los cables con una protección de una adecuada resistencia mecánica.
- Depósitos de carburante: Los cables se dispondrán dentro de tubos o conductos de suficiente resistencia y distarán como mínimo 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito en 1,5 m por cada extremo.

#### 4.1.3 Medición y abono

##### 4.1.3.1 Conductores de BT

Los cables eléctricos se medirán por metro lineal, totalmente instalado, incluyendo accesorios de fijación y montaje, inspecciones y pruebas.

El precio incluye el suministro, bobinas de transporte, transporte a obra, limpieza y acondicionamiento de canalizaciones existentes, tendido, fijación de cables en ternas mediante bridas, inspecciones y pruebas, y en general todos aquellos trabajos no indicados que sean necesarios para la correcta ejecución y terminación de esta unidad de obra.

Los cables eléctricos se abonarán por metro lineal, según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

##### 4.1.3.2 Terminales de BT

Los terminales de BT, se medirán por unidad, totalmente instalados, incluyendo accesorios de fijación y montaje.

El precio incluye el suministro, transporte, crimpado, conexión a la celda de acometida, inspecciones y pruebas, y en general todos aquellos trabajos no indicados que sean necesarios para la correcta ejecución y terminación de esta unidad de obra.

Los terminales de BT se abonarán por unidad, según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

#### 4.1.4 Ensayos y pruebas

Una vez terminado el tendido e instalación de los empalmes y terminales, el cable será sometido a un ensayo de rigidez dieléctrica.

Antes de empezar la prueba, se asegurará que ambos extremos de los cables estén sueltos y aislados, de forma que la tensión aplicada no dañe al personal y a los aparatos.

La prueba será efectuada a la temperatura ambiente con corriente alterna y una curva senoidal de 25 a 100 ciclos ambos inclusive.

El valor de la tensión aplicada será el doble de la tensión nominal del sistema más 1000 voltios. La tensión irá aumentando gradualmente y mantenida al valor máximo durante 1 minuto.

Después de aplicada la tensión de prueba, se medirá la resistencia de aislamiento entre conductores. El valor mínimo de la resistencia de aislamiento será de 18 MΩ como mínimo.

Se inspeccionará la cubierta de los cables, los posibles daños mecánicos, en los puntos donde los cables salen de los tubos.

## 4.2. INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN PARADAS

### 4.2.1 Descripción de las obras

Las líneas de alimentación a los cuadros eléctricos de cada estación son de 660 Vac (excepto la parada provisional de Luis de Morales como se ha comentado anteriormente), tal y como se definen en el Anejo 4. Por lo tanto, en los cuadros eléctricos de cada parada se instalará un transformador de 660 V/400 V para dar servicio en baja tensión a todos los consumidores eléctricos de la instalación.

La distribución de las alimentaciones a las estaciones se hace en anillo uniendo las salidas de la Subestación ubicada en COCHERAS con la salida de la Subestación localizada en SANTA JUSTA, asegurando así la redundancia en las alimentaciones a cada estación. Las acometidas a los cuadros eléctricos de las paradas se realizan por medio de interruptores motorizados. El esquema de conexión de la instalación es IT. En caso de una primera falta de una fase a tierra, el sistema lo detecta por medio de los controladores de aislamiento y se señala una alarma. El sistema sigue funcionando sin cortes ya que la intensidad de falta es muy pequeña y no produce tensiones de contacto peligrosas. El operario al ver la alarma deberá ordenar una revisión de la instalación para detectar el punto de fuga.

Desde los cuadros eléctricos se alimentarán todos los servicios que aparecen reflejados en los planos desde circuitos protegidos con interruptores magnetotérmicos y diferenciales, y se instalarán los PLC necesarios para realizar la supervisión, operación, control y telemando de los equipos de la Parada.

La ampliación consta de las siguientes paradas.

- **E8: Kansas City**

A continuación, se describen, de modo general, las actuaciones principales para la instalación en dichas paradas.

- Instalación de los cuadros eléctricos sobre los bastidores preparados en cada parada.
- Conexión a tierra de los cuadros eléctricos.
- Suministro y tendido de los cables de salida de cada circuito de fuerza.
- Suministro e instalación de luminarias
- Conexión de las salidas con los equipos que alimentan.
- Conexión del cableado de control.
- Inspecciones, pruebas y puesta en marcha de la instalación.
- Telemando desde el puesto de control central una vez puesto en servicio.

- **E7: Santa Justa**

A continuación, se describen, de modo general, las actuaciones principales para la instalación en dichas paradas.

- Instalación de los cuadros eléctricos sobre los bastidores preparados en cada parada.
- Conexión a tierra de los cuadros eléctricos.

- Suministro y tendido de los cables de salida de cada circuito de fuerza.
- Suministro e instalación de luminarias
- Conexión de las salidas con los equipos que alimentan.
- Conexión del cableado de control.
- Inspecciones, pruebas y puesta en marcha de la instalación.
- Telemando desde el puesto de control central una vez puesto en servicio.

#### 4.2.2 Condiciones de los materiales y su mano de obra

##### 4.2.2.1 Transformadores reductores de tensión

Los transformadores trifásicos reductores de tensión en paradas irán montados en las bases de los cuadros eléctricos de 660 Vac y dispondrá de ventilador y extractor en el recinto del cuadro.

Las características de los mismos son:

- Fabricante: Polyflux o similar
- Potencia nominal: 31,5 kVA
- Grupo de conexión: Dyn11
- Tensión primaria: 660 + 2,5% + 5%
- Tensión secundaria: 420 V en vacío
- Pérdidas en el hierro: 100 W
- Pérdidas en el cobre: 212 W
- Impedancia: 2%

El transformador proporcionará la potencia nominal en cualquiera de las tomas.

##### 4.2.2.2 Cuadros eléctricos

Los cuadros de distribución de baja tensión a instalar en cada parada quedan divididos en dos módulos: cuadro de acometidas a 660 V y cuadro de distribución de servicios de la parada a 400/230V.

Desde el cuadro de 660 V se reciben las alimentaciones en anillo desde las subestaciones.

Desde el cuadro de 400/230 V se dará servicio a todas las cargas eléctricas de fuerza, alumbrado, ventilación, bombeo, etc. de la propia parada.

Los cuadros se colocarán en el interior de una envolvente cerrada de acero inoxidable, y no serán accesibles sin las herramientas adecuadas. Esta envolvente exterior será ejecutada por el distribuidor homologado de las marquesinas de TUSSAM, por lo que deberá coordinarse con el Suministrador de los cuadros eléctricos de cara a que los equipos queden perfectamente integrados. La envolvente deberá ser suministrada con las correspondientes rejillas de ventilación.

A continuación, se muestran las características eléctricas de cada cuadro:

#### Características eléctricas del cuadro de 660 V

- Normativa: UNE EN 60.439
- Tensión de Servicio 660 V (3F+N)
- Tensión máxima 1000 V
- Tensión auxiliar (alumbrado, caldeo y ventilación) 230 Vca
- Tensión auxiliar (mando) 110 Vcc
- Índice de protección ambiental: IP 43
- Tensión nominal de aislamiento 1000 V
- Tensión soportada a frec. Industrial durante 1 min. 3.500 V
- Frecuencia 50 Hz
- Intensidad nominal en servicio permanente 300 A
- Intensidad nominal mínima corta duración (1 seg) asignada 10 kA
- Intensidad dinámica, valor de pico: 20 kA
- Poder de corte en servicio de interruptores (Ics): 10 kA

#### Características eléctricas del cuadro de 400 V

- Normativa: UNE EN 60.439
- Tensión de Servicio 400 V (3F+N)
- Tensión máxima 440 V
- Tensión auxiliar (alumbrado, caldeo y ventilación) 230 Vca
- Tensión auxiliar (mando) 110 Vcc
- índice de protección ambiental: IP 43
- Tensión nominal de aislamiento 660 V
- Tensión soportada a frec. Industrial durante 1 min. 2500 V

- Frecuencia 50 Hz
- Intensidad nominal en servicio permanente 100 A
- Intensidad nominal mínima corta duración (1 seg) asignada 6 kA
- Intensidad dinámica, valor de pico: 12 kA
- Poder de corte en servicio de interruptores (Ics): 6 kA

Estos cuadros deberán ser capaces de soportar sin daño ni deformación permanente las solicitudes dinámicas y térmicas producidas por el paso de la intensidad nominal de cortocircuito durante 1 segundo.

El número de interruptores por cuadro, así como las intensidades nominales de cada uno de ellos figurarán en los esquemas eléctricos incluidos en el capítulo de planos.

#### Características constructivas

Los cuadros y sus componentes simples estarán contruidos y proyectados de acuerdo con las siguientes normas y recomendaciones:

- EN-60439-1
- CEI-439-1

Los cuadros eléctricos de 660 V y de 400 V estarán realizados en calderería especial, montados espalda contra espalda y con todos los elementos accesibles por la parte delantera. Las dimensiones máximas serán las siguientes:

- Longitud: 1200 mm
- Anchura cuadro 660 V: 440 mm
- Anchura cuadro 400 V: 220 mm
- Altura incluido bastidor de anclaje: 2100 mm

La calderería especial estará constituida con chapa de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor pintada con pintura epoxi con secado al horno. El color será definido por la Dirección de obra.

La construcción será funcional, formado por conjuntos de apartamenta que comprendan todos los elementos mecánicos como eléctricos que contribuyan a la ejecución de una sola función.

Cada cuadro quedará compartimentado de forma que cada panel esté constituido por dos zonas diferenciadas:

- Una albergará los interruptores automáticos, los cuales, se colocarán sobre perfiles de forma que su frente quede en un mismo plano geométrico.
- La otra incorporará las bornas de salida para conectar los cables.

Las entradas y salidas a cada cuadro se efectuarán por la parte inferior del mismo. Cada cuadro se diseñará de modo que sea totalmente accesible por la parte delantera para todas las operaciones de mantenimiento. La parte frontal llevará marco fijo y puerta plena con cerradura de llave.

El grado de protección de la envolvente exterior no será inferior a IP43.

Toda la aparamenta sobre la cual se deba actuar estará ubicada en guías o paneles fijados sobre traveseros, accesibles desde el frente de los cuadros. Los espacios entre aparamenta irán tapados con placas atornilladas de protección que eviten contactos directos con elementos en tensión. Los elementos de medida tales como voltímetros y amperímetros, así como pilotos de señalización etc. quedarán visibles desde el exterior sin necesidad de abrir las puertas.

Todos los accesorios de plástico serán de material autoextinguible a 960 °C según normas CEI-695.2.1 y clase VO (UL94).

#### Aparellaje del cuadro de 660 V de acometidas

La doble acometida estará equipada con dos interruptores tripolares con mando eléctrico, en ejecución fija. Estos interruptores estarán dotados también de mando manual y llevará contactos auxiliares para enclavamientos y señalización de estado y defecto remoto. Se le asociarán los relés para protección magneto-térmica.

Posteriormente se colocará un interruptor de salida para la protección del transformador reductor de tensión. Este interruptor estará dotado de mando eléctrico, mando manual y llevará contactos auxiliares para enclavamientos y señalización de estado y defecto remoto. Se le asociarán bloque de relés standard, para protección magnética y térmica

En la base del cuadro de 660 V se instalará el transformador reductor de tensión (660/400 V) de la siguiente potencia:

- Kansas City: 31,5 kVA
- Santa Justa: 31,5 kVA

#### Aparellaje del cuadro de 400 V de servicios de la parada

En la acometida al cuadro, se dispondrá una centralita de medida que proporcionará la siguiente indicación mínima: tensión, intensidad, factor de potencia, frecuencia, potencia activa, reactiva y aparente, además de una señal digital de mínima tensión que será cableada al sistema de control de la subestación. Dicha centralita de medida será comunicable mediante bus RS232/RS485, mediante protocolo MODBUS y será conectado al sistema de control de la subestación.

La acometida estará equipada con un interruptor tetrapolar con mando eléctrico, en ejecución fija. Este interruptor estará dotado de mando manual y llevará contactos auxiliares para enclavamientos y señalización de estado y defecto remoto. Se le asociarán bloque de relés standard, para protección magnética y térmica que proporcione una selectividad total con relación al resto de interruptores de protección de subbarrados y cuadros secundarios alimentados desde este cuadro.

Las salidas irán dotadas con interruptores automáticos de protección.

La selectividad será total entre los interruptores de salidas y el de acometida, hasta 6 kA.

Las salidas que dispongan de protección diferencial estarán equipadas de interruptores magnetotérmicos con bloque diferencial adaptable.

Las curvas de disparo de todos los interruptores serán de tipo C de acuerdo con la nueva norma europea EN 60898. Las características de todos los interruptores, calibres, ensayos, etc. deberán estar de acuerdo con la norma citada.

Todos los indicadores luminosos para estado de contactores, etc. serán de tipo LED de bajo consumo.

#### Cableado de cuadros

El cableado se realizará con cable flexible (Clase 5) de Cu, de los siguientes tipos:

- Cableado de fuerza del cuadro de 660 V: aislamiento 1 kV , tensión de prueba 3.500V.
- Cableado de fuerza del cuadro de 400 V: aislamiento 750 V, tensión de prueba 2.500V.
- Cableado de control, tensiones de 230 Vca y 110 Vcc: aislamiento 750 V, tensión de prueba 2.500V.

El cableado de los cuadros cumplirá las siguientes características:

- Ensayos de comportamiento al fuego
- No propagador de la llama s/UNE 20.432-1 (IEC-332)
- No propagador del incendio s/UNE 20.432-3 (IEC-332.3), UNE 20.427-C1 (NFC-32070), IEE 383.
- Emisión de humos
- Nula emisión de halógenos s/UNE 21.174, IEC 754.1, BS 6425.1

- Sin emisión de gases tóxicos s/UNE 21.147, NFC 20.454, RATP K-20, IEC 20-37.p.2.
- Sin emisión de gases corrosivos s/IEC-754-2, NFC 20.453.
- Sin desprendimiento de humos opacos s/UNE 21.172-1, UNE 21.172-2, IEC-1034.2, BS-6274, IEC 20-37 PIII, NES 711, RATP-K-20, ASTM-E-662-79.

#### Identificaciones en cuadros

En la parte superior de los cuadros se pondrá un letrero de plástico con letras grabadas con el nombre del mismo.

Todos los aparatos, bien en el frente o en el interior del cuadro irán identificados mediante placas de aluminio negro de 0,5 mm de grueso, grabados en blanco o formica fondo blanco letras negras.

#### Control y mando

Los circuitos de mando y control de los cuadros de acometidas de 660 V y del de servicios de parada de 400 V serán alimentados desde un respectivo transformador de aislamiento 230/230 V, instalado en el mismo cuadro.

Cada cuadro incorporará una maneta local/remoto para seleccionar el modo de operación de cada uno de los cuadros. El mando de cada cuadro se realizará normalmente de forma remota a través del equipo de telemando de la subestación, encontrándose la maneta local/remoto en la posición de remoto.

La operación local de cada uno de los cuadros se realizará, con dicha maneta en posición local, desde los mandos dispuestos en el frente de los propios cuadros.

#### Puesta a tierra

Se instalarán 4 esperas de 4 metros de longitud con cable de cobre desnudo de 70 mm<sup>2</sup>. Estas esperas irán unidas a la malla enterrada de tierras mediante una soldadura aluminotérmica en "T" de cable de 95 mm<sup>2</sup> Cu con cable de 70 mm<sup>2</sup> Cu.

Dos de estas esperas se conectarán al embarrado de tierra del cuadro de 660 V y las otras dos al embarrado correspondiente del cuadro de 400 V.

Desde estos cuadros se conectarán a tierra todos los receptores eléctricos.

#### Certificados

El fabricante de los cuadros deberá presentar certificados garantizando la validez y cumplimiento del material frente a las solicitudes eléctricas de cortocircuito, calentamiento, propiedades dieléctricas, selectividades etc.

#### Esquemas eléctricos

El fabricante de los cuadros deberá presentar certificados garantizando la validez y cumplimiento del material frente a las solicitudes eléctricas de cortocircuito, calentamiento, propiedades dieléctricas, selectividades etc.

#### Fabricantes

El Fabricante suministrador de los cuadros será una firma de primera calidad, tales como ABB, Schneider, o equivalente en precio y calidad.

#### 4.2.2.3 SAI

El SAI irá montado en una envolvente adecuada para su instalación en exterior IP 65.

Las características del cargador-rectificador son las siguientes:

- Entrada
  - Fabricante: RIELLO UPS o similar
  - Alimentación: 140 Vac <Vin>276 Vac @50% Load / 184 Vac >Vin>276 Vac @100% Load
  - Frecuencia: 50/60 Hz ± 5 Hz
  - Tolerancia de Frecuencia: 50 Hz ±50%/60 Hz±20%
  - Factor de Potencia: >0,98
  - Distorsión de Corriente: 5%
- By-Pass
  - Tolerancia de Tensión: 180-264 Vca (Seleccionable en Modo Economy o Modo Smart Active)
  - Tolerancia de Frecuencia: Frecuencia Seleccionada ±5%
  - Número de fases: 1
- Salida y salida del Inversor
  - Potencia evaluada: 6000 VA
  - Potencia Activa: 6000W

- Factor de Cresta (I<sub>peak</sub>/I<sub>rms</sub>): 3:1
- Forma de Onda: Sinusoidal
- Frecuencia: 50 Hz
- Distorsión de tensión con carga distorsionantes: >6%
- Distorsion de Tesión con carga lineal: >3%
- Rendimiento del inversor con carga evaluada: 95%
- Tiempo de Sobrecarga
  - 100%>Carga>110%: Activa el bypass después de 10 min. Continúa trabajando indefinidamente
  - 110%>Load>133% activa el bypass después de 1 min. Apagado después de 1 h
  - 133%>Load>150%: Activa el bypass después de 5 seg. Apagado después de 10 min
  - Carga >150%: Activa el bypass de modo instantáneo. Apagado después de 3 seg (carga >150%). Apagado después de 2 seg (carga >200%)

#### 4.2.2.4 PLCs. Descripción

Los PLCs serán del tipo MODICOM PREMIUM o equivalente, similares a los existentes en el resto de la línea, teniendo que cumplir todas las características y requerimientos técnicos que la Administración y la Dirección de Obra estipulen convenientes para garantizar la operatividad conjunta del sistema.

Los PLCs se instalarán en todos los cuadros de cada parada. Serán capaces de realizar todo el mando, control y enclavamiento de equipos, operaciones y cálculos con señales, así como de señalar local y remotamente todas las alarmas, estados y eventos producidos. La naturaleza modular de estos PLCs garantizará la total adaptabilidad a las necesidades específicas de cada grupo eléctrico.

Estarán formados por un bastidor en el que se montará la unidad central programable y los distintos módulos de entradas/salidas, en función de las señales a tratar. A su vez dicho bastidor podrá ser ampliado para aumentar en número de módulos cuando se haga necesario.

En las paradas los PLCs irán situados en el armario de comunicaciones al igual que el ondulator y grupo cargador de baterías.

#### Señales

#### Entradas digitales

1. Estado del interruptor Q1 (Línea nº1: 660 V)

2. Defecto del interruptor Q1 (Línea nº1: 660 V)
3. Estado del interruptor Q2 (Línea nº2: 660 V)
4. Defecto del interruptor Q2 (Línea nº2: 660 V)
5. Estado del interruptor Q5 (Protección trafo 660/420 V)
6. Defecto del interruptor Q5 (Protección trafo 660/420 V)
7. Estado del interruptor Q6 (Protección general cuadro 400 V)
8. Defecto del interruptor Q6 (Protección general cuadro 400 V)
9. Mínima tensión o Falta tensión en barras cuadro 400 V
10. Estado del interruptor Q1F (Motor agujas 1)
11. Defecto del interruptor Q1F (Motor agujas 1)
12. Posición aguja 1 (+)
13. Posición aguja 1 (-)
14. Estado del interruptor Q2F (Motor agujas 2)
15. Defecto del interruptor Q2F (Motor agujas 2)
16. Posición aguja 2 (+)
17. Posición aguja 2 (-)
18. Estado del interruptor Q3F (Cargador rectificador de baterías)
19. Estado del interruptor Q4F (Salida de reserva)
20. Estado del interruptor Q4F (Salida de reserva)
21. Defecto del interruptor Q4F (Salida de reserva)
22. Estado del interruptor Q7F (Protección barras de calefacción-ventilación)
23. Defecto del interruptor Q7F (Protección barras de calefacción-ventilación)
24. Estado del interruptor Q14F (Control cuadro)
25. Defecto del interruptor Q14F (Control cuadro)
26. Señalización estado salidas expendedoras y canceladoras (Serie de contactos "E" para Q16F, Q17F, Q18F y Q19F)
27. Señalización defecto salidas expendedoras y canceladoras (Serie de contactos "E" para Q16F, Q17F, Q18F y Q19F)
28. Estado del interruptor Q8F (Interruptor general embarrado alumbrado)
29. Defecto del interruptor Q8F (Interruptor general embarrado alumbrado)
30. Señalización estado salidas alumbrado (Serie de contactos "E" para Q20A, Q22A y Q23A)

31. Señalización defecto salidas alumbrado (Serie de contactos "E" para Q20A, Q22A y Q23A)
32. Estado del interruptor Q24F (Alimentación teleindicadores)
33. Defecto del interruptor Q24F (Alimentación teleindicadores)
34. Estado del interruptor Q25F (Alimentación señalización)
35. Defecto del interruptor Q25F (Alimentación señalización)
36. Estado del interruptor Q27F (Alimentación comunicaciones)
37. Defecto del interruptor Q27F (Alimentación comunicaciones)
38. Estado del interruptor Q29F-Q30F y Q31F (megafonía, videovigilancia, interponía y cronometría)
39. Defecto del interruptor Q29F-Q30F y Q31F (megafonía, videovigilancia, interponía y cronometría)
40. Reserva
41. Reserva
42. Reserva
43. Reserva
44. Reserva
45. Reserva
46. Reserva
47. Reserva
48. Reserva

#### Salidas digitales

1. Orden de cierre Q1 (Actuación sobre relé auxiliar de mando K1)
2. Orden de apertura Q1 (Actuación sobre relé auxiliar de mando K2)
3. Orden de cierre Q2 (Actuación sobre relé auxiliar de mando K3)
4. Orden de apertura Q2 (Actuación sobre relé auxiliar de mando K4)
5. Orden de cierre Q5 (Actuación sobre relé auxiliar de mando K5)
6. Orden de apertura Q5 (Actuación sobre relé auxiliar de mando K6)
7. Orden de cierre Q6 (Actuación sobre relé auxiliar de mando K7)
8. Orden de apertura Q6 (Actuación sobre relé auxiliar de mando K8)
9. Orden de cierre Q1F (Actuación sobre relé auxiliar de mando K9)
10. Orden de apertura Q2F (Actuación sobre relé auxiliar de mando K10)

11. Actuación Aguja 1 + (Actuación sobre relé auxiliar de mando K11)
12. Actuación Aguja 1 - (Actuación sobre relé auxiliar de mando K12)
13. Orden de cierre Q3F (Actuación sobre relé auxiliar de mando K13)
14. Orden de apertura Q3F (Actuación sobre relé auxiliar de mando K14)
15. Actuación Aguja 2 + (Actuación sobre relé auxiliar de mando K15)
16. Actuación Aguja 2 - (Actuación sobre relé auxiliar de mando K16)
17. Orden de cierre Q4F (Actuación sobre relé auxiliar de mando K17)
18. Orden de apertura Q4F (Actuación sobre relé auxiliar de mando K18)
19. Orden de cierre Q14F (Actuación sobre relé auxiliar de mando K19)
20. Orden de apertura Q14F (Actuación sobre relé auxiliar de mando K20)
21. Orden de cierre Q25F (Actuación sobre relé auxiliar de mando K21)
22. Orden de apertura Q25F (Actuación sobre relé auxiliar de mando K22)
23. Orden de cierre Q26F (Actuación sobre relé auxiliar de mando K23)
24. Orden de apertura Q26F (Actuación sobre relé auxiliar de mando K24)
25. Orden de cierre Q27F (Actuación sobre relé auxiliar de mando K25)
26. Orden de apertura Q27F (Actuación sobre relé auxiliar de mando K26)
27. Reserva (Actuación sobre relé auxiliar de mando K27)
28. Reserva (Actuación sobre relé auxiliar de mando K28)
29. Reserva (Actuación sobre relé auxiliar de mando K29)
30. Reserva (Actuación sobre relé auxiliar de mando K30)
31. Reserva (Actuación sobre relé auxiliar de mando K31)
32. Encendido/apagado del alumbrado (Actuación sobre relé auxiliar de mando K32)

Esta relación de entradas y salidas tipo se corresponde a una de las paradas existentes. Cabe destacar que para diferenciarlas unas de otras y conocer en cada caso en el puesto de mando central qué interruptor "Q", telerruptor "T", contactor o relé "K" se seguirá la siguiente codificación:

- Parada de Kansas City: anteponer un "8" a la señal; este código era usado por la parada provisional de Luis de Morales perteneciente a la fase anterior y que es desmontada con motivo de la ejecución del presente proyecto.
- Parada de Santa Justa: anteponer un "9" a la señal.

Las paradas dispondrán de las siguientes entradas y salidas adicionales:

#### Entradas digitales

1. Estado del interruptor Q3 (Línea nº3: 660 V)
2. Defecto del interruptor Q3 (Línea nº3: 660 V)
3. Estado del interruptor Q4 (Línea nº4: 660 V)
4. Defecto del interruptor Q4 (Línea nº4: 660 V)

#### Salidas digitales

1. Orden de cierre Q3 (Línea nº3: 660 V)
2. Orden de apertura Q3 (Línea nº3: 660 V)
3. Orden de cierre Q4 (Línea nº4: 660 V)
4. Orden de apertura Q4 (Línea nº4: 660 V)

##### 4.2.2.5 Cables

Cable 0,6/1 kV BUPRENO

Tipo de cable: DN-K

Composición:

- Conductor: cobre electrolítico, clase 5, conforme a UNE 21022.
- Aislamiento: etileno-propileno de alto módulo, HEPR o EPR.
- Cubierta exterior: termoestable tipo SE1, conforme a IEC 60502-1.

Normas eléctricas y construcción:

- Métodos de ensayo s/ IEC 60.502.
- No propagador de la llama s/ UNE EN 50.265-2-1.
- Resistente a la absorción de agua, al frío, a los agentes químicos, a las grasa y aceites, y a la abrasión.

##### 4.2.2.6 Luminarias

#### Luminaria Tranviaria

- Fabricante: Schreder o similar

- Protección: IP65
- Valor IK: IK07
- Potencia de entrada: (Equivalente a la existente en la fase anterior)
- Seguridad Clase I
- Temperatura de color: 4000 K
- Flujo luminoso: (Equivalente al existente en la fase anterior)

#### 4.2.3 Ejecución de las obras

##### 4.2.3.1 Transformadores reductores de tensión

Los transformadores se instalarán sobre las bases de los cuadros eléctricos de 660 Vac. Una vez colocados, se realizarán todas las conexiones primarias y secundarias, la puesta a tierra del neutro y de la envolvente, y cualquier trabajo necesario para dejar los transformadores correctamente instalados y bloqueados.

Se realizarán todas aquellas pruebas que juzgue necesarias el Director de Obra, para lo cual el CONTRATISTA pondrá a su disposición las personas y herramientas que necesiten.

El CONTRATISTA deberá cuidar y responsabilizarse de que por parte del personal que realiza los trabajos, se cumplan la normativa vigente de Seguridad y Salud.

##### 4.2.3.2 Cuadros eléctricos

Los cuadros de distribución se colocarán en el lugar indicado en los planos. La colocación en lugar distinto al indicado deberá ser aprobado por el Director de Obra. El instalador deberá en este caso, realizar los planos de montaje necesarios donde se indiquen en detalle las modificaciones requeridas de diseño. El conjunto de las nuevas instalaciones deberá ser aprobada por el Director de Obra.

La colocación de los cuadros se coordinará tanto a nivel de proyecto como de construcción y montaje con el proyectista de la envolvente de los equipos (cuadros de comunicaciones con PLC, máquinas canceladoras, expendedoras, etc.).

Los cuadros de baja tensión serán montados sobre bastidores, de modo que queden realizados del suelo.

Los cuadros o celdas vendrán equipadas con su aparellaje, de fábrica o del taller del instalador. Tanto los materiales como su montaje e instalación cumplirán con la normativa vigente.

El transporte y colocación de los cuadros o celdas se hará con elementos de transporte útiles adecuados como carretilla de horquillas o dispositivos de elevación. Los cuadros, durante los trabajos de colocación, serán arrastrados sobre el suelo lo menos posible y en caso de hacerlo, se asegurará que los mismos no sufren deterioro alguno. Se seguirán las recomendaciones del fabricante.

El nivelado de los cuadros será total a fin de que todos los elementos móviles puedan ser operados con facilidad.

La instalación de tierras áreas se coordinará con la obra civil, de manera que una vez realizada la malla de tierras enterrada con sus picas y antes de rellenar las zanjas y colocar las arquetas se suministrarán y montarán 4 esperas de 4 metros de longitud con cable de cobre desnudo de 70 mm<sup>2</sup>.

La barra de puesta a tierra se conectará a lo largo de todos los cuadros y a la misma deberán conectarse todas las envolventes de los elementos metálicos que tengan acceso directo. En los extremos de la barra, se conectará el cable principal de tierra, con elementos apropiados de conexión.

Especial precaución deberá tenerse en la secuencia de fases y en el marcado de los cables.

El CONTRATISTA deberá cuidar y responsabilizarse de que por parte del personal que realiza los trabajos, se cumplan la normativa vigente de Seguridad y Salud.

#### 4.2.3.3 SAI

El sistema de corriente continua y ondulator se colocará en el interior de la envolvente de acero inoxidable junto con los cuadros eléctricos, máquinas canceladoras, etc. La colocación en lugar distinto al indicado deberá ser aprobado por el Director de Obra. El instalador deberá en este caso, realizar los planos de montaje necesarios donde se indiquen en detalle las modificaciones requeridas de diseño. El conjunto de las nuevas instalaciones deberá ser aprobada por el Ingeniero Director.

El cuadro vendrá equipado con todo su aparellaje de fábrica o del taller del instalador. Tanto los materiales como su montaje e instalación cumplirán con la normativa vigente.

El transporte y colocación de los equipos se hará con elementos de transporte y útiles adecuados, como carretilla de horquillas o dispositivos de elevación. Durante los trabajos de colocación, será arrastrado lo menos posible y, en caso de hacerlo, se asegurará que el mismo no sufra deterioro alguno. Se seguirán las recomendaciones del fabricante.

Cuando el equipo sea enviado a la obra en más de un conjunto, éstos se ensamblarán teniendo en cuenta la alineación y nivelación. Asimismo, se ensamblarán siguiendo las instrucciones del fabricante.

Una vez instalados todos los equipos y elementos, se procederá a la puesta en marcha, comprobando que todos los equipos responden a las condiciones técnicas para los que han sido diseñados.

El CONTRATISTA deberá cuidar y responsabilizarse de que por parte del personal que realiza los trabajos, se cumplan la normativa vigente de Seguridad y Salud.

#### 4.2.3.4 PLCs

Los PLCs se montarán en los racks dispuestos en los cuadros de comunicaciones. La colocación en lugar distinto al indicado deberá ser aprobado por el Director de Obra. El instalador deberá en este caso, realizar los planos de montaje necesarios donde se indiquen en detalle las modificaciones requeridas de diseño. El conjunto de las nuevas instalaciones deberá ser aprobada por el Director de Obra.

El CONTRATISTA deberá cuidar y responsabilizarse de que por parte del personal que realiza los trabajos, se cumplan la normativa vigente de Seguridad y Salud.

#### 4.2.3.5 Tubos

Los tubos irán enterrados en el suelo de la parada a 100 mm de profundidad como mínimo para la alimentación a los puntos de alumbrado en marquesina y en exteriores sobre columnas.

#### 4.2.3.6 Cables

Todos los cables se enviarán a obra en bobinas normalizadas y debidamente protegidas con duelas. No se admitirán empalmes intermedios en los cables.

El tendido de los cables se hará con sumo cuidado, con medios adecuados al tipo de cable, evitando la formación de cocas y torceduras, así como los roces perjudiciales y las tracciones exageradas.

No se curvarán los cables con radios inferiores a los recomendados por el fabricante y que, en ningún caso, serán interiores a 8 veces su diámetro, ni se enrollarán con diámetros más pequeños que el de la capa inferior asentada sobre bobina de fábrica.

No se colocarán cables durante las heladas, ni estando éstos demasiado fríos, debiendo, por lo menos, permanecer doce horas en almacén a 20 grados centígrados antes de su colocación, sin dejarlos a la intemperie más que el tiempo preciso para su instalación.

Los aislamientos de la instalación deberán ser los reglamentados en función de la tensión del sistema.

Los cables para cada uno de los distintos sistemas de alimentación estarán convenientemente identificados y separados en el trazado, de manera que sean fácilmente localizables.

Los cables estarán canalizados en bandejas o en tubos, según los sistemas previstos en la instalación.

Las secciones serán las indicadas en el Proyecto. Cualquier cambio de sección de conductores deberá ser aprobado por el Director de Obra.

Se utilizarán colores de cubiertas normalizados. Los cables correspondientes a cada circuito se identificarán convenientemente en el inicio del circuito al que corresponde y durante su recorrido, cuando las longitudes sean largas o cuando por los cambios de trazado, sea difícil su identificación. Para ello, se utilizarán cinta aislante, etiquetas y otros elementos de identificación adecuados.

Los empalmes y conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones, por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Los conductores de sección superior a 6 mm<sup>2</sup> deberán conectarse por medio de terminales adecuados, cuidando siempre de que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

En general, para la instalación de conductores se seguirán las normas indicadas en el reglamento de baja tensión y la norma UNE 20.435.

#### 4.2.3.7 Luminarias

La fijación o suspensión de las luminarias se realizará de forma que la línea de alimentación eléctrica no se encuentre sometida a esfuerzos mecánicos en ningún momento, ni se produzcan roces con partes cortantes que puedan dañar el aislamiento.

En todos los pasos de conductor eléctrico a través de elementos de chapa se instalarán boquillas de caucho.

La conexión entre el cableado de la luminaria y la alimentación eléctrica se realizará mediante clemas y, preferiblemente, con conectores rápidos en el caso de luminarias instaladas en falsos techos registrables.

No se utilizarán las luminarias como cajas de paso para alimentar otras, salvo en los casos en los que las luminarias estén diseñadas para ello.

El montaje de las luminarias dependerá de la ubicación. Las luminarias que van en postes de catenaria deberán incluir la sujeción de dichas luminarias a los postes. Mientras que por otro lado existen luminarias situadas en el eje de la vía que deberán ser montadas sobre báculos. Todas las ejecuciones de luminarias contendrán el material necesario para la correcta instalación de la luminaria.

#### 4.2.4 Medición y abono

##### 4.2.4.1 Transformadores reductores de tensión

Los transformadores se medirán por unidad completa totalmente instalada y en funcionamiento, incluyendo elementos accesorios y conexiones.

Los transformadores se abonarán según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios para cada tipo de transformador.

##### 4.2.4.2 Cuadros eléctricos

Los cuadros de baja tensión se medirán por unidad completa, totalmente instalada, en funcionamiento, incluyendo elementos accesorios, conexiones y pruebas.

Los cuadros de baja tensión o centro se abonarán según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios para cada tipo de cuadro.

