

## ANEJO Nº 18. INSTALACIONES NO FERROVIARIAS



TÍTULO
ESTUDIO INFORMATIVO DE AMPLIACIÓN SUR DE LA LÍNEA 11 DEL METRO DE MADRID

DOCUMENTO
ANEJO Nº 18. INSTALACIONES NO FERROVIARIAS

CONTROL DE EDICIONES		
VERSIÓN	FECHA	OBSERVACIONES
1.0	10/09/2025	1ª Edición
2.0	17/10/2025	2ª Edición (Tras Supervisión).
3.0		



ANEJO Nº 18. INSTALACIONES NO FERROVIARIAS

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO .....1

1.1 ALCANCES .....1

1.1.1 Instalaciones en Estaciones .....1

1.1.2 Instalaciones en Túneles .....1

2 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA .....2

2.1 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR EL INTERIOR DE TÚNELES .....2

2.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN .....2

2.3 ALIMENTACIÓN A LOS SERVICIOS DE LA ESTACIÓN .....3

2.4 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA EN POZOS INTERESTACIÓN .....5

2.5 ALUMBRADO, FUERZA Y ACOMETIDA DE SOCORRO EN LA ESTACIÓN .....6

2.6 ALUMBRADO Y FUERZA EN TÚNEL .....7

2.7 ALUMBRADO Y FUERZA EN SALIDAS DE EMERGENCIA .....11

2.8 SEÑALIZACIÓN DE DIRECCIÓN DE EVACUACIÓN Y BALIZAMIENTO .....11

3 TRANSPORTE VERTICAL .....12

3.1 ASCENSORES .....12

3.2 ESCALERAS MECÁNICAS .....12

4 VENTILACIÓN .....13

4.1 VENTILACIÓN DE ESTACIÓN Y POZOS INTERESTACIÓN .....13

4.1.1 Características generales del sistema de ventilación .....13

4.1.2 Instalaciones mecánicas .....14

4.1.3 Instalaciones eléctricas y de control .....15

4.1.4 Obras auxiliares .....16

4.2	PRESURIZACIÓN DE SALIDAS DE EMERGENCIA.....	16
4.3	REFRIGERACIÓN DE CUARTOS TÉCNICOS .....	17
4.3.1	<i>Características generales de la instalación de refrigeración de cuartos técnicos .....</i>	<i>17</i>
4.3.2	<i>Requisitos de diseño de los equipos de precisión .....</i>	<i>17</i>
4.3.3	<i>Integración de las instalaciones en COMMIT .....</i>	<i>18</i>
<b>5</b>	<b>SANEAMIENTO, POZOS DE BOMBAS PLUVIALES Y FECALES .....</b>	<b>18</b>
5.1	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	18
5.2	ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA INSTALACIÓN .....	20
5.3	SISTEMA DE CONTROL DEL POZO DE BOMBAS .....	22
5.4	INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CABLES .....	26
5.5	CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS.....	26
<b>6</b>	<b>PCI –PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS .....</b>	<b>29</b>
6.1	SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS.....	29
6.2	SISTEMA DE EXTINCIÓN .....	29
6.2.1	<i>CUARTO PCI .....</i>	<i>29</i>
6.2.2	<i>COLUMNA SECA .....</i>	<i>29</i>
6.2.3	<i>EXTINTORES .....</i>	<i>30</i>
6.2.4	<i>Pruebas y aprobaciones .....</i>	<i>31</i>
6.3	SEÑALÉTICA.....	31
<b>7</b>	<b>RELACIÓN DE SALAS TÉCNICAS Y SUPERFICIES.....</b>	<b>32</b>

ILUSTRACIÓN 2 - ESQUEMA VENTILACIÓN TÚNELES. ....	13
ILUSTRACIÓN 3 - .DRENAJE TÚBEL (SECCIÓN).....	18
ILUSTRACIÓN 4 - POZO DE TIPO PLUVIAL.....	28
ILUSTRACIÓN 5 - DIMNESIONES CAJÓN COLUMNA SECAID .....	30
ILUSTRACIÓN 6 - DETALLE COLUMNA SECA DE METRO DE MADRID.....	30

### **INDICE DE TABLAS**

TABLA 1 - Valores de iluminación.....	7
TABLA 2 - Valores de iluminación.....	11
TABLA 3 - Nº de ascensores por estación .....	12
TABLA 4 - Nº de escaleras mecánicas por estación.....	12
TABLA 5 - Ubicación Pozos de bombeo .....	19
TABLA 6 - Extintores y columna seca por cada estación .....	31
TABLA 7 - Extintores y columna seca por pozo de ventilación y salida de emergencia. ....	31
TABLA 8 - Cuarto técnicos y superficies por cada uno de ellos .....	32