##### 4.2.4.3 Grupo cargador, baterías y ondulator

El equipo cargador de baterías y ondulator se medirá por unidad completa de cuadro totalmente instalado, en funcionamiento, incluyendo elementos accesorios y conexiones.

El equipo cargador de baterías y ondulator se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

##### 4.2.4.4 PLCs

Esta unidad comprenderá el traslado, almacenaje, ampliación, acondicionamiento, instalación y pruebas de la unidad remota. La unidad se medirá y abonará en funcionamiento.

El sistema de PLCs se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

##### 4.2.4.5 Tubos

Los tubos se medirán por metro lineal, totalmente instalado, incluyendo accesorios y fijación y montaje.

Los tubos se abonarán por metro lineal, según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios para cada tipo y diámetros.

#### 4.2.4.6 Cables

Los cables eléctricos se medirán por metro lineal, totalmente instalado, incluyendo accesorios de fijación, montaje, identificación y conexionado.

El precio incluye el suministro, bobinas de transporte, transporte a obra, limpieza y acondicionamiento de canalizaciones existentes, tendido, inspecciones y pruebas, y en general todos aquellos trabajos no indicados que sean necesarios para la correcta ejecución y terminación de esta unidad de obra.

Los cables eléctricos se abonarán por metro lineal, según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios para cada tipo y diámetro de los cables.

#### 4.2.4.7 Luminarias

Las luminarias, se medirán por unidad completa, incluido el brazo o sujeción a parada o catenaria cuando sea necesario, totalmente instalada, en funcionamiento, incluyendo elementos accesorios, conexiones y pruebas. Cuando se instale con brazo incluye cimentación.

Las luminarias se abonarán según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios para cada tipo de cuadro.

### 4.2.5 Ensayos y pruebas

#### 4.2.5.1 Transformadores reductores de tensión

##### **Certificados de ensayos tipo**

Se requiere la presentación de certificados correspondientes a los siguientes ensayos tipo, para los transformadores de tracción:

- Ensayo de aislamiento.

En el caso de que no se disponga de certificado, se realizarán los ensayos sobre uno de los transformadores.

- Ensayos de recepción

Los ensayos de recepción serán los de rutina de la norma UNE 20178, excepto cuando expresamente se especifique otra cosa.

Todos los instrumentos que forman parte o se utilicen en los trabajos de recepción estarán calibrados por una autoridad independiente y acreditada.

Toda la mano de obra, materiales, aparatos e instrumentos para los ensayos de fábrica, serán proporcionados por el Suministrador.

Estos ensayos se realizarán en fábrica en todos los transformadores estando éstos completamente montados y con todos sus accesorios.

Los ensayos y comprobaciones a los que se verán sometidos serán como mínimo los siguientes:

- Comprobación de dimensiones y disposición de los diferentes accesorios.
- Medida de la resistencia de los devanados para la toma principal y para las tomas extremas.
- Comprobación de la relación de transformación para todas y cada una de las tomas.
- Comprobación de la polaridad y correspondencia de fases de los devanados en la toma principal.
- Comprobación del grupo de conexión.
- Ensayo de resistencia de aislamiento.
- Determinación de las pérdidas en vacío a la tensión nominal y al 110% de la tensión nominal para la toma principal.
- Medida de la corriente de excitación a la tensión nominal y al 110% de la tensión nominal para la toma principal.
- Determinación de la tensión de cortocircuito y de las pérdidas en el cobre a la intensidad nominal para la toma principal.
- Ensayo de tensión aplicada.
- Ensayo de tensión inducida.
- Ensayo de descargas parciales.
- Ensayo de nivel de ruido.

- Ensayos de recepción definitiva

Estos ensayos se realizarán directamente en la instalación antes de expirar el plazo de garantía. Para ello se repetirán los ensayos necesarios para comprobar si los equipos suministrados conservan sus características y cumplen las condiciones necesarias para realizar perfectamente su misión.

Se procederá, así mismo, al examen de los elementos fundamentales, no debiendo presentar éstos señal alguna de anomalía por calentamiento o esfuerzos mecánicos.

Si los resultados de los ensayos y comprobaciones anteriores son satisfactorios, se llevará a cabo la recepción definitiva, levantándose el acta correspondiente.

#### 4.2.5.2 Cuadros eléctricos

##### **Certificados de ensayos tipo**

Se requiere la presentación de los siguientes ensayos tipo:

- Resistencia a los cortocircuitos
- Calentamiento
- Ensayos de rutina

Se realizarán los siguientes ensayos y pruebas de rutina en fábrica y especificados en las normas:

- Inspección y cableado y de funcionamiento eléctrico, así como comprobación de marcas y etiquetas.
- Ensayos dieléctricos de los circuitos principales y auxiliares, salvo elementos que por sus características no puedan someterse a la tensión de ensayo, tales como circuitos electrónicos.
- Verificación de las medidas de protección y de la continuidad eléctrica de los circuitos de protección.

El fabricante adjuntará, a los planos e información técnica, así como los protocolos de los ensayos.

#### 4.2.5.3 Grupo cargador, baterías y ondulator

Se realizarán las siguientes pruebas:

- Pruebas de control de aislamiento entre cualquier parte activa y masa, durante 1 min. a frecuencia industrial a 15 kV.
- Pruebas de desequilibrio de corriente entre los distintos brazos de cada una de las fases, cuando por el rectificador está circulando la corriente nominal.
- Control de funcionamiento de los circuitos auxiliares del rectificador, microfusibles, dispositivo enclavamiento, etc.
- Inspección de cableado y de funcionamiento eléctrico, así como comprobación de marcas y etiquetas.

- Ensayos dieléctricos de los circuitos principales y auxiliares, salvo en aquellos que por sus características no puedan someterse a la tensión de ensayo.
- Verificación de los distintos valores de tensiones e intensidades para varios porcentajes de carga y los siguientes regímenes:
  - Carga rápida.
  - Carga excepcional o profunda.
- Flotación con batería y sin batería.

Especial atención se tendrá en los valores máximos y de rizado de la tensión de salida del rectificador.

- Comprobación del ciclo de descarga de la batería.

#### 4.2.5.4 Cables

Se requerirá la presentación de certificados de cumplimiento de la normativa referenciada en este pliego de prescripciones.

#### 4.2.5.5 Luminarias

Cuando el material llegue a obra con certificado de origen industrial que acredite el cumplimiento de la normativa vigente, su recepción se realizará comprobando, únicamente, sus características aparentes.

Los ensayos de aprobación y homologación de los equipos suministrados deberán exigir los siguientes datos:

- Medida de consumo de energía de la lámpara.
- Medida del flujo luminoso inicial.
- Ensayo de duración para la determinación de la vida media.
- Ensayo de depreciación, con medida del flujo luminoso al final de la vida media.
- Medida del consumo del equipo de encendido.
- Funcionamiento de bloques autónomos de emergencia y señalización. Nivel de iluminación de emergencia en las vías de evacuación.
- Caídas de tensión en circuitos de fuerza y de alumbrado.

Los siguientes elementos de la instalación podrán ser comprobados:

- Número de luminarias.
- Situación de las luminarias.
- Separación entre luminarias y paredes u obstáculos.
- Altura de montaje.
- Fijación al soporte o techo.
- Conexiones eléctricas (mediante clemas).

- Existencia de puesta a tierra.
- Dimensiones de las cimentaciones (luminarias para exteriores).

#### 4.3. CATENARIA

##### 4.3.1 Introducción

En este capítulo se definen los conjuntos que constituirán la línea aérea de contacto del nuevo Metro Ligero en Superficie del Centro de Sevilla.

##### 4.3.2 Condiciones de servicio

Las condiciones que definen aproximadamente la situación geográfica del área de Sevilla son:

- Latitud: 37° 37' norte
- Longitud: 5° 98' oeste
- Altura sobre nivel del mar: <1.000 m

En cuanto a las condiciones climáticas, se considerarán las siguientes:

- Temperatura media anual: 18,6°C
- Temperatura máxima: 35,3°C
- Temperatura mínima: 5,2°C
- Humedad relativa: 70%
- Precipitación anual media: 534 mm

La línea aérea de contacto podrá estar sometida a un régimen de operación de 24 horas al día.

##### 4.3.3 Postes

###### 4.3.3.1 Desmontaje de postes de perfil cilíndrico (Catenaria/Farola)

###### Definición y condiciones generales

Esta unidad de obra comprende el desmontaje de un poste de electrificación tipo columna cilíndrica de chapa o bien farola, galvanizado en caliente y pintado, con placa y pernos de anclaje en la base, incluye desmontaje del tubo de refuerzo exterior en la parte baja, las ménsulas y todos los materiales auxiliares, elementos embellecedores, etc., herramientas y maquinaria necesaria para su correcto desmontaje.

###### Condiciones del proceso de ejecución

El desmontaje de los postes se hará en condiciones que se garantice la seguridad, tanto de las personas como de la explotación de la línea.

Se incluye en el desmontaje, aparte del poste y de todos los materiales auxiliares para el montaje del mismo, el acondicionamiento del terreno una vez se haya retirado el poste, dejando el terreno en similares condiciones al resto de su alrededor.

Una vez retirado el poste, se acopiará en el lugar indicado por la Dirección de Obra.

El transporte de los postes se hará en condiciones tales que sus puntos de apoyo queden bien promediados respecto a la longitud de los mismos.

Se evitarán las sacudidas bruscas durante el transporte y en la carga y descarga se prohíbe toda clase de golpes. Asimismo, los apoyos no serán arrastrados ni golpeados.

En el depósito en obra se colocarán los postes con una separación de éstos con el suelo y entre ellos, por lo que se pondrán como mínimo tres puntos de apoyo, los cuales serán tacos de madera y todos ellos de igual tamaño; por ninguna razón se utilizarán piedras para este fin.

###### Medición y abono

Se medirá por unidad de desmontaje de poste tipo cilíndrico de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra comprende el desmontaje del poste y todos los elementos auxiliares del mismo, así como la demolición del macizo y el acondicionamiento del terreno. Incluye, además, el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje y perfecto acabado de las unidades, y el transporte de los postes y elementos desmontados a almacén a indicar por Dirección de Obra, así como el transporte a vertedero de los elementos demolidos.

###### 4.3.3.2 Postes de perfil cilíndrico o troncocónico

###### Definición y condiciones generales

La elección del poste a utilizar corresponderá a la dirección del proyecto.

Esta unidad de obra comprende el suministro y colocación de un poste de electrificación tipo columna cilíndrica de chapa de 6 mm y 10 mm de espesor, diámetro 300 mm y altura 8 m en una sola pieza, galvanizado en caliente y pintado, con placa y pernos de anclaje en la base, incluye tubo de refuerzo

exterior en la parte baja y todos los materiales auxiliares, elementos embellecedores, etc., herramientas y maquinaria necesaria para su correcta instalación.

Los postes cilíndricos a utilizar serán los siguientes:

- Postes con espesor 6 mm en ubicación normal.
- Postes con espesor 10 mm en ejes de agujas y seccionamiento.

O bien, el suministro y colocación de un poste de electrificación tipo columna troncocónica de chapa de 8 mm y 10 mm de espesor, diámetro 320 mm en la base y altura 10 m en una sola pieza, galvanizado en caliente y pintado, con placa y pernos de anclaje en la base, incluye tubo de refuerzo.

exterior en la parte baja y todos los materiales auxiliares, elementos embellecedores, etc., herramientas y maquinaria necesaria para su correcta instalación.

Los postes troncocónicos a utilizar serán los siguientes:

- Postes con espesor 8 mm en ubicación normal.
- Postes con espesor 10 mm en ejes de agujas y seccionamiento.

Los postes dispondrán de las ventanas para feeder que sean necesarias.

#### Condiciones del proceso de ejecución

El transporte de los postes se hará en condiciones tales que sus puntos de apoyo queden bien promediados respecto a la longitud de los mismos.

Se evitarán las sacudidas bruscas durante el transporte y en la carga y descarga se prohíbe toda clase de golpes. Asimismo, los apoyos no serán arrastrados ni golpeados.

En el depósito en obra se colocarán los postes con una separación de éstos con el suelo y entre ellos, por lo que se pondrán como mínimo tres puntos de apoyo, los cuales serán tacos de madera y todos ellos de igual tamaño; por ninguna razón se utilizarán piedras para este fin.

La distancia entre el eje de los postes y la cara exterior de la cabeza del carril más próximo será como mínimo la que presenta la norma

Las distancias anteriores se considerarán como mínimas, siendo el CONTRATISTA responsable del cumplimiento de las mismas, sin poder disminuirlas por ningún motivo.

Queda prohibido instalar postes que obstaculicen pasos a nivel, pasos peatonales o visibilidad de las señales.

El izado de los postes deberá realizarse de tal forma que sus elementos integrantes no sean solicitados excesivamente. En cualquier caso, los esfuerzos serán inferiores al límite elástico.

Se recomienda que el izado se realice con pluma o grúa, evitando que el aparejo dañe al poste.

#### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro y montaje de poste tipo de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra comprende el suministro y montaje del poste y todo lo necesario para situar el poste a pie de obra, izado del mismo o bien de forma manual o con medios mecánicos, correcta colocación, de aplomado o contraflecha, asegurando su estabilidad hasta fraguado del hormigón, incluyendo su recibido. Incluye, además, el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje y perfecto acabado de las unidades.

#### 4.3.3.3 Montaje y acondicionamiento de postes cilíndricos de recuperación

#### Definición y condiciones generales

Esta unidad de obra comprende el montaje, acondicionamiento, pintado y transporte a lugar de instalación de poste cilíndrico de recuperación.

#### Condiciones del proceso de ejecución

El transporte de los postes se hará en condiciones tales que sus puntos de apoyo queden bien promediados respecto a la longitud de los mismos.

Se evitarán las sacudidas bruscas durante el transporte y en la carga y descarga se prohíbe toda clase de golpes. Asimismo, los apoyos no serán arrastrados ni golpeados.

En el depósito en obra se colocarán los postes con una separación de éstos con el suelo y entre ellos, por lo que se pondrán como mínimo tres puntos de apoyo, los cuales serán tacos de madera y todos ellos de igual tamaño; por ninguna razón se utilizarán piedras para este fin.

Una vez acopiados se realizarán sobre los mismos todos los trabajos de acondicionamiento, limpieza y pintado de cada uno de los postes recuperados de la línea.

En el caso que proceda, según criterio de Dirección de Obra y TUSAM, se volverán a galvanizar en caliente los postes que se consideren necesarios.

### Medición y abono

Se medirá por unidad de poste saneado, acondicionado y montado, incluso pintado y galvanizado si procede. Se abonarán según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra comprende el montaje, acondicionamiento, pintado y transporte a lugar de instalación de poste cilíndrico de recuperación.

#### 4.3.3.4 Suministro de poste para compensación de tensión

### Definición y condiciones generales

Esta unidad de obra comprende el suministro y montaje de postes tipo "P5" para uso como conjunto de compensación

### Condiciones del proceso de ejecución

El transporte de los postes se hará en condiciones tales que sus puntos de apoyo queden bien promediados respecto a la longitud de los mismos.

Se evitarán las sacudidas bruscas durante el transporte y en la carga y descarga se prohíbe toda clase de golpes. Asimismo, los apoyos no serán arrastrados ni golpeados.

En el depósito en obra se colocarán los postes con una separación de éstos con el suelo y entre ellos, por lo que se pondrán como mínimo tres puntos de apoyo, los cuales serán tacos de madera y todos ellos de igual tamaño; por ninguna razón se utilizarán piedras para este fin.

Una vez acopiados se realizarán sobre los mismos todos los trabajos de acondicionamiento, limpieza y pintado de cada uno de los postes recuperados de la línea.

### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro y montaje de poste tipo de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra comprende el suministro y montaje del poste y todo lo necesario para situar el poste a pie de obra, izado del mismo o bien de forma manual o con medios mecánicos, correcta colocación, de aplomado o contraflecha, asegurando su estabilidad hasta fraguado del hormigón, incluyendo su recibido. Incluye, además, el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje y perfecto acabado de las unidades

### 4.3.4 Conjuntos de línea aérea de contacto tranviaria

#### 4.3.4.1 Montaje de conjunto de ménsula de recuperación

### Definición y condiciones generales

Esta unidad de obra comprende el montaje, acondicionamiento, pintado y transporte a lugar de instalación de poste cilíndrico de recuperación, incluido todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcta instalación para poste lateral con sujeción para dos vías.

### Condiciones del proceso de ejecución

En el montaje se pondrá especial atención en conseguir la mayor libertad de movimiento de giro de la ménsula, extremando el correcto montaje de la articulación.

En el momento de montaje las ménsulas deberán quedar giradas en el ángulo especificado en el Proyecto, en función de la temperatura y la distancia al punto fijo de amarre de la zona de compensación mecánica. A la temperatura media de la región, las ménsulas se encontrarán situadas en el plano vertical que contenga a la bisectriz del ángulo formado por los hilos de contacto dispuesto en zigzag. Para la temperatura media, salvo indicación en contrario, se supondrá el valor de 20°C.

La ménsula se montará de forma que su cuerpo quede en posición horizontal.

En puntos singulares (seccionamientos, agujas, anclajes) se montarán ménsulas giratorias alargadas.

### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro y montaje de conjunto de ménsula de recuperación, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Se medirá por unidad de ménsula saneada, acondicionada y montada, incluso pintado y galvanizado si procede. Se abonarán según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

- Ud Montaje de conjunto de ménsula de recuperación

#### 4.3.4.2 Suministro y montaje de conjunto de ménsula

### Definición y condiciones generales

En esta unidad de obra incluye el suministro y montaje de una ménsula giratoria, de acero galvanizado en caliente y pintada, con tirantes de sujeción aisladores y equipos de sujeción al poste, incluido todos

los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcta instalación para poste lateral con sujeción para dos vías.

La ménsula podrá ser también de material de fibra de vidrio, con protección para rayos UVA y agentes atmosféricos.

#### Condiciones del proceso de ejecución

En el montaje se pondrá especial atención en conseguir la mayor libertad de movimiento de giro de la ménsula, extremando el correcto montaje de la articulación.

En el momento de montaje las ménsulas deberán quedar giradas en el ángulo especificado en el Proyecto, en función de la temperatura y la distancia al punto fijo de amarre de la zona de compensación mecánica. A la temperatura media de la región, las ménsulas se encontrarán situadas en el plano vertical que contenga a la bisectriz del ángulo formado por los hilos de contacto dispuesto en zigzag. Para la temperatura media, salvo indicación en contrario, se supondrá el valor de 20°C.

La ménsula se montará de forma que su cuerpo quede en posición horizontal.

En puntos singulares (seccionamientos, agujas, anclajes) se montarán ménsulas giratorias alargadas.

#### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro y montaje de conjunto de ménsula, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra comprende el suministro y montaje de conjunto de ménsula, tirantes de sujeción, aisladores y equipos de sujeción al poste. Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje; perfecto acabado de las unidades, y correcta regulación de las alturas, descentramientos, etc. de todas las unidades que lo requieran.

- Ud Suministro y montaje de conjunto de ménsula

#### 4.3.4.3 Suministro y montaje de conjunto de ménsula para seccionamiento y agujas

#### Definición y condiciones generales

En esta unidad de obra incluye el suministro y montaje de un conjunto doble ménsula giratoria, de acero galvanizado en caliente y pintada, con tirantes de sujeción aisladores y equipos de sujeción al poste,

incluido todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcta instalación para poste lateral con sujeción para dos vías, para seccionamientos y agujas.

La ménsula podrá ser también de material de fibra de vidrio, con protección para rayos UVA y agentes atmosféricos.

#### Condiciones del proceso de ejecución

En el montaje se pondrá especial atención en conseguir la mayor libertad de movimiento de giro de la ménsula, extremando el correcto montaje de la articulación.

En el momento de montaje las ménsulas deberán quedar giradas en el ángulo especificado en el Proyecto, en función de la temperatura y la distancia al punto fijo de amarre de la zona de compensación mecánica. A la temperatura media de la región, las ménsulas se encontrarán situadas en el plano vertical que contenga a la bisectriz del ángulo formado por los hilos de contacto dispuesto en zigzag. Para la temperatura media, salvo indicación en contrario, se supondrá el valor de 20°C.

La ménsula se montará de forma que su cuerpo quede en posición horizontal

#### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro y montaje de conjunto de ménsula para seccionamientos y agujas, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra comprende el suministro y montaje de conjunto de ménsula, tirantes de sujeción, aisladores y equipos de sujeción al poste. Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje; perfecto acabado de las unidades, y correcta regulación de las alturas, descentramientos, etc. de todas las unidades que lo requieran.

- Ud Suministro y montaje de conjunto de ménsula para seccionamiento y agujas

#### 4.3.4.4 Pórticos flexibles hasta 10m

#### Definición y condiciones generales

En esta unidad de obra incluye el suministro y montaje pórtico flexible hasta 10 m de longitud y atirantado, compuesto por tensores, cables aislantes y abrazaderas a poste, incluido todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcta instalación.

### Condiciones del proceso de ejecución

Los pórticos flexibles estarán formados por cables transversales de tipo sintético y aislante de 11 mm de diámetro. Este se regulará mediante sendos tensores, que permitirán el ajuste de tensión del cable.

Podrán ser instalados sobre los postes de catenaria o sobre las fachadas de obra civil, previa adaptación de sus terminales.

No necesitan aislamiento, pues la configuración del cable hace de éste un perfecto aislante.

Podrán ser instalados sobre los postes de catenaria o sobre las fachadas de obra civil, previa

### Medición y abono

Se medirá por unidad suministro y montaje de pórtico flexible, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra comprende el suministro y montaje de pórtico flexible hasta 10 m de longitud y atirantado, compuesto por tensores, cables aislantes y abrazaderas a poste. Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje; perfecto acabado de las unidades, y correcta regulación de las alturas, descentramientos, etc. de todas las unidades que lo requieran.

- Ud Pórtico flexible hasta 10 m.

#### 4.3.4.5 Suspensión "delta"

### Definición y condiciones generales

En esta unidad de obra se incluye el suministro y montaje de un conjunto de Delta normal o deslizante, con o sin palancas antitorsión, con terminal para cable kevlar y sujeciones con gancho. Incluido todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcta instalación.

### Condiciones del proceso de ejecución

El conjunto de suspensión se colocará sobre la ménsula con el descentramiento adecuado respecto del eje de la vía.

En recta o curva  $R > 2.000$  m se colocará la delta con palancas para evitar la torsión del cable por el descentramiento del hilo de contacto

### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro y montaje de un conjunto de "delta", de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra incluye el suministro y montaje de la suspensión "delta" sobre la ménsula. Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje; perfecto acabado de las unidades, y correcta regulación de las alturas, descentramientos, etc. de todas las unidades que lo requieran.

- Ud Suspensión delta.

#### 4.3.4.6 Brazo tensor de 750 Vcc

### Definición y condiciones generales

En esta unidad de obra se incluye el suministro y montaje de un conjunto de brazo tensor tipo "fuera" o "dentro" con las dimensiones necesarias y aislado a 750 Vcc, con terminal para cable kevlar, sujeciones con gancho, incluidos todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcta instalación.

### Condiciones del proceso de ejecución

Se colocará para atirantar hacia fuera o hacia dentro, según sea, el hilo de contacto en curvas.

El conjunto de atirantado se montará sobre el cuerpo de la ménsula o en el hastial del túnel o herraje en túnel, según proceda, y el brazo de atirantado por medio de las grifas se agarrarán en el doble ó simple hilo de contacto, descentrando dicho hilo en la misma magnitud y sentido de la delta de suspensión.

### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro y montaje de un conjunto de brazo tensor aislado 750Vcc, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra incluye el suministro y montaje del conjunto de atirantado sobre la ménsula. Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje; perfecto acabado de las unidades, y correcta regulación de las alturas, descentramientos, etc. de todas las unidades que lo requieran.

- Ud Brazo tensor aislado 750 Vcc.

#### 4.3.4.7 Hilo de contacto

##### Definición y condiciones generales

En esta unidad de obra se incluye el suministro y tendido del hilo de contacto de cobre ranurado de 150 mm<sup>2</sup> de sección. Incluidos todos los materiales auxiliares, pequeño material (empalmes), herramientas y maquinaria necesaria para su correcta instalación.

##### Condiciones del proceso de ejecución

Los hilos de contacto se tenderán con una tensión mínima inicial de 500 kg, que impida la formación de cocas y con quita vueltas. No se harán empalmes en el hilo de contacto. La longitud de las bobinas se pedirá de acuerdo con la longitud de los seccionamientos.

Al tender el hilo de contacto se le dará un tense superior en un 50% a su tensión de trabajo, dejándolo así durante 72 horas. Con esto se consigue que en este tiempo se produzca el 90% del alargamiento total, resultando inapreciable el alargamiento posterior.

Tensión de trabajo: 1000 kg en tramos no compensados y zona de talleres en general, y 1.500 kg en tramos compensados.

La altura del hilo de contacto sobre el carril será:

- Condiciones generales 5,75 m
- Mínima 4,50 m
- Máxima 6,00 m
- Cocheras y talleres 6,40 m

En los talleres para permitir la utilización de puentes grúa por encima del tranvía, se eleva la altura de la catenaria a 6,40 m

En las transiciones de altura del hilo de contacto, la pendiente máxima será del 2 por mil.

##### Medición y abono

Se medirá por metro de suministro y tendido de 1 hilo de contacto de cobre ranurado de 150 mm<sup>2</sup> de sección, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra incluye el suministro, montaje y puesta en servicio del hilo de contacto. Incluye el transporte de todas las herramientas, medios auxiliares y pequeño material al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje; perfecto acabado de las unidades, y correcta regulación de las alturas, descentramientos, etc. de todas las unidades que lo requieran.

- m Hilo de contacto.

#### 4.3.4.8 Seccionamientos de compensación

##### Definición y condiciones generales

En esta unidad de obra se incluye el suministro y montaje de un seccionamiento de compensación y el acondicionamiento de las catenarias y su zona de frotamiento, hasta su correcta situación. Incluidos todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcto montaje.

##### Condiciones del proceso de ejecución

Los cantones de compensación serán de 800 a 1000 m.

Los seccionamientos se montarán con tres vanos. Por tanto, el seccionamiento se compondrá de 2 anclajes y 2 semiejes.

La separación entre catenarias en este tipo de seccionamientos oscilará entre 200 y 300 mm. El solape de las catenarias será como mínimo de 5 m.

El paso a cola de la catenaria a anclar se realizará en el tubo de elevación en el semieje de seccionamiento, no antes.

##### Medición y abono

Se medirá por unidad de montaje de seccionamiento de compensación, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra incluye el montaje del seccionamiento de compensación. No incluye el tendido de cables e hilos, suspensiones, atirantados, colas, aislamientos, ménsulas, conexiones, etc.

Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje; perfecto acabado de las unidades, y correcta regulación de las alturas, descentramientos, etc. de todas las unidades que lo requieran.

- Ud Seccionamiento de compensación.

#### 4.3.4.9 Anclaje de hilos de contacto

##### Definición y condiciones generales

Esta unidad de obra comprende el suministro y montaje de un conjunto de anclaje de hilo de contacto de 150 mm<sup>2</sup>. Incluidos todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcto montaje.

##### Condiciones del proceso de ejecución

La cola de anclaje será de acero de 72 mm<sup>2</sup>.

Los HC se unirán a la cola mediante la horquilla de anclaje con sus pasadores y preformados. Llevarán un aislamiento intermedio que se fijará con tornillos al guardacabos en el lado del cable de acero.

Se fijará al poste mediante 2 horquillas de anclaje, con sus tornillos y preformados correspondientes.

##### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro y montaje de conjunto de anclaje de hilo de contacto sin compensar, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra comprende el suministro y montaje del cable de la cola de anclaje, los guardacabos, los preformados, tornillos, el aislamiento intermedio, las horquillas de anclaje, así como todo el material auxiliar y transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje; perfecto acabado de las unidades, y correcta regulación de las alturas, descentramientos, etc. de todas las unidades que lo requieran.

- Ud Cola de anclaje hilo de contacto.

#### 4.3.4.10 Puntos fijos

##### Definición y condiciones generales

Esta unidad de obra comprende el suministro y montaje de un conjunto punto fijo. Incluidos todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcto montaje.

##### Condiciones del proceso de ejecución

Se montará en mitad del cantón de compensación, para asegurar el correcto funcionamiento de la catenaria compensada.

##### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro y montaje de conjunto de punto fijo, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra comprende el suministro y montaje de las colas de anclaje, con sus aislamientos intermedios correspondientes, a fijación al hilo de contacto o a la suspensión "delta" con sus retenciones, el anclaje al poste de la cola, así como todo el material auxiliar y transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje; perfecto acabado de las unidades, y correcta regulación de las alturas, descentramientos, etc. de todas las unidades que lo requieran.

- Ud Conjunto de punto fijo.

#### 4.3.4.11 Agujas aéreas

##### Definición y condiciones generales

Esta unidad de obra comprende el suministro y montaje de una aguja aérea, así como de las alimentaciones, incluidos todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcto montaje.

##### Condiciones del proceso de ejecución Preparación del cable a emplear.

Colocación de las conexiones de alimentación en los hilos de contacto elevados en las agujas aéreas.

Conexión de grifas de presión adecuadas permitiendo un máximo de 16 mm de diámetro, es decir, 150 mm<sup>2</sup> de sección.

##### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro y montaje de una aguja aérea, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra comprende el montaje de la aguja, así como de las alimentaciones entre hilos de contacto. Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje; perfecto acabado de las unidades, y correcta regulación de las alturas, descentramientos, etc. de todas las unidades que lo requieran.

- Ud Aguja aérea.

#### 4.3.5 Alimentaciones de catenaria

##### 4.3.5.1 Cable Feeder

##### Definición y condiciones generales

En esta unidad de obra se incluye el suministro y tendido de cable feeder de acompañamiento de 1 x 630 mm<sup>2</sup> de sección sobre canalización tubular por vía. Incluidos todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcta instalación.

##### Condiciones del proceso de ejecución

El feeder de acompañamiento estará constituido por dos cables de 630 mm<sup>2</sup> de sección con aislamiento 1,8/3 kV y estará instalado sobre canalización tubular

Antes de efectuar el tendido del cable será necesario revisar y limpiar la canalización, a fin de que el arrastre se realice sin obstáculo alguno.

Si se comprueba que el conducto tiene lodo, tierra, etc., se procederá al lavado del conducto mediante chorro de agua y el paso por el conducto de un cepillo cilíndrico. todas las obstrucciones que se detecten deben de ser investigadas y corregidas.

En el interior del conducto se dejará instalado un alambre guía para la posterior instalación del cable o el eventual proceso de limpieza o saneamiento.

El amarre del cable a la cuerda o cable de tiro se hará en función del tamaño y peso del mismo, así como de la forma en que estén cerrados sus extremos.

La bobina con el cable se colocará al mismo lado que la cámara de registro y a una distancia prudencial de la misma de tal modo que el cable pueda entrar desde la parte superior de la bobina, con una ligera curvatura.

Durante la operación de tendido, la bobina se mantendrá levantada por una pareja de gatos adecuados y nivelada. Los cables se tenderán comenzando por los tubos más bajos de la canalización.

Si por cualquier razón se parase el tendido mientras el cable se encuentra entre dos cámaras, se tenderá el sistema de arrastre sin someterse el cable a tensión alguna, en tanto no se indique lo contrario.

El cable feeder se tenderá con el menor número de empalmes.

El feeder se conectará a la catenaria mediante cuadros de seccionamiento de feeder.

##### Medición y abono

Se medirá por metro de suministro y tendido de cable feeder de acompañamiento de 2 x 630 mm<sup>2</sup> de sección, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra incluye la instalación del cable feeder sobre canalización tubular. No incluye el suministro e instalación de la canalización tubular, conexiones con catenaria ni cuadros de seccionamiento de feeder.

Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje; perfecto acabado de las unidades.

- m Cable Feeder.

##### 4.3.5.2 Cuadro Interruptor de Feeder

##### Definición y condiciones generales

Esta unidad de obra incluye el suministro y colocación de cuadros Interruptor de Feeder, telemandado, con la parte proporcional de mando local y remoto, y con las conexiones eléctricas de catenaria y cable feeder de acompañamiento. Incluidos todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcto montaje.

Los cuadros Interruptor de feeder a utilizar serán los siguientes:

- Cuadro Interruptor Feeder positivo "CS". (existente, en las proximidades de la parada a desmontar de Luis de Morales)
- Cuadro Interruptor Seccionamiento de Feeder positivo "CSF". (nuevo)

### Condiciones del proceso de ejecución

El montaje será superficial con entrada y salida de cables solamente por la parte inferior del cuadro a través de arqueta de acceso y siendo éste totalmente accesible por la parte delantera.

El cuadro se colocará en el lugar indicado en los planos. La disposición del cuadro en un lugar distinto al indicado deberá ser aprobado por el Director Facultativo.

Los cuadros serán tipo intemperie con un nivel de protección IP65 y serán de poliéster reforzado con fibra de vidrio, moldeado en caliente, con alta resistencia al impacto, estabilidad de forma al calor, autoextinguible, y con envejecimiento considerado tecnológicamente nulo.

Los ensayos que hay que aplicar a los cuadros serán:

- Ensayo de autoextinguibilidad: según UNE 21305 Clase A.
- Ensayo de resistencia al calor: según UNE 21095.
- Ensayo de protección contra corrosión: según UNE 21095.

En el interior de los cuadros se instalarán los seccionadores de tipo unipolar para tensión de servicio de 750 Vcc.

### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro e instalación de Cuadro Interruptor de feeder, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra incluye el suministro e instalación del cuadro Interruptor de feeder, telemandado, con la parte proporcional de mando local y remoto, y con las conexiones eléctricas de catenaria y cable feeder de acompañamiento, totalmente montado y conexionado. Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada, disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios, acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje, perfecto acabado de las unidades.

- Ud Cuadros Interruptor feeder positivo "CS".
- Ud Cuadros Interruptor Seccionamiento de feeder positivo "CSF".

#### 4.3.5.3 Interruptor de puenteo en poste

### Definición y condiciones generales

Esta unidad de obra incluye el suministro y colocación de un interruptor de puenteo con accionamiento a motor, telemandado y con la parte proporcional del armario correspondiente. Incluidos todos los materiales auxiliares, conexiones a catenaria, herramientas y maquinaria necesaria para su correcto montaje.

### Condiciones del proceso de ejecución

Los interruptores o seccionador que se utilizarán serán unipolares de apertura en carga de 2 kV – 2 kA con mando manual y eléctrico.

La conexión de los cables a los seccionadores podrá ser directa a la cuchilla fija o móvil; si la configuración del seccionador lo requiere, la conexión a la móvil se hará mediante trenza de cobre flexible de sección adecuada, conectada a la pletina de cobre fijada a un aislador de resina epoxi en la pared.

Se instalarán del seccionador a la catenaria de vía principal las conexiones pertinentes, para en el caso que se requiera, poder puenteo de una catenaria a otra y alimentar la zona que se necesite.

### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro e instalación de interruptor de puenteo, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra incluye el suministro e instalación del seccionador con accionamiento motor, telemando, palancas para mando manual y eléctrico, parte proporcional de armario y conexiones, totalmente montado y conexionado. Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada, disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios, acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje, perfecto acabado de las unidades.

- Ud Interruptor de puenteo de catenaria

#### 4.3.5.4 Aislador de sección

### Definición y condiciones generales

Esta unidad de obra incluye el suministro y colocación de un aislador de sección para un hilo de contacto. Incluidos todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcto montaje.