### **INDICE DE ILUSTRACIONES**

ILUSTRACIÓN 1 - EJEMPLO DE DISTRIBUCIÓN DE BT EN TÚNELES DE METRO DE MADRID .....	10
---	----

## 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El objeto de este documento es mostrar cuáles son las instalaciones no ferroviarias en túneles y estaciones de Metro a implementar en la ampliación sur de la Línea 11 de Metro de Madrid desde La Fortuna hasta su conexión con la Línea 10 en Aviación Española (alternativa 1) o en Cuatro Vientos (alternativas 2 y 3). En el presente documento se estudiarán las diferentes alternativas de trazado y su repercusión sobre las instalaciones a nivel técnico.

### 1.1 ALCANCES

Son objeto y alcance del presente Estudio Informativo:

#### 1.1.1 Instalaciones en Estaciones

- **Electricidad**
  - Electrificación Baja Tensión: canalizaciones principales y obra civil de la distribución de redes eléctricas de Baja Tensión
  - Subestaciones eléctricas: canalizaciones principales y obra civil de la distribución eléctrica de Media Tensión
  - Acometida eléctrica Media Tensión: obra civil del proyecto de subestaciones eléctricas
  - Red de Tierras:
    - i) Distribución general de red de tierras
    - ii) Cálculo general de tierras
    - iii) Red de tierras de subestaciones eléctricas
    - iv) Cálculo del sistema de tierras de las subestaciones eléctricas
- **Voz y Datos:** canalizaciones principales y obra civil de la red de datos
- **Saneamiento:** obra civil y equipamiento de pozos de bombeo
- **Protección frente al fuego:**
  - Columna seca en estaciones
  - Extintores
  - Obra civil de cuartos de PCI

- **Ventilación:**
  - Ventilación forzada de estaciones y andenes: red de distribución de aire y difusión
  - Ventilación natural en estaciones
  - Obra civil de cuartos de ventilación
- **Transporte vertical:** Obra civil de ascensores y escaleras mecánicas

#### 1.1.2 Instalaciones en Túneles

- **Electricidad**
  - Electrificación Baja Tensión alumbrado en túneles
  - Iluminación en túneles, cámaras de ventilación, cámaras de bombeo y salidas de emergencia
  - Alumbrado normal
  - Alumbrado de emergencia
  - Alumbrado de balizamiento
  - Alumbrado de socorro
  - Red de Tierras en túnel redes equipotenciales
- **Ventilación:**
  - Obra civil de infraestructuras de cámaras de ventilación en túnel
- **Saneamiento y drenaje**
  - Obra civil y equipamiento de pozos de bombeo
- **Protección frente al fuego**
  - Columna seca
  - Extintores
  - Obra civil de cuartos de equipamiento de extinción de incendios
  - Obra civil de arquetas, huecos, paso de instalaciones, etc.
  - Señalización fotoluminiscente en obra.

## 2 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

Si bien las redes de distribución interior de energía no forman parte de este estudio informativo, por ser competencia de Metro de Madrid su implantación, en este capítulo se realiza una descripción general de la misma para dar idea de sus posibles implicaciones que pudieran afectar a la obra civil.

### 2.1 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR EL INTERIOR DE TÚNELES

Será necesaria la instalación de sistemas para la distribución de energía eléctrica de las estaciones y túneles, tanto a nivel de Alta Tensión como a nivel de Baja Tensión, ofreciendo un suministro de energía eléctrica con garantías y fiabilidad.

Dichas redes eléctricas discurrirán por el interior de los túneles y conectarán entre sí los diferentes centros de transformación, subestaciones de tracción, subestaciones eléctricas, cuadros eléctricos y puntos de alimentación existentes en túneles (alumbrados, tomas, pozos de bombeo, sistemas de ventilación, etc...).