### Condiciones del proceso de ejecución

Se instalarán aisladores de sección de tipo simétrico o asimétrico, manteniendo las características mecánicas de la línea y atendiendo con especial cuidado a su nivelación, asegurando que la altura del hilo de contacto sea la misma a lo largo de todo el vano en donde se encuentra instalado el aislador de sección.

Constará de deflectores, aisladores de una o dos barras, explosores para disparar el arco eléctrico y grifas para la unión de los aisladores con los hilos de contacto.

Deberán disponer de las siguientes características:

- Soportar las tensiones mecánicas de la catenaria donde está instalado.
- Ligereza.
- Capacidad de disipar la energía del arco eléctrico.
- Elementos resistentes a los arcos
- Facilidad de nivelación.

El montaje se realizará cortando el hilo de contacto y anclándolo en los dos extremos del aparato mediante grifas de empalme y compresión.

#### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro e instalación de aislador de sección para un hilo de contacto, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra incluye el suministro e instalación del aislador de sección y conexiones, totalmente montado y conexionado. Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada, disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios, acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje perfecto acabado de las unidades, y correcta regulación de las alturas, descentramientos, etc. de todas las unidades que lo requieran.

- Ud Aislador de sección.

#### 4.3.6 Protecciones

##### 4.3.6.1 Descargador de intervalos

#### Definición y condiciones generales

Esta unidad de obra comprende el suministro y montaje de un descargador de intervalos. Incluidos todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcto montaje.

#### Condiciones del proceso de ejecución

El objeto del descargador de intervalos es estabilizar un cortocircuito entre los elementos metálicos instalados a lo largo de la línea y el carril de retorno, en el caso de que se produjera una puesta en tensión de las armaduras por un fallo en el aislamiento de los equipos.

Los elementos metálicos susceptibles de ponerse en tensión, tales como pasos bajo los seccionadores, cuadros, barandillas, puentes, pasarelas, canalizaciones metálicas, o cualquier instalación que interese conectarlo para disipar un defecto de la línea.

Dado que en condiciones normales el potencial del carril es a veces más alto que el de estas partes metálicas, y que no debe actuar en estos casos, se tarará el intervalo a un potencial del orden de 100 V, polarizado al efecto de que el disparo del equipo se produzca tan solo en caso de defectos de sobretensión.

El descargador de intervalos dispondrá de contactos auxiliares para la señalización del disparo. El equipo tendrá un tiempo de respuesta inferior a 5 microsegundos y su capacidad de descarga no será inferior a 10 kA durante 300 ms.

#### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro e instalación de descargador de intervalos, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra incluye el suministro e instalación de un descargador de intervalos, herrajes y cables, totalmente montado y conexionado. Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje; perfecto acabado de las unidades, etc.

- Ud Descargador de intervalos.

##### 4.3.6.2 Descargador de antenas

#### Definición y condiciones generales

Esta unidad de obra comprende el suministro y montaje de un descargador de antenas (pararrayos) conectado en un extremo al cable de tierra procedente de una tierra de protección y en el otro a la catenaria. Incluidos todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcto montaje.

#### Condiciones del proceso de ejecución

Cada 1.000 m aproximadamente, haciendo coincidir en un cantón de seccionamiento en los anclajes de punto fijo. El montaje del equipo se puede realizar sobre ménsula o poste.

La conexión de este equipo con la línea debe realizarse con cuidado, debido a las sobrecargas que tiene que soportar.

La unión entre catenaria y descargador se realiza mediante cable flexible de 95 mm<sup>2</sup>. La antena conectada a tierra y puede ir montada sobre aislador o unida mediante terminal adecuado, el cable de conexión entre tierra de protección y antena será de 95 mm<sup>2</sup> y 3 kV de aislamiento.

Los datos técnicos del descargador de antenas, con resistencia de silicio y carbón son los siguientes:

- Tensión de servicio, 1,0 kV
- Corriente de descarga nominal, 8/20  $\mu$ s 10 kA
- Corriente máxima de choque, 4/10  $\mu$ s 65 kA
- Corriente admisible de cortocircuito, 0,25 s 20 kA
- Corriente de descarga con forma de onda larga, 2000  $\mu$ s 600 A
- Tensión de choque con valor de respuesta de 10% 3,6 kV
- Valor de respuesta de:
  - tensión de choque con gradiente de 20 kV/ $\mu$ s 4,3 kV
  - Tensión residual con ondas de corrientes de descarga, 8/20  $\mu$ s:
    - 5 kA 10 kA 20 kA 3,6 kV 4,0 kV 4,3 kV
- Valor mínimo de la tensión de respuesta, 2,0 kV

#### Medición y abono

Se medirá por unidad de suministro e instalación de descargador de antenas (pararrayos), de acuerdo a las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra incluye el suministro e instalación de un descargador de antenas (pararrayos), herrajes de pararrayos, cable de cobre aislado a 3 kV de 95 mm<sup>2</sup> y material auxiliar, totalmente montado

y conexionado. Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje; perfecto acabado de las unidades, etc.

- Ud Descargador de antenas.

#### 4.3.6.3 Puesta a tierra

#### Definición y condiciones generales

Esta unidad de obra incluye el suministro y colocación de puesta a tierra de protección formada por 4 picas y puesta a tierra de macizo de electrificación formada por 1 pica de puesta a tierra o varias, en ambos casos se debe garantizar una resistencia a tierra inferior a 15 ohmios. Incluidos todos los materiales auxiliares, herramientas y maquinaria necesaria para su correcto montaje.

La puesta a tierra de protección se ubicará coincidiendo con:

- Seccionadores
- Descargador de intervalos
- Descargador de antenas (pararrayos)

La puesta a tierra de macizo de electrificación se instalará en todos los macizos para conexión con los postes de catenaria.

#### Condiciones del proceso de ejecución

Serán picas cilíndricas acoplables de acero-cobre de  $\varnothing$ 14 mm de 2 m de longitud.

El espesor de la capa de cobre será de 0,4 mm. La capa de cobre deberá estar aleada molecularmente al acero, ya que de otro modo (baño electrolítico) al hincar la pica ocurre con frecuencia que la camisa de cobre se desliza sobre el alma de acero debido al rozamiento con el terreno.

Con objeto de disminuir la resistencia de la toma de tierra y obtener una zona equipotencial alrededor del poste (fundamental para la protección del personal), y como caso general, se colocarán 4 picas, formando un cuadrado de 0,5 m aprox. junto al macizo de la cimentación.

En casos extraordinarios, previo estudio y justificación, podrá ejecutarse la toma de tierra con tres picas en distribución triangular con separación entre ellas, la más conveniente en función de la resistividad del terreno y de los problemas particulares en cada punto.

El hincado de las picas se hará golpeando según los métodos recomendados clavándolas en el terreno a presión, por debajo del piso, utilizando martillos neumáticos

o eléctricos, que proporcionen elevado número de golpes por minutos, golpeando con masa deslizante de arriba abajo. Es aconsejable el empleo de mazo de peso inferior a 2 kg.

La pica principal será una de las más próximas al poste que enlace con las otras y la bajada del cable a tierra, pararrayos, accionamiento cuadro de mando.

Las picas se conectarán entre sí mediante cable de cobre de 95 mm<sup>2</sup> de sección como mínimo, tendrán un contacto eléctrico perfecto; este contacto se realizará con todo cuidado, por medio de grapas de empalme adecuadas, elementos de compresión o soldaduras de alto poder de fusión, asegurándose de que la conexión sea efectiva. Estos conductores de unión enterrados en el suelo forman parte de los electrodos o picas de difusión de corriente. La conexión entre el cable de cobre y las picas se realizará con bridas y tornillos.

El cable de conexión entre las picas se colocará enterrado en zanja de profundidad mayor o igual a 50 cm.

Una vez clavadas las picas e instalada la malla de interconexión, se medirá la resistencia de la instalación en la pica de tierra principal, no debiendo de pasar de 15 ohmios como máximo la resistencia de difusión. Si se consigue esta resistencia, se tapa todo el montaje y se deja preparado para la conexión de la bajada, lo que se efectuará durante corte de tensión.

La conexión del cable de bajada a la pica principal se realizará en una arqueta de puesta a tierra de 0,40x0,40x0,50 m con tapa de hormigón.

Todas las picas de la toma de tierra irán en arqueta de las características indicadas.

#### Medición y abono

Se medirá por unidad de puesta a tierra de protección, de acuerdo con las unidades instaladas. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Esta unidad de obra incluye el suministro e instalación de la toma de tierra formada por un máximo de 4 picas acoplables, con sus respectivas arquetas, cable Cu 95 mm<sup>2</sup>, bridas de conexión entre ellas y con el poste. Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para su montaje; perfecto acabado de las unidades, etc.

- Ud Puesta tierra de macizo de electrificación.
- Ud Puesta tierra de protección.

#### 4.3.6.4 Ripado de catenaria

##### Definición y condiciones generales

Esta unidad de obra consiste en el ripado de la catenaria, incluidas todas las operaciones precisas para el mantenimiento de los servicios tranviarios.

##### Condiciones del proceso de ejecución

Esta unidad de obra comprende todos los materiales, mano de obra y equipos necesarios para el correcto ripado de catenaria.

##### Medición y abono

Ripado de catenaria, de las características indicadas, totalmente montado y en servicio. Se abonará según los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios.

Incluye el transporte de todas las herramientas y medios auxiliares al lugar de trabajo y su retirada; disposición de los medios de seguridad y protección reglamentarios; acopio de todos los materiales a pie de obra para el ripado; perfecto acabado de las unidades, etc.

- m Ripado de catenaria

## 5. INSTALACIÓN ELECTRICA EN SUBESTACIÓN DE TRACCIÓN

### 5.1. CONDICIONES GENERALES

Los materiales a emplear serán de primera calidad, incluso los no reflejados en este PPTP y proceder de fabricantes y marcas de reconocida solvencia.

Antes de la instalación el Contratista presentará a la Dirección de Obra los catálogos, muestras que se les solicite. No podrán emplearse materiales que no hayan sido aprobados por la Dirección de Obra. La Dirección de Obra podrá imponer el tipo de algunos equipos para que sean iguales o equivalentes, a los ya instalados por TUSSAM, siempre que esto le facilite la conservación, mantenimiento, repuestos, etc.

Todas las instalaciones eléctricas cumplirán la reglamentación oficial vigente y las normas de la compañía suministradora en el momento que se lleve a efecto el montaje. En los casos en los que la reglamentación oficial así lo requiera para la legalización de la instalación, se deberá disponer del correspondiente Proyecto visado por un técnico competente.

El Adjudicatario está obligado a presentar cálculos eléctricos conforme a las características de los equipos a instalar con un grado de detalle superior a los que se incluyen en el anejo de este proyecto (cálculos de selectividad de protecciones, cálculos de contaminación armónica en baterías de condensadores, justificación de la suficiencia de los embarrados, justificación de la disipación térmica en cuadros, etc.). Los cálculos y mediciones del proyecto se tomarán como orientativos con el objeto exclusivo de ofrecer una base para la valoración adecuada de las mismas. De igual manera, el contratista entregará a la Dirección de Obra los esquemas eléctricos desarrollados, de acuerdo con las indicaciones ofrecidas por ésta, siguiendo los estándares en la generación de documentación, listado de materiales y designación de componentes de los cuadros eléctricos y de control.

Para las instalaciones eléctricas la Contrata presentará, al menos, los siguientes documentos técnicos:

- Cálculo de las secciones transversales de cables y líneas.
- Esquemas de instalaciones (unifilares y multifilares), conexiones, circuitos y bornes, incluyendo un registro de cables y listas de piezas de los aparatos para los trabajos de electricidad. Los esquemas multifilares y entregados a Dirección de Obra tanto en formato papel como en formato digital.
- Esquemas de toma de tierra y conexión equipotencial.

- Protocolos de desarrollo sobre pruebas de funcionamiento, inspecciones y puestas en servicio.
- Ensayos y certificados de medición de la puesta a tierra.
- Ensayos y certificados con valores del megado de cables.
- Instrucciones de montaje y, en caso dado, de desmontaje para las piezas.
- Hojas de materiales del fabricante o certificados de ensayo conforme a norma.
- Instrucciones de manejo y de mantenimiento.
- Listas de piezas de recambio.
- Listados de piezas correspondientes con indicación del fabricante del aparato y las denominaciones del tipo.
- Estudio de selectividad de todas las protecciones.
- Justificación de la capacidad de todos los elementos principales: SAI, batería de condensadores, fuentes de alimentación, generador, etc.

Antes de la fabricación y/o suministro de cualquier elemento, se debe entregar previamente toda la documentación correspondiente para su validación previa por la dirección de obra. No se comenzará con la fabricación o suministro de ningún elemento sin la autorización previa de la dirección facultativa.

El contratista de las obras realizará una correcta coordinación de protecciones, la misma estará suficientemente documentada y comprenderá todas y cada una de las protecciones eléctricas en los diferentes niveles de tensión, así como, de selectividad en los diferentes circuitos.

El contratista deberá verificar previamente todas las características, medidas y dimensiones indicadas en proyecto, antes de su fabricación y/o suministro.

Además de cumplir con los requisitos señalados en este Pliego, el contratista realizará, a su cargo, todos aquellos análisis, pruebas, inspecciones y actividades que adicionalmente sean necesarios y suficientes para asegurar que la instalación y cada una de sus partes y equipos son los requeridos por esta Especificación y por la "buena práctica de la Ingeniería".

Todos los conductores serán multipolares o unipolares de cobre y tensión asignada de 0,6/1Kv. La resistencia de aislamiento y la rigidez dieléctrica cumplirán con lo establecido en el apartado 2.9 de la ICT-BT-19.

Los cables se suministrarán en bobinas donde estará marcado el nombre del fabricante, tipo de cable y sección. No se admitirán cables que no tengan la marca grabada en la cubierta exterior conforme a CPR, que presenten desperfectos superficiales o no vayan en las bobinas de origen.

Cuando sean de cobre, las tolerancias admitidas en la sección real serán del tres por ciento (3%) en más y uno con cinco por ciento (1,5%) en menos, entendiéndose por sección la media de la medida en varios puntos de su rollo.

Si en un sólo punto, la sección es de tres por ciento (3%) menor que la nominal, el conductor no será admitido.

Los hilos y cables sencillos serán de cobre estañado con aislamiento que cumpla la siguiente condición:

Serán todos procedentes directamente de fábrica desechándose los que acusen deterioro por mal trato, picaduras u otros desperfectos en su envoltura exterior.

Todos los materiales empleados deberán ser de primera calidad y atenerse estrictamente a las especificaciones de este Pliego. Los ensayos de los materiales eléctricos se realizarán de acuerdo con las normas UNE, y en caso de que no existan, por aquellas pruebas que constituyen norma de buena construcción para el elemento ensayado.

Responderán todos los materiales a las características de tensión, intensidades, aislamientos, pruebas, etc. del tipo de material que se indica en los diversos documentos del Proyecto.

Los equipos electromecánicos que integran la instalación cumplirán con las normas vigentes generales y las particulares que se indican en el presente Pliego de Condiciones, tanto en su calidad, como en las disposiciones constructivas.

Asimismo, serán probados en base a las correspondientes necesidades cualitativas, mecánicas, hidráulicas y eléctricas.

## 5.2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Serán de las dimensiones especificadas en el proyecto, de primeras marcas y habrán de ser aceptados por la Dirección de Obra

### 5.2.1 Características generales celdas

- Tensión asignada: 24 kV.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
  - a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 kV ef.
  - a impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea: 400 A.
- Intensidad asignada en interrup. automat. 400 A.

- Intensidad asignada en ruptofusibles. 200 A.
- Intensidad nominal admisible durante un segundo: 16 kA ef.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible: 40 Ka cresta,
  - es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.
- Grado de protección de la envoltura: IP2X / IK08.

### Puesta a tierra.

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 62271-200 , y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

### Embarrado.

El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

Se compone de los siguientes equipos:

### 5.2.2 Celda de Remonte

Celda de remonte de cables compatible y de dimensiones equivalentes a los existentes en SET Cocheras y conteniendo:

- Juego de barras interior tripolar de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Remonte de barras de 400 A para conexión superior con otra celda.
- Preparada para conexión inferior con cable seco unipolar.
- Embarrado de puesta a tierra.

### 5.2.3 Celda de protección con interruptor automático

Celda de protección con interruptor automático de dimensiones equivalentes a los existentes en SET Cocheras y conteniendo:

- Juegos de barras tripolares de 400 A para conexión superior con celdas adyacentes, de 16 kA.
- Seccionador en SF6.
- Mando CS1 manual.
- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre), tensión de 24 kV, intensidad de 400 A, poder de corte de 16 kA.
- Mando RI de actuación manual.

- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra.
- 3 Transformadores toroidales para la medida de corriente mediante Relé.
- Relé (Sepam S20 o equivalente) destinado a la protección general o a transformador. Dispondrá de las siguientes protecciones y medidas:
- Máxima intensidad de fase (50/51) con un umbral bajo a tiempo dependiente o independiente y de un umbral alto a tiempo independiente,
- Máxima intensidad de defecto a tierra (50N/51N) con un umbral bajo a tiempo dependiente o independiente y de un umbral alto a tiempo independiente,
- Medida de las distintas corrientes de fase,
- Medida de las corrientes de apertura (I1, I2, I3, Io).
- El correcto funcionamiento del relé estará garantizado por medio de un relé interno de autovigilancia del propio sistema. Tres pilotos de señalización en el frontal del relé indicarán el estado del mismo (aparato en tensión, aparato no disponible por inicialización o fallo interno, y piloto 'trip' de orden de apertura).
- El relé indirecto será alimentado por batería+cargador.
- Dispondrá en su frontal de una pantalla digital alfanumérica para la lectura de las medidas, reglajes y mensajes.
- Enclavamiento por cerradura tipo E24 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso al compartimento inferior de la celda en tanto que el disyuntor general B.T. no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda DM1C no se ha cerrado previamente.

#### 5.2.4 Celda de protección con interruptor fusibles combinados.

Celda de protección general con interruptor y fusibles combinados de dimensiones equivalentes a los existentes en SET Cocheras y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A, para conexión con celdas adyacentes.
- Interruptor-seccionador en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA., equipado con bobina de apertura a emisión de tensión a 220 V 50 Hz.
- Mando CI1 manual de acumulación de energía.
- Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura con baja disipación térmica tipo MESA CF (DIN 43625), de 24kV, y calibre 25 A.
- Señalización mecánica de fusión fusibles.

- Indicadores de presencia de tensión con lámparas.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas abajo de los fusibles).
- Relé para la protección homopolar asociado a la celda de protección. Se asociará a un toroidal, que provocará la apertura del interruptor cuando se detecte una corriente homopolar superior o igual al umbral de sensibilidad preseleccionado (0.5 a 100 A por medio de 12 umbrales) y después de la temporización definida (de 0.1 a 10 segundos).

#### 5.2.5 Celda de Medida

Celda de medida de tensión e intensidad de dimensiones equivalentes a los existentes en SET Cocheras y conteniendo:

- Juegos de barras tripolar de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Entrada y salida por cable seco.
- 3 Transformadores de intensidad de relación 2.5-5/ 5 A cl.10VA CL. 0.5S, Ith= 200 In, gama extendida al 150% y aislamiento 24 kV.
- 3 Transformadores de tensión unipolares, de relación 22000:V3/110:V3 25VA CL. 0.5, potencia a contratar de 50 kW, Ft= 1,9 y aislamiento 24 kV.

#### 5.2.6 Celda de Línea

Celda de interruptor-seccionador de dimensiones equivalentes a los existentes en SET Cocheras y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CIT manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.
- Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm<sup>2</sup>.

### 5.2.7 Medida de la Energía eléctrica

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento de HIMEL modelo SE-1000AT de dimensiones 540 mm de alto x 720 mm de largo y 230 mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Contador electrónico de energía eléctrica clase 0.5 con medida:
- Activa: bidireccional.
- Reactiva: dos cuadrantes.
- Registrador local de medidas con capacidad de lectura directa de la memoria del contado. Registro de curvas de carga horaria y cuatroraria.
- Modem para comunicación remota.
- Regleta de comprobación homologada.
- Elementos de conexión.
- Equipos de protección necesarios.

### 5.2.8 Características de la envolvente

El Centro de transformación estará ubicado en un edificio de uso único para esta finalidad.

#### Material

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de su fabricación) y una perfecta impermeabilización.

#### Equipotencialidad

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la RU 1303A, las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios (RU 1303A).

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

#### Impermeabilidad

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

#### Grado de protección

Serán conformes a la UNE 20324/93 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP23, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP33.

#### Envolvente.

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en la fábrica.

La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

#### Suelos.

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos se taparán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

#### Cuba de recogida de aceite.

La cuba de recogida de aceite se integrará en el propio diseño del hormigón. Estará diseñada para recoger en su interior todo el aceite del transformador sin que éste se derrame por la base.

En la parte superior irá dispuesta una bandeja apagafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava.

#### Puertas y rejillas de ventilación.

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90° con un retenedor metálico.

#### 5.2.9 Transformador de servicios auxiliares

Se ha instalado un transformador para SSAA con las siguientes características:

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 20 kV y la tensión a la salida en vacío de 400 V entre fases y 230 V entre fases y neutro(\*).

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural de tipo seco en resina.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE y al Reglamento Europeo (UE) 548/2014 de ecodiseño de transformadores, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 250 kVA.
- Tensión nominal primaria: 20.000 V.
- Regulación en el primario: +/-2,5%, +/-5%, +10%.
- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V.
- Tensión de cortocircuito: 4 %.
- Grupo de conexión: Dyn11.
- Nivel de aislamiento:
  - Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 125 kV.
  - Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 min, 50 kV.

(\*)Tensiones según: UNE 21301 y UNE 21428

#### 5.2.10 Medida de la Energía eléctrica

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contador de medida directa.

Los trabajos de extensión consistirán en la construcción de línea BT interior necesaria para la potencia solicitada.

Se instalará en el interior de hornacina mural, en vivienda unifamiliar o local, de caja de protección y medida CPM2-E4, de hasta 63 A de intensidad, para 1 contador trifásico, formada por una envolvente aislante, precintable, autoventilada y con mirilla de material transparente resistente a la acción de los rayos ultravioletas, para instalación empotrada. Incluso equipo completo de medida, bornes de

conexión, bases cortacircuitos y fusibles para protección de la derivación individual. Normalizada por la empresa suministradora y preparada para acometida subterránea. Totalmente montada, conexionada y probada.

En esta unidad de obra quedan incluidos:

- Caja de protección y medida CPM2-E4, de hasta 63 A de intensidad, para 1 contador trifásico, formada por una envolvente aislante, precintable, autoventilada y con mirilla de material transparente resistente a la acción de los rayos ultravioletas, para instalación empotrada. Incluso equipo completo de medida, bornes de conexión, bases cortacircuitos y fusibles para protección de la derivación individual. Normalizada por la empresa suministradora. Según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK09 según UNE-EN 50102.

#### NORMATIVA DE APLICACIÓN:

- REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
- ITC-BT-13 y GUÍA-BT-13. Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección
- Normas de la compañía suministradora

#### PROTECCIONES DE SOBRETENSIÓN

Para las salidas de alimentación a maniobra y la del circuito de protección para cuadro de telecontrol se instalarán protecciones contra sobretensiones Clase I, según ITC BT 23, 2.2).

Protector de sobretensiones Clase II y III combinado para el CCM principal (según ITC BT 23, 2.2).

Para el caso de una instalación con Centro de Transformación (propio), se deberá instalar protección contra sobretensiones Clase IV en el cuadro general de baja tensión (CGBT, según ITC BT 23, 2.2).

Para proteger la instalación de las sobretensiones que pueden ser producidas por fenómenos atmosféricos o conmutaciones en alta de la red se instalarán las siguientes protecciones:

- Protección de la línea de acometida de alimentación al cuadro de control de motores desde el centro de transformación correspondiente.

La protección que utilizaremos será de tipo T1 (protección basta) + tipo T2 (protección media), con opción de comunicación de fallo remoto y conexión a contador de descarga más módulo ETHERNET con supervisión vía Webserve, sin necesidad de instalar fusibles, con referencias Phoenix Contact:

- i. Descagador para 3 fases

- ii. Descargador para neutro.
- iii. Elemento puenteador
- iv. Protección de 230 v del circuito de alimentación al cuadro de telecontrol.

La protección que se utilizará será de tipo 3 (protección fina), con referencia Phoenix Contact: PLT-SEC-T3-230-FM-UT o equivalente.

#### Protección circuitos maniobras.

Los circuitos de maniobras quedarán protegidos con transformador separador entrada IN L1/L2, salida OUT 230 Vac (contra neutro abierto).

A continuación, se adjuntan las características técnicas de estas unidades:

- Protección entradas analógicas 4/20 mA
- Protección de entradas digitales 24 V DC.
- Protección de la alimentación de autómatas a 24 Vac.
- Protección del cable coaxial de antena.
- Protección del cable de comunicaciones / Red LAN comunicación con PLC
- Separadores galvánicos pasivos

#### 5.3. CABINAS DE CORRIENTE CONTINUA Y RECTIFICACIÓN.

Dada la complejidad de este apartado en la gestión tranviaria en el anejo 2 se explican las características de este capítulo.

#### 5.4. CUADROS DE MANDO Y CONTROL.

Serán de las dimensiones especificadas en el proyecto, contruidos de poliéster con fibra de vidrio reforzado, perfilera porta equipos, montaje interior según esquemas unifilares, dejando un mínimo del 30% de espacio libre para reservas, puerta y marco con cerradura universal.

La construcción del cuadro eléctrico de nueva ejecución, así como las reformas de los existentes responderán a los conceptos generales de diseño, fabricación e implantación que son enumerados a continuación:

El armario irá fabricado en polyester prensado reforzado con fibra de vidrio, excepto si éste es de dimensiones superiores a 800x600 mm, entonces será metálico de tipo CRN, CMS u Olímpic.

El grado mínimo de protección será IP65.

El aparellaje irá siempre sobre carril DIN.

Incorporarán sistema de calefacción controlado por termostato ambiente (colocado siempre en la parte lateral inferior de los cuadros) y éste protegido por disyuntor magnetotérmico.

La maneta del sistema de accionamiento de las puertas serán fijas escamoteables y con pulsador de liberación, nunca con llave.

Todo el conexionado eléctrico, tanto de fuerza como de mando, se realizará mediante terminales adecuados, convenientemente timbrados y marcados.

Todas las partes activas en tensión en embarrados, bornas y conexiones dispondrán de protección en previsión de contactos directos accidentales.

Dispondrán de espacios libres disponibles de forma centralizada, no dispersa, con un mínimo del 15% de su capacidad, para garantizar espacio suficiente para futuras modificaciones o ampliaciones de la instalación.

#### 5.5. BANDEJAS ELÉCTRICAS PVC CON TAPA

En esta unidad de obra quedan incluidos las bandejas de PVC, cualquiera que sea su tipo y dimensión, incluyendo tapas, separadores, soportes, uniones y accesorios en general.

Cualquier trabajo, maquinaria o elemento auxiliar necesario para la correcta y rápida ejecución de esta unidad de obra.

#### Características constructivas.

##### Bandeja de PVC

Tipo: Perforada o lisa.

Material: Policloruro de vinilo (PVC)

Reacción al fuego: Clasificación M1 (No inflamable), según norma UNE 23.727-90. Clasificación M1, q=0, según Decreto Ministerial francés del 28/08/1991.

Comportamiento al fuego (Reacción al fuego, opacidad y toxicidad de los humos):

Las bandejas y cubiertas poseerán una clasificación M1, I1, F4, según la NF F 16.101 1988

Ensayos de inflamabilidad: Grado UL94-Vo

L.O.I. índice de Oxígeno: > 52, según norma NF T 51-071 1985.

Rigidez dieléctrica: > 240 kV/cm, según norma UNE 21.316-74.

Comportamiento frente a agentes químicos Según las indicaciones de la norma DIN 8061.

Temperatura de servicio: De -20°C a +60°C.

Conformidad a la resolución de 18 de enero de 1988, del Ministerio de Industria y Energía que complementa el Reglamento Electrotécnico de B.T: para bandejas con tapa incorporada desmontable con la ayuda de un útil.

Protección contra daños mecánicos: Grado IP XX9 para bandejas con tapa incorporada según la norma UNE 20.324-93.

Protección contra la penetración de cuerpos sólidos: Grado IP 2XX para bandejas perforadas con tapa incorporada. Grado IP 4XX para bandejas lisas con tapa incorporada. Según la norma UNE 20.324.93.

Ensayo de hilo incandescente: Grado de severidad de 960°C, según el ensayo de la norma UNE 20.672-83.

- Accesorios Tapas, codos, curvas, uniones, etc., con las mismas características técnicas que las bandejas. Las uniones deberán tener taladros longitudinales para absorber las dilataciones.
- Soportes De PVC, con flecha máxima del 5% y soportar sin rotura una carga de 1.7 veces la carga de trabajo de seguridad.
- Resistencia mecánica 1.7 veces la carga admisible.

Las bandejas deberán soportar, con soportes a 1,5 m y con una flecha longitudinal inferior al 1% a 40°C, según ensayo tipo de la IEC 61537, las siguientes cargas:

- 100 mm de ancho x 60 mm de alto = 10,8 kg/m mínimo
- 200 mm de ancho x 60 mm de alto = 22,5 kg/m mínimo
- 300 mm de ancho x 60 mm de alto = 33,7 kg/m mínimo
- 300 mm de ancho x 100 mm de alto = 57,3 kg/m mínimo
- 400 mm de ancho x 60 mm de alto = 45,6 kg/m mínimo
- 400 mm de ancho x 100 mm de alto = 77,2 kg/m mínimo
- 600 mm de ancho x 100 mm de alto = 116,5 kg/m mínimo

El espesor de las tapas puede ser algo inferior al de las bandejas. Cumplirán las mismas características técnicas que las bandejas y no se podrán desmontar sin la ayuda de un útil.

### Ejecución de las obras

Todos los materiales deberán cumplir, además de con las normativas aplicables locales/comunales y nacionales, con los de la Comunidad Europea. En caso de discrepancia, será de aplicación la más restrictiva.

Además del marcado CE, las bandejas y canales deben estar fabricados con el certificado de registro de empresa emitido por un Organismo Oficial. No se admitirán materiales sin dicho marcado y sin el certificado de aseguramiento de la calidad actualizado por dicho Organismo.

Antes de la instalación de las bandejas y canales, se deberán presentar para su aprobación por la Dirección de Obra, los planos necesarios para definir correctamente la situación y formación de todos los puntos de apoyo y fijación, así como las piezas especiales que sean necesarias. Nunca las bandejas y canales deberán ser ocupados más del 80% de su capacidad.

Las bandejas deberán llevar soportes metálicos de forma que, en caso de deterioro de la bandeja, los cables queden soportados por los propios soportes.

Una vez instaladas las bandejas y canales y antes de colocar los cables, la Dirección de Obra podrá pedir una prueba de carga de las mismas para comprobar su seguridad. Para admitir el peso de acuerdo a la capacidad de cada bandeja, las flechas anteriormente indicadas, pueden alcanzar valores superiores, aunque nunca deberán superar los 10 mm.

Los empalmes de bandeja nunca deben estar separados de los soportes más de 1/10 de la longitud o separación de dichos soportes.

El contratista deberá cuidar y responsabilizarse de que el personal que realiza los trabajos cumple con las normas reguladas en la Ordenanza General de Seguridad y Salud en vigor.

### Recepción y ensayos

La Dirección de Obra comprobará que las bandejas y canales son de fabricante conocido, realizando una inspección visual para comprobar que se trata de material de nuevo uso. Las bandejas y canales serán suministradas acompañadas de los documentos que acrediten al menos los siguientes ensayos:

- Ensayo de resistencia a la llama de plástico autoportante
- Ensayo de reacción al fuego
- Ensayo de hilo incandescente
- Ensayo de dedo incandescente
- Ensayo de inactividad (sólo en caso de contacto con alimentos)

- Ensayo de comportamiento frente a agentes químicos (sólo en caso de instalación en condiciones especiales).
- Ensayo del grado de protección para el que han sido diseñadas.

De todos los ensayos realizados sobre material prototipo, se adjuntará copia de los protocolos de ensayo. Estos ensayos deben haber sido realizados por laboratorios autorizados. El fabricante adjuntará, con la información técnica, los protocolos de ensayo.

Se realizarán las pruebas y ensayos que considere necesarios la Dirección facultativa.

#### 5.6. CUADRO CON TOMAS DE CORRIENTE

##### Descripción

Suministro e instalación de cuadro auxiliar con tomas de corriente, según esquema unifilar con al menos dos tomas monofásicas de 16 A y una toma trifásica de 32 A y protecciones diferenciales en cabecera, incluyendo todos los elementos necesarios y con las siguientes características: grado de protección IP54. Con una reserva de espacio del 30% como mínimo. La aparamenta será de primeras marcas, a aprobar por la dirección facultativa, con indicación plenamente aparente de la posición de los contactos de interruptores independiente de la maneta. El poder de apertura en cortocircuito está indicado en planos, con un mínimo absoluto de 10 kA. No se admiten interruptores automáticos con arrastre de neutro. La envolvente deberá contar con revestimiento metálicos de fondo y paredes laterales, con frontal con puerta de cristal de manera que sólo sea visible la parte de maniobra de la aparamenta. Incluso cableado interior de todos sus elementos en canaleta, conexión con la toma de tierra, identificación de circuitos, bornas de entrada y salida para todos los circuitos, rotulación indeleble con esquema unifilar, pegatinas de riesgo eléctrico y del instalador, material complementario, transporte, pequeño material y mano de obra de fabricación e instalación. Medida la unidad conectada y probada

##### Recepción y ensayos

Se realizarán las pruebas y ensayos que considere necesarios la Dirección facultativa.

##### Medición y abono

Se medirá por unidades realmente instaladas y que figuren en el presupuesto del proyecto (ud).

Se abonará al precio que figura en el presupuesto y que comprende materiales, recibido, mano de obra y elementos auxiliares necesarios, conexionado, unidad de obra totalmente terminada instalada, probada y funcionando.

#### 5.7. CUADROS ELÉCTRICOS

##### Descripción

En esta unidad de obra quedan incluidos:

- Los Cuadros Generales de Baja Tensión, los cuadros de baterías de condensadores, los cuadros secundarios de alumbrado y fuerza, los cuadros de protección y control de motores y en general cualquier cuadro eléctrico, incluyendo todo el aparellaje interior necesario a desarrollar para lo dispuesto en los planos de Diagramas Unifilares y en las tablas de características de circuitos incluidas en dichos planos, así como el pequeño material de mando, conexión y señalización necesario para su correcto funcionamiento y comunicación con otros cuadros.
- Cualquier trabajo, maquinaria o elemento auxiliar y complementario necesario para considerar la unidad completa y para realizar la correcta y rápida ejecución de esta unidad de obra.

Los cuadros CGBT (Cuadro General de Baja Tensión), CCM (Centro de control de motores), CS (Cuadro Auxiliar o Secundario) son específicos para los equipos auxiliares, incluyendo alumbrado y fuerza para el edificio e instalaciones.

Los cuadros serán metálicos, acorde con la norma IEC 62208 de envolventes vacíos para equipos eléctricos de baja tensión.