Las instalaciones más representativas del sistema de distribución eléctrica son las siguientes:

- **Centros de transformación.** Instalaciones que transforman la energía eléctrica de la red de AT en 15 kV a BT a las tensiones industriales de utilización (I+N/230 y III/400 V), para la alimentación de los distintos servicios de la estación y túnel. Se encuentra dividido en dos zonas diferenciadas: la zona de Alta Tensión y la de Baja Tensión.
- **Cuadros Generales de Baja Tensión (CGBT).** Instalación que incorpora los circuitos de alimentación de los distintos servicios propios de la estación y túneles.
- **Telemando de los centros de transformación.** Todos los elementos instalados en los centros de transformación, en zonas de Alta y Baja Tensión, estarán motorizados, permitiendo ser tele mandados a través del Puesto de Mando.
- **Circuitos de fuerza para la alimentación de máquinas** (escaleras, ascensores, ventiladores, etc.) y cuartos técnicos (comunicaciones, PCI, etc.).
- **Acometida en BT de la Estación.** Se trata de una acometida exterior proveniente de una Compañía Suministradora de Electricidad. Esta acometida actualmente alimenta directamente a 1/7 del alumbrado de la estación y se conmutará automáticamente en el CGBT para atender los sistemas que necesiten asegurar su funcionamiento. Se recogen las instalaciones de enlace incluyendo el cuadro general de protección, la línea

general de alimentación, el módulo de contadores y la derivación individual y el cuadro de socorro de la estación.

Las instalaciones de Distribución de Energía son las encargadas de satisfacer las necesidades de alimentación eléctrica en Baja Tensión de los distintos elementos constituyentes de las instalaciones fijas integradas en las estaciones y túneles de la red metropolitana de Metro de Madrid. Para ello dichas instalaciones se segmentan en tres grandes áreas:

- Suministro y transformación de Alta Tensión a Baja Tensión.
- Distribución y recepción de suministro eléctrico en Baja Tensión a los diferentes receptores
- Iluminación en la totalidad de la estación y el túnel.

Todos los materiales deberán cumplir con los requisitos de los pliegos de prescripciones técnicas de Metro Madrid.

### 2.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN

De las Subestaciones de Tracción parten las líneas de distribución en 15Kv compuestas por dos cables hasta los Centros de transformación de las estaciones.

Estas líneas, alimentan dos transformadores, (normalmente de una potencia entre 630 y 1.000 KVA), según los servicios a alimentar, estos transformadores están en servicio constante, pudiendo conmutarse telemáticamente su servicio en cualquier momento en función de las necesidades. Los Centros de Transformación estarán dotados de todos aquellos elementos precisos para su correcto funcionamiento y que reseñan a continuación:

El centro de transformación de la estación (CT) se encuentra situado a nivel de andén, la ubicación del mismo puede consultarse en el plano correspondiente a cada estación. Se encuentra dividido en dos zonas diferenciadas: la zona de Alta Tensión y la de Baja Tensión.

#### Zona de Alta Tensión

En esta zona se encuentran las celdas de distribución AT, los transformadores de potencia y los cuadros de salida de protección de transformadores en B.T.

- Para cada acometida (normal y duplicada), el C.T. dispondrá de los siguientes elementos:

- Celdas de línea: se realiza la distribución primaria desde el CTR, debiéndose instalar dos (2) celdas de línea.
- Celda de protección de transformador (en lado AT).
- Transformador de potencia AT (15 kV) / BT (I+N/230 y III/400 V).
- Centralita de protección térmica.
- Cuadro de protección de salida de transformador en lado BT –previsto con dos salidas, una para alimentar al cuadro general de Baja Tensión.
- Cuadro con el equipamiento necesario para realizar el telemando y supervisión del sistema y rectificador - cargador de baterías, de acuerdo a lo establecido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

El conjunto de celdas de entrada, salida y protección de transformadores a instalar en el CT, con corte y aislamiento integral en SF6, estarán formadas por un conjunto de celdas modulares. El conjunto de celdas estará formado por dos posiciones de línea y una posición de protección (2L+P).

Se instalarán dos transformadores trifásicos de aislamiento seco, para interior, con los arrollamientos encapsulados en resina Epoxi. Dispondrán de Pantalla Electrostática interbobinados, puesta a tierra y con bobinado en triángulo en el devanado primario, para mejorar la inmunidad de la BT, respecto a la AT. irán equipados con ruedas de transporte orientables, anillos de elevación, enganches para arrastre, dos bornes de puesta a tierra, sistema de detección de temperatura en dos niveles (alarma y disparo), con cuatro sondas (tres de bobinas y una de núcleo) y centralita de protección y medida comunicable. Las características de estos equipos cumplirán con las especificaciones técnicas de Metro Madrid.

Cuadro de protección de salida de transformador en lado BT estará formado por interruptores en B.T. de alto poder de corte, para una tensión nominal de 1 kV. Formarán parte de un conjunto para cada transformador compuesto de un interruptor en carga y dos interruptores automáticos, uno para la alimentación del C.G.B.T.

En la parte anterior de la celda del transformador, existirá un cerramiento de chapa ciega plegada de 2 mm de espesor y de 1,80 a 2 m de altura, con visores de cristal de diámetro 200 mm. Estará formado por dos puertas abisagradas que permiten una apertura total de 180 °.

#### Zona de Baja Tensión

Al lado de los Centros de Transformación, se encuentra el “Cuarto de Baja Tensión”

complemento de Centro y comunicado con él. En estos cuartos se ubican los cuadros eléctricos de distribución, y los módulos de funcionalidades diversas: apagado nocturno, conmutación cables de alta, módulo de bombeo, módulo de ventilación, módulo de escaleras y ascensores, módulo de socorro. Es importante hacer notar que los circuitos que alimentan los telemandos de los seccionadores de línea aérea, alumbrado de túnel, y otros que se consideran importantes para la explotación, dispondrán de la posibilidad de conmutación automática con la red eléctrica de socorro, proveniente de la acometida de baja de la estación.

La zona de B.T. dispondrá de los siguientes elementos:

- Cuadro general de baja tensión.
- Cuadro de alumbrado de túnel, integrado en el cuadro general de baja tensión.
- Sistema de alimentación ininterrumpida del alumbrado de túnel.
- Cuadro con el equipamiento necesario para realizar el telemando y supervisión del sistema, de acuerdo a lo establecido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Cuadro de extracción de ventilación de los recintos de A.T. y B.T.

El C.G.B.T. incorporará los módulos necesarios para atender a los siguientes servicios:

- Módulo I: Apagado nocturno.
- Módulo II: Servicios Permanentes (Usos Varios)
- Módulo III: Conmutación (cable1- cable 2).
- Módulo IV: Bombeo y ventilación.
- Módulo V: Escaleras
- Módulo VI: Duplicado-Socorro

Los circuitos que alimentan ascensores, seccionadores de línea aérea, alumbrado de emergencia de túnel y la SAI para el alumbrado de socorro de túnel y el alumbrado de socorro de estación dispondrán además de la alimentación normal de otra independiente, proveniente de la acometida en baja tensión de la estación hasta los interruptores enclavados del módulo de ascensores, dotados con conmutación automática y selectiva.

## **2.3 ALIMENTACIÓN A LOS SERVICIOS DE LA ESTACIÓN**

Desde el Cuadro General de Baja Tensión, se alimentarán los cuadros secundarios de las

distintas instalaciones y cuartos técnicos, realizándose estas instalaciones de acuerdo con las especificaciones que redacte Metro de Madrid, ofreciendo un servicio con las necesarias condiciones de fiabilidad y garantía requeridas. Partirán líneas con la sección adecuada para alimentar los cuadros de protección de las distintas instalaciones; escaleras mecánicas, ventiladores, ascensores, estaciones de bombeo, etc...

La instalación de las líneas de alumbrado de la estación se realizará de acuerdo con las disposiciones y características que especifique Metro de Madrid.

Se ha contemplado que los alumbrados asegurados de estación poseen alimentación asegurada, que es, a su vez, alimentada desde el cuadro de conmutación normal - socorro. El alumbrado de socorro de túnel se dejará preparado para su alimentación desde uno de los circuitos alimentados desde el cuadro de conmutación normal – socorro, para su implantación posteriormente.

Estas líneas discurrirán por las canalizaciones preparadas a tal efecto.

#### Instalaciones Secundarias del Centro de Transformación

- **Alumbrado y Fuerza del Centro de Transformación**

La instalación de alumbrado y fuerza del recinto de A.T. y B.T está contemplada entre los servicios del módulo duplicado socorro.

- **Protección Contra-Incendios**

Los Cuartos de Transformación y de Baja Tensión estarán dotados de sistemas de protección contra incendios (detección y extinción automática). La instalación de protección contra incendios está contemplada en el correspondiente apartado del Sistema de P.C.I, del presente proyecto.

- **Ventilación**

Para la evacuación del calor generado en el interior del CT, deberá posibilitarse una circulación de aire mediante ventilación forzada.

- **Telemando del Centro de Transformación**

El Centro de Transformación de la estación será telemando, tanto en su parte de Alta Tensión como de Baja Tensión.

El control distribuido y telemando del Centro de Transformación desempeña las funciones propias de control, supervisión y telemando de las instalaciones.

En el sistema se distinguen los siguientes puntos:

- Arquitectura de control.