Estarán fabricados para las siguientes condiciones de servicio:

- Montaje: Interior.
- Tensión de Servicio: 400 V.
- Tensión de mando: 24 Vcc.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Normativa: CEI – EN.
- Doble zócalo en la parte inferior.
- Salidas por la parte inferior, selladas mediante prensa. Parte inferior estanca.
- Temperatura máxima: 50°C
- Temperatura mínima: -5 °C
- Temperatura media en 24 h: 35°C
- Humedad relativa máxima: 90%
- Humedad relativa mínima: 40%
- Altitud de instalación: Inferior a 1.000 m.s.n.m.

- Condiciones de servicio de acuerdo con la norma UNE-EN 62271-200:2005.

Los elementos del cuadro se distribuirán de forma que se optimice su capacidad, y de tal manera que su apariencia sea homogénea y equilibrada. Los elementos interiores a instalar en el frente estarán perfectamente alineados, con las líneas horizontales de instrumentación situados al mismo nivel.

Las perforaciones serán perfectamente perpendiculares a las chapas, con filos uniformes y pintados para evitar corrosiones. Toda la aparamenta, regletas de bornas, relés, etc., montados en el interior del cuadro serán fácilmente accesibles para su mantenimiento y ajuste, quedando perfectamente identificadas.

Los aparatos de maniobra montados en los frentes se instalarán de forma que permita una cómoda manipulación del operador.

Los componentes o elementos no metálicos estarán contruidos con materiales no propagadores de incendio. Todos los materiales aislantes se dimensionarán estables y de naturaleza no higroscópica.

La construcción de los armarios ofrecerá una protección de atenuación frente a los campos electromagnéticos, por lo que las envolventes metálicas y sus accesorios proporcionarán un blindaje adecuado disponiendo en su interior de una superficie equipotencial, eligiéndose materiales con adecuados tratamientos superficiales, latiguillos de puesta a tierra entre placa de montaje y entre estructuras, puertas y bastidores, uniones adecuadas entre armarios.

El cuadro irá equipado con un portaplano de plástico de fijación por cinta adhesiva en formato A4 referencia NSYDPA44 o equivalente.

#### Aparellaje

Todo el aparellaje estará debidamente numerado y señalizado, de acuerdo a los esquemas eléctricos, mediante etiquetas y señalizadores de identificación. Todas las bornas, incluso las de reserva, estarán numeradas.

El aparellaje estará dispuesto de forma que los diferentes dispositivos sean fácilmente accesibles para el montaje, el cableado, el mantenimiento, etc.

Interruptores automáticos serán de tipo caja moldeada hasta 1.600 Amperios, fijos o con bastidor extraíble y de mando manual o eléctrico, según se indique en los Diagramas Unifilares. Los superiores a 1.600 A, serán tipo seccionable equipados con mando eléctrico. El poder de corte será el indicado en los Diagrama Unifilar correspondiente a cada cuadro.

Los interruptores, seccionadores, contactores AC3 para la intensidad asignada, fusibles, relés, aparatos de media y control, pulsadores, lámparas, etc., y las características dimensionales (nº de polos, intensidad nominal, etc.) de los mismos serán las indicadas en los Diagramas Unifilares y o cuadros de características correspondientes.

Se instalarán descargadores de tensión para protección de sobretensiones en la parte común de los cuadros donde se indique en los Diagramas Unifilares.

Los diferenciales con toroidal y relé diferencial, serán regulables en intensidad y tiempo de disparo. Se instalarán según esquemas y cuadros de características, teniendo en cuenta el tipo de cargas (lineales o no lineales), utilizando diferenciales con protección clase AC (corrientes de fuga alternas), clase B (corrientes de fuga alternas con compones continuas) y clase A especial o B, con denominación de superinmunizado o similar, según fabricantes.

#### Características eléctricas:

Tensión asignada empleo: < 1.000 V

Tensión asignada aislamiento: 1.000 V

Corriente nominal (In) y corriente de cortocircuito de corta duración (Icc) de acuerdo con lo indicado en los Diagramas Unifilares

Corriente asignada de cresta o dinámica admisible: 2,5 Icc

Frecuencia de 50 Hz

Cada uno de los cuadros, contendrá interruptor de corte omnipolar de cabecera. Todos los circuitos estarán protegidos contra sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos) y contra contactos directos e indirectos mediante protecciones magnetotérmicas y diferenciales individuales de sensibilidad regulable o selectiva para cada equipo en el caso de los CCMs, y agrupando circuitos en un diferencial en el caso de los CSs, según se puede apreciar en el esquema unifilar.

La protección de los circuitos contra sobreintensidades se realizará de acuerdo a la Instrucción MI-BT-22, con un criterio de selectividad, diseñando las protecciones de forma escalonada. Para que la protección sea eficaz se tendrá en cuenta que la capacidad de corte de dichos elementos esté de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

El arranque y protección de motores se realizará mediante equipo contactor-guardamotor electrónico con capacidad de toma de parámetros eléctricos y salida a bus de campo modbus, para cumplir con el requerimiento de lectura de consumo de motores de más de 1,5 CV (1,1 kW.).

Excepto los equipos que se instalen con variador de frecuencia según se requiera en el proceso, como se recoja en unifilares, el arranque de motores de potencia menor de 2,5 kW se realizará con contactor guardamotor como se ha indicado, utilizándose arrancadores suaves para motores mayores que 2,5 kW.

Para la fabricación de los cuadros eléctricos e instalaciones complementarias de éstos, y por razones de homogeneidad y mantenimiento de stocks, en concordancia con el equipamiento existente en la mayoría de las instalaciones eléctricas de TUSSAM, el aparellaje será preferentemente de las siguientes especificaciones y marcas:

#### Conexión auxiliar:

El cableado de fuerza en el interior del cuadro se realizará con conductores unipolares de cobre flexible, de sección adecuada a la intensidad de paso, del tipo H07V-K según denominación CENELEC, con aislamiento a 450/750 V y no propagador de la llama, fabricado de acuerdo con la Norma constructiva UNE 21.031-92//1 y UNE 20.432-1 IEC 332-1.

El cableado interno de mando convencional en el interior del cuadro se realizará con conductores unipolares de cobre flexible, de 1,5 mm<sup>2</sup> de sección, del tipo H07V-K según denominación CENELEC, con aislamiento a 450/750 V y no propagador de la llama, fabricado de acuerdo con la Norma constructiva UNE 21031-3.

Los conductores estarán fácilmente identificables mediante los colores que presenten sus aislamientos de acuerdo con lo estipulado en apartados de este pliego.

Será en conductor flexible, con las siguientes secciones mínimas:

- 4 mm<sup>2</sup> para los TC (transformadores de corriente)
- 2,5 mm<sup>2</sup> para los circuitos de TT (transformadores de tensión)
- 1,5 mm<sup>2</sup> para los circuitos de mando, señalización y alarmas.

En los casos en los que las longitudes sean más grandes que las máximas para las secciones indicadas, se ampliarán las secciones indicadas en el párrafo anterior teniendo en cuenta la longitud definitiva.

Cada conductor estará completado de un anillo numerado correspondiendo al número sobre la regleta y sobre el esquema funcional.

Elementos de medida y control:

En todos los casos serán los indicados y los Diagramas Unifilares y, si éstos son comunicables, deberán ser aptos para ser integrados dentro del control general del proyecto

#### Montaje.

Todos los cuadros eléctricos, estarán situados alejado de la zona de agua, en el caso de edificios de proceso que sean clasificados como locales húmedos o mojados.

Las envolventes de los armarios serán del tipo de Chapa de Acero. Tratamiento por cataforesis y polvo de epoxy poliéster polimerizado en caliente, de grado de protección hasta IP55, y grado de protección contra los choques mecánicos hasta IK10, conforme a los ensayos tipo de las normas IEC 60439-1 y UNE-EN 60439-1(1), control de los calentamientos, propiedades dieléctricas, resistencia a los cortocircuitos, eficacia del circuito de protección, distancias de aislamiento y líneas de fuga, funcionamiento mecánico, verificación del IP.

La ventilación del armario será forzada con la extracción situada en la zona superior de la puerta y rejilla de entrada de aire con filtro incorporado en la zona inferior, no se realizarán aperturas en la zona superior del armario

En los cuadros siempre quedará un mínimo del 20% de reserva de potencia y de espacio disponible para futuras ampliaciones.

La instalación de las botoneras de campo está prevista para la operación de pulsador de parada de emergencia, tipo seta. Todas las botoneras de campo se instalan en cajas estancas de PVC.

En la medida de lo posible, todas las maniobras eléctricas asociadas a elementos diseminados, se ubicarán dentro del cuadro de CCM, estas maniobras incluyen elementos de mando y alimentación de las bombas, ventiladores, alumbrado, tomas de corriente, fuentes de alimentación interrumpibles, conmutaciones, etc.

El armario incluirá en cabecera medida de potencia en cuadro de CCM con equipo comunicable en modbus TCP y homologado por la Explotadora, analizador de Red PM8240 o equivalente.

Las puertas del armario irán troqueladas con los componentes imprescindibles que se restringen a botoneras y elementos de señalización, para los mandos de corte de corriente generales y de potencia elevada, se definirán de antemano en esquemas eléctricos tras previa consulta con la Dirección de Obra según los estándares fijados. Exteriormente se instalarán en cuadro aparte las protecciones de sobretensiones previstas sobre la línea de acometida, evitando que el disparo de alguna de ellas dañe componentes anexos en el cuadro.

### Embarrados

Todas las pletinas de los embarrados serán estañadas, permitiendo solamente la pintura en los cortes finales en los que el cobre queda desnudo, cualquier modificación en estas pletinas conllevará el restañado de las zonas expuestas. Estarán dimensionadas de acuerdo con la intensidad nominal prevista y la capacidad de ampliación del sistema. Su instalación podrá ser vertical u horizontal. No se instalarán en la parte baja del cuadro. Tendrán un espesor de 5 mm y su sección será normalizada de acuerdo con la intensidad prevista.

Las barras y los conductores deberán ser dimensionados para soportar las solicitaciones térmicas y dinámicas correspondientes a los valores de la corriente nominal y para valores de la corriente de cortocircuito.

Las barras deberán estar completamente perforadas (con agujeros de 10 mm de diámetro) y serán fijadas a la estructura mediante soportes aislantes. Estos soportes serán dimensionados y calculados de modo tal que soporten los esfuerzos electrodinámicos debidos a las corrientes de cortocircuito. No se instalarán más de 3 pletinas por fase.

Por otra parte, los soportes estarán preparados para recibir hasta 3 barras por fase, de espesor 5 mm y deberán ser fijados a la estructura del cuadro con disposición para eventuales modificaciones futuras. Las derivaciones serán realizadas con cable o en fleje de cobre flexible, con aislamiento no inferior a 3 kV.

Para corriente nominal superior a 160 A el conexionado será en cada caso realizado con fleje flexible.

Las barras deberán estar identificadas con señales autoadhesivas según la fase, así como los cables que serán equipados con anillos terminales de colores (neutro en azul).

Los cuadros estarán garantizados y homologados para las intensidades y tensiones prescritas mediante ensayos oficiales de laboratorios autorizados

El armario de CCM se instalará sobre bancada cerrando toda entrada de cables a la posible entrada de roedores.

Los interruptores de motores como ventiladores y extractores alimentados a 400V, tendrán como protección de cabecera interruptores que permitan el enclavamiento mediante candado de estos elementos y una endurance eléctrica mínima de 5000 ciclos de a/c a intensidad nominal y con una tropicalización según UNE-EN 60068-1: ejecución 2 (humedad relativa 95% a 55 °C).

Para el resto de los interruptores automáticos se exigirá diseño para instalación terciaria o industrial con tropicalización según UNE-EN 60068-1: ejecución 2 (humedad relativa 95% a 55 °C).

Pruebas e inspecciones en fábrica. Recepción y ensayos

### Ensayos y pruebas de fábrica

Se realizarán los ensayos de rutina especificados en las normas:

- Inspección del cableado y de funcionamiento eléctrico, así como comprobación de marcas y etiquetas.
- Ensayos dieléctricos de los circuitos principales y auxiliares, salvo elementos que por sus características no puedan someterse a la tensión de ensayo, tales como circuitos electrónicos.
- Verificación de las medidas de protección y de la continuidad eléctrica de los circuitos de protección.

De todos los ensayos realizados sobre equipos prototipos, se adjuntará copia de los protocolos de ensayo. Estos ensayos deben de haber sido realizados por laboratorios autorizados.

El fabricante adjuntará, a los planos e información técnica, protocolos de los ensayos y certificados de prueba de cortocircuitos tipos.

### Ensayos y pruebas a realizar en obra

Repaso general de toda la instalación, limpiando todos los posibles residuos de la misma, así como revisar el posible olvido de algún útil o herramienta.

- Medida de aislamiento y timbrado tanto del circuito principal como de los circuitos auxiliares y de control.
- Operación normal de todos los elementos de corte.
- Introducir tensión de control y operar los elementos de mando. Muy importante será la verificación del reglaje de los relés de protección y comprobación de los circuitos de disparo.

Al dar tensión a los cuadros, despejar la zona y poner señales de peligro para evitar que las personas ajenas a la instalación accedan a los mismos.

Una vez que se haya introducido tensión en algún cuadro se deberá poner un cartel o señal indicando "Cuadro con tensión" hasta finalizar las obras.

Se realizarán las pruebas y ensayos que considere necesarios la Dirección facultativa.

## ALIMENTACIONES.

### ACOMETIDA

- Analizador de redes con comunicación RS485 con el PLC
- Disyuntores magnetotérmicos de protección
- Interruptor automático

### DISTRIBUCION 230/400 V

- Circuitos de reserva equipados
- Interruptor automático y diferencial 30mA para alimentación cuadro PLC
- Interruptores automáticos

### PROTECTORES DE SOBRETENSION

- Protectores contra descargas por fenómenos atmosféricos:
  - i. 220V para maniobras
  - ii. 220V para alimentación cuadro PLC

### CALEFACCION ARMARIO

- Resistencia de calefacción controlada por termostato ambiente y disyuntor magnetotérmico de protección

## Medición y abono

Se medirá por unidades realmente instaladas y que figuren en el presupuesto del proyecto (ud), según se recoja de las distintas unidades del Cuadro de Precios nº 1.

Se abonará al precio que figura en el presupuesto y que comprende materiales, recibido, mano de obra y elementos auxiliares necesarios, conexionado, unidad de obra totalmente terminada instalada, probada y funcionando.

## 5.8. CUADROS DE MANIOBRA Y CONTROL

Estarán fabricados en poliéster con departamento separado para el equipo de medida y como mínimo del tipo IP-549.

Todos los aparatos del cuadro estarán fabricados por casas de reconocida garantía y para una tensión de servicio de 500 V.

Los fusibles serán APR con bases apropiadas, de modo que no queden accesibles partes en tensión, ni sean necesarias herramientas especiales para su sustitución.

Cada punto de luz llevará dos cartuchos APR de 6 A, los cuales se montarán en portafusiles seccionables de 20 A.

Los interruptores y conmutadores serán rotativos y provistos de cubierta, siendo las dimensiones de sus piezas de contacto suficientes para que la temperatura en ninguna de ellas pueda exceder de 65°C, después de funcionar una hora con su intensidad nominal. Su construcción ha de ser tal que permita realizar un mínimo de maniobras de apertura y cierre, del orden de 10.000, con su carga nominal a la tensión de trabajo sin que se produzcan desgastes excesivos o averías en los mismos.

Los contactores estarán probados a 3.000 maniobras por hora y garantizados para cinco millones de maniobras, los contactos estarán recubiertos de plata. La bobina de tensión tendrá una tensión nominal de 400 V., con una tolerancia del +- 10 %. Esta tolerancia se entiende en dos sentidos: en primer lugar, conectarán perfectamente siempre que la tensión varíe entre dichos límites, y en segundo lugar no se producirán calentamientos excesivos cuando la tensión se eleve indefinidamente un 10% sobre la nominal. La elevación de la temperatura de las piezas conductoras y contactos no podrá exceder de 65°C después de funcionar una hora con su intensidad nominal. Asimismo, en tres interrupciones sucesivas, con tres minutos de intervalo, de una corriente con la intensidad correspondiente a la capacidad de ruptura y tensión igual a la nominal, no se observarán arcos prolongados, deterioro en los contactos, ni averías en los elementos constitutivos del contactor.

En los interruptores horarios no se consideran necesarios los dispositivos astronómicos. El volante o cualquier otra pieza serán de materiales que no sufran deformaciones por la temperatura ambiente. La cuerda será eléctrica y con reserva para un mínimo de 36 horas. Su intensidad nominal admitirá una sobrecarga del 20 % y la tensión podrá variar en un +- 20%. Se rechazará el que adelante o atrase más de cinco minutos al mes.

Los interruptores diferenciales estarán dimensionados para la corriente de fuga especificada en proyecto, pudiendo soportar 20.000 maniobras bajo la carga nominal. El tiempo de respuestas no será superior a 30 ms y deberán estar provistos de botón de prueba.

La célula fotoeléctrica tendrá alimentación a 230 V. +- 15%, con regulación de 20 a 200 lux.

A continuación, se detallan las características que han de tener dichos cuadros:

Armario de chapa de acero de color blanco RAL 9001 sistema Prisma o equivalente, con tratamiento por cataforesis más polvo de epoxy poliéster polimerizado en caliente. De dimensiones externas según

plano. Con intensidad nominal de 400A, Tensión Nominal 400VAC, grado de protección IP40, IK08, obtenido con puerta transparente. Cada aparato o conjunto de aparatos se montará sobre una placa soporte o un perfil que sirva de soporte de fijación a quien corresponderá una tapa perforada que irá montada sobre el frontal del cofre y que protegerá contra los contactos directos. Cada aparato o conjunto de aparatos se montará sobre una placa soporte o un perfil que sirva de soporte de fijación a quien corresponderá una tapa perforada que irá montada sobre el frontal del cofre y que protegerá contra los contactos directos. El cuadro deberá cumplir el marcado CE, de obligado cumplimiento, según norma IEC 61439 1&2 y deberá tener toda la información digitalizada susceptible de ser requerida en la fase de mantenimiento, así como la información técnica del cuadro, accesible mediante un código QR visible en el frontal del mismo. Dentro se ubicará la aparamenta correspondiente según esquema unifilar, con reserva del 30% en salidas. Incluirá Variadores de frecuencia ATV y todos los elementos que sean requeridos para su correcto funcionamiento.

#### ALIMENTACIONES.

##### ACOMETIDA

- Analizador de redes con comunicación RS485 con el PLC
- Disyuntores magnetotérmicos de protección
- Interruptor automático

##### DISTRIBUCION 230/400 V

- Circuitos de reserva equipados
- Interruptor automático y diferencial 30mA para alimentación cuadro PLC
- Interruptores automáticos

##### PROTECTORES DE SOBRETENSION

- Protectores contra descargas por fenómenos atmosféricos:

220V para maniobras

220V para alimentación cuadro PLC

##### CALEFACCION ARMARIO

- Resistencia de calefacción controlada por termostato ambiente y disyuntor magnetotérmico de protección

#### 5.9. RED DE PUESTA A TIERRA

##### Descripción

En esta unidad de obra quedan incluidos todos los sistemas de puesta a tierra, incluyendo conductores, electrodos, arquetas, etc., así como cualquier trabajo, maquinaria, material o elemento auxiliar necesario para la correcta y rápida ejecución de esta unidad de obra.

##### Características constructivas:

El conductor de las redes generales de puesta a tierra en B.T. será de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

El conductor de las redes generales de puesta a tierra en M./A.T. será de cobre desnudo de 70 mm<sup>2</sup> de sección, como mínimo.

Las derivaciones de la red principal de tierras serán de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección para redes de BT y de 70 mm<sup>2</sup> para redes de M./A.T., salvo que se indique otra cosa en los planos.

Las grapas de conexión, terminales y otros elementos de empalme, serán de cuerpo de aleación de cobre y tornillos en latón.

Los puntos de puesta a tierra o embarrados de prueba estarán formados por pletina de cobre cadmiado, de 330 x 25 x 4 mm y tornillería de aleación rica en cobre y cadmiada. Se colocarán en el interior de cajas de PVC estancas instaladas en paramentos verticales. Llevarán señalización del símbolo tierra e indicación del sistema al que pertenece.

Las picas serán de alma de acero y recubrimiento de cobre, con una longitud de 2 m y 14 mm de diámetro. Estarán ejecutadas según normas UNESA.

Las soldaduras aluminotérmicas serán del tipo Soldal de KKK o equivalente, realizadas mediante moldes adecuados al tipo o características de la soldadura.

Los materiales que se utilicen para preparación y mejora del terreno serán sales minerales y carbones vegetales.

##### Ejecución de la red

La red general de puesta a tierra de cada edificio o sistema estará formada por una malla de cable de acero cincado, enterrada directamente en el suelo, al que se conectarán mediante soldaduras aluminotérmicas y cables de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>, todos los pilares y pantallas de la estructura. Cuando sean varios edificios o sistemas, la red de puesta a tierra de todos ellos deberá ir interconectada, al menos, por dos puntos.

A esta red se conectarán, igualmente, las tuberías metálicas y todas las masas metálicas que formen parte de las instalaciones de cada edificio o sistema.

En caso de no conseguirse la resistencia de puesta a tierra que marcan los reglamentos y normas para estas redes de tierras, se deberá dar al terreno una preparación a base de sales minerales y carbón vegetal hasta conseguir la resistencia deseada.

La separación entre picas del mismo grupo y entre grupos distintos estará en función de la resistividad del terreno, pero nunca estarán a menos de 3 m. Si por motivos de espacio, estas distancias no se pueden alcanzar, cada grupo de varias picas se puede sustituir por una o más en línea, picas con una profundidad mayor o sistemas especiales de tomas de tierra.

En las instalaciones de alumbrado exterior, todos los Centros de Mando llevarán localmente una toma de puesto a tierra desde la cual se dará tierra al centro y a las luminarias alimentadas desde el mismo, completando de esta forma, la puesta a tierra de los propios báculos y columnas, tal como se indica en los planos del proyecto.

Todos los cuadros de baja tensión se pondrán a tierra mediante conductor de cobre aislado de sección reglamentaria que se conectará a las líneas principales de tierras del edificio mediante soldadura aluminotérmica y puntos de puesta a tierra colocados en los cuadros. Cuando en la red principal de tierra sea necesario conductores aislados, éstos serán de 50 mm<sup>2</sup> de sección mínima. Asimismo, en la conexión a cuadros eléctricos principales a la red general se realizará, a ser posible, en dos puntos diferentes. La puesta a tierra de equipos eléctricos (motores, luminarias, tomas de corriente, etc.) en general se realizará mediante un cable con cubierta amarillo – verde que acompañará a cada línea o circuito de alimentación de dichos equipos.

#### Recepción y ensayos

Se realizarán las pruebas y ensayos que considere necesarios la Dirección facultativa.

La recepción de los materiales de este apartado se hará comprobando que cumplen las condiciones funcionales y de calidad fijadas en la NTE, en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y en las correspondientes normas y disposiciones vigentes relativas a la fabricación y control industrial, o en su defecto, las normas UNE indicadas en la NTE-IEP/1973: "Instalaciones de Electricidad: puesta a tierra".

Cuando el material o equipo llegue a Obra con Certificado de Origen Industrial que acredite el cumplimiento de dichas condiciones, normas y disposiciones, su recepción se realizará comprobando, únicamente, sus características aparentes.

El tipo de ensayos a realizar, así como el número de los mismos y las condiciones de no aceptación automática, serán los fijados en la NTE-IEP/1973: "Instalaciones de electricidad: puesta a tierra".

Todos los ensayos realizados sobre equipos prototipos, se adjuntará copia de los protocolos de ensayo. Estos ensayos deberán de haber sido realizados por laboratorios autorizados. El fabricante adjuntará, con la información técnica, los protocolos de ensayo.

#### 5.10. BATERÍA DE CONDENSADORES

Las baterías de condensadores deberán llevar protección térmica y diferencial de clase B de 300mA o ajustable, en caso de que estén en el mismo embarrado que grupo electrógeno deberán llevar un contactor de deslastre.

Las baterías de condensadores deben ser de regulación fina, no admitiéndose que el menor escalón sea menor de 5 kVAr. Comenzando del escalón menor cada siguiente escalón debe ser menor o igual que el doble del precedente a fin de poder ajustar cualquier nivel de capacidad.

Se dispondrá de un regulador electrónico digital con indicación del factor de potencia.

Debe protegerse la batería de los cortocircuitos y sobrecargas resultantes de defectos internos de los condensadores de la batería o de la propia red de alimentación. El poder de corte del aparellaje utilizado será como mínimo igual a la corriente de cortocircuito máxima en el punto de conexión de la batería de condensadores. Esta protección se puede lograr mediante disyuntores.

Todas las envolventes, sean cajas o armarios, serán de plancha de acero electrozincada, de 1 mm de espesor en el caso de las cajas y de 1,5 a 2 mm en el caso de los armarios. En ambos casos se tratarán y pintarán con pintura sintética.

Se instalarán resistencias de descarga con el fin de no mantener la carga de los condensadores mucho tiempo después de su desconexión. Estas resistencias, al igual que el resto de los elementos de la batería, se diseñarán según la norma UNE-EN 60831 Y CEI 831. Además, si la batería es automática, se instalarán resistencias de descarga rápida, para aumentar la protección asegurándose la descarga del condensador en la entrada y salida de los escalones de la batería.

Los condensadores que forman parte de la batería serán condensadores autorregenerables con dieléctrico seco. Los condensadores están fabricados a partir de una película de polipropileno metalizada como sistema electrodo/dieléctrico integrado sin contener ningún tipo de líquido de impregnación. Estarán encapsulados en vacío con resina termoendurecible y protegidos con una envoltura de plástico rígido.

Los condensadores presentarán en su parte superior grandes terminales con ausencia de porcelana por ser ésta fácilmente quebradiza. Así se permitirá una rápida y sencilla conexión con los cables del exterior. Existirá también un borne a tierra debidamente señalado.

Las tensiones y sobrecargas admisibles son las siguientes:

- Sobretensiones de explotación durante largos períodos: 10%
- Sobretensiones de corta duración: 20% durante 5 minutos
- Sobreintensidades debidas a los armónicos: 30%

El valor correspondiente a potencia disipada por pérdidas será menor 0,5 W /kVAr (incluye las pérdidas en resistencias de descarga).

Se deben tomar una serie de medidas en lo referente a su ubicación y refrigeración, teniéndose en cuenta que la temperatura máxima de funcionamiento será 45°C.

Se realizará compensación automática en el CGBT de energía reactiva. Las baterías automáticas permiten adaptarse a las variaciones de la demanda de reactiva en función de la programación realizada en el regulador. Los escalones estarán pilotados por un regulador varimétrico, que adaptará de forma automática la potencia reactiva suministrada por los condensadores a las necesidades de la red, actuando sobre los contactores de los diferentes escalones. De esta forma el factor de potencia habrá de mantenerse siempre en el valor deseado. El regulador será electrónico, con posibilidad de conexión y desconexión manual y con indicación digital del cos fi de la red. La configuración de las baterías será tal que permitan la conexión de varios equipos controlados por un solo regulador. Formarán escalones trifásicos conectados en triángulo. Incluirán también resistencias de descarga, con el fin de reducir la tensión residual de los condensadores después de la desconexión.

Debe llevar salida de alarma por contacto C-NA-NC y bus de comunicaciones modbus o ethernet-ip según requiera el sistema de control.

Normas: CEI 831 1/2, UNE EN 60831 1/2, NF C 54-104, VDE 0560-41, CSA 22-2 N.º190, UL810

Recepción y ensayos

Antes de cualquier operación, ensayo o maniobra, y desde luego antes de la puesta en servicio de la batería, debe comprobarse en la instalación una serie de puntos tales como:

- Correcta relación de los transformadores de medida;
- Correspondiente relación de los aparatos de medida conectados a los anteriores transformadores;

- Continuidad de todos los cables de mando y potencia;
- Situación correcta de los dispositivos con ajustes predeterminados;
- Revisión general de todos los elementos del circuito;
- Comprobación del funcionamiento mecánico mediante maniobras sin tensión, etc.

Se realizarán pruebas de funcionamiento y medidas de los valores de potencia reactiva con y sin la conexión de la batería comprobando que los valores calculados corresponden con los obtenidos y con los mostrados por el equipo.

## 6. INSTALACIONES DE COMUNICACIONES

### 6.1. RED DE COMUNICACIONES

La red de comunicaciones troncal del Metro Ligero de Sevilla es una red de comunicaciones IP de tipo Gigabit Ethernet (1.000 Mbps), que está pensado elevar su velocidad.

Se implementará una red de transmisión digital multiservicio, capaz de transmitir señales de voz y datos, con capacidad para soportar todos los servicios requeridos por la Línea:

- Radiotelefonía.
- Localización de trenes.
- Señalización.
- Control de máquinas expendedoras y canceladoras.
- Instalaciones de seguridad e información al viajero.
- Subsistemas de control de instalaciones.

#### 6.1.1 Cable de fibra óptica

##### Normativa

Los materiales que componen los cables habrán de cumplir la normativa en cuanto a aislamiento especial, características ignífugas, baja corrosividad, toxicidad, densidad y opacidad de humos.

Las normas que tienen que cumplir son las siguientes:

- Designación UNE, tipo DV 0.6/1 KV.
- Temperatura de trabajo hasta 90 °C.
- Ensayo de no propagación de llama según UNE 20432.1
- Ensayo de no propagación de incendio según normas UNE 20.427 y UNE 20.432.3 Categoría C.
- Baja emisión de humos según UNE 21.172
- Bajo nivel de halógenos según UNE 21.147-1
- Bajo índice de toxicidad según UNE 21.174
- Identificación de cables de acuerdo con la norma UNE 21.089
- Construcción de cable según la norma UNE 21.123 (IEC-502)

- Conductor de acuerdo con la norma UNE 21.022
- Las secciones de los cables se escogerán entre las presentadas en la norma UNE 21.022 y la recomendación europea IEC 228.

Todos los cables tendrán la protección antirroedores. Todos los cables tendrán la cubierta del tipo EAPSP.

##### Descripción general

Los cables estarán constituidos por fibras ópticas de sílice, tipo monomodo con perfil de índice refracción en escalón, con las características indicadas en la recomendación G.652 del C.C.I.T.T. No se utilizará fósforo como dopante.

El núcleo del cable se compondrá de:

- Elemento central de sirga de acero galvanizado o similar, dispuesta en el eje central del cable.
- Tubo holgado de PBT u otro material de características similares coloreado para su rápida identificación.
- Espaciadores consistentes en varillas macizas de polietileno.
- Compuesto hidrófugo con un punto de gota superior a 70 °C durante 24 horas.

Los tubos se posicionarán en una capa concéntrica constituyendo el núcleo del cable. Para formar la figura del núcleo, los espacios vacíos del mismo se complementarán con los espaciadores indicados.

El cable estará relleno de un material hidrófugo que se dispondrá en el interior de los tubos, en los espacios vacíos del núcleo y entre el núcleo y la cubierta.

El núcleo del cable se cubrirá con cubierta antirroedores. Esta cubierta estará formada por una cubierta interior de polietileno de baja densidad y alto peso molecular que se extruirá sobre el núcleo aplicando suficiente compuesto de relleno, una armadura de acero de 0,115 mm de espesor recubierta por ambas caras de copolímero (esta cinta se aplicará corrugada y solapada en toda su longitud y servirá de protección antirroedores) y una cubierta exterior constituida por compuesto termoplástico ignífugo que se extruirá sobre la cinta de acero.

Entre las cubiertas y el núcleo se dispondrá de un hilo de rasgado. Este hilo será de nylon u otro material de características similares, tratado adecuadamente para que impida el paso de agua o humedad.

Las bobinas del cable irán protegidas con duelas de madera, clavadas en las alas. Una duela indicará el lugar donde se encuentra el extremo de la punta interna del cable. Esta punta irá enrollada en la

contra valona de manera que resulten accesibles al menos 5 metros. Los dos extremos del cable estarán cerrados herméticamente y firmemente asegurados, de modo que no se produzca movimiento alguno ni corrimiento de espiras durante el transporte, manipulación o tendido.

#### Características ópticas

Las características ópticas del cable de 16 fibras serán las siguientes:

##### Atenuación (dB/km)

1285-1330 nm	Máximo	0,45
	Medio	0,38
1550 nm	Máximo	0,28
	Medio	0,25

Diámetro de campo modal en 1300 nm ( $\mu\text{m}$ ) 9-10 ( $\pm 10\%$ )

##### Dispersión cromática (ps/nm\*km)

1285 - 1330 nm	$\leq 3.5$
1270 - 1350 nm	$\leq 6$
1550 nm	$\leq 18$

Longitud de onda de dispersión cero (nm)  $\leq 1280$

Pendiente en la longitud de onda de dispersión nula (ps/nm<sup>2</sup>\*km)  $\leq 0,095$

#### Características geométricas

Diámetro del revestimiento ( $\mu\text{m}$ )  $125 \pm 3$

Error de concentricidad campo modal/revestimiento ( $\mu\text{m}$ )  $\leq 0,8$

No circularidad máxima (%) núcleo  $\leq 6$  revestimiento  $\leq 2$

Diámetro del recubrimiento ( $\mu\text{m}$ )  $250 \pm 15$

Error de concentricidad del recubrimiento (%)  $\leq 10$

#### Código de colores

Estos códigos son orientativos y, en todo caso, el suministrador debe dar la relación exacta de estos códigos.

El cable de 16 fibras ópticas está compuesto de dos tubos holgados con ocho fibras cada uno. Los tubos tendrán, como colores diferenciadores los siguientes:

Tubo 1º	Blanco
Tubo 2º	Rojo

El coloreado de las fibras en los tubos será el siguiente:

FIBRA	COLOR
1	Verde
2	Rojo
3	Azul
4	Amarillo
5	Gris
6	Violeta
7	Marrón
8	Naranja

##### 6.1.1.1 Empalmes en cables de fibra óptica

El empalme de un cable de fibra óptica consistirá en el empalme de las fibras y empalme de las cubiertas.

Para empalmar las fibras, primero se procederá al pelado de las mismas, despojándolas, mediante el pelador apropiado, de la protección secundaria y, mediante acetona, de la protección primaria. A continuación, se procederá al cortado de la fibra, produciendo una pequeña escisión en el revestimiento aplicando una determinada curvatura con la que la fibra rompe, apareciendo la superficie de la sección completamente lisa y perpendicular al eje.

El empalme se realizará con la técnica de fusión por arco eléctrico.

Para el empalme de las cubiertas se utilizará un soporte para las fibras en el que se fijarán los extremos del cable. El cierre de las cubiertas se realizará mediante manguitos termorretráctiles, que impedirán la entrada de agua y constituirán un aislante térmico y protector de las fibras.

La atenuación máxima en los empalmes será de 0,1 dB.

El número de empalmes será reducido al mínimo y no se permitirán empalmes de los cables de F.O. fuera de los armarios técnicos de las paradas.

##### 6.1.1.2 Conectores de fibra óptica

Los conectores para fibra óptica monomodo serán macho del tipo FC-PC de 10/125 mm. Estos conectores serán complementarios con los pasamuros hembra – hembra de los repartidores de fibra óptica.

Las pérdidas de conexión serán inferiores a 0,5 dB en todas las fibras, para la longitud de onda de utilización, siendo el valor típico esperado de 0,35 dB.

#### 6.1.1.3 Latiguillos

En el interior del repartidor de fibra óptica se utilizarán latiguillos monofibra para la conexión de los equipos al cable multifibra.