- Elementos de campo.
- Sistema de comunicaciones.
- Hardware y software para puestos de mando.

Dentro de la arquitectura de control se distinguen dos redes una asociada al Cuarto de Alta tensión y otra al Cuarto de Baja Tensión.

Asimismo, se debe disponer de la información del Cuarto de Baja Tensión tanto en el puesto de control de estación, como en el Control de Estaciones del Puesto de Mando y Puesto de Mantenimiento de Instalaciones Fijas (COMMIT).

El sistema de telemando de los centros de transformación contempla a nivel de control distribuido dos entornos, diferenciándolos por el nivel de tensión controlado.

- Red de Alta Tensión.
- Red de Baja Tensión.
- Protecciones y tierras.

En cuanto a las tierras se dispondrán dos grupos diferentes:

- Grupo de las partes de la instalación no sometidas a tensión como armaduras metálicas, celdas de transformadores, cuadros, etc.
- Grupo de los neutros del lado de baja tensión.

Los circuitos de puesta a tierra se efectuarán con cable desnudo de cobre de 35 mm<sup>2</sup> de sección para el circuito de tierra propiamente dicho, y de 25 mm<sup>2</sup> para los demás circuitos que, agrupados en paralelo, converjan en aquél. Todos los cables de tierra irán identificados con el color “amarillo- verde”.

Las tierras del CT serán conectadas, junto con el resto de las tierras de la estación, a la red de tierras general, ubicada bajo la vía, manteniendo el diseño de tierras unificadas.

#### Acometida en baja tensión de la estación

En todas las estaciones, se instalará una Acometida en baja tensión de la estación. Se trata de una acometida exterior proveniente de una Compañía Suministradora de Electricidad de la zona. Desde esta acometida se alimentará directamente a 1/7 del alumbrado de la estación y se conmutará automáticamente en el CGBT para atender los sistemas que necesiten asegurar su funcionamiento.

Se recogen las instalaciones de enlace incluyendo la caja general de protección, la línea general de alimentación, el módulo de contadores, la derivación individual y el cuadro de socorro de la estación.

#### Cuadro de Socorro

En las proximidades del punto de acometida en baja tensión suministrada por la compañía eléctrica se montará el cuadro de protección que contendrá el alumbrado de socorro de la estación. El cuadro de socorro recibe la alimentación desde la acometida en baja tensión y desde la alimentación Normal/Duplicado de Metro, a través del CGBT.

El cuadro de socorro dispondrá de un dispositivo de conmutación automática de las redes de suministro normal/duplicado, alimentada desde el C.G.B.T. y desde el exterior por Compañía Suministradora. El dispositivo de conmutación normalmente estará posicionado para que se alimente desde la red de Metro, realizando la conmutación a la red de socorro en caso de falta de suministro de dicha red.

Los circuitos de alimentación de socorro al CGBT tomarán la alimentación aguas arriba del dispositivo de conmutación. Desde la conmutación del cuadro de socorro partirán los circuitos de alumbrado de socorro de la estación. Los restantes circuitos con alimentación de socorro como alternativa a una eventual falta de la alimentación normal partirán desde el dispositivo de conmutación normal-socorro situado en el C.G.B.T.

#### Cuadros secundarios de distribución

Se ha previsto la instalación de cuadros secundarios de distribución. Estos cuadros serán accesibles únicamente a personas cualificadas para su maniobra.

Estarán formados por armarios metálicos estancos IP-54 y grado de protección 7 contra golpes mecánicos. Los circuitos se repartirán en el cuadro equitativamente entre las fases R, S, y T, al objeto de que la carga esté lo más equilibrada posible.

En su interior se establecerán protecciones contra sobreintensidades y cortocircuitos, con interruptores magnetotérmicos de corte omnipolar y contra contactos indirectos con relés diferenciales de alta sensibilidad.

Los cuadros secundarios a instalar se dividen según el tipo de alimentación en:

**Alimentación Normal** (destinados al alumbrado de apagado nocturno de la estación y los que

alimentan a los servicios permanentes de la estación, tales como circuitos de fuerza para enchufes, máquinas comerciales, cuartos técnicos, etc.):

- Cuadro secundario de alumbrado y fuerza del CT.
- Cuadros secundarios de cuartos no técnicos.
- Cuadros secundarios de cámaras bufas.
- Cuadro secundario cuarto de operador.
- Cuadro secundario cuarto jefe de estación.
- Cuadro secundario templete.
- Cuadro secundario vestuario.
- Cuadro de alumbrado y fuerza de bombas pluviales en estación.

**Alimentación conmutada Normal – Socorro** (destinados a alumbrado y fuerza de socorro y al alumbrado de emergencia de la estación, previstos de conmutación con enclavamiento entre la alimentación normal/duplicada de la estación y la de la Compañía, de forma que se asegure la alimentación de estos últimos por parte de la Red de la Compañía cuando exista fallo del suministro de la Red de Metro):

- Cuadros secundarios de cuartos técnicos.
- Cuadro secundario salida de emergencia estación.

## **2.4 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA EN POZOS INTERESTACIÓN**

El cuadro de protección y mando se ubicará en el propio pozo de ventilación, su alimentación eléctrica en baja tensión partirá del cuadro general de la estación más próxima.

Se instalarán adicionalmente tomas de corriente en las proximidades de los pozos de ventilación (compensación y extracción), pozos de bombas, que pudieran utilizarse para mejorar las condiciones de iluminación de las zonas de trabajo, así como facilitar las operaciones de mantenimiento, limpieza, descarga de materiales con dresina, etc.

Todos los materiales deberán cumplir con los pliegos de prescripciones técnicas de Metro Madrid.

## 2.5 ALUMBRADO, FUERZA Y ACOMETIDA DE SOCORRO EN LA ESTACIÓN

Las instalaciones de alumbrado corresponden a la iluminación de andenes, vestíbulos, accesos, cañones de paso, cuartos técnicos y pórticos, así como elementos señaléticos; y una red de puntos de fuerza (tomas de corriente) repartidos por toda la estación.

El alumbrado de las estaciones está constituido por tres instalaciones complementarias independientes: el servicio de alumbrado normal de la red interna de Metro de Madrid, el alumbrado de socorro proveniente de la acometida de baja y el alumbrado autónomo de emergencia; incluso hay que considerar que el alumbrado normal es doble al poder ser conmutados los dos cables de alta que alimentan el centro de transformación de la estación.

Como complemento a los diversos sistemas de iluminación, se ha de considerar la “señalización fotoluminiscente” y la inclusión de la “Señalización de dirección de evacuación fotoluminiscentes”.

La instalación se complementa con tomas de corriente de potencia reducida.

- Alumbrado normal: alimentado desde el cuadro general de B.T., deberá constituir, como máximo, el 85% del alumbrado general (6/7 de las luminarias instaladas).
- Alumbrado de socorro: complementario al anterior y alimentado desde una segunda fuente independiente (acometida de socorro), provendrá del exterior, mediante acometida de Compañía en B.T. Cubrirá, al menos el 15 % del alumbrado general (1/7 de las luminarias instaladas).
- Alumbrado de emergencia: este alumbrado tendrá por finalidad asegurar, en caso de fallo del alumbrado general (normal – socorro), permitir la evacuación del público al exterior, desde andenes, cañones, vestíbulos, etc., a través de las vías de evacuación de la estación hasta las salidas. Además del uso relativo a la evacuación deberá cubrir, además, los restantes usos que se determinan en el R.E.B.T.
- Señalización fotoluminiscente: La señalización fotoluminiscente seguirá los criterios establecidos por Metro en su norma técnica de señalización fotoluminiscente, siempre prevaleciendo la normativa UNE existente al respecto.
- El balizamiento de guiado se realizará en la parte baja de los paramentos verticales al objeto de que su visibilidad no se vea afectada en caso de humo denso. Además de implantar un sistema de balizamiento se deberá realizar la señalización de seguridad, a

través de pictogramas normalizados de naturaleza fotoluminiscente, de tal manera que permita reconocer las rutas de escape y la ubicación de los medios de extinción. Toda la fotoluminiscencia será de Clase A y vendrá marcada, según exige la norma vigente en esta materia.

- Instalación de fuerza: Forma parte también de estas instalaciones una red de fuerza de potencia reducida, entre las que destaca la red de tomas de corriente trifásicas y monofásicas, que se distribuye convenientemente en el ámbito de la estación para ser utilizada en trabajos de mantenimiento y limpieza.

Se usarán generalmente luminarias con tecnología Led y temperaturas de color entre 4.500 y 6.500 K.

Es importante destacar que la distribución de fases en la alimentación del alumbrado normal sea repartida convenientemente, con el fin de evitar que ante una desconexión parcial de alguna de ellas su afección se traduzca en un apagón de una zona excesivamente amplia, ocasionando un grave trastorno a los viajeros. También se debe cuidar la distribución de las luminarias de socorro, las cuales, además de estar distribuidas regularmente, deberán “encaminar” hacia las salidas. Al respecto, es de suma importancia considerar que las protecciones de las líneas de distribución queden salvaguardadas diferencialmente de forma independiente, se obviara esta protección “aguas arriba” que pueda comprender varias líneas de distribución.