Cuando una de las fibras del cable multifibra se tiene que conectar con el repartidor, la unión con el conector se realizará mediante soldadura de la fibra del cable multifibra con la monofibra, la cual dispondrá en el otro extremo del conector.

Las características físicas de la monofibra serán:

- Resistencia a la tracción (alargamiento  $\leq 0,2\%$ ) 14 kg
- Radio de curvatura mínimo 50 mm
- Diámetro 3 mm
- Margen de temperatura -10 °C a +60 °C

La monofibra será del tipo ajustado con el recubrimiento y núcleo, y se compone de los siguientes elementos:

- Fibra desnuda.
- Recubrimiento de acrilato de 500 micras.
- Cubierta interna de material termoplástico tipo poliamida de diámetro nominal  $0,9 \pm 0,1$  mm.
- Capa de fibras aramídicas.

Cubierta exterior libre de halógenos con propiedades de no propagación de llama y bajo desprendimiento de humo, gases tóxicos y corrosivos.

#### 6.1.2 Requisitos para la ejecución de la instalación de los cables

Todos los cables se enviarán a Obra en bobinas normalizadas y debidamente protegidas con las protecciones que entrega el fabricante.

Se procurará que los cables sean suministrados, siempre y cuando sea posible, en longitudes de utilización. No se admitirán empalmes dentro de la bobina.

El tendido de los cables se hará con los medios adecuados al tipo de cable, evitando la formación de cocas y torceduras, así como rozaduras perjudiciales y las tracciones exageradas.

No se curvarán los cables con radios inferiores a los recomendados por el fabricante, y en ningún caso será inferior a 10 veces su diámetro, ni se enrollarán con diámetros más pequeños que el de la capa inferior asentada sobre la bobina de fábrica.

No se colocarán cables durante las heladas, ni estando estos demasiado fríos. Se cumplirá el haberlos mantenido doce horas en almacén a 20 °C antes de su colocación, sin dejarlos a la intemperie más tiempo del preciso para su instalación.

Se utilizarán los colores de cubiertas normalizadas. Los cables correspondientes a cada circuito se identificarán convenientemente al inicio del circuito al que corresponden y durante su recorrido, cuando las longitudes sean largas o cuando por los cambios de trazado sea difícil su identificación, se utilizará etiquetas, cinta señalizadora u otros elementos de señalización adecuados.

La entrada de conductores a los equipos se realizará mediante prensa-estopas adecuado al tipo de cable y equipo. Se garantizará el grado de protección del equipo o elemento al cual se conecta.

Los cables se instalarán utilizando "guías pasa cables" adecuadas y no se someterán a rozamientos que puedan perjudicar su aislamiento o la cubierta de los mismos.

#### 6.1.2.1 Tendido del cable de fibra para comunicaciones

Antes de efectuar el tendido del cable, se procederá a comprobar el conducto, para lo cual será necesario revisar y limpiarlo bien a fin de que el arrastre del cable se realice sin obstáculo alguno, y por tanto con las mayores garantías de que el cable no sufrirá daño en esa operación. Inicialmente se pasa una cinta de acero por el conducto elegido a lo largo del recorrido definido entre las dos cámaras o arquetas que lo limitan. Si se comprueba que el conducto tiene lodo, tierra, etc., se procederá al lavado del conducto mediante chorro de agua y el paso por el conducto de un cepillo cilíndrico. Todas las obstrucciones que se detectan deben de ser investigadas y corregidas.

En el interior del tubo se dejará instalado un alambre guía para la posterior instalación del cable o el eventual proceso de limpieza o saneamiento.

Se comienza realizando una revisión previa del equipo auxiliar para realizar el tendido del cable asegurándose de que es el apropiado para tal trabajo, a fin de evitar accidentes durante la operación.

El amarre del cable a la cuerda o cable de tiro se hará en función del tamaño y peso del mismo, así como de la forma estén cerrados sus extremos.

La bobina con el cable se colocará al mismo lado de la cámara de registro y a una distancia prudencial de la misma, de tal modo que el cable pueda entrar, desde la parte superior de la bobina, con una ligera curvatura.

Durante la operación de tendido, la bobina se mantendrá levantada por una pareja de gatos adecuados, y bien nivelada. Los cables se tenderán comenzando por los tubos más bajos de la canalización.

Si por cualquier razón se parase el tendido mientras el cable se encuentra entre dos cámaras o arquetas, se tenderá el sistema de arrastre sin someterse el cable a tensión alguna, en tanto no se indique lo contrario.

Los cables dispondrán del radio de curvatura adecuado para sus características técnicas en el tendido. En las cajas de empalme y las bandejas de conectores, por tratarse de fibra, el diámetro de curvatura debe ser superior al que marque las condiciones del cable. Típicamente deben ser mayores de 15 mm.

Se procurará no realizar el tendido cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0 °C. Cuando sea necesario efectuar el tendido en estas condiciones, se tomarán precauciones especiales.

Todos los cables deberán ser cuidadosamente examinados antes de tenderlos para comprobar si existe algún defecto visible, en cuyo caso, se desechará la parte afectada. Igualmente se desecharán los cables que presenten señales de haber sido usados con anterioridad.

#### 6.1.2.2 Canalizaciones

Las canalizaciones hormigonadas se realizarán con tubos rígidos de polietileno de alta densidad (PEAD) exento de halógenos, metales pesados e hidrocarburos.

En la ejecución de las canalizaciones, al hacer el trazado, se tendrá en cuenta que ésta debe separarse todo lo posible de las vías para evitar su deterioro en posibles descarrilamientos y en los ripados de vías en trazados de curvas que no hayan sido rectificadas. También se evitarán en lo posible la proximidad a conducciones de agua, gas, etc. y eléctricas ajenas a las Instalaciones de Seguridad y Comunicaciones.

Los conductores subterráneos deberán cumplir distancias mínimas de proximidad, que para el caso de conductores de señalización y telemando con cables de telecomunicación será de 0,20 metros, mientras que para conductores de media tensión será de 0,25 metros.

Se establecerá el trazado evitando los cambios de dirección demasiado pronunciados, que obliguen a forzar los cables. Se admitirá un radio de curvatura mínimo de 20 veces el diámetro exterior del cable.

El fondo de la zanja deberá ser plano y sin irregularidades, evitando que queden aristas rocosas.

A continuación, se colocarán los tubos PEAD al mismo tiempo que se colocará la embocadura de cada tubo con la copa del precedente.

Se hormigonarán los tubos con hormigón 250 kg/m<sup>3</sup>, transcurridas, como mínimo, 48 después del hormigonado, se rellenará y apisonará la zanja dejando la parte superior a nivel del terreno y se retirarán las tierras sobrantes.

Los cruces de vías se harán siempre normalmente a éstas y a una profundidad de 80 cm respecto de la base del carril. Cuando no se pueda alcanzar la cota anterior, ésta podrá reducirse, teniendo en cuenta que los tubos deben montarse siempre, como mínimo, 10 cm por debajo del balasto. Los tubos que cruzan la vía deben tener una longitud tal que sobresalgan de cada carril extremo 130 cm. Se hormigonarán con acelerantes con el fin de mantener los cruces abiertos el menor tiempo posible.

Las canalizaciones en cruce de carreteras se realizarán de la misma forma que en los cruces de vía, pero la profundidad a que deben montarse los tubos será fijada en cada caso por el Director de Obra.

Canalización para el cableado de energía, señalización y comunicaciones

La canalización se colocará a lo largo de toda la traza a ambos lados de la plataforma. Constará de los siguientes tubos:

- 3 tubos de PVC de Ø 160 mm
- 8 tubos de PVC de Ø 110 mm
- 8 tubos PEAD de Ø 50 mm

Estos tubos se distribuirán en cuatro filas del siguiente modo:

- En la fila inferior, los 3 tubos de Ø 160 mm
- Sobre ellos, dos filas de 4 tubos de Ø 110 mm
- Por último, en la fila superior los 8 tubos de Ø 50 mm

Las dimensiones del prisma de hormigón serán de 600 x 600 mm. Por encima de éste existirá una capa mínima de 100 mm hasta la superficie de la plataforma.

Las canalizaciones que discurren a uno y otro lado de la plataforma se comunicarán, a través de una canalización de iguales características perpendiculares a ambas, con la arqueta situada en el centro de los andenes de las paradas.

#### 6.1.3 Control de calidad

Los ensayos o pruebas a que serán sometidos los diferentes elementos se enumeran a continuación:

- Medida de la longitud de la fibra.
- Atenuación entre dos puntos, valor absoluto.
- Coeficiente de atenuación por tramo.
- Atenuación por empalme.
- Pérdidas de inserción.
- Pérdidas de retorno.
- Prueba de características químicas.
- Prueba de características mecánicas.

#### 6.1.4 Arquetas de comunicación

##### Descripción general

Arquetas de registro son los recintos subterráneos, accesibles desde el exterior, intercalados entre dos secciones consecutivas de canalización hormigonada y que servirán para posibilitar el tendido de los cables, el habitáculo de los empalmes de los mismos, instalación de armarios y cableado asociado, la limpieza y el mantenimiento, reparaciones, etc.

Las formas y dimensiones de las arquetas serán las indicadas en los planos del Proyecto y permitirán cumplir los siguientes requisitos:

- Alojamiento holgado de los empalmes.
- Comodidad de trabajo.
- Embocaduras de los conductos principales a una altura media.
- Construcción sólida y resistente.

En la canalización se dispondrá una arqueta cada 130 metros.

##### Especificaciones técnicas

La confección del hormigón tendrá las siguientes características:

- El hormigón se fabricará con cemento de categoría igual o superior al denominado PI-35 en la norma RC-88.
- Los áridos empleados en la fabricación del hormigón deberán satisfacer las condiciones exigidas en la norma EH-88.

- El agua a utilizar en la confección de los hormigones deberá satisfacer las prescripciones impuestas en la norma EH-88.
- Se autoriza el empleo de todo tipo de aditivos, siempre que se justifique, mediante los oportunos ensayos, que las sustancias agregadas producen el efecto deseado sin perturbar excesivamente las restantes características del hormigón.
- Durante el periodo de fraguado y primer periodo de endurecimiento, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo.
- No se deben someter a esfuerzos mecánicos las construcciones hasta después de 10 días de su fabricación.
- La parte interna y externa de las arquetas será enfoscada en fino y las aristas deberán ser redondeadas.
- Las varillas de hierro destinadas al armado del hormigón, para la construcción de las arquetas, serán comerciales con diámetros entre 12 y 18 mm. El ligado de las varillas se realiza con alambre de hierro recocido de 1 mm de diámetro.

##### Construcción

Como norma, la excavación será 80 cm más larga y más ancha que las dimensiones de la cámara indicadas en los planos, y la profundidad vendrá determinada por la profundidad de la cámara, la altura del cuello de la cámara, el espesor del suelo y techo y el espesor requerido de grava para el drenaje.

Las cámaras se construirán siempre con un eje longitudinal coincidente o por lo menos paralelo al eje de canalización.

Así mismo, se tendrá en cuenta la excavación correspondiente al drenaje de canto rodado, con unas dimensiones de 50 x 60 cm, con una profundidad de 50 cm. Esta excavación irá rellena con canto rodado.

Después de preparado el fondo de la excavación por el apisonado y nivelado conveniente se dispondrá un marco de madera formado por tablonos de las dimensiones y altura correspondientes a las que ha de tener el piso a construir, situando en su posición definitiva el tubo para sumidero o desagüe. El hormigonado se realizará de una sola vez. El sumidero irá dispuesto en el centro del piso, construyéndose el piso con una ligera inclinación hacia el sumidero, aproximadamente con una pendiente entre 1% y 2%.

El sumidero será circular, de 20 cm de diámetro, o en su defecto, un cuadrado de 20 cm de lado.

Construidas las paredes, se preparará el molde para la tapa de la arqueta que estará enmarcada con hierro galvanizado en caliente, de modo que quede bien ajustada y soportada por el marco de hierro en forma de "L" que previamente se habrá colocado en la boca de acceso a la arqueta. Se verterá

primero una capa de hormigón de 3 cm de espesor y luego, según el tipo de arqueta especificado, se colocarán las varillas de hierro del armado y, finalmente, se echará una masa compacta sin dejar porosidades u otros defectos.

### Instalación

En la canalización troncal que se dispondrá a lo largo de toda la traza se colocarán arquetas de hormigón prefabricado y dimensiones internas 600mm x 750mm x 800mm (ancho x largo x profundidad). Se emplearán fundamentalmente para el acceso a los cableados de energía, señalización y comunicaciones, y se distribuirán del siguiente modo:

- Cada 30 m una arqueta para energía
- Cada 120 m una arqueta para comunicaciones

En los puntos en los cuales exista equipamiento de señalización tranviaria tales como señales o circuitos de vía se instalará una arqueta adicional de iguales características.

En aquellos puntos en los cuales por la distribución seguida coincida la ubicación de una arqueta de energía y una arqueta para comunicaciones o señalización se dispondrán dos arquetas independientes. En la arqueta destinada a comunicaciones se hormigonarán los tres conductos inferiores de  $\square$  160 mm (los cuales se emplearán para la instalación del cableado eléctrico) de forma que no estén accesibles. Por ese motivo, en los extremos de las paradas y junto a las señales de salida del tranvía se dispondrán dos arquetas, una destinada a energía y una para señalización.

En el punto medio del andén de cada parada, bajo los armarios eléctricos, se ubicará una arqueta in-situ de dimensiones internas 1000mm x 700mm (ancho x alto). La profundidad será la necesaria en función del diseño del andén. Esta arqueta se empleará para el acceso a los diferentes sistemas existentes en los armarios de la parada, situados bajo la marquesina.

La comunicación entre cada arqueta de comunicaciones o señalización situada en la plataforma y el equipo, al cual sea necesario tener acceso, se realizará mediante una canalización secundaria formada por un tubo de PVC de  $\Phi$ 110 mm.

### 6.1.5 Equipos de comunicación

#### 6.1.5.1 Repartidores de fibra óptica

#### Descripción general

El repartidor óptico es el distribuidor de las fibras ópticas. Es el equipo donde se realizan las soldaduras y conexiones entre las fibras ópticas de los cables de entrada y salida de los armarios.

Estará compuesto por un rack normalizado de 19" y un armario para alojar los diferentes racks. Este armario permitirá la entrada y salida holgada de todos los cables. El rack facilitará la centralización, interconexión, soldaduras y segregaciones de los cables de fibra óptica.

El sistema estará diseñado para combinar altas densidades de fibras con facilidad de utilización, seguridad y sencillez de mantenimiento.

El distribuidor estará fabricado siguiendo los requisitos más altos de baja emisión de humos y nula emisión de halógenos.

La unidad organizadora de fibra proporcionará facilidad de manejo y también seguridad, evitándose que las caras finales del conector y en consecuencia la luz láser, puedan ser visualizadas directamente. La bandeja tendrá dos posiciones, una totalmente cerrada y otra abierta donde los adaptadores serán totalmente accesibles. Para realizar las conexiones, la bandeja podrá ser extraída de su posición en el rack.

La cantidad de fibra que se pueda almacenar podrá variar dependiendo del número de vueltas de diferentes radios que se le dé a la fibra. El radio mínimo de curvatura de la fibra está limitado a 35 mm, asegurándose la buena transmisión a 1.550 nm para la fibra óptica monomodo.

Las entradas generales de los cables estarán localizadas en la parte posterior del rack, y estarán protegidas mediante un acoplador tipo Manijold o similar.

#### Especificaciones técnicas:

- Entradas de Cables:
  - Hasta 2 entradas por bandeja (parte posterior).
- Materiales:
  - Chasis aluminio anodizado
  - Bandeja resina epoxi recubierta de aluminio
  - Organizador: plástico LSOH
- Acceso de Cables: por su parte inferior.

El repartidor tendrá varias zonas diferenciadas:

- Zona de soldaduras. Constará de un conjunto de bandejas de soldadura. En cada una de las bandejas se agruparán las fibras de acuerdo con su funcionalidad.
- Zona de cocas. Las cocas serán de 2 m como mínimo. Los cables correspondientes a cada uno de los extremos de la línea estarán separados y fijas al repartidor de un modo ordenado.

- Zona de conexiones. Esta zona quedará físicamente separada de la de cocas por una placa denominada “panel de distribución”, en la que se ubicarán los adaptadores hembra – hembra pasamuros del tipo FC-PC. En la parte exterior del panel de distribución se conectarán los “jumpers” – monofibras terminadas con conectores en ambos extremos – hasta los equipos correspondientes. En la parte interior – zona de cocas – quedarán conectados los “pigtailes” a los adaptadores.

#### 6.1.5.2 Switch Gigabit Ethernet

##### Descripción general

Los nodos de comunicaciones están formados por equipos de conmutación y/o enrutamiento que dispondrán de al menos 24 puertos de tipo Ethernet 10/100 para el conexionado de los diferentes equipos auxiliares de comunicación que formarán la red local de cada parada, y al menos, 2 puertos Gigabit Ethernet sobre fibra óptica (GBIC o SFP) para el conexionado con la red troncal de comunicaciones.

##### Especificaciones técnicas

- Protocolo Spanning Tree y Rapid Spanning Tree.
- Auto-recuperación y auto-configuración de los puertos del switch.
- Auto-configuración de los switches mediante protocolo DHCP.
- Autodetección de la velocidad del puerto seleccionado. Configuración automática del puerto para las velocidades de operación 10, 100 ó 1000 Mbps.
- Auto-negociación de los puertos para la selección del modo de transmisión half-duplex o full- duplex, para optimizar el ancho de banda.
- Protocolos de optimización del ancho de banda: ARP, IGMP
- Ancho de banda máximo de 32 Gbps.
- Funciones integradas de QoS.
- Funciones de gestión de tráfico.
- Filtrado de tráfico de capas 2, 3 y 4.
- Seguridad: autenticación de usuario, autenticación remota RADIUS, kerberos, autorización de estado de puerto, nivel MAC, listas de acceso (ACL).
- Gestión remota mediante protocolos SNMP, RMON, Telnet, SSH, HTTP.
- Indicadores LED para el estado del puerto, utilización de puertos, utilización de ancho de banda, integridad del enlace y estado del enlace (actividad, velocidad, modo de transmisión half-duplex o full-duplex).

- 24 puertos Ethernet 10/100 al menos para el conexionado de los diferentes equipos de comunicación de cada parada con conectores RJ-45.
- 2 puertos Gigabit Ethernet sobre fibra óptica (GBIC o SFP) al menos para el conexionado de la red de fibra con conectores de fibra LC.
- Temperatura de operación: 0 – 45 °C
- Temperatura de almacenaje: -25 a 70 °C
- Humedad relativa: 10 a 85 %
- MTBF > 200.000 horas.
- Consumo máximo 190 W.
- Alimentación 100 - 240 VAC/50 – 60 Hz 12 VDC

#### 6.1.5.3 Switch Fast Ethernet

##### Descripción general

Los nodos de comunicación que forman la red de señalización serán Switches Fast Ethernet 10/100 Mbps de nivel 2.

##### Especificaciones técnicas

- Protocolos Spanning Tree y Rapid Spanning Tree
- Interfaces
  - 4 x 10/100 Base-TX
  - 2 x 100Base-FX
- Indicadores de estado mediante LED
  - Indicador de funcionamiento
  - Estado del enlace de fibra
  - Estado de los puertos eléctricos
- Mantenimiento de Red SNMP
- Gestión remota SNMP, RMON, Telnet, SSH, HTTP.
- Consumo de potencia 10 W
- Alimentación 11 – 16 VDC
- Rango temperatura operación -40 a +74 °C
- Humedad relativa < 95%
- MTBF >100.000 horas

#### 6.1.5.4 Cableado UTP

##### Descripción general

El cableado en las paradas será de tipo par trenzado, siguiendo la filosofía de los sistemas de cableado estructurado, con la topología en estrella. Cada parada contiene una cámara de registro localizada en su centro, desde la cual se centraliza el cableado.

El cableado en paradas proporcionará conectividad entre el Puesto de Control de Mando y cada uno de los equipos instalados en las paradas.

El cable contiene una capa aislante coloreada, debajo de la cual existe otra capa aislante también de polietileno, que contiene en su composición una sustancia antioxidante para evitar la corrosión del cable. El conducto sólo tiene un diámetro de aproximadamente medio milímetro.

Este cable no se maneja por unidades, sino por grupo de pares, paquete conocido como cable multipar. Todos los cables del multipar están trenzados entre sí con el objeto de mejorar la resistencia de todo el grupo hacia diferentes tipos de interferencia electromagnética externa. Por esta razón surge la necesidad de poder definir colores para los mismos que permitan al final de cada grupo de cables conocer qué cable va con cual otro:

- Naranja/Blanco – Naranja
- Verde/Blanco – Verde
- Azul/Blanco – Azul
- Marrón/Blanco – Marrón

El medio físico que se emplea para la conexión de los diferentes equipos con el Switch es el cable de par trenzado UTP. El conector más frecuente con el UTP es el RJ45. Es el cable mejor aceptado Por su costo, accesibilidad y fácil instalación. Sin embargo, a altas velocidades puede resultar vulnerable a las interferencias electromagnéticas del medio ambiente.

Se pueden utilizar diferentes categorías del cable UTP que especifican unas características eléctricas determinadas, como atenuación, capacidad de la línea e impedancia. Para crear la red local de cada parada se utilizará UTP categoría 5 o superior (categoría 5e o categoría 6):

Especificaciones técnicas del cable UTP Categoría 5

- Protocolos soportados:
  - 10 Base-TX, 100 Base-VG
  - FDDI/CDDI 100 Mbps
  - Token Ring 16 Mbps

- ATM 155 Mbps
- Frecuencia de trabajo máx: 100 MHz
- Estándares aplicables al cableado:
  - ANSI/EIA/TIA 568A (América)
  - EN 50167, EN 50168, EN 50169, EB 50173 (Europa)
  - ISO/IEC 11801 (Internacional)
- Impedancia: 100 ± 15 Ohmios
- Capacidad mutua máx: 5,5 nF/100 m
- Capacidad desequilibrio: 330 pF/100 m
- Resistencia DC: 9,38 Ohmios/100 m
- Resistencia desequilibrio: 5%
- Tasa velocidad nominal: 65 %
- Conductor:
  - Material: cobre sólido
  - Diámetro: 0,5 – 1 mm
  - Galga: 24AWG
- Aislante:
  - Material: Polietileno
  - Diámetro: 0,96
- Drain wire: Material NIL
- Construcción: 4 pares
- Envoltura externa: PVC/FRPVC/LSZH
- Diámetro externo: 5,4 + 0,2 mm

Frecuencia MHz	Atenuación dB/100m	NEXT dB	PSNEXT dB	ACR dB/100m	PSACR dB/100m	Pérdidas Retorno dB
1	2	62	60	60	58	23
4	4,1	53	51	48,9	46,9	23
8	5,8	48,5	46,5	42,7	40,7	23
16	8,2	44	41,9	35,8	33,7	23
25	10,3	41,5	39,5	31,2	29,2	23
31,25	11,7	39,6	37,6	27,9	25,9	23
62,5	17	35,1	33,1	18,1	16,1	23
100	22	32	30	10	8	23

## 6.2. SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

La función fundamental del Sistema de Radiocomunicaciones es permitir el establecimiento de las comunicaciones tren-tierra, es decir, las comunicaciones de voz y datos entre el tranvía y el Puesto Central de Mando (PCC).

En el Proyecto de Instalaciones se plantea la instalación de dos Sistemas de Radiocomunicaciones:

- Sistema de Radiocomunicaciones sobre tecnología PMR-TETRA

Este sistema se empleará para el establecimiento de las comunicaciones de mayor prioridad como son las correspondientes a la telefonía entre el tranvía y el PCM y los datos asociados a la explotación tranviaria, tales como los mensajes de texto para información del conductor o la situación del tranvía.

- Sistema de Radiocomunicaciones vía WIFI

Este sistema se empleará para la transmisión de información no crítica entre el PCM y el tranvía. Se empleará por ejemplo para la transmisión de las imágenes captadas por las cámaras de vídeo situadas a bordo del tranvía al PCM. (Actualmente no se emplea este sistema)

### 6.2.1 Sistema tren-tierra sobre tecnología PMR

#### 6.2.1.1 Introducción a los sistemas PMR

Un sistema de Radiotelefonía Móvil Privada (PMR) es un sistema de comunicaciones móviles en los que existe una o varias estaciones base y un conjunto de móviles en el que es posible la comunicación móvil-base y base-móvil, existiendo también la posibilidad de comunicación móvil-móvil.

Son redes móviles no conectadas a la Red Telefónica Pública (RTP) y se utilizan en tareas para la gestión y control de la actividad de flotas de vehículos.

Las características básicas son las siguientes:

- Cobertura local o regional
- Acceso rápido estación base-móvil y viceversa.
- Llamadas frecuentes y de corta duración
- Posibilidad de llamadas a grupos específicos y llamadas generales
- Permiten constituir agrupaciones de usuarios
- Funcionamiento símplex o semidúplex con PTT y régimen de espera.
- Conexiones telefónicas a través de centralitas privadas

Las ventajas principales de un sistema PMR son las siguientes:

- Bajo coste de mantenimiento
- El usuario controla todos los parámetros del sistema
- Gran velocidad de comunicación, sin colas ni esperas
- Está pensado para todos aquellos servicios que necesitan un área de actuación relativamente reducida y siempre que las necesidades se limiten a interconexión interna.

Los tipos de terminales de los que se compone un sistema PMR son:

- Estaciones fijas:
  - Estación Base: puede suministrar equipos de transmisión/recepción juntos o separados. Se controla mediante una estación de control fija.
  - Estaciones de control: gobiernan automáticamente el funcionamiento de otra estación de radio en un emplazamiento fijo.
  - Estaciones repetidoras: retransmiten las señales recibidas
- Estaciones móviles instaladas en los vehículos: disponen de conmutación de canales en función de la estación base que corresponde a la zona en la que se encuentra el móvil.
- Estación de control del sistema: dispositivos necesarios para el gobierno de las estaciones base. Escucha todas las estaciones base y puede hablar mediante conmutación manual con cada una de las zonas que corresponden a cada estación.

Las especificaciones técnicas fundamentales del sistema PMR son las siguientes:

- Bandas de frecuencia:
  - Banda VHF baja de 30 a 80 MHz
  - Banda VHF alta de 140 a 170 MHz Banda III de 223 a 235 MHz
  - Banda UHF baja de 406 a 470 MHz
- Modulación FM en banda estrecha, en la que la señal moduladora (señal de voz) se limita en banda hasta 3 KHz.
- Canalizaciones posibles:
  - Canalización normal: La separación entre canales es de 25 KHz. La desviación de frecuencia es 5 KHz y el ancho de banda de un canal son 16 KHz.
  - Canalización estrecha: La desviación de frecuencia se reduce a 2,5 KHz y el ancho de los canales es 12,5 KHz, siendo el ancho de banda de la señal modulada 11 KHz.

El principal inconveniente de este sistema es la retrocobertura, es decir, la cobertura de emisión de los móviles, que es siempre inferior a la de las estaciones base. El retroalcance en el sentido móvil-base es más pequeño debido a la menor potencia del móvil y a que su antena tiene poca altura y un

rendimiento mediocre motivado por su instalación. La solución a este problema se realiza mediante una red de repetidores, que se distribuyen dentro de la zona de cobertura de forma que las emisiones de un móvil lleguen en todo momento a alguno de ellos. Todos los repetidores estarán conectados con la estación base, que contendrá un dispositivo para decidir cuál de las señales que viene de un mismo Terminal móvil a través de diferentes repetidores es la óptima.

#### 6.2.1.2 Funcionalidades

La Red de Radiocomunicaciones PMR sirve de soporte de las comunicaciones necesarias para la normal explotación del tranvía:

- Comunicaciones de voz:
  - Servicio de telefonía half-duplex entre los conductores de las unidades móviles y el PCM.
  - Escucha en el PCM a través del micrófono ambiente en caso de emergencia.
- Comunicaciones de datos:
  - Datos asociados a la operación de la línea que se envían al inicio del recorrido y se muestran en la consola del conductor: información de itinerario, tiempos previstos de inicio y fin, evolución, etc.
  - Datos de la situación del tranvía a través de las señales de odómetro, apertura de puertas y cabina activa.
  - Información a ser mostrada en teleindicadores.

#### 6.2.1.3 Arquitectura de la Red de Radiocomunicaciones sobre tecnología PMR

TUSSAM contiene un sistema de comunicaciones sobre tecnología PMR. Este sistema es analógico y se compone de 6 canales de datos y 4 de audio.

No es necesario ampliar ni modificar la infraestructura de la red de radiocomunicaciones existente, por lo tanto, ésta será suficiente para la gestión de toda la flota actual de TUSAM y las 8 unidades del Metro Ligero.

El material móvil de Metro Ligero será de iguales características que el de los autobuses. Serán equipos embarcados P-2500U F1 y se componen de los siguientes elementos:

- Equipo P-2500U F1
- Cable SAE ETRA P-2500 a CIBOR
- Antena LHA 400
- Convertidor PV6I
- Pulsador a pedal para PTT y para emergencia
- Micrófono flexo y ambiente

- Altavoz

#### Terminal móvil P-2500U

El equipo P-2550U es programable, siendo posible transmitir esta programación a otros equipos de radio compatibles.

Puede usarse como estación base, gobernada a distancia por una consola tipo sobremesa. Las características funcionales son las siguientes:

- Identificación por 5 tonos
- Hasta 4 códigos de recepción
- Uso en repetidores compartidos
- Temporizaciones variables
- Llamadas normales, urgentes, de interrogación y cierre
- Monitorización de códigos
- Códigos de bloqueo/desbloqueo y desprogramación a distancia
- Selección de canales
- Funciones de escáner y prioridad
- Funciones elementales de 5 tonos compartidos
- Visualización en el display de la temporización de emisión

Las características técnicas son las siguientes:

- Rango de temperatura: -20 °C a +55 °C
- Banda de frecuencia: 400-470 MHz (ancho de banda 20 MHz)
- Canalización: 12,5 KHz/25 KHz
- Potencia de emisión: Alta (>25 W) o baja seleccionable por canal
- Alimentación: 10,8 – 15,6 VCC
- Consumo:
  - Emisión: < 8 A
  - En espera: 340 mA
- Sensibilidad receptor:
  - 12 dB SINAD. Mejor de 0,25 µV

- 20 dB SINAD. Mejor de 0,4  $\mu$ V
- Salida de audio: 4 W sobre 4 ohmios, con distorsión menor de 5%
- Normativas: ETS 300 086/ETS 300 279/EN 60950

#### Antena LHA 400

La descripción eléctrica es la siguiente:

- Rango de frecuencia: 380-430 MHz
- Ancho de banda: 2,5% en frecuencia central
- VSWR: 1,5:1 o mejor
- Polarización: Vertical
- Potencia máxima: 100 W
- Impedancia de entrada: 50 Ohmios
- Convertidor PV6I de 24 Vdc a 12 Vdc

Las especificaciones técnicas son las siguientes:

- Rango tensión de entrada: 17 a 32 Vdc
- Tensión de salida: 13,6 Vdc  $\pm$  15%
- Ruido de salida: < 50 mV
- Corriente de carga: < 15 mA
- Eficiencia conversión potencia:
  - 90% para dispositivos no aislados
  - 85% para dispositivos aislados
- Aislamiento: > 400 Vrms
- Temperatura de operación: -25 °C a + 80 °C

#### 6.2.2 Sistema tren-tierra sobre tecnología TETRA

##### 6.2.2.1 Introducción a la tecnología TETRA

La tecnología TETRA (TErrestrial Trunked Radio) es un sistema trunking digital, que soporta un uso compartido de la red por parte de diferentes organizaciones, manteniendo al mismo tiempo la privacidad y la seguridad mutua. TETRA incluye las características básicas de los sistemas de radiotelefonía

privada (PMR) como son el modo de comunicación directa y las llamadas de grupo, a las cuales añade una amplia gama de prestaciones. Las más importantes son:

- Soporta comunicaciones dúplex de voz y datos o semidúplex de voz junto con datos por el mismo equipo
- Proporciona una velocidad de transmisión de datos de hasta 28,8 Kbps. Esto le permite proporcionar servicios como el fax, teledatex y transmisión de imágenes.
- Su diseño es específico para la transmisión optimizada de datos por paquetes
- Proporciona una elevada calidad de las señales de voz y datos
- Garantiza la seguridad de las comunicaciones
- Soporta la identificación y reencaminamiento de llamadas
- Incluye una amplia gama de interfaces y cabeceras para comunicarse con redes telefónicas externas como la Red Telefónica Pública Conmutada (RTC) o la Red de Servicios Integrados (RDSI).
- Permite la creación de grupos de usuarios, para cada uno de los cuales se indicarán los miembros y los permisos correspondientes.

En cuanto a los servicios prestados, el sistema TETRA soporta dos modos de operación:

- Modo Voz+Datos (V+D), que es el modo convencional de operación para aplicaciones telefónicas y de datos
- Modo Paquetes de Datos Optimizados (PDO), que permite el establecimiento de servicios como la mensajería vocal, correo electrónico, localización y gestión de tráfico de vehículos, etc.

Sin embargo, tomando como criterio los elementos que intervienen en una comunicación, los modos de funcionamiento son tres:

- Modo de Operación Trunking (TMO), en el cual la comunicación entre usuarios se establece a través de la infraestructura de red (estaciones base, repetidores, etc.) y es controlada por el sistema de gestión.
- Modo Trunking Degradado (TMA), que se produce cuando se pierden las comunicaciones entre estaciones base y centros de control y que permite las comunicaciones de grupo en la zona de cobertura de cada estación base.
- Modo de Operación Directo (DMO), que consiste en el establecimiento de comunicaciones entre los equipos portátiles de usuario de forma directa, sin hacer uso de la infraestructura de red.

Las especificaciones técnicas fundamentales del sistema TETRA:

- Bandas de frecuencia:

- 380-390/390-400 MHz
- 410-420/420-430 MHz
- 450-460/460-470 MHz
- 870-888/915-933 MHz
- Canalización de 25 KHz
- Tecnología de Acceso Múltiple por División en el Tiempo (TDMA).
- Por cada portadora, 4 canales de usuario que pueden ser empleados para la transmisión de Voz o Datos
- Modulación  $\pi/4$  DQPSK
- Velocidad de transmisión: 36 Kbps
- Modo de funcionamiento V+D:
  - Tiempo de establecimiento de llamada <300 ms
  - Grado de servicio: 5%
  - Tasa máxima por canal: 7,2 Kbps
  - Tasa de codificación de voz: 4,8 Kbps. (Algoritmo codificación ACELP)
  - Tasa máxima transmisión de datos: 28,8 Kbps (Para ello, utilización de los cuatro canales de la portadora)

#### 6.2.2.2 Descripción general

La Red Municipal de Radiocomunicaciones SECORA, basada en el estándar digital TETRA prevista para la optimización e integración total de las infraestructuras de radiocomunicaciones de todos los servicios municipales proporcionará a METROCENTRO de Sevilla un medio de comunicación fiable y seguro para el establecimiento de la comunicación entre los tranvías y el Puesto Central de Mando.

Se utilizará exclusivamente para las comunicaciones denominadas “vitales”, es decir, aquellas que son necesarias para la normal explotación del tranvía, las cuales comprenden:

- Comunicaciones de voz. Fundamentalmente serán:
  - El servicio de telefonía entre los conductores de las unidades móviles y el PCM. Estas llamadas podrán ser tanto full-duplex, entre el PCM y un usuario individual o half-duplex, entre el PCM y todos los tranvías.
  - Las comunicaciones desde el PCM a los usuarios a bordo del tranvía, mediante el sistema de megafonía existente en la unidad móvil.
  - Las comunicaciones entre el PCM y los usuarios a través de los interfonos existentes a bordo.

- Comunicaciones de datos. Principalmente serán los siguientes:
  - Datos asociados a la operación de la línea tal como la información de itinerario, los tiempos previstos de inicio y fin, la evolución a lo largo del recorrido según el horario planificado, etc. que habitualmente se envían al inicio del recorrido y se muestran en la consola del conductor.
  - Situación del tranvía. De forma periódica a lo largo del recorrido el tranvía informa al PCM sobre su situación, para su integración en el Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE).
  - Mensajes de texto enviados desde el PCM para ser mostrados en el Sistema de Información al Viajero existente a bordo: teleindicadores y monitores de vídeo.

En el diseño del Sistema de Radiocomunicaciones se deben tener en cuenta dos aspectos fundamentales para garantizar la calidad del servicio:

- El nivel de cobertura a lo largo de toda la traza. Para garantizar la calidad de las comunicaciones el nivel de señal en todos los puntos del recorrido deberá ser tal que permita comunicaciones bidireccionales entre los tranvías y el PCM en cualquier situación meteorológica.
- La capacidad de la red de radio en función del número de usuarios. El sistema estará dimensionado de forma que se garantice un grado de servicio del 5%. En principio, los usuarios del sistema serán únicamente las unidades móviles, pudiendo ser necesario el uso del sistema sólo en casos excepcionales por parte del personal de la empresa explotadora del tranvía, por lo que no se prevé que la saturación del mismo sea un factor determinante.

#### 6.2.2.3 Arquitectura de la red de comunicaciones sobre tecnología TETRA.

##### Estación base

El planteamiento de la red SECORA sobre tecnología TETRA para la ciudad de Sevilla, contempla la instalación de 6 estaciones base, que garantizan la cobertura en el recorrido completo del Metro Ligerero.

##### Terminales móviles en los Tranvías

En cada unidad de tranvía se instalarán dos terminales móviles, uno en cada cabina de conductor.

El terminal estará totalmente integrado en el bus interno del tranvía, de forma que en las situaciones en las que el PCM decida informar a los viajeros a través del sistema de megafonía interna el conductor podrá habilitar el canal de audio para el establecimiento de esa comunicación.

Los terminales móviles de TETRA cumplirán las especificaciones TETRA indicadas en el apartado de normativa. Las principales son las siguientes:

- ETS 300 392 Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D)
- ETS 300 394 Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Conformance testing specification

- ETS 300 395 Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Speech codec for full-rate traffic channel
- ETS 300 396 Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Technical requirements for Direct Mode Operation (DMO)

El paquete básico de cada terminal portátil constará de los siguientes elementos:

- Terminal radio
- Fuente de alimentación y cable de conexión
- Altavoz
- Micrófono de mano con PTT y AUX
- Microaltavoz de mano con PTT y AUX
- Antena
- Caja de interconexión (si es necesaria) con los cables y conectores apropiados
- Guía de Usuario

#### Especificaciones técnicas

Modos de operación	Trunking y Modo Directo
Bandas de frecuencia	380-400 MHz/410-430 MHz
Potencia de salida (RF)	EN 300 392-2 Power Class 2 Potencia máxima: 10 W Potencia de salida regulable
Canalización	25 KHz
Modulación	$\pi/4$ -DQPSK
Codificación de voz	ACELP, 4,8 kbit/s
Tasa máxima de transmisión de datos	28,8 Kbit/s
Encriptación en interfaz aire	TEA1 ó TEA 2 (opcionalmente extremo a extremo)
Potencia de salida de audio	5 W/8 $\Omega$
Receptor	Clase A
Sensibilidad	Estática: -112 dBm Dinámica: -103 dBm
Interfaz de datos	RS-485/RS-232
Especificaciones Medioambientales	Temperatura de almacenamiento: -30 a 70°C Temperatura de operación: -20 a +55 °C Protección al polvo y humedad: IEC529 IP54 Vibración y caída libre: ETS 300 019
Batería	Autonomía mínima en conversación full-dúplex: 4 horas Autonomía mínima en espera: 36 horas
Teclado	Alfanumérico Teclas de navegación y selección Teclas para PTT, llamadas de emergencia y acceso rápido
Pantalla	Pantalla LCD a especificar por el suministrador

Dimensiones	A especificar por el suministrador
Peso	A especificar por el suministrador

#### Prestaciones de los terminales móviles

- Modos de funcionamiento:
  - Modo trunking
  - Modo directo (DMO)
- Servicios de Voz
  - Llamada de Grupo
  - Llamada de Difusión (Broadcast)
  - Llamada individual dúplex o semi-dúplex
  - Llamada telefónica (PSTN/PABX/GSM)
  - Llamadas de prioridad
  - Llamadas de emergencia
  - Identificación del equipo que habla en un grupo
  - Identificación del equipo llamante
  - Marcación por DTMF
- Servicios de datos
  - Envío y recepción de mensajes de estado a direcciones individuales/grupo
  - Mensajes de Datos Cortos (SDS) tipo 1, 2, 3 y 4 a direcciones individuales/grupos
  - Transmisión de datos en modo circuito
  - Transmisión de datos en modo paquete según protocolo IP
- Servicios DMO
  - Gestión de hasta 150 grupos DMO
  - Llamada de Grupo, Individual y Broadcast
  - Llamada de emergencia
  - Prioridad de llamada programable
  - Comunicaciones DMO Gateway/DMO Repeater
- Otras prestaciones

Estas prestaciones permitirán operar con más facilidad en un entorno con varios modos de operación a los usuarios con necesidades de comunicación rápida y diferentes tipos de llamadas. Las dos funcionalidades más importantes serán:

- Función de escaneo de grupos, tanto TMO como DMO. Las listas de escaneo de grupos podrán ser tanto fijas como definibles por el usuario
- Función Dual-Watch. Esta característica permite la escucha de dos grupos de llamada, uno en modo TMO y otro en modo directo DMO.

Otras características de los terminales portátiles serán:

- Asignación dinámica de grupos
- Escucha ambiente
- Desvío de llamadas
- Modo ingeniería
- Inhibición del transmisor
- Agenda de grupos/usuarios radio y de números de teléfono (número mínimo de grupos de usuarios: 500)
- Histórico de llamadas
- Autenticación de usuario
- Encriptación en la interfaz aire según TEA1, TEA2 y TEA3
- La pantalla gráfica del terminal deberá mostrar al menos la siguiente información:
  - Modo de funcionamiento: TMO, DMO, llamada telefónica
  - Usuario, número TETRA o ambos
  - Grupo de funcionamiento
  - Identificación de llamada entrante
  - Intensidad de campo

#### 6.2.2.4 Terminal fijo en Cocheras y PCM de TUSSAM

El equipamiento necesario para el establecimiento de las comunicaciones radio con los usuarios del sistema TETRA consistirá en un despachador radio.

El Terminal de despacho consiste en un Terminal móvil TETRA integrado en una unidad de sobremesa, en cuyo interior se incluyen también un altavoz de gran potencia y una fuente de alimentación AC/DC.

El conjunto se completa con un micrófono de sobremesa. Para permitir una operación manos libres al operador se recomienda el uso de los microcascos y el pulsador PTT de pedal.

#### Especificaciones técnicas

Modos de operación	Trunking y Modo Directo
Bandas de frecuencia	350-370 MHz (10W) 380-400 MHz (10W) 410-430 MHz (3W) 450-469 MHz (10W)
Canalización	25 KHz
Modulación	$\pi/4$ -DQPSK
Codificación de voz	ACELP, 4,8 kbit/s
Tasa máxima de transmisión de datos	28,8 Kbit/s
Altavoz	3", 5W, 4 ohm/Salida para voz externo
Especificaciones Medioambientales	Temperatura de operación: 0 a +50 °C
Alimentación	Fuente de alimentación conmutada
Voltaje	12 VDC
Características Mecánicas	Chasis de chapa galvanizada Carcasa de plástico ABS, superficie texturizada
Dimensiones	A especificar por el suministrador
Peso	A especificar por el suministro

#### Prestaciones de los terminales fijos

- I. Servicios de Voz
  - Llamada de grupo
  - Llamada broadcast (difusión)
  - Llamada individual semi-dúplex con señalización directa
  - Llamada dúplex
  - Llamadas telefónicas (PSTN y PABX)
  - Transmisión de dígitos DTMF
  - Edición de los Gateways PSTN y PABX mediante MMI
  - Llamada de emergencia
  - Prioridad de llamada programable par todos los tipos de llamadas
- II. Gestión de Grupos
  - 1050 grupos (para TMO, DMO o ambos)
  - Escaneo de grupos
  - Entrada tardía
  - Selección de área
- III. Seguridad
  - Autenticación del Terminal
  - Autenticación mutua

- Cifrado interface aire
- Habilitación/Deshabilitación remota
- Códigos PIN/PUK
- Cifrado extremo a extremo
- IV. Servicios de Datos
  - Mensajes de estado a direcciones individuales/grupo
  - SDS a direcciones individuales y grupo
  - SDS inmediatos
  - Interface PEI:
  - Comandos AT
  - Comandos TNP1
  - Diferentes perfilesde servicio configurables
  - Paquetes de datos (servicio IP)
  - Datos en modo circuito
- V. Servicios DMO
  - Llamada de grupo, individual y broadcast
  - Llamada de emergencia
  - Prioridad de llamada programable
  - Entrada tardía
  - Identificación del equipo transmisor
  - Chequeo de presencia
  - Prioridad de usuario reciente
  - Comunicaciones DMO Gateway/DMO repetidor
- VI. Servicios Suplementarios
  - Asignación dinámica de grupos
  - Escucha ambiente
  - Llamada de inclusión
  - Desvío de llemadas
- VII. Otros Servicios
  - Inhibición de transmisor
  - Códigos de emergencia

#### Accesorios

- Micrófono de sobremesa con pulsadores PTT, AUX y leds Tx/Rx
- Altavoz

- Pulsador PTT a pedal
- Microcascos
- Microteléfono con PTT
- Cable de datos
- Antenas TETRA

#### Terminal portátil TETRA

Se dispondrán de dos terminales portátiles para funcionalidad estándar “Hombre Muerto”, para aplicaciones de seguridad y emergencia.

La potencia de salida RF puede ajustarse de 15 mW a 3 W en función de lo requerido por cada usuario. Proporciona 1 W de potencia de audio de salida, obteniendo un volumen más alto y una mayor calidad de audio.

Incorpora GPS de última generación, tecnología avanzada y muy sensible. Permite mandar información de posición, bien periódicamente, bien bajo petición.

#### Especificaciones técnicas

Potencia de salida de audio	1 W
Vida de la batería 5/5/90 (1W)	>18 horas
Vida de la batería 5/5/90 (3W)	>14 horas
Display	TFT gráfica a color 1,8” (128x160 píxeles y 65.000 colores)
Potencia de salida RF	Desde 15mW hasta 3W
Sensibilidad estática	-112 dBm
Sensibilidad dinámica	-103 dBm
Bandas de frecuencia	380-400 MHz 410-430 MHz 450-470 MHz 806-870 MHz
Temperatura de operación	-30 °C a 60 °C
Temperatura almacenaje	-40 °C a 85°C

#### Prestaciones de los terminales portátiles

- I. Gestión de movilidad
  - Registro/de-registro, reselección de célula (handover)
  - Migración AI y múltiple MNC (Selección de red manual)
- II. Clase de Seguridad
  - Autenticación (del Terminal y mutua)

- Seguridad de cifrado interfaz aire:
  - en claro, SCK, DCK
  - Algoritmos TEA1, TEA2 y TEA3
  - OTRA (Over The Air REkeying)
  - Habilitar/Deshabilitar

### III. Servicios de voz

- Individual/Grupo
- Semidúplex/Dúplex
- PABX/PSTN
- Normal/Prioridad/Emergencia
- Registro de llamada

### IV. Principales servicios suplementarios

- Asignación dinámica de grupos (DGNA)
- Entrada tardía (LE)
- Identificación de línea llamante (CLI)
- Identificación del Terminal hablante (TPI)
- Llamada de prioridad (PC)
- Llamada de prioridad preemptiva (PPC)
- Escucha ambiente (AL)

### V. Servicios de datos

- Mensajes de estado individuales o de grupo
- SDS individuales o de grupo
- Mensajes de estado y SDS simultáneos en una llamada de voz
- Datos en modo circuito
- Datos en modo paquete
- Bandeja de entrada de hasta 15 mensajes de estado
- Bandeja de entrada de hasta 15 mensajes SDS
- 100 mensajes de estado preprogramados
- Bandeja de salida de hasta 15 SDS

### Configuraciones

- Básica
- GPS
- Bluetooth
- GPS + Bluetooth
- E2EE (Cifrado extremo a extremo) + GPS

### Accesorios

- Microaltavoz
- Microauricular Bluetooth
- Auricular estándar
- Antenas helicoidales de ¼ de onda
- Cargadores

### 6.2.3 Sistema tren-tierra vía WIFI (No operativo actualmente)

#### 6.2.3.1 Descripción General

El Sistema de Radiocomunicaciones sobre tecnología WIFI proporcionará una comunicación de banda ancha vía radio entre el tranvía y el Puesto Central de Mando.

Como planteamiento inicial, este sistema se empleará para la transmisión de información no crítica en la explotación tranviaria, pero de utilidad para el control de la línea desde el PCM, tal como:

- Imágenes de vídeo captadas por las 12 cámaras situadas a bordo de cada tranvía
- Mensajes de información para ser mostrados en los teleindicadores del interior del tranvía
- Mensajes publicitarios para ser mostrados en los monitores situados a bordo

En cualquier caso, si fuera necesario suprimir la utilización del sistema mediante tecnología TETRA, el conjunto de las comunicaciones tren-tierra podrían realizarse a través de la red WIFI. Para ello, los mensajes de audio (comunicaciones vocales entre conductor y PCM, mensajes de megafonía y comunicaciones por interfonos de a bordo) tendrían que codificarse y transmitirse como VoIP (Voz sobre IP). De igual forma, todos los datos (mensajes asociados a la explotación tranviaria, información en teleindicadores, datos del sistema de diagnóstico de a bordo, etc.) se transmitirían como datagramas Ethernet.

El diseño de la red inalámbrica WIFI garantizará un nivel de señal a lo largo de toda la línea de forma que la tasa de transferencia de información para cualquiera de los puntos de acceso sea de 54 Mbps.

Actualmente existen dos estándares para redes inalámbricas que soportan las comunicaciones a velocidades de hasta 54Mbps: 802.11g basado en la banda de 2,4GHz y 802.11a, en la banda de 5GHz.

El primero de ellos (802.11g) presenta dos ventajas frente a al segundo (802.11a):

- al trabajar en la banda de 2,4GHz sus alcances son superiores a los conseguidos en la banda de 5GHz

- es compatible con estándares anteriores como el 802.11b.

Sin embargo, también tiene algunos inconvenientes:

- en la banda de 2,4GHz sólo se han definido tres canales de 22MHz para ser utilizados según 802.11g, frente a los 19 existentes en 802.11a
- el nivel de interferencia en 2,4GHz es importante, dado que esta banda es utilizada también por dispositivos bluetooth, hornos microondas, teléfonos inalámbricos, etc.

Para el estándar 802.11a la situación es exactamente la contraria que para el 802.11g: presenta el inconveniente de que al trabajar en la banda de 5GHz su alcance es menor que el existente en 2,4GHz lo cual implica la instalación de un mayor número de puntos de acceso, pero por otro lado proporciona un mayor número de canales (19) y un menor nivel de interferencia.

El diseño de red planteado en este proyecto se basa en el estándar 802.11g y por tanto la comunicación se establecerá en la banda de frecuencias de 2,4GHz. La razón principal por la cual se ha optado por esta opción es su mayor alcance, lo que permite que instalando puntos de acceso sólo en las paradas y en el edificio de cocheras se garanticen los niveles de señal necesarios. En caso de optar por una red según 802.11a serán necesarios puntos de acceso intermedios, con los inconvenientes de instalación que esto supone. En cualquier caso, todos los equipos empleados, serán duales, es decir, cumplirán el estándar 802.11a, por lo que podrán trabajar en la banda de 5GHz.

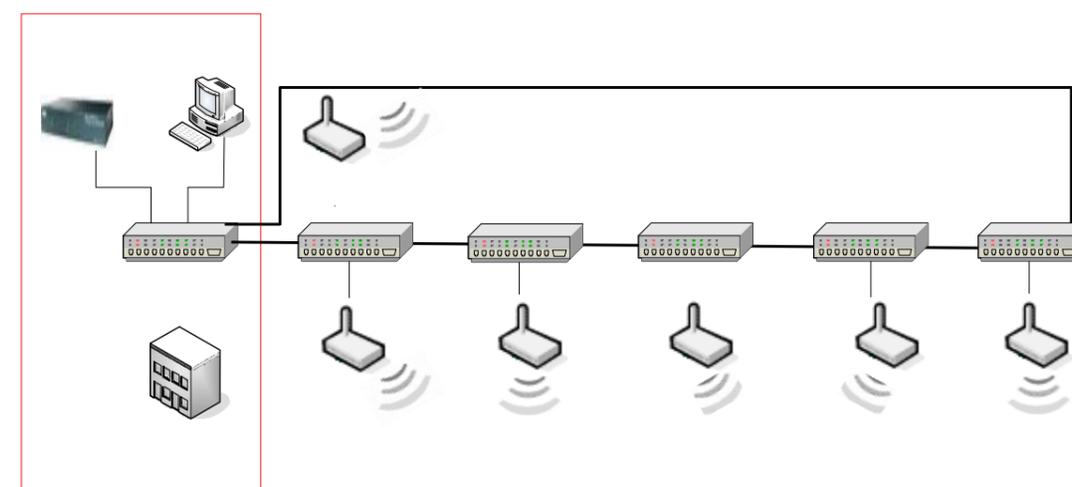
En la fase de instalación de equipos se realizará un estudio de cobertura de la zona, en el cual se analizará la propagación de señal y los niveles de interferencia en ambas bandas. En función del resultado de este estudio se tomará la decisión final sobre las frecuencias a utilizar.

### 6.2.3.2 Arquitectura de la red de comunicaciones vía WIFI

La red de radiocomunicaciones vía WIFI permitirá las comunicaciones inalámbricas entre el tranvía y el PCM en cualquier punto de la línea. Se configurará como una red de acceso, soportada por la red troncal Gigabit Ethernet sobre fibra óptica instalada a lo largo de todo el recorrido.

- Los elementos fundamentales de este sistema serán los siguientes:
- Unidad de radio WLAN a bordo. Cada una de las unidades móviles estará equipada con una unidad radio WLAN a bordo que permitirá el establecimiento de la comunicación de los sistemas embarcados con la red WIFI, con un ancho de banda máximo de 54 Mbps.
- Unidad de control WLAN a bordo. Este elemento actuará como interfaz entre la unidad de radio a bordo y los sistemas internos del tranvía.

- Puntos de acceso WIFI. Se instalará un total de seis puntos de acceso WIFI distribuidos del siguiente modo: uno en cada una de las paradas de la línea y dos puntos de acceso en Cocheras. Cada equipo garantizará la cobertura en un radio superior a 200 m alrededor de su emplazamiento. Para su conexión con la red de comunicaciones troncal dispondrá de un puerto 10/100BaseT mediante el cual se conectará con el switch Gigabit Ethernet de la red troncal existente en cada parada.
- Controlador de red inalámbrica. Este equipo controlará el funcionamiento de toda la red WIFI: aplica las políticas de seguridad impidiendo la intrusión de clientes no autorizados y gestiona la interfaz radio, la calidad de servicio (QoS) y la movilidad.
- Aplicación de gestión de red WIFI. Aplicación software que permitirá realizar el control total de la red WIFI desde el PCM. Se utilizará principalmente para monitorizar y telecontrolar el funcionamiento tanto de los puntos de acceso como de los terminales cliente autorizados en el sistema.



Red de comunicaciones vía WIFI

A continuación, se describen las características fundamentales de cada uno de estos elementos.

### 6.2.3.3 Unidad de radio WLAN a bordo

#### Descripción general

Cada uno de los tranvías estará equipado con una unidad de radio o cliente WIFI que permitirá la comunicación del mismo con los puntos de acceso inalámbrico situados en las paradas.

Esta unidad de radio se comunicará con el equipamiento auxiliar del tranvía (cámaras, teleindicadores, etc.) a través de la unidad de control WLAN a bordo. De esta forma tendrá acceso a los diferentes tipos de información (voz, vídeo y datos) para su transmisión a través de la red inalámbrica.

Las especificaciones técnicas del cliente WIFI dependerán fundamentalmente de las características del ordenador de a bordo y del tipo de bus empleado, lo cual vendrá determinado por el fabricante del

material móvil. Como solución más abierta y de más fácil integración, se propone que el terminal cliente esté formado por dos elementos:

1. una antena de exterior, que preferentemente se ubicará en el techo del tranvía
2. una unidad de radio WLAN, como elemento stand-alone que se integrará en el armario de comunicaciones y sistemas de la unidad de tranvía.

#### Especificaciones de la unidad de radio WLAN

- Estándares inalámbricos soportados: 802.11a/b/g
- Tasas de transmisión de información soportadas: 1 - 54 Mbps
- Bandas de frecuencia de trabajo:
  - 2,40 – 2,4897GHz para comunicaciones según 802.11b/g
  - 5,15 – 5,35GHz para comunicaciones según 802.11a
  - 5,47 – 5,725GHz para comunicaciones según 802.11a
- Modulación de señal de espectro expandido por secuencia directa (DSSS) con el objetivo de fortalecer la transmisión de información frente a las interferencias o ruido.
- Método de acceso al medio MAC será mediante escucha pero sin detección de colisión (CSMA/CA) con ACK.
- Potencia de transmisión: 100 mW (máximo).
- Gestión a través del protocolo SNMP.
- Seguridad en la comunicación según el estándar de encriptación WEP (64 bits) y WEP2 (128 bits) y, sobre todo, mediante el estándar 802.11i (WPA2) que contiene las siguientes características:
  - Autenticación de cliente según 802.1X y direcciones MAC.
  - Encriptación de la información según AES.
- Contiene dos interfaces, uno para la conexión con la unidad de control WLAN a bordo que será de tipo Ethernet, y otro para la conexión con la antena exterior que será mediante cable coaxial.
- Alimentación: 12 VDC a 1 A
- Consumo: 7 W
- Temperatura de trabajo: -20 °C a 70 °C
- Humedad relativa: 10 al 90 %

#### Especificaciones de la antena

- Antena integrada de doble banda 2,4/5 GHz

- Omnidireccional.
- Polarización vertical.
- Ganancia efectiva: 4 dBi
- Impedancia: 50  $\Omega$
- Ángulo de inclinación: 20°, ideal para instalaciones en el techo de los tranvías.
- BW|3 dB del diagrama de radiación horizontal: 360°
- BW|3 dB del diagrama de radiación vertical: 25°
- Potencia máxima a 25°: 75 W
- Conexión a la unidad de radio mediante cable coaxial.

#### 6.2.3.4 Unidad de control WLAN a bordo

#### Descripción general

Las unidades de tranvía dispondrán, además de la unidad de radio, de una unidad de control WLAN a bordo. Este elemento actuará como interfaz entre la unidad de radio o cliente WIFI y el bus local de comunicaciones del tranvía. Las funciones principales que desempeñará este equipo son las siguientes:

- Comunicación entre la unidad de radio y los sistemas auxiliares existentes a bordo
- Control de la transmisión de información sobre la red WIFI: inicio de la comunicación cuando el nivel de cobertura es suficiente, restablecimiento de las comunicaciones en caso de interrupciones, establecimiento de prioridades de la información, etc.

La unidad de control WLAN a bordo se instalará como un equipo independiente, conectado mediante una interfaz Ethernet con la unidad de radio y con el protocolo correspondiente con la red local del tren.

#### Especificaciones de la unidad de control

- Gestión mediante protocolo SNMP, supervisión mediante Telnet y reconfiguración del software por FTP.
- Intercity Diagnosis System.
- Alimentación: 24 VDC/3,5 A.
- Consumo: 30 W
- Temperatura de trabajo: -20 °C a 70 °C
- Humedad relativa: 5 a 95%

### 6.2.3.5 Puntos de acceso

En cada una de las nuevas paradas de la línea (Kansas City y Santa Justa) se instalarán un punto de acceso WIFI. En el edificio de cocheras y la playa de vías se instalarán adicionalmente dos puntos de acceso que permitan la comunicación WiFi de los elementos inalámbricos de unidades de tranvía, PDA,s ó portátiles de mantenimiento.

Constarán de dos elementos:

#### Punto de acceso

El punto de acceso WIFI que se instalará en cada una de las paradas estará ubicado en el armario eléctrico previsto para la instalación de equipos auxiliares y proporcionará cobertura en un radio superior a 200m en el entorno de la misma. Este equipo actuará como interfaz entre el entorno radio a través del cual el tranvía establecerá su comunicación con el PCM y la red troncal. Para ello, cada punto de acceso tendrá dos tipos de conexiones:

- Mediante cable de par trenzado UTP se conectará con el switch local de parada, a través del cual se comunicará con la red troncal Gigabit Ethernet.
- Mediante cable coaxial tipo RG-58 o similar se conectará con las antenas de exterior

#### Especificaciones del punto de acceso

- Soportará los estándares 802.11a, 802.11b y 802.11g. En función de los niveles de señal recibida, las tasas de transferencia de información variarán del siguiente modo:
  - Para 802.11a: 6 – 54 Mbps
  - Para 802.11g: 1 – 54Mbps

Cuanto mayor sea el nivel de señal recibida mayor será la tasa de transmisión de información soportada. Podrá incluso trabajar simultáneamente en las bandas de frecuencia de 2,4GHz y 5GHz, proporcionando así un ancho de banda máximo conjunto de 108Mbps

- Trabajará en las bandas de frecuencia siguientes:
  - Para 802.11a:
    - 5.150 – 5.350 MHz (8 canales)
    - 5.470 – 5.725 MHz (11 canales)
  - Para 802.11g:
    - 2.412 – 2.472MHz (3 canales)

- La potencia de transmisión en la interfaz radio será ajustable de forma dinámica a saltos en función de las condiciones de propagación. Variará según los siguientes rangos:
  - Para 802.11a: -1 dBm (0,79mW) – 17 dBm (50mW)
  - Para 802.11g: -1 dBm (0,79mW) – 20 dBm (100mW)
- La seguridad en las comunicaciones se establecerá según dos criterios:
  - Autenticación de usuario. Sólo se permitirá el acceso a la red a los terminales cliente que previamente hayan sido incluidos en las listas de acceso y que se corresponderán con los instalados a bordo de las unidades de tranvía. En la autenticación de usuario soportará los protocolos 802.1X, WPA2, restricción por direcciones MAC y mecanismos de autenticación según 802.11.
  - Encriptación. La información entre los terminales cliente y los puntos de acceso estará encriptada según AES-CCMP (WPA2). Además, soportará encriptación con claves estáticas y dinámicas IEEE 802.11 WEP de 40 y 128 bits.
- Seguridad en la comunicación según estándar 802.11i (WPA2)
  - Autenticación de cliente según 802.1X y direcciones MAC.
  - Encriptación de la información según AES.
- Gestión remota mediante los protocolos: BootP, SSH, HTTPS, FTP, Telnet, SNMP
- Conexión a red local mediante un puerto 10/100BASE-TX Ethernet.
- LEDs indicadores del estado del punto de acceso y la actividad sobre la red Ethernet y la interfaz radio.
- Memoria del sistema:
  - 32 MB RAM
  - 16 MB Flash
- Alimentación:
  - 100 – 240 VCA/50-60 Hz
  - 36 – 57 VDC
- Temperatura de operación: -20 °C a 55 °C

### 6.2.3.6 Antena

Cada punto de acceso estará conectado mediante cable coaxial a dos antenas directivas fijadas a un poste sobre la marquesina de la parada, cada una de ellas orientada según la situación de la vía.

#### Especificaciones de la antena del punto de acceso

- Tipo de antena: directiva - de panel o tipo Yagui
- La antena direccional de panel plano proporciona una cobertura estable y direccional.
- Características mecánicas: soportes de fijación ajustables que ofrecen flexibilidad para la instalación en interiores o exteriores.

- Antena de doble banda que soporta radios de puntos de acceso 802.11a y 802.11g/b
- Ganancia mínima: 8 dBi a 2,4 GHz y 10 dBi a 5 Ghz
- Bandas de frecuencia: 2,3-2,4GHz y 5-5,8GHz
- Máxima potencia de salida: 20 W
- BW|3 dB del diagrama de radiación horizontal: 60°
- BW|3 dB del diagrama de radiación vertical: 60°
- Relación Front to Back (F/B): > 15 dB
- Relación VSWR en banda: < 1,5:1
- Rango de temperatura: -40 °C a 80 °C

#### 6.2.3.7 Controlador de red inalámbrica

##### Descripción general

En el Puesto Central de Mando se ubicará el Controlador de red inalámbrica. Este equipo controlará el funcionamiento de cada uno de los elementos que componen la red. Sus funciones principales serán las siguientes:

- Gestión inteligente de la interfaz radio
  - Asignación dinámica de canales radio
  - Detección de interferencias y reconfiguración automática para protección
  - Balanceo de carga
  - Detección y corrección de agujeros de cobertura
  - Control dinámico de potencia
- Gestión de la Seguridad multicapa en la interfaz radio:
  - Protección frente a interferencias en RF
  - Autenticación basada en la identidad de red: seguridad sobre capas 2 y 3, utilización de listas de control de accesos
- Gestión de la movilidad de los usuarios entre diferentes puntos de acceso: control del handover, la seguridad y el mantenimiento de la calidad del servicio
- Control integral de la red inalámbrica: en caso de fallo de uno de los puntos de acceso hace que el resto de los nodos se reconfiguren para cubrir su zona de cobertura.

El controlador de red WIFI será un equipo único para toda la red.

##### Especificaciones técnicas del controlador de la red WIFI

- Soporte de los estándares WIFI 802.11a, 802.11b y 802.11g
- Soporte de los estándares de seguridad WPA, IEE 802.11i (WPA2) y 802.1X
- Encriptación: WEP, SSL, AES y IPSec
- Autenticación: Basada en servidores Radius y basada en web
- Protocolos de gestión: SNMP, Telnet, MIB, SNTP, HTTP, RMON MIB, TFTP.
- Interfaces de gestión: Gestión web: HTTP/HTTPS
- Línea de comandos: Telnet, SSH, puerto serie
- Puertos externos:
  - Puerto de consola RS-232
  - 4 Puertos 10/100 Mbps Ethernet (RJ-45)
- Temperatura de operación: 0 °C a 40 °C
- Humedad relativa: 10 a 95%
- Alimentación: 100 – 240 VCA/50-60 Hz

Este equipo estará conectado a la red local Ethernet del PCM, a través de la cual se conectará con:

- El puesto de control del PCM en el cual estará instalada la Aplicación de Gestión de Red
- Los puntos de acceso a través de la red troncal Gigabit Ethernet

#### 6.2.3.8 Aplicación de gestión de red WIFI

La administración de la red WIFI se realizará desde un puesto de control del PCM, en el cual se instalará la aplicación de gestión de red WIFI. Mediante esta aplicación el personal del PCM podrá conocer en todo momento el estado de la red inalámbrica y actuar sobre los elementos de la misma. Las funcionalidades principales de este software serán las siguientes:

- Diseño y planificación de la red inalámbrica
- Monitorización de red en tiempo real: niveles de señal, rendimiento de red
- Localización e Identificación de terminales cliente
- Definición de políticas de gestión, tales como establecimiento de calidades de servicio (QoS)
- Protección frente a intrusiones: detección de elementos no autorizados y ataques RF.

La aplicación dispondrá de una interfaz gráfica de usuario, desde la cual se podrán ejecutar las distintas acciones. Para visualizar el estado de la red en tiempo real se utilizará como referencia los planos urbanos con la localización exacta de cada uno de los puntos de acceso.

### 6.3. CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN

El sistema de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) permitirá la visualización en el Puesto de Control de Mando de las imágenes captadas por las cámaras instaladas en las diferentes paradas.

Desde el PCM se tienen que poder ejecutar las siguientes funcionalidades:

- Selección de imágenes captadas por una cámara determinada para ser visualizadas sobre un monitor determinado.
- Selección de imágenes captadas por un grupo de cámaras determinado para ser visualizadas sobre un determinado grupo de monitores.
- Secuenciamiento de las imágenes captadas sobre un grupo determinado de monitores.
- Sincronización de las cámaras con eventos o alarmas del sistema, de forma que automáticamente se seleccione la cámara que permita el seguimiento de dicho evento.
- Gestión de alarmas y anomalías que se puedan producir en el sistema.
- Grabación de las imágenes captadas por una cámara determinada (capacidad de grabación de al menos 24 horas).
- Reproducción de grabación de seguridad.

El sistema permitirá la elección de cualquier monitor del PCM para presentar una imagen, así como la concatenación de secuencias en un único monitor (creación de rondas de cámaras).

Por otro lado, a nivel de PCM, se implementarán las interfaces necesarias entre el sistema de videovigilancia y el resto de los sistemas de comunicaciones de la Línea, para que cada vez que se active un interfono o una alarma de campo, la cámara más cercana muestre las imágenes asociadas al evento al operador del PCM, de forma automática.

#### 6.3.1 Requisitos del Sistema de CCTV

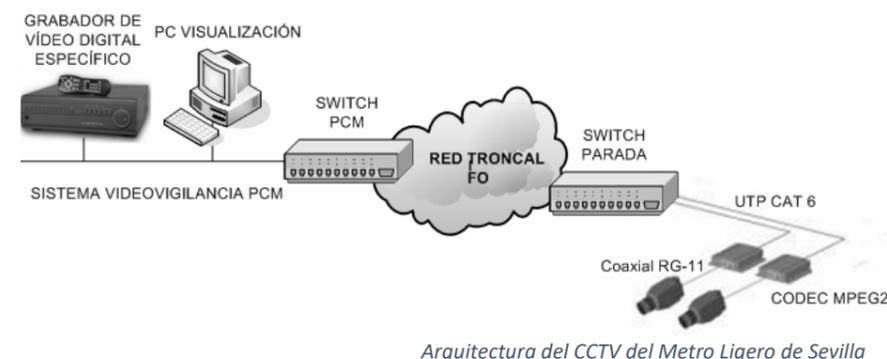
- Transmisión on-line de las imágenes de vídeo procedentes de todas las paradas del tranvía.
- Instalación de 2 cámaras en cada parada.
- Refresco de 6 imágenes por segundo por cámara.
- Para optimizar el ancho de banda consumido, los codificadores de vídeo utilizarán protocolos:
  - Multicast3
  - IGMPv2
- El sistema CCTV, cuando se produzca un corte de cobertura, se comporta de dos modos diferentes:
  - Corte debido al roaming: se congelará la última imagen recibida.

- Corte debido a un fallo en un equipo fijo: se presentará una imagen en negro.

#### 6.3.1.1 Arquitectura del Circuito Cerrado de Televisión

El sistema de videovigilancia en las paradas consistirá principalmente en dos elementos:

- Cámaras de vídeo.
- Codificadores de vídeo MPEG2/4



#### 6.3.1.2 Cámaras de vídeo

##### Descripción general

Las cámaras a instalar en las paradas serán de tipo DOMO motorizadas, especialmente creadas para aplicaciones en exterior, que permitirán la captación automática de imágenes en un área de 360° desde su posición.