En la estación, las luminarias se situarán espaciadas regularmente, y de forma que eviten los efectos de deslumbramiento que puedan causar, tanto para los viajeros como para los conductores de los trenes. La distancia entre ellas vendrá impuesta por el tipo de luminaria a utilizar, curvas de nivel y estudio correspondiente de iluminación. En este estudio debe tenerse presente la modulación de las luminarias de alumbrado general, para integrarlas en la misma estructura.

Se reducirá esta interdistancia, en aquellos puntos en los que sea necesario obtener una mayor intensidad de iluminación, debido a los posibles riesgos que pudieran presentarse, como son:

- Cruces de pasillos o cambio de dirección.
- Cambios de dirección en los tramos de accesos.
- Cambios de niveles.
- Como norma general en todos los puntos donde se prevean obstáculos.
- Cerca de las medidas de protección contra incendios y siguiendo las rutas de evacuación de la estación.

En todos los cuartos técnicos existirá, como mínimo, un equipo autónomo de alumbrado de emergencia. En los cuartos técnicos, así como en las zonas de actuación de los cuadros de distribución o donde existan equipos manuales destinados a la prevención y extinción de incendios, se reforzará el alumbrado de emergencia hasta llegar a un nivel mínimo de 5 lux.

Asimismo, se contemplará la instalación de alumbrado de emergencia en los siguientes lugares:

- Aseos.
- Vestuarios.
- Pozos de bombas pluviales.
- Pozos de ventilación.
- Pozos de bombas fecales.
- Otras dependencias en las que se realicen trabajos de mantenimiento o se prevea estancia de personal.

Los niveles mínimos de Iluminancia mantenida Em (lx) incluidos en la norma UNE-EN-12464-1 son los siguientes:

- Andenes: 200 lx.
- Vestíbulos: 200 lx.
- Cuartos técnicos: 200 lx.
- Taquillas y P.C.L.: 300 lx.

Siempre con una uniformidad general ( $U_0$ ) superior a 0,5. Este alumbrado no producirá deslumbramientos ni reflejos. Las características técnicas de temperatura de color e índice de rendimiento cromático son:

TABLA 1 - VALORES DE ILUMINACIÓN

Tipo de instalacion	°K		IRC
	Mínimo	Máximo	
Estación interior	4.500	5.500	≥80
Estación exterior	-	6.500	≥40

La disposición de las luminarias será a través de tiras luminosas continuas, a lo largo de los andenes, a una altura aproximada de 3 metros y aproximadamente a 1 metro del borde del andén, de tal forma que se obtenga una tira luminosa continua.

En los accesos y vestíbulos se seguirá en lo posible el criterio anterior, pero adaptándose a las características de la obra en cada caso.

## 2.6 ALUMBRADO Y FUERZA EN TÚNEL

La iluminación del túnel tiene como finalidad permitir una evacuación segura en caso de accidente o desalojo de algún tren, así como, facilitar las operaciones de mantenimiento.

La instalación de alumbrado y fuerza en el túnel comprenden:

- Alumbrado normal: alimentado desde el CGBT de la estación más próxima.
- Alumbrado de socorro: alimentado desde una segunda fuente independiente (acometida de socorro), que provendrá del exterior alimentado por una acometida en baja tensión.
- Alumbrado de emergencia: con alimentación permanente a través de un S.A.I y estará apagado en condiciones normales.
- Alumbrado de balizamiento: con alimentación permanente a través de S.A.I y estará encendido permanentemente.
- Instalación de fuerza: se instalará línea independiente de fuerza para la conexión de herramientas de pequeña potencia o focos luminosos para trabajos diversos.

### Alumbrado normal

El objeto de esta instalación es obtener en el túnel una iluminación media superior a 30 lux en cota de carriles y con una uniformidad media superior a 0,25.

Se dispone de un conjunto de luminarias instaladas a lo largo del túnel y alimentadas desde los cuadros generales de Baja Tensión de las estaciones colaterales correspondientes. La instalación definitiva quedará de tal manera que se verifiquen los siguientes circuitos:

- Uno o varios circuitos por cada hastial, la mitad del túnel a cada lado de la estación. Dichos circuitos dispondrán de protección diferencial y magnetotérmica.
- En cada tramo se dispondrá, de manera independiente por cada hastial del túnel, de un circuito trifásico con neutro distribuido y conductor de protección (3F+N+T). Todos estos circuitos estarán intervenidos por contactores (uno para túnel a la derecha y otro para túnel a la izquierda de la estación) instalados en un cuadro situado en el cuarto de Baja Tensión de la estación.