Las cámaras de vídeo serán a color de alta resolución (460 líneas de TV) con la funcionalidad de cambio automático de color a blanco y negro en situaciones de una disminución de acusada del nivel de iluminación (hasta condiciones de tan sólo 0,1 lux). Para lo cual, estarán basadas en sensores de imagen de tipo CCD de 1/3", que es un dispositivo de alta sensibilidad e integración que permite operar con bajos niveles de iluminación manteniendo una buena calidad de imagen, compensar contraluz, captar objetos muy débiles con tiempos de exposición cortos y obtener imágenes con baja distorsión geométrica.

El valor que genera el sensor CCD, junto con la información de temporización para la posición vertical y horizontal, son combinados para formar una señal de vídeo que se adapta a la normativa europea de 625 líneas, 50 Hz. (Estándar CCIR, 25 cuadros/s).

Los objetivos de las cámaras deben disponer desde gran angular hasta teleobjetivo. Las cámaras estarán equipadas con una lente de enfoque variable a través de telemando (zoom telemandable).

La cámara también estará equipada con un dispositivo de iris automático que regula el flujo luminoso que llega al detector de la cámara de modo que se obtenga la mejor calidad de imagen ante condiciones variables de iluminación. Esta función se realizará automáticamente mediante un servocontrol excitado por la señal de salida de la cámara. Dependiendo de la escena o del tipo de iluminación, el control podrá ajustarse para el nivel medio, de pico o un valor intermedio.

Las cámaras irán cubiertas por cajas metálicas con protección antivandálica y con grado de protección, estanqueidad y robustez IP-65. La protección consistirá en una carcasa equipada con calefactor y ventilador. Además, estará diseñada con una doble capa interior, gracias a la cual, la temperatura interior será óptima para un correcto funcionamiento del sistema.

La cámara es movida por rápidos y fiables motores de velocidad incremental, llegando a una velocidad de giro de 360°/s en pan y 100°/s en tilt. Además, permitirá memorizar hasta 99 preposiciones con posibilidad de auto-tour. Alimentación de 220 V, calefacción y ventilación.

Las dos cámaras se situarán en los extremos de la marquesina, a una altura que no sea accesible a los viajeros y cada una de ellas controlará un andén diferente. Además, tal y como se ha mencionado, el área de captación será de 360°. La ubicación se indica en planos.

#### Especificaciones de la cámara de vídeo

##### **Características generales**

- Domo de 8 pulgadas.
- Acercamiento óptico (zoom) rápido 18x/digital 12x veces. Total, 200x veces con autofocus.
- Ángulo de rotación: Barrido Continuo Horizontal 360° Barrido Vertical 100°
- Cambio automático de color en el día a blanco/negro en la noche.
- Velocidad horizontal: 120°/s.
- Velocidad vertical: 90°/s o superior.
- Control de acercamiento, foco e iris manual y automático.
- Ajuste a posiciones programadas de forma automática.
- Mantenimiento de la programación ante interrupciones de energía.
- Programable hasta 99 posiciones fijas.

- Cámara de alta resolución: 470 TVL.
- Tiempo de enfoque del objetivo: < 1,5 segundos.
- Barrido horizontal automático.
- Sistema de Barrido 2:1 Entrelazado
- Frecuencia de Barrido: 15,625 kHz Horizontal. 625 líneas  
50 Hz Vertical
- Rápida ubicación en sitio programado.
- Calefactor y ventilador internos.
- Soporte y herrajes de instalación incluidos.

##### **Características mecánicas**

- Sensor de imagen: CCD de 1/4" con 753(H) x 582(V) píxeles activos.
- Iluminación mínima: 0,8 lx a F1.4/0,4 lx a F0,75
- Relación Señal/Ruido > 48 dB
- Resolución horizontal: 480 TVL
- Generador de caracteres: mínimos 16 caracteres
- Distorsión geométrica: nula
- Control de ganancia: Automático a través de DSP (Digital Signal Processing), 29 dB (máx).
- Lente: 3,8 mm a 95 mm incorporado
- Obturador eléctrico: Automático
- Ajuste de contraste: 0,45
- Compensación de luz de fondo: Balance de blanco automático.
- Soporte de Objetivo: Montura C/Montura CS seleccionable.
- Regulación automática de la velocidad de obturación entre 1/50 y 1/10000 segundos.
- Supresor de fuentes luminosas brillantes.
- Sincronización interna.

##### **Alimentación**

- Energía: 12 ± 2 VDC
- Consumo: < 5,5 W

- Salida de vídeo: 1 Vpp sobre 75 Ohmios

#### Características ambientales

- Humedad relativa: < 80%
- Temperatura operación: -40 a 50 °C

#### Características del inclino - giro P/T

- Velocidad de rotación: Horizontal: 6° a 120°/s  
Vertical: 6° a 90°/s
- 64 posiciones fijas programables.
- Comunicación: RS-485
- Voltaje: 12 VDC

#### Características del objetivo zoom 8 – 120 mm

- Formato: 1/2"
- Distancia focal: 8 – 120 mm
- Apertura máxima: 1:1,8
- Método de control iris:autoiris vídeo F 1.8 ~ 360
- Método control enfoque: motorizado
- Método control zoom: motorizado
- Ángulo de vista WIDE 1/2" (DHV): 53,6° x 43,6° x 33°
- Ángulo de vista TELE 1/2" (DHV): 3,8° x 3,1° x 2,3°
- Distancia mínima de enfoque: 1,2 m

#### Características del objetivo monofocal autoiris 25 mm

- Distancia focal: 25 mm. Se realizarán pruebas de ajuste en la fase de montaje que determinen la opción más idónea.
- Apertura de diafragma: f/1,6
- Iris: automático
- Alimentación: 8 – 16 VCA
- Corriente de consumo: 40 mA

#### 6.3.2 Cables de distribución de la señal de vídeo

Los cables encargados de la transmisión de vídeo entre las cámaras y el codec de vídeo cumplirán las siguientes especificaciones:

- Tipo: Coaxial RG-11
- Conductor: 1,63 mm
- Dieléctrico: PE 7,24 mm Ø
- Pantalla: Trenza de CuR, PE, Trenza de CuR
- Cubierta: PE 12,07 mm Ø
- Atenuación: 1,5 dB/100 m (10 Mhz)  
7,2 dB/100 m (200 MHz)  
10,8 dB/100 m (400 MHz)  
17,2 dB/100 m (800 MHz)
- Impedancia característica: 75 ± 3 Ohmios
- Capacidad: 56,8 pF/Km
- No propagador de la llama, baja emisión de humos tóxicos y cero halógenos.

##### 6.3.2.1 Codificador de vídeo MPEG2/4

#### Descripción general

Las señales de vídeo digitalizadas consumen una gran cantidad de ancho de banda. La red digital a utilizar para la transmisión de vídeo tiene un ancho de banda limitado, por lo que el uso de vídeo en estas redes requiere el uso de la compresión.

En lo que se refiere a la calidad de vídeo en aplicaciones de vigilancia, podemos establecer una serie de requisitos:

- Buena resolución de imagen.
- Frecuencia de imagen de 25/30 fotogramas por segundo.
- Latencia (retraso) de codificación/decodificación menor de 150 ms.
- Cualquier forma de distorsión (bloqueo, borrosidad o errores de movimiento) es muy molesta. La congelación del fotograma que dure más de 3 fotogramas no es tolerable porque la imagen deja de estar viva.

Se instalará un codec de vídeo para cada una de las cámaras de la parada. La conexión entre cada cámara y el codec correspondiente se realizará mediante cable coaxial RG-11. La salida del codec,

mediante la interfaz 10/100 Base TX Fast Ethernet, se conectará directamente con el switch local. El codec dispondrá de una interfaz de datos RS-422/RS-485 para la funcionalidad de telemando.

El codificador soportará calidades de imagen tipo DVD codificadas en MPEG2 y calidades S- VHS en codificación MPEG4 a 30 frames/segundo, sobre redes IP. Soporta entradas de vídeo PAL o NTSC, y una entrada full-duplex de audio.

#### Especificaciones del codificador de vídeo MPEG2/4

#### **Especificaciones eléctricas**

- Estándares vídeo:
  - ISO/IEC13818-2 (MPEG-2)
  - ISO/IEC14496 (MPEG-4)
  - M-JPEG
- Tasa de datos de vídeo:
  - MPEG-2: 1 – 8 Mbps
  - MPEG-4: 49,6 Kbps – 4 Mbps
- Flujo de datos constante o variable.
- Resolución de vídeo MPEG-2:
  - 720x576/480 (full D1: 50 resp. 60 frames/s)
  - 352x288 (CIF: 25 resp. 30 frames/s)
- Resolución de vídeo MPEG-4:
  - 704x288 (2CIF: 14 frames/s)
  - 352x288 (CIF: 25 resp. 30 frames/s)
  - 176x144 (QCIF: 25 resp. 30 frames/s)
- Estructura GOP: I, IP, IPB, IPBB
- Latencia de codificación/decodificación:
  - MPEG-2: 180 ms
  - MPEG-4: 100 ms
- Frecuencia de imagen (PAL/NTSC): 25/30 fps
- Estándares audio:
  - ISO/IEC11172-3 (MPEG-1)
  - Layer I/II; 300 Hz- 10 KHz (MPEG-2)
  - G.711; 300 Hz – 3,4 KHz (MPEG-4)
- Tasa de datos de audio:
  - MPEG-2: 256 Kbps
  - MPEG-4: 480 Kbps
- Tasa de muestreo de audio:
  - MPEG-2: 48 KHz
  - MPEG-4: 48 KHz
- Estándar multiplexación: MPEG-2: ISO/IEC13818-1
  - Tipos de stream: Elemental (sólo vídeo)
  - Program stream (vídeo + audio + datos)
- Protocolos de red:
  - RTP, Telnet, UDP, TCP, IP, http, IGMP,
  - ICMP, ARP, SNMP.
- Actualizaciones software:
  - Flash ROM, programable remotamente
- Configuración:
  - vía navegador web,
  - interfaces servidor web auto-configurable.
- Entradas de vídeo:
  - 1 entrada analógica NTSC o PAL
  - Conector BNC 75 Ohm 0,7- 1,2 Vpp
- Salidas de vídeo:
  - 1 salida analógica NTSC o PAL
  - Conector BNC 75 Ohm 1 Vpp
- Entrada de audio:
  - 1 entrada de línea mono 3 Vpp, 50 KOhm
- Salida de audio:
  - 1 salida de línea mono 2,5 Vpp, 60 mW, mín. 8 Ohm
- Entrada de alarma.
- Puerto de comunicaciones:
  - 1x RS-232/422/485
  - Conector RJ-45 (tx), Sub-D 9 pin (rx)
- Puerto USB.
- Ethernet:

- 10/100 Base-T
- Half-Duplex/Full-Duplex
- Conector RJ-45

#### Alimentación

- Tensión de entrada: 12 – 24 VDC
- Potencia de consumo: 10 VA

#### Especificaciones ambientales

- Temperatura de operación: 0 – 50 °C
- Humedad relativa: 20 – 80%

#### 6.3.2.2 Sistema de videograbación digital

##### Descripción general

El sistema de videovigilancia será telemandado desde el PCM. Desde los puestos de operación existentes en el mismo se podrán visualizar las imágenes de todas las cámaras, controlar la posición, el zoom o el enfoque, iniciar grabaciones de vídeo en base a datos, etc.

Para ello, el sistema de vídeo dispondrá de videograbación digital. Las grabaciones se iniciarán de forma manual, mediante órdenes del operador desde su consola, o bien de forma automática, por acontecimientos en el caso de producirse alguna alarma. El sistema dispondrá de una memoria que permitirá la grabación de imágenes anteriores a la activación de una alarma.

Debe cumplir los siguientes requisitos:

- Configuración de hasta 16 canales.
- Frecuencia de imagen de 30 cuadros por segundo, pudiendo agregar hasta 60 ó 120 cuadros por segundo.
- Combinación de grabación de vídeo digital, multiplexado y detección de movimiento.
- Capacidad de visión remota por Internet.

#### 6.4. SISTEMA DE INFORMACIÓN AL VIAJERO

##### 6.4.1 Megafonía

El sistema de megafonía permitirá la difusión en las paradas de mensajes de información emitidos desde el PCM.

- Mensajes emitidos en tiempo real por el Operador de Comunicaciones del PCM.
- Mensajes preprogramados del sistema de Información al Pasajero.

Fundamentalmente, se empleará como medio de apoyo a la explotación, ya que se utilizará para la emisión de avisos sobre incidencias del tranvía tales como interrupciones del servicio, cambios de horario, etc. Por este motivo estará muy focalizado al ámbito de la parada.

Los equipos de megafonía a instalar en las paradas serán:

- Altavoces/Proyectores acústicos
- Unidad Amplificadora/conversora

##### 6.4.1.1 Proyectores acústicos de 20 W

##### Descripción general

Los altavoces que se utilizarán serán proyectores acústicos de 20 W de potencia, en línea de 100 V, con un altavoz bicono de 5" de polipropileno.

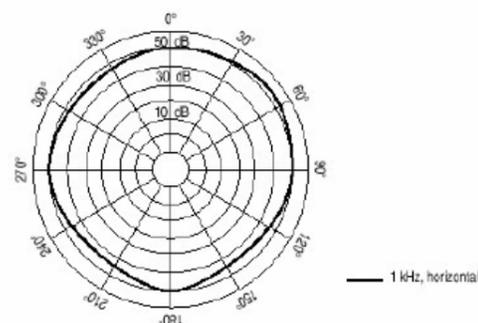
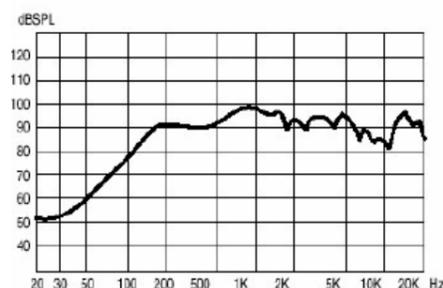
El recinto será cilíndrico y ancho. Contendrá un diagrama polar omnidireccional (a 1 KHz), debido a la colocación del altavoz y la rejilla un poco retirados de la boca del proyector, y al diseño de sus superficies interiores.

El proyector incorporará un anclaje universal de aluminio para la instalación en la marquesina, en exterior y dispone de varias tomas de potencia intermedia.

##### Especificaciones técnicas de los proyectores

- Potencia RMS: 20 W
- Altavoz: 5", bicono de polipropileno
- Impedancia: 500 Ω, 1KΩ, 2KΩ y 8Ω
- Selección de potencia: 20 W, 10 W, 5 W y 8
- Respuesta en frecuencia: 150 Hz a 20 KHz

- Sensibilidad: 93 dB SPL a 1 W, 1 m y 1 KHz
- Presión acústica: 106 dB SPL a 20 W, 1 m y 1 KHz
- Diagrama de radiación: Omnidireccional
- Grado de protección: IP65
- Accesorios: Anclaje orientable
- Observaciones: Adecuado para intemperie



#### 1.1.1.1. Cableado de megafonía

Las únicas conexiones permitidas en la línea de distribución a altavoces serán las efectuadas en los cuadros de distribución y en los propios altavoces.

#### Especificaciones

- Cable para altavoces:
  - Par trenzado de 2 conductores de 1,5 mm<sup>2</sup> de sección y malla de cobre al 80%
- Aislamiento: PVC/PVC
- Tensión de aislamiento: 500 V
- Normas UNE
- No propagador de llama.
- Baja emisión de humos tóxicos.
- Emisión nula de halógenos.

#### 6.4.1.2 Unidad Amplificadora/Convertora

#### Descripción general

En cada parada se instalará una unidad amplificadora/convertora. Ésta será una etapa de potencia para alimentación de los altavoces que hará las funciones de decodificación de las señales de audio recibidas a través de la red de comunicaciones.

Consistirá en una etapa de potencia capaz de suministrar 120 W, para salida de línea de 100 V, 70 V, 50 V o de baja impedancia (4,8 y 16 Ω)

#### Especificaciones

La unidad amplificadora/convertora dispondrá de una serie de controles frontales:

- Selección de volumen.
- Selección de programa.
- Selección de prioridad.
- Vu-meter (Equipo de medida de sonido en dB).
- Leds indicadores del estado del sistema de comunicación.

A su vez, en su parte posterior contendrá:

- Conexión a Ethernet, configuración de la dirección IP por Dip-Switch.
- Conexión a RS-485.
- Entradas y salidas de audio analógico.
- Entradas y/o salidas de contactos de control.

Las etapas dispondrán de entradas y salidas enlazadas de programa y de prioridad (0 dBu y 600 Ω), con control de volumen independiente. Incorporarán la función de seguridad de avisos y circuitos de protección térmica, contra las sobrecargas y el cortocircuito en la línea de altavoces.

El formato de las etapas permitirá optimizar el espacio en los armarios, ya que ocuparán dos unidades de altura y 19".

Las características principales son las siguientes:

- Alimentación: 230 VCA, 50 – 60 Hz 24 VCC
- Consumo vacío: 22 VA
- Consumo pleno carga: 260 VA
- Potencia nominal R.M.S.: 120 W
- Potencia I.H.F.: 175 W

- Distorsión armónica total: < 0,5% a 1 KHz
- Respuesta en frecuencia: 50 – 16500 Hz (-3dB)
- Relación Señal/Ruido: > 80 dB
- Entradas:
  - 1 x analógica de programa (0 dBu)
  - 1 x analógica de prioridad (0 dBu)
  - 1 x analógica de emergencia (0 dBu) 2 x Ethernet
  - 1 x RS-485 para conectar sensor de ruido
- Entradas con conexiones a Ethernet para instalaciones de seguridad:
  - Conmutación automática.
  - Supervisión constante de la red alternativa.
- Las entradas Ethernet contendrán direcciones IP configurables mediante Dip-Switch, que facilita la sustitución de aparatos al personal de mantenimiento.
- Audio digital por Ethernet (UDO/IP Multicast):
  - Ethernet dedicada: Tiempo real.
  - Ethernet compartida: Diferido.
  - Codificación de audio en calidad CD: 48 KHz/16 bits.
- Nivel máximo de entrada: 6 V (programa y prioridad)
- Salidas:
  - Línea de altavoces de 50, 70 y 100 V
  - Línea de altavoces baja impedancia 4, 8, 16 Ω
- Controles: 1 de programa y 1 de prioridad
- Control TCP/IP:
  - Control general de los parámetros del amplificador.
  - Señales de vida.
- Capacidad para 80 segundos pregrabados
- Relé de seguridad de avisos.
- Relé de indicación de avería.
- 2 unidades de altura.
- LEDs indicadores de estado de sistema y comunicación.
- Conmutación automática de interfaz de red en caso de fallo.

- Cumplimiento de la normativa EN60849
- Cumplimiento normativas EMC para entornos industriales: EN5081-2/EN5082-2

#### 6.4.2 Teleindicadores

En las paradas de la línea se instalarán teleindicadores que permiten analizar en tiempo real el movimiento de los tranvías para proporcionar información lo más exacta posible a los usuarios del servicio. Fundamentalmente la información que se presentará a través de los teleindicadores será de tres tipos:

- Destino del próximo tranvía y tiempo restante para su llegada
- Cualquier incidencia relativa al servicio, así como la emisión de mensajes de seguridad, publicidad, etc.
- Hora local y temperatura
- Correspondencia con otras líneas de transporte público, especialmente con la red de autobuses de TUSAM.

Las características fundamentales de los teleindicadores son las siguientes:

- Serán de doble cara, de forma que sean visibles desde ambos lados.
- Habrá dos tipos de teleindicadores. Los de primer tipo estarán formados por 3 líneas de 20 caracteres, mientras que los de segundo tipo estarán compuestos por 5 líneas de 20 caracteres. Cada uno de los caracteres será un módulo indicador de cristal líquido (LCD).

Dispondrán de una interfaz de comunicaciones Ethernet.

##### 6.4.2.1 Características de los teleindicadores

Para maximizar las condiciones de visualización, en contraste y fuentes, principalmente para viajeros con dificultades visuales, el panel tendrá las siguientes características:

- Transflector.
- Tubos fluorescentes de back Light, ajustados automáticamente a través de un sensor de luz.
- Color de fondo claro con texto en amarillo, o viceversa.
- Varios tipos de letras.

Los paneles están preparados para ambientes de exterior y especialmente indicados para ambientes de ferrovía.

#### 6.4.2.2 Especificaciones

- Tamaño y número de puntos LCD:
  - 3 módulos LCD/lado del panel (tipo 1)
  - 5 módulos LCD/lado del panel (tipo 2)
  - Exhibición de 2 lados
  - Módulos LCD con 64x96 puntos
- Área activa:
  - 64x288 puntos/lado
  - 242x990 mm/lado
- Acción: Tecnología transfective-LCD
- Color de caracteres:      Amarillo en fondo negro
- Ángulo de visión y visibilidad:   > 140° horizontal
- Control de luminosidad:
  - Ajuste automático de luminosidad basado
  - Las condiciones de luz en el momento.
  - 4 lampadas fluorescentes por panel.
- Unidad de control:
  - Controlador Linux
  - Procesador Motorota 32-bit MPC823
  - 24 MB flash 32 MB RAM + 1 MB SRAM
  - Sistema operativo Linux
- Interfaz:
  - Ethernet
  - Conector: RJ45
- Protección: IP54
- Comunicaciones:
  - LAN TCP/IP
  - Ethernet 10 BASE-T IEEE 802.3
  - Protocolo Display-ML
- Alimentación:      230 VAC 50 Hz

#### 6.4.2.3 Comunicación con los teleindicadores

Los teleindicadores tienen asociados un micro ordenador con una dirección IP determinada. Esto permite que el nodo local de cada parada realice la conexión a través de la interfaz ethernet con los teleindicadores, procese la información recibida y presente el mensaje.

La comunicación con los teleindicadores se realizará a través de un protocolo estándar basado en mensajes XML siguiendo un modelo cliente/servidor con el PCM.

Los teleindicadores contendrán un software incorporado para llevar a cabo el procesamiento del mensaje, la presentación de la información, almacenar los datos de configuración y para la comunicación.

#### 6.4.3 Interfonía

El Sistema de Interfonía tiene como objetivo permitir la comunicación de los usuarios en las paradas con los operadores del Puesto Central de Mando. Esta comunicación se producirá tanto para la petición de ayuda en caso de accidente o emergencia como para la petición de información general, tal como horarios, recorrido del tranvía, etc.

Para ello, se plantea la instalación en cada una de las paradas de dos “columnas” o puestos integrados de interfonía, cada uno de los cuales constará de dos interfonos:

- Un interfono se colocará a una altura de 1,30 m y se empleará para hacer las llamadas de emergencia y las de petición de información o consulta. Junto al mismo se colocará el texto “SOS - Información”.
- El segundo interfono se ubicará a una altura aproximada de 70 cm y se instalará para ser utilizado por minusválidos, tanto para la petición de información como para las llamadas de emergencia. Junto al mismo se colocará el icono representativo de una persona minusválida.

Las llamadas iniciadas desde los interfonos de parada serán recibidas en el Puesto Central de Mando, en el cual existirán dos elementos para gestionar el sistema de interfonía completo:

- Una aplicación de control del sistema de interfonía, mediante la cual pueda observar de forma gráfica el estado de los diferentes interfonos y en caso de producirse una llamada identificar rápidamente desde cual se ha iniciado.
- Una estación maestra IP. Básicamente consistirá en un teléfono IP con diferentes funciones programables. Se conectará con la red Multiservicio Gigabit Ethernet a través de la red local del PCM.

#### 6.4.3.1 Interfonos en las paradas

##### Descripción general

En las paradas se instalarán los dos interfonos anteriormente descritos. Se utilizarán estaciones de puerta usando la tecnología IP para la transmisión de paquetes de audio.

Estas estaciones se conectarán directamente a la red LAN de cada parada permitiendo una conversación manos libres con una alta calidad de sonido.

Las estaciones de puerta contendrán los siguientes elementos:

- Altavoz, para advertir de los tonos de la llamada y usado para las conversaciones manos libres.
- Indicador de estado. Emite una luz roja parpadeante cuando se recibe un aviso de llamada, luz será continua durante la conversación y estará apagada en el modo stand by.
- Botón de llamada.
- Micrófono. Usado para la conversación manos libres.
- Terminal para el adaptador AC.
- Terminal de salida de 30 VDC y 50 mA.
- Indicador ACT. Se encenderá una luz verde cuando se transmiten o reciben datos.
- Indicador Full-Duplex. Luz amarilla cuando la comunicación se realice en modo full-duplex.
- Interfaz de conexión a la red. Conexión a una red 10 Base-T/100 Base-TX Ethernet mediante conector RJ-45. También se puede conectar la estación a un switch PoE (Power over Ethernet), que eliminará la necesidad de utilizar un adaptador AC.

##### Especificaciones técnicas

- Método de conversación: Manos libres
- Método de instalación: Montaje rasante o en superficie de muro
- Rango de audio frecuencia: 300 – 7000 Hz
- Manos libres: Altavoz de 1W, 8  $\Omega$   
Micrófono omnidireccional
- Salida:
  - Salida en colector abierto
  - Voltaje soportado: 30 VDC (máx)
  - Control de corriente: 50 mA (máx)
- Interfaz de red: 10Base-T/100Base-TX (negociación automática)

- Protocolos de red: TCP/IP, UDP, ARP, ICMP, HTTP, RTP, IGMP
- Difusión de audio: Unicast, Multicast
- Conector de red: RJ-45
- Frecuencia de muestreo voz: 16 KHz, 8 KHz (configurable por software)
- Bits de cuantificación: 16-bit
- Método codificación voz: ADPCM sub-banda
- Recuperación pérdida paquetes: Inserción de silencio
- Tiempo retardo del audio: 80 ms, 320 ms (controlable por software)
- Temperatura de operación: -10 °C a +50 °C
- Humedad relativa operación: < 90% RH
- Alimentación: Dispositivo fuente de potencia (PoE switching hub) 12 VDC desde una fuente de alimentación (Adaptador AC)
- Consumo de potencia: 4,2 W (consumo medio), 6 W (máximo)

#### 6.4.3.2 Estación master de interfonía en el PCM

##### Descripción general

En el PCM se instalará una estación master IP que se conectará a la red Ethernet/IP. Se comunicará con las diferentes estaciones de puerta o interfonos distribuidos a lo largo de todas las paradas según el modelo maestro/esclavo, permitiendo comunicaciones en modo full-duplex.

Las conversaciones mediante la estación master podrán ser manos libres o handset, manteniendo una alta calidad de sonido.

Las estaciones master contendrán los siguientes elementos:

- Handset. Conversaciones llevadas a cabo descolgando el teléfono físico. Se desconecta el micrófono y el altavoz de manos libres.
- Teclas de auto-llamada. Usadas para llamar o registrar una serie de números determinados.
- Directorio de auto-llamada.
- Indicador de estado. Emite una luz roja parpadeante cuando se recibe un aviso de llamada, luz será continua durante la conversación y estará apagada en el modo stand by.
- Altavoz.
- LCD. Presenta el número llamante o llamado en 2 líneas de 16 dígitos. También presentará las opciones de configuración de la estación master mediante la tecla menú.

- Tecla de menú y de selección. Permitirán la configuración de la estación.
- Tecla de rellamada. Permitirá marcar el último número llamado.
- PTT.
- Tecla de difusión de llamada a múltiples estaciones de puerta.
- Tecla de llamada en espera.
- Tecla de transferencia de llamadas a otra estación.
- Terminal adaptador AC.
- Terminal para altavoz externo.
- Terminal headset.
- Interfaz de conexión a la red. Conexión a una red 10 Base-T/100 Base-TX Ethernet mediante conector RJ-45. También se puede conectar la estación a un switch PoE (Power over Ethernet), que eliminará la necesidad de utilizar un adaptador AC.
- Terminal de conexión al PC.
- Indicador ACT. Se encenderá una luz verde cuando se transmiten o reciben datos.
- Indicador Full-Duplex. Luz amarilla cuando la comunicación se realice en modo full-duplex.
- Micrófono. Usado para la conversación manos libres.

#### Especificaciones técnicas

- Método de conversación: Handset y manos libres
- Rango de audio frecuencia: 300 – 7000 Hz
- Manos libres:
  - Altavoz de 0.6 W, 8 Ω
  - Micrófono omnidireccional
- Handset:
  - Altavoz de 3 mW, 32 Ω
  - Micrófono: -49 dB
- Terminal altavoz externo: 0.6 W, 8 Ω
- Interfaz de red: 10Base-T/100Base-TX (negociación automática)
- Protocolos de red: TCP/IP, UDP, ARP, ICMP, HTTP, RTP, IGMP
- Sistema transmisión audio:
  - Unicast ( 1 enlace de conversación)
  - Multicast (difusión simultánea a 79 zonas)

- Conector de red: LAN: RJ-45 (compatible con PoE) PC: RJ-45 (no compatible con Poe)
- Frecuencia de muestreo voz: 16 KHz, 8 KHz (configurable por software)
- Bits de cuantificación: 16-bit
- Método codificación voz: ADPCM sub-banda
- Recuperación pérdida paquetes: Inserción de silencio
- Tiempo retardo del audio: 80 ms, 320 ms (controlable por software)
- Display: LCD (2 líneas de 16 caracteres)
- Método instalación: Montaje en escritorio o en superficie.
- Temperatura de operación: 0 °C a +40 °C
- Humedad relativa operación: < 90% RH
- Alimentación:
  - Dispositivo fuente de potencia (PoE switching hub)
  - 12 VDC desde una fuente de alimentación (Adaptador AC)
- Consumo de potencia: 4,2 W (consumo medio), 6 W (máximo)

#### 6.5. CRONOMETRÍA

Se dota de este sistema a la Red de Metro con el fin de uniformizar la información horaria en el conjunto de la red a partir de un origen de tiempos único que facilite las labores de explotación, a la vez que proporcione información adicional a los usuarios. Los elementos para los cuales será fundamental la existencia de una referencia de tiempos única son:

- Máquinas expendedoras de billetes y canceladoras
- Automatas (PLC's) de control
- Teleindicadores

El alcance de los trabajos a desarrollar será:

- Suministro e instalación de la Central Secundaria de parada en el Local de Comunicaciones de la parada y su conexión con el reloj patrón, a través de los equipos de la red de transmisión de la parada.
- Suministro e instalación de cuadro de distribución de señales horarias desde la Central Secundaria de parada.
- Suministro e implantación de canalizaciones y cableado hasta el terminal de la Cabina de Control. El cableado general se realizará sobre las canalizaciones generales para uso exclusivo de equipos

de comunicaciones, y sobre canaletas de acero perforadas de 100mm en disposición oculta, o tubos metálicos en disposición vista, exclusivos hasta el punto final de conexión.

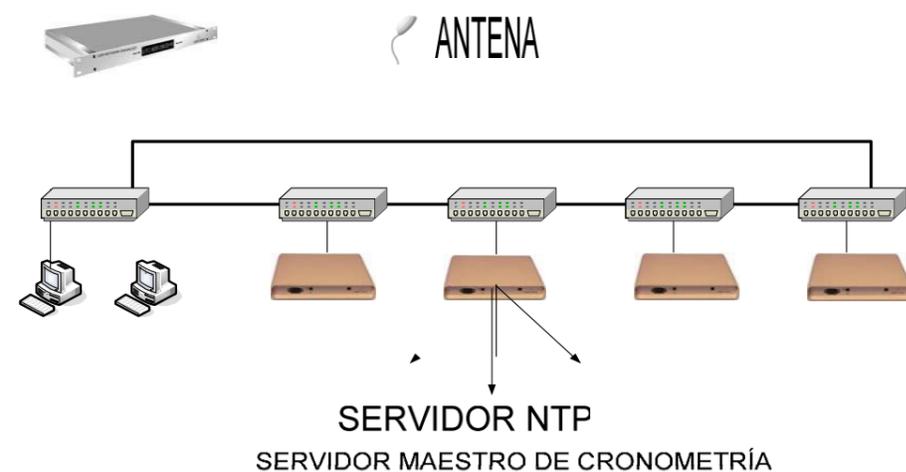
- Suministro e instalación de equipo terminal de cronometría en la Cabina de Control de la parada (principal y secundaria). El terminal de cronometría consistirá en un reloj de simple cara, con display LCD y calendario.
- Pruebas y Puesta en marcha de la instalación.
- Los relojes de los andenes estarán integrados en los teleindicadores. La señal horaria de los teleindicadores vendrá dada por el PCM.

El Sistema de cronometría se basará en el protocolo NTP (Network Time Protocol). Es un protocolo de comunicaciones que permite sincronizar el reloj de un ordenador que este conectado a la red con un servidor central de tiempo, logrando una precisión de milisegundos. Su funcionamiento se basa en la comparación periódica del tiempo del cliente con respecto al tiempo del servidor. Para lograr esto se envían mensajes NTP a intervalos regulares. Ciertos campos de este mensaje NTP son modificados por el servidor de tiempo y por la máquina local (cliente) con marcas de tiempo correspondientes al momento de salida del mensaje, momento de llegada al servidor y momento de salida del servidor, que junto con el momento de llegada al cliente permite ajustar el tiempo del host cliente.

NTP incluye un modelo revisado para la seguridad y el esquema de autenticación soportando tanto la criptografía simétrica como la de clave pública.

La arquitectura del sistema de cronometría está compuesta por:

- Servidor maestro de cronometría.
- Cliente/Servidor Local de cronometría.
- Antena GPS.



#### 6.5.1 Servidor maestro de cronometría

Este equipo es el encargado de la sincronización de los clientes NTP de precisión conectados a su red Ethernet.

##### Precisión

Su base de tiempos y su algoritmo permiten garantizar una precisión de salidas de hasta 100 nanosegundos (GPS-OCXO) en función del tipo de sincronización y del cuarzo en opción. El protocolo NTP permite alcanzar una precisión de mínimo 1 ms entre el cliente NTP y el servidor de cronometría.

Las estabilidades de los diferentes osciladores son las siguientes:

- OCXO Estabilidad en frecuencia de -20 °C a 70 °C:  $2 \times 10^{-8}$
- TCXO Estabilidad en frecuencia de -30 °C a 75 °C:  $5 \times 10^{-6}$
- Estándar Estabilidad en frecuencia de -30 °C a 75 °C:  $1,5 \times 10^{-8}$

##### Protocolos de red

- Network Time Protocol (NTP), NTP v2, NTP v3, NTP v4, SNTP.
- UDP/TCP
- SNMP v1
- MIB II
- DHCP
- HTTP/HTML
- TELNET

##### Seguridad

Alto nivel de seguridad: protección contra los saltos de tiempo, base de tiempos interna de gran estabilidad, alarmas por traps SNMP y relé estático y visualización del estado del servidor por HTTP.

##### Control a distancia

Información de supervisión disponible por HTTP, SNMP, Telnet y visualización alfanumérica en la cara delantera del equipo, para la hora UTC/local y el estado del equipo. Configuración y supervisión por web.

### Entradas de precisión externa

- GPS Conector SMA
- IRIG-B/AFNOR NFS 87500 Conector 2 pins
- IRIG-B/AFNOR NFS 87500 DCLS DB9
- DCF/TDF Conector 2 pins

### Salidas

Señal	Conector	Precisión
Ethernet 10/100 BaseT	RJ45	500µs – 1 ms
IRIG-B/AFNOR NFS 87500	Conector 4 pins	1 – 20 µs
IRIG-B/AFNOR NFS 87500 DCLS	BNC	1 µs
TTL, RS422	Conector 4 pins	
ASCII RS232, RS485	DB9	500 µs
PPS configurable por relé estático	Conector 4 pins	< 100 ns
Código DCF por relé estático	Conector 4 pins	< 100 ns
GPS-OCXO TTL	BNC	< 3 ns
Alarma configurable por relé estático	Conector 4 pins	
SMPTE	Conector 2 pins	

### Entorno

- Alimentación
  - 230 VCA
  - 115 VCA
  - 18- 72 VDC
- Consumo:
  - 230 VCA: 0,1 A (máx)
  - 20 mA + 2 mA por salida (típica)
  - 115 VCA: 0,2 A (máx)
  - 40 mA + 4 mA por salida (típica)
  - 18-72 VDC: 0,6-0,15 A (máx)
  - 250 mA + 25 mA por salida (típica 18V)
  - 62 mA + 7 mA por salida (típica 72 V)
- Temperatura de funcionamiento: 5 a 50 °C
- Autonomía eléctrica:
  - 4 horas por baterías internas NiMH

- 2 horas opciones OCXO
- Normativa: CE, EN 60950, EN 55022, EN 50024

### 6.5.2 Antena GPS

#### Características

- Antena que capta la señal codificada del sistema de satélites GPS en cualquier punto del globo terrestre.
- Antena activa estanca 26 dB con protección IP65 a instalar en el exterior.
- Temperatura de funcionamiento de -40 °C a 85 °C.
- Cable: RG59, 25 m, 60 m, 80 m.

### 6.5.3 Cliente/Servidor Local de cronometría

#### Descripción general

Tiene una doble funcionalidad: por un lado, actuará como cliente NTP, que se comunicará con el Servidor Maestro a través de la red troncal Ethernet para obtener la referencia de tiempos. En segundo lugar, actuará como servidor local de tiempos para todos los elementos de la parada. Para ello, su salida 10/100Base-T se conectará directamente a la red local Fast Ethernet para la distribución de la referencia horaria a los distintos equipos de la parada. En caso de fallo de la conexión entre el Servidor Maestro y el Servidor Local éste funcionará de modo autónomo (contiene una base de tiempos a cuarzo TCXO de gran precisión), garantizando y suministrando así la referencia única de tiempos para todos los sistemas instalados de manera fiable.

#### Características

- Cliente/Servidor NTP/SNTP destinado a asegurar su hora NTP/SNTP.
- Sincronización vía Internet por la central horaria.
- Base de tiempos a cuarzo TCXO de gran precisión.
- Suministra una referencia horaria fiable a su red en caso de corte con la central horaria.
- Entrada de sincronización NTP/SNTP Ethernet 10Base-T con conector RJ-45.
- Salida RS485.
- Instalación de tipo “plug & play”.
- Alimentación: 230 VCA y 115 VCA.
- Temperatura de funcionamiento de -25 °C a +70 °C.

## 6.6. SISTEMA DE BILLETAJE

El Sistema de Billetaje del Metro Ligerero de Sevilla permitirá a los pasajeros la obtención de los títulos de transporte. Además, permitirá tener el control de estos y conocer el estado de operatividad del sistema de forma remota, mediante la integración de estos equipos en el PCM.

Estos procesos deben realizarse de forma sencilla para el usuario y deberán ser de alta fiabilidad, dado que los fallos en este tipo de elementos comprometen la imagen del Metro Ligerero de Sevilla.

Todos los equipos del sistema de Billetaje permitirán su uso a personas de movilidad reducida.

El sistema estará preparado para distinguir distintos tipos de títulos, todos ellos compatibles con los empleados en el resto de la red de transporte público de Sevilla. De este modo se facilitará la integración tarifaria parcial mediante los títulos de transporte comunes.

El pago de los títulos de transporte se podrá realizar con billetes, monedas y tarjetas, y en el caso de los dos primeros, la máquina deberá devolver el cambio. Las expendedoras deberán tener características antivandálicas tanto en la tolva como en la puerta.

### 6.6.1 Máquinas expendedoras de billetes

A continuación, se realiza una descripción de la Máquina Expendedora Automática de Billetes a instalar en la Línea del METROCENTRO. La máquina expendedora deberá estar protegida frente a actos vandálicos y frente a fenómenos atmosféricos mediante una marquesina o protección similar, estando debidamente diseñada para exteriores.

#### 6.6.1.1 Localización

En cada parada de Metro Ligerero de Sevilla se instalará una máquina expendedora en ambos lados del andén.

Las máquinas expendedoras se situarán en los extremos del armario de equipos situado en el centro de la marquesina de cada parada.

La localización exacta será la detallada en los planos.

#### 6.6.1.2 Modalidades de funcionamiento

La Máquina Expendedora Automática trabaja en dos modalidades: VENTA y SERVICIOS.

Las funciones básicas que realiza la máquina en modo VENTA se realizan de forma totalmente automática y son las siguientes:

- Selección del tipo de billete por el usuario.
- Recepción y validación del precio del título de transporte.
- Expedición de billete con las siguientes características:
  - Impresión de información.
  - Tratamiento magnético de la banda.
- Control contable, suministrando por petición el estado de cuentas y el número de billetes expandido por la máquina.
- Almacenamiento y transmisión de datos.
- Información al usuario mediante TFT de 15”.

La modalidad de SERVICIOS permite llevar a cabo las siguientes funciones:

- Supervisión: visualización del estado de la máquina suministrando información de todos los datos que tiene almacenada.
- Recarga: recarga de los hoppers.
- Recaudación: Extracción de las cajas de monedas y billetes.
- Mantenimiento: Test de verificación de los diferentes dispositivos.

#### 1.1.1.2. Sistema de Billetaje

El Consorcio de Transportes del Área de Sevilla tiene establecido un sistema integrado de pago mediante tarjetas sin contacto.

#### 6.6.1.3 Características de la máquina expendedora automática

Las características que debe disponer la Máquina Automática de Billetes son las siguientes:

- Sencillez de uso.
- Rapidez en las operaciones.
- Alta fiabilidad.
- Conectividad a redes IP.
- Seguridad en todas las operaciones.
- Cumplimiento de las normas de seguridad.
- Concepción modular.
- Facilidad en la configuración de pantallas, precios, parámetros, etc.

#### 6.6.1.4 Módulos

Los principales módulos que componen el Distribuidor son:

- Chasis.

La envolvente será de un grosor de al menos 3 mm con el objetivo de soportar los esfuerzos producidos por otras partes fijadas a ella.

En la puerta se encuentran los dispositivos relacionados con el interfaz de usuario (TFT, teclado, ranuras de entrada, etc.), cerradura, tolva de recogida de billetes y cambio como elementos principales.

- Unidad de Control y almacenamiento de datos.

Basado en un PC industrial con un bus estándar ISA-PCI para la comunicación de las diferentes tarjetas.

Las especificaciones de la Unidad de Control y Almacenamientos son las siguientes:

- CPU con microprocesador.
- Memoria RAM de al menos 64 Mbytes.
- Controlador de interrupciones y controlador DMA.
- Entorno de PC para gestión del módulo expendedor y como unidad de control de la distribución.
- Tarjetas de comunicaciones para los periféricos.
- Tarjeta de vídeo VGA con resolución de al menos 800x600.
- Tarjeta de entradas y salidas digitales.
- Tarjeta de sonido PCI para la emisión de cualquier mensaje sonoro al usuario.
- Tarjeta de Ethernet.
- Software de control basado en programación en Visual C++.
- Sistema operativo en Windows NT Workstation.
- HDD de al menos 10 GBytes fácilmente extraíble.

Las tarjetas más importantes que componen la Unidad de Control son:

- Tarjetas de ENTRADAS/SALIDAS para la captación de todos los sensores de la máquina.
- Tarjetas de comunicaciones: proporcionan interfaces RS-232 para la comunicación con los diferentes periféricos (UPS, Monedero, Procesador, Billetero, Lector de tarjetas de crédito, etc.).
- Tarjeta Ethernet: proporciona la interfaz para la conexión con el Switch local de la parada, y a su vez, la comunicación con el PCM.
- Procesador de billetes.

Controla el proceso de fabricación de los distintos tipos de billete especificados para la máquina. El PC, mediante interfaz RS-232, envía datos para indicar el rollo de papel que se debe utilizar, el texto a imprimir y el código a grabar; mientras que recibe la conformidad de la operación e indicación de incidentes.

El funcionamiento es el siguiente:

- La unidad de selección/medición selecciona el rollo en función del tipo de billete y procede a medirlo.
- Una vez alcanzada en la posición de corte, se activa la cizalla y se corta a la medida establecida de 85,5 para los de tipo ISO.
- Grabación de la banda magnética con la información.
- Verificación de grabación correcta mediante la unidad de lectura magnética.
- Impresión del billete y envío del billete a la bandeja de recogida.

Durante todo el recorrido del billete se sitúan fotocélulas que detectan si se produce algún atasco durante el proceso.

- Almacenaje de papel.

Dispone de los siguientes elementos:

- Soporte para dos rollos de papel con capacidad aproximada de 2000 billetes por cada soporte.
- Sensores magnéticos para la detección de fin de rollo.
- Capturadores fotoeléctricos para el posicionamiento de los rollos.

- Monedero y electrónica de control del monedero.

Gestión de cualquier operación con monedas: validación de monedas, devolución, recaudación y recarga.

- Lector/grabador de tarjetas magnéticas.

Es el encargado de admitir y comprobar las tarjetas con banda magnética, monedero o mixtas. Las principales características son:

- Interfaz según la norma EMV clase 1 con puerto RS-232.
- Lectura y escritura de alta fiabilidad.
- Alta velocidad de inserción 200 mm/s.
- Cabeza de lectura de alta duración (700.000 pasadas).

- Obturador de entrada con detección de banda magnética.
- Módulo de tarjetas de crédito.
- Módulo de lectura de tarjetas sin contacto.

Se incorpora un lector/grabador de tarjetas sin contacto para la monitorización y/o recarga de títulos sobre dichas tarjetas:

- Tarjetas sin contacto estándar ISO 14443.
- Tarjetas tipo A y B, (según modelo TUSSAM y Consorcio de Transportes de Sevilla).
- Comunicación con el PC a través de la interfaz serie RS-232.
- Impresora de recibos.

Emite los tickets contables en las recargas y recaudaciones o un justificante de cambio al usuario. Las especificaciones más importantes son las siguientes:

- Densidad de puntos de al menos 203 dpi x 203 dpi.
- Velocidad de impresión de 150 mm/s aproximadamente.
- Interfaz RS-232.
- Alimentación +24 V.

- Unidad de visualización.

TFT de 15" con las siguientes características:

- Resolución máxima de 800x600 a 85 Hz, o 1600x1280 a 60 Hz.
- Contraste 350:1.
- Luminosidad: 1000 cd/m<sup>2</sup>.
- Alimentación de 12 VCD.
- Consumo máximo de 45 W.

- Teclado.

Permite al usuario la selección del tipo de billete, la cantidad o cambiar las opciones del menú (idioma). Las características más importantes de los pulsadores son:

- Voltaje máximo de conmutación de 100 VDC.
- Corriente máxima de conmutación de 0,1 A.

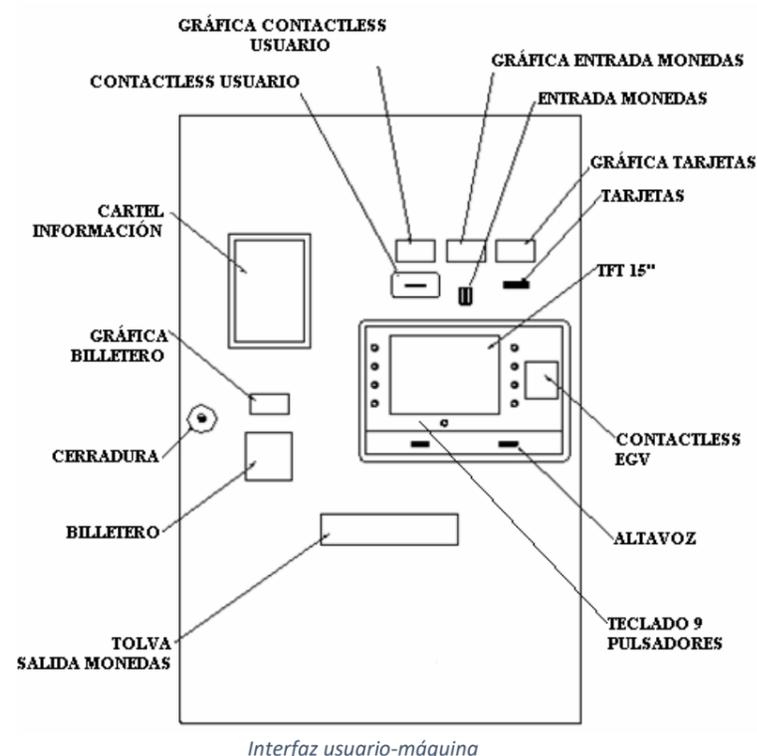
- Rango de temperatura de funcionamiento: -20 a 60 °C.
- Protección IP67 y antivandálico.

- Módulo de alimentación.

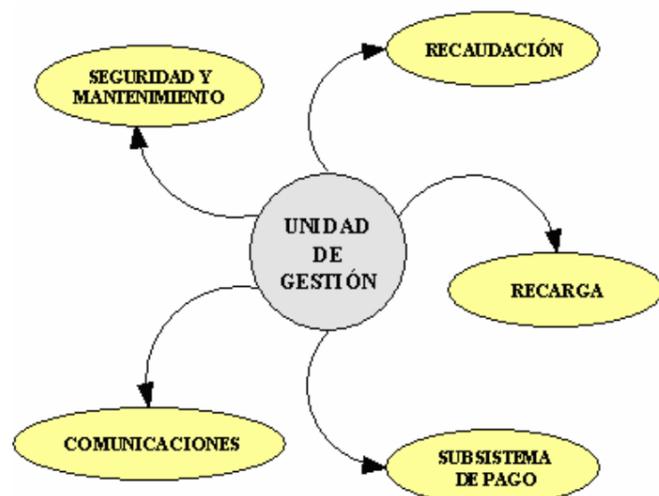
Suministro de las tensiones necesarias para el funcionamiento de la Máquina Automática. Está formado por:

- Fuente de alimentación: Vcc de +24 V.
- UPS: mantener a tensión de 220 V cuando se produzca corte de suministro.
- Fuente de alimentación del PC, desde la cual se obtienen los +5 V y los +12 V para alimentar las diferentes electrónicas.

#### 6.6.1.5 Interfaz Máquina-Usuario



## 6.6.1.6 Unidad de Gestión y Subsistemas de la Máquina Expendedora



Esquema de la Unidad de Gestión

**SUBSISTEMAS DE PAGO**
Subsistema de pago con Tarjetas

La expendedora puede realizar operaciones con tarjetas de banda magnética y tarjetas con chip.

Subsistema de pago con monedas

La máquina dispone de un dispositivo de pago mediante monedas que se compone fundamentalmente de las siguientes partes:

- Aceptación de monedas

El aceptador de monedas es el encargado de permitir la entrada de éstas y está compuesto por:

- Obturador de entrada de monedas: electroimán de activación de trampilla exterior.
- Tolva de deslizamiento: evitar que los líquidos lleguen al selector.

- Validación de monedas

Detecta la legalidad e identificación del tipo de moneda:

- Selector: conjunto de sensores electrónicos preprogramados para aceptar las monedas especificadas. Dispone de una salida a la bandeja de recogida de cambio para las monedas rechazadas y de un mecanismo de recuperación activado automáticamente por la electrónica de control cuando se detecta un atasco.
- Fotocélulas de entrada y de salida: permiten el aviso de introducción de monedas y la detección de una moneda rechazada.

- Enrutado de monedas

Distribuye las monedas a los diferentes hoppers, a cada una de las dos cajas de recaudación o a la tolva de devolución de cambio:

- Distribuidor/Clasificador: conjunto de palas que clasifican la moneda para encaminarla a cualquiera de los 4 hoppers o al sistema doble de escrows (camino hacia las cajas de recaudación).
- Sistema doble de escrows: mantienen retenidas las monedas que van directamente a la caja de recaudación hasta que la operación ha sido completada y no ha habido cancelación por parte del usuario.

- Sistema de Reciclado-Devolución

Los 4 hoppers se encargan de la devolución del cambio al usuario y del reciclaje de monedas.

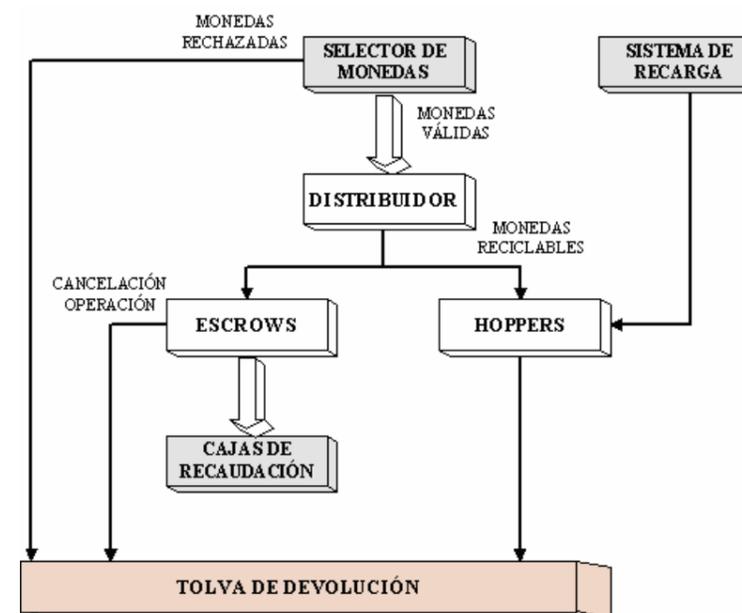


Diagrama de bloques del monedero

### Subsistema de pago con billetes

Se utiliza un aceptador de billetes que dispone de las siguientes características:

- Reconoce los billetes en cualquiera de los cuatro sentidos de introducción.
- Caja intermedia.
- Caja de recaudación para billetes.
- Dispositivo completamente motorizado.

### **SUBSISTEMA DE RECARGA**

Recarga de monedas los Hoppers mediante un conjunto de recargadores ya sea en operaciones de mantenimiento, inicialización del distribuidor o cuando el nivel de monedas de uno de los Hoppers ha descendido respecto a uno predeterminado.

Los recargadores contienen 4 cajas portátiles llamadas hopper “compact” predeterminadas para el tipo de moneda que tratan (5 y 20 céntimos y de 1 y 2 €) que tienen las siguientes características:

- Capacidad variable en función del tipo de moneda que almacenan.
- Cajas transportables.
- Módulo de inserción de caja instalado sobre cada hopper.
- Enclavamiento de la caja en el módulo de inserción.
- Activación electrónica de la caja.
- Control contable de las monedas que han salido del compact-hopper.

### **SUBSISTEMA DE RECAUDACIÓN**

Se basa en dos unidades de almacenamiento que tienen como función la recogida de todo tipo de monedas y de todos los valores introducidas en la máquina. Estas unidades de almacenamiento tienen las siguientes características:

- Capacidad de 4 litros, que suponen 20 Kg de monedas.
- Extracción de la caja mediante llave codificada.
- Cierre automático de la caja en la extracción.
- Detección de extracción y colocación de la caja mediante sensor de presencia.
- El PC conoce:

- Identificador de la caja instalada en cada momento.
- La cantidad de dinero que contiene.
- Número de monedas de cada tipo.

### **SUBSISTEMA DE SEGURIDAD**

Está basado en los siguientes elementos:

- Sensores de detección de forzamiento.
- Módulo de alarma acústica.
- Sistema de identificación del operario que accede a la máquina.
- Control de acceso a distintas áreas del distribuidor.
- Aviso acústico ante un olvido de conexión de alarma.

#### 6.6.1.7 Interfaz de comunicaciones

La Máquina Expendedora Automática dispondrá de una tarjeta de red Ethernet situada en el PC industrial (unidad de control y almacenamiento de datos) que hará de interfaz para la conexión con el Switch local de la parada, y mediante protocolo TCP/IP llevar a cabo las comunicaciones con el PCM. Por lo tanto, las máquinas expendedoras de cada parada van conectadas formando una red LAN con los diferentes dispositivos de dicha parada al Switch local, de forma que el PCM tiene acceso remoto a cada una de ellas.

Se desarrollarán los programas informáticos necesarios que gestionarán la comunicación entre las máquinas expendedoras y el PCM, de formas que desde el puesto de control sea posible la actualización simultánea del software en todas las máquinas de la red que controle, lo que facilitará el control de costos o un cambio de tarifa.

#### Comunicaciones internas

El PC industrial gestiona las comunicaciones con los diferentes periféricos de la máquina expendedora mediante tarjetas de comunicaciones con interfaces RS-232.

Se utilizarán tarjetas de las series C168H que permitirán la instalación de puertos de comunicación serie RS-232 adicionales, proporcionando 8 puertos por tarjeta para la conexión de todos los dispositivos serie.

#### Características:

- Tarjeta de comunicación de 8 puertos RS-232 de alta velocidad.
- Tarjeta PCI o ISA.
- Versatilidad en el soporte de sistemas operativos.
- Varias opciones de conexión.
- Velocidades de transmisión de datos mayores de 921,6 Kbps.
- Hardware de control on-chip.
- Fácil configuración sin switches o jumpers.

#### Especificaciones:

- Controlador I/O Hardware: 16C550C
- Interfaz de bus: PCI versión 2.1 (32 bit)  
ISA (16 bit)
- Velocidad de transmisión: 50 bps – 921,6 Kbps
- Configuración de paridad: ninguna, par, impar, space, mark.
- Data bits: 5, 6, 7, 8
- IRQ:
  - ISA: 2, 3, 4, 5, 7, 10 (default), 11, 12, 15
  - PCI: signada por BIOS
- I/O address:
  - ISA: 0x0000 – 0xFFFF (default: 0x180)
  - PCI: asignada por BIOS
- Sistemas operativos:
  - Windows 95/98/ME/NT/2000/XP
  - Linux
  - DOS
- Requisitos de potencia:
  - C168H/PCI: 260 mA (+5V), 100 mA (+12V), 60 mA (-12 V)
  - C168H: 170 mA (+5V), 100 mA (+12 V),  
– 60 mA (-12V)
- Temperatura de operación: 0 – 55°C
- Humedad de operación: 5 – 95% RH

#### 6.6.2 Máquinas canceladoras

Dispositivos encargados de cancelar los billetes en función de su validez.

Se emplea un sistema de “Cancelación Previa” se aplica porque aporta la ventaja que reduce la duración del viaje. El conductor no pierde tiempo expidiendo el billete o devolviendo cambios y los viajeros no tienen que hacer cola para subir al tranvía. Únicamente tienen que pagar el viaje mediante su tarjeta sin contacto en el interior del tranvía.

##### 6.6.2.1 Localización

En cada vehículo se instalarán dos máquinas canceladoras en los módulos centrales del tren, del tipo “tarjetas sin contacto”.

##### 6.6.2.2 Canceladoras sin contacto (fuera del alcance de este proyecto)

Las máquinas canceladoras sin contacto, que operan con tarjetas chip sin contacto norma ISO 14443.

Estas canceladoras pueden trabajar en modo autónomo o conectadas al PC industrial de las máquinas expendedoras a través de interfaces RS-232 y RS-422.

Su diseño prestará atención especial a todos los elementos de interacción cliente-máquina:

- Pantalla gráfica, indicadores luminosos y avisador acústico que reflejen el resultado de la operación.
- Integración en una barra vertical de cada tranvía. (Fuera del alcance de este proyecto)

## 7. CONTROL DE CALIDAD

### 7.1. INTRODUCCIÓN

Un plan de control de calidad proporciona un marco estructurado para garantizar que los estándares de calidad se cumplan durante todas las etapas del proyecto. En el caso de instalaciones de media tensión, donde la seguridad eléctrica es crucial, un plan de control de calidad incluye inspecciones periódicas, pruebas de funcionamiento, verificación de materiales utilizados, capacitación del personal en seguridad eléctrica, entre otros aspectos. Esto ayuda a garantizar que la instalación cumpla con las normativas técnicas y de seguridad aplicables, así como con las distintas especificaciones del cliente, del operador y de la compañía suministradora.

Los principales motivos por los cuales es necesario implementar un plan de control de calidad en una obra de instalaciones de media tensión son los siguientes:

- Cumplimiento de normativas y regulaciones: Las instalaciones eléctricas están sujetas a normativas y regulaciones estrictas para garantizar la seguridad de las personas y la integridad de la red eléctrica. Un plan de control de calidad ayuda a asegurar que se cumplan estas normativas.
- Garantía de seguridad: La seguridad es primordial en instalaciones eléctricas de media tensión. Un plan de control de calidad establece procedimientos para verificar que todas las medidas de seguridad, tanto para el personal como para los usuarios, estén en su lugar y sean efectivas.
- Prevención de fallas y averías: Un plan de control de calidad incluye inspecciones y pruebas que ayudan a identificar posibles problemas antes de que se conviertan en fallas importantes o averías, lo que puede ahorrar tiempo y dinero en reparaciones futuras.
- Aseguramiento de la calidad del trabajo: Un plan de control de calidad establece estándares para la mano de obra y los materiales utilizados en la instalación, lo que garantiza que el trabajo se realice de manera consistente y de alta calidad.
- Reducción de riesgos financieros: La implementación de un plan de control de calidad puede ayudar a reducir los riesgos financieros asociados con fallos en la instalación, multas por incumplimiento de normativas y reclamaciones de seguros.

En resumen, un plan de control de calidad en una obra de instalaciones de media tensión es esencial para garantizar la seguridad y la calidad del trabajo y el ajuste de la instalación con el cumplimiento normativo.

Toda instalación de Media Tensión debe ser ejecutada por una empresa instaladora habilitada (según la ITC-RAT 21 "Instaladores y empresas instaladoras para instalaciones de alta tensión"). Una vez realizada la verificación inicial y comprobado el cumplimiento con la normativa, la empresa instaladora emitirá un informe técnico de resultado FAVORABLE que formará parte del Certificado de fin de obra.

### 7.2. VERIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIA TENSIÓN

Los equipos de media tensión comprenden principalmente las celdas de media tensión, los rectificadores de continua y los transformadores.

Las verificaciones a realizar son las siguientes:

- Aprobación previa de las marcas y modelos de los equipos preseleccionados, verificando que las características técnicas de los mismos coinciden con las necesidades del proyecto y las especificaciones del Proyecto de Ejecución.
- Verificar la recepción de material, que ha llegado en perfecto estado a obra y no ha tenido problemas durante el transporte que puedan afectar a su funcionamiento, estado del embalaje y que se incluyan todas las partes y accesorios.
- Verificación de la colocación del equipo en su posición definitiva, soportes y fijaciones, separación a otros elementos, verificar que los equipos se instalen según las especificaciones del fabricante y las normativas pertinentes. Esto incluye asegurarse de que los equipos estén nivelados, correctamente alineados y fijados de manera segura.
- Conexiones eléctricas: Inspeccionar todas las conexiones eléctricas para asegurarse de que estén correctamente terminadas y apretadas según las recomendaciones del fabricante. Las conexiones sueltas o mal ajustadas pueden provocar calentamientos excesivos y fallas en el equipo, para las principales conexiones se exigirá certificar el par de apriete, exigiendo la utilización de un equipo de apriete calibrado y el documento de registro del instalador de los niveles de apriete.
- Verificación de las puestas a tierra de la instalación y que los equipos están correctamente conexiónados a la puesta a tierra. Se comprobará que la red de tierra está diseñada conforma a proyecto, se deben haber medido las tierras con equipos homologados y calibrados y se dispondrá de la documentación de las pruebas realizadas sobre la red de tierras.
- Aislamiento: Verificar que todos los componentes eléctricos estén adecuadamente aislados para evitar cortocircuitos y descargas eléctricas. Esto incluye asegurarse de que no haya cables o conductores expuestos que puedan entrar en contacto con partes metálicas del equipo.

- Sistema de refrigeración: Si los equipos requieren sistemas externos de ventilación o refrigeración, verificar que estén correctamente instalados y funcionando adecuadamente para evitar sobrecalentamientos y daños en el equipo.
- Pruebas de funcionamiento: Realizar pruebas de funcionamiento en los equipos para asegurarse de que operen correctamente y cumplan con los requisitos de rendimiento establecidos. Esto puede incluir pruebas de carga, pruebas de funcionamiento en vacío, pruebas de protección, entre otras.
- Se valorará la necesidad de realizar pruebas de termografía durante el funcionamiento de los equipos a fin de detectar puntos de calor que pueden ser causados por fallos en los equipos o en sus conexiones.
- Etiquetado y señalización: Asegurarse de que todos los equipos estén correctamente etiquetados y señalizados según las normativas de seguridad aplicables. Esto incluye etiquetas de advertencia, indicaciones de voltaje, instrucciones de operación, entre otros.
- Documentación: Verificar que se haya generado y completado toda la documentación necesaria, incluyendo manuales de operación, certificados de conformidad, registros de pruebas y cualquier otra documentación requerida por las normativas o especificaciones del proyecto.

### 7.3. CONTROL CALIDAD LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN SUBTERRÁNEAS

La ITC-LAT 05 establece el régimen de controles (verificaciones e inspecciones) que deben realizarse a las líneas de AT, en función de sus características, por los agentes que se indican en cada caso.

Se efectuarán los ensayos previos a la puesta en servicio que establezcan las normas de obligado cumplimiento. En cualquier caso, para líneas eléctricas con conductores aislados con pantalla se efectuarán, al menos, los ensayos de comprobación del aislamiento principal y de la cubierta. En las líneas aéreas y en las subterráneas con cables aislados instalados en galerías visitables, se realizarán, además, los ensayos de la medida de resistencia del circuito de puesta a tierra y, en el caso que corresponda, medida de las tensiones de contacto.

Como resultado de una verificación previa o periódica, se emitirá un acta de verificación, en la cual figurarán los datos de identificación de la línea y posible relación de defectos, planes de corrección y, en su caso, observaciones al respecto.

Para garantizar la seguridad y el funcionamiento adecuado de los cables de media tensión durante una obra, se realizarán las siguientes verificaciones durante la obra:

- Aprobación previa de las marca y características del cable a instalar verificando que las características técnicas de los mismos coinciden con las necesidades del proyecto y las especificaciones del Proyecto de Ejecución. Se debe confirmar que los cables utilizados cumplan con las especificaciones del proyecto y las normativas aplicables, incluyendo el tipo de cable, la capacidad de corriente, la clasificación de voltaje y cualquier otra característica técnica relevante.
- Verificar la recepción de material, que ha llegado en perfecto estado a obra y no ha tenido problemas durante el transporte que puedan afectar a su funcionamiento, estado del embalaje y que sus características coinciden con la aprobación previa del material. También se debe verificar que las etiquetas y marcas de identificación estén presentes y legibles.
- Inspección visual: Tanto antes de la instalación como durante el tendido se debe realizar una inspección visual detallada de la zona de instalación (las canalizaciones subterráneas, las bandejas) para verificar que el tendido del cable se realiza de forma segura y no se provoquen daños en el revestimiento exterior, como cortes, abrasiones o deformaciones. También se verificará que la curvatura máxima del cable en todos sus puntos no supera las especificaciones del fabricante.
- Pruebas de aislamiento: Se deben realizar pruebas de resistencia de aislamiento para verificar la integridad del aislamiento del cable y asegurarse de que no haya fugas de corriente a tierra. Estas pruebas incluyen la prueba de megado y la prueba de resistencia de aislamiento.
- Pruebas de continuidad: Se deben realizar pruebas de continuidad para asegurarse de que no haya cortocircuitos en el cable y que todas las conexiones estén adecuadamente terminadas y conectadas.
- Pruebas de resistencia de conductor: Se pueden realizar pruebas de resistencia de conductor para verificar que la resistencia eléctrica del cable esté dentro de los límites especificados y que pueda transportar la corriente de manera segura.
- Pruebas de tensión: Antes de energizar los cables, se pueden realizar pruebas de tensión para verificar su capacidad para soportar la tensión nominal sin sufrir fallas dieléctricas.
- Etiquetado y documentación: Una vez completadas las pruebas, es importante etiquetar adecuadamente los cables. Se deben utilizar equipos calibrados y verificados y generar documentación que registre los resultados de las pruebas realizadas, incluyendo cualquier acción correctiva necesaria.

## 8. SEGURO

La Empresa Adjudicataria deberá contar con un seguro de responsabilidad civil que cubra los posibles daños que se pudieran producir por sus actuaciones en la ejecución de los trabajos.

## 9. PRESCRIPCIONES GENERALES

Será obligatorio el cumplimiento de las prescripciones que se indican a continuación:

- La construcción, conservación y restitución a su situación inicial de los accesos para la ejecución de las obras correrá a cargo del Contratista adjudicatario de las mismas.
- Tras la finalización de los trabajos, el Contratista no podrá dejar los terrenos utilizados para la ejecución de las obras en un estado peor que aquel en que se encontraban cuando los inició, siendo de su cuenta las operaciones para su restitución, como mínimo, a las condiciones iniciales.
- En caso de conducciones de agua potable, se entenderán incluidas en el precio del contrato todas las operaciones necesarias para el correcto funcionamiento de las instalaciones una vez entregadas al beneficiario, incluso las pruebas de presión, estanqueidad, desinfección, etc.
- Serán de cuenta del Contratista todos los trámites, gestiones, redacción de proyectos y documentos auxiliares, etc. necesarios para la autorización administrativa y total puesta en funcionamiento de las instalaciones.
- El Contratista se hará cargo del coste de cuantos permisos, autorizaciones, legalizaciones y licencias sean necesarios para el inicio, ejecución y puesta en servicio de las obras, incluida la redacción y tramitación de documentos técnicos, cánones, tasas, etc.
- El Contratista ejecutará la obra siguiendo criterios de buenas prácticas ambientales, para lo que dispondrá del personal técnico competente necesario para la ejecución y seguimiento de las medidas ambientales. Todos los residuos generados deberán ser transportados y depositados en vertedero autorizado (previo pago de su correspondiente canon). Elaborará un Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición atendiendo a las especificaciones del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, o disposición que la sustituya.

- El Contratista asumirá los gastos derivados del control y seguimiento arqueológico de las excavaciones durante el movimiento de tierras, siguiendo las instrucciones que se dicten por parte de la Delegación de Cultura al respecto. Este control y seguimiento arqueológico se llevará a cabo por un equipo compuesto por un arqueólogo director y medios de obra (maquinaria y personal).

## 10. NORMATIVA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO

Además de lo especificado en el presente pliego de bases, se cumplirán todas las disposiciones, normas, reglamentos e instrucciones técnicas que resulten de obligado cumplimiento.

Sevilla, octubre de 2024

Por la Empresa Consultora, IDOM Consulting, Engineering, Architecture

Los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

### AUTORES DEL PROYECTO

Fdo.: Miguel Ángel Pineda Molina  
I.C.C.P. (IDOM) NC°16.497

Fdo.: Cristina Ruiz Rodríguez  
I.C.C.P. (IDOM) NC°16.774

Por Servicio Técnico de Movilidad del Ayuntamiento de Sevilla

### DIRECTOR DE PROYECTO

Fdo.: Juan José Muñoz Alfonso