- La línea de alimentación se efectuará con cable de cobre, tripolar más neutro y tierra (3F+N+T), de forma que, siendo las luminarias de 230 V, se puedan conectar entre fase y neutro, de manera alterna y equilibrada. Se instalarán dos líneas de luminarias, una a cada lado de la clave de la bóveda, situadas a una altura aproximada de 4,5 m y a una distancia de 10 metros, una de otra dentro de la misma línea. La situación de las luminarias entre las dos líneas será tal que una respecto a la otra quede a tresbolillo.

#### Alumbrado de socorro

Independientemente del alumbrado normal, existirá una segunda instalación de alumbrado de socorro a la cual se conectará 1/6 de las luminarias del alumbrado general de túnel.

Esta instalación estará alimentada de la conmutación automática de los suministros normal y de socorro existente en el cuadro de Baja Tensión de la estación correspondiente. Alimentará, con, al menos, un circuito por cada hastial, la mitad del túnel a cada lado de la estación. Dichos circuitos dispondrán de protección diferencial y magnetotérmica independiente.

El número de circuitos y su sección dependerá de la longitud de cada media interestación. Todos estos circuitos estarán intervenidos por contactores (uno para túnel a la derecha y otro para túnel a la izquierda de la estación) instalados en un cuadro situado en el cuarto de Baja Tensión de la estación.

Se tenderán pues dos líneas de alimentación por cada uno de los hastiales del túnel. Este tendido se efectuará con cable de cobre, tripolar más neutro y tierra (3F+N+T), de forma que, siendo los tubos de 230 V, se puedan conectar entre fase y neutro, de manera alterna y equilibrada.

El alumbrado de socorro, a efectos de condiciones de instalación y montaje, tendrá requerimientos análogos a los indicados para el alumbrado normal de túnel, tanto en el propio túnel como en las galerías que partan del mismo y puntos singulares, tales como pozos de compensación, de extracción interestación, pozos bombeo, etc....

#### Alumbrado de Emergencia

Además del alumbrado normal y de socorro existe el alumbrado de emergencia. Este alumbrado deberá permitir la circulación de personas en caso de corte total del suministro de energía, así como la identificación y localización de las vías de salida, con un nivel mínimo de 1 lux medido a cota de carriles con una autonomía superior a 1,5 horas.

El alumbrado de emergencia en túnel consta de un conjunto de luminarias compactas (ojos de

buey) instaladas a lo largo del túnel y alimentadas desde un equipo de alimentación ininterrumpida SAI, situado en el cuarto de Baja Tensión de la estación correspondiente. Cada estación alimentará la mitad del túnel a cada lado de la estación, coincidiendo con los sectores de alumbrado normal y socorro.

En el caso de las salidas de evacuación, el circuito de alumbrado de emergencia de túnel se prolongará por el pozo de evacuación y se colocará una luminaria por cada tramo de la escalera de salida, observando la Instrucción Técnica específica de esta instalación.

#### Alumbrado de balizamiento

Con bloque diferencial incorporado (Vigi), tetrapolar de 16 A / 30 mA y dos enchufes, uno bipolar (F+N+T), y el otro tetrapolar (3F+N+T), ambos de 16 A.

Se presenta en la página siguiente un plano tipo con la distribución del alumbrado en túnel.

La instalación de alumbrado de balizamiento permitirá reconocer, de manera permanente, el contorno del túnel.

Estará formado por equipos lumínicos multi-LED, situados en los dos hastiales, túneles de doble vía y en un hastial en túneles de vía única. Estarán ubicados a una altura aproximada, desde nivel de carril, de 1 metro. En túneles de doble vía, los equipos lumínicos estarán separados entre sí 20 m, al tresbolillo (40 m medidos sobre un hastial dado); en túneles de vía única, dichos equipos se situarán en solo hastial, separados entre sí 20 m.

Estos equipos se situarán de manera coincidente con los carteles de señalización de evacuación, así como con los pulsadores de encendido del alumbrado de túnel.

La alimentación será permanente, proveniente del S.A.I. (con by-pass desde la salida conmutada normal-socorro y batería S.A.I., en caso de fallo de suministro).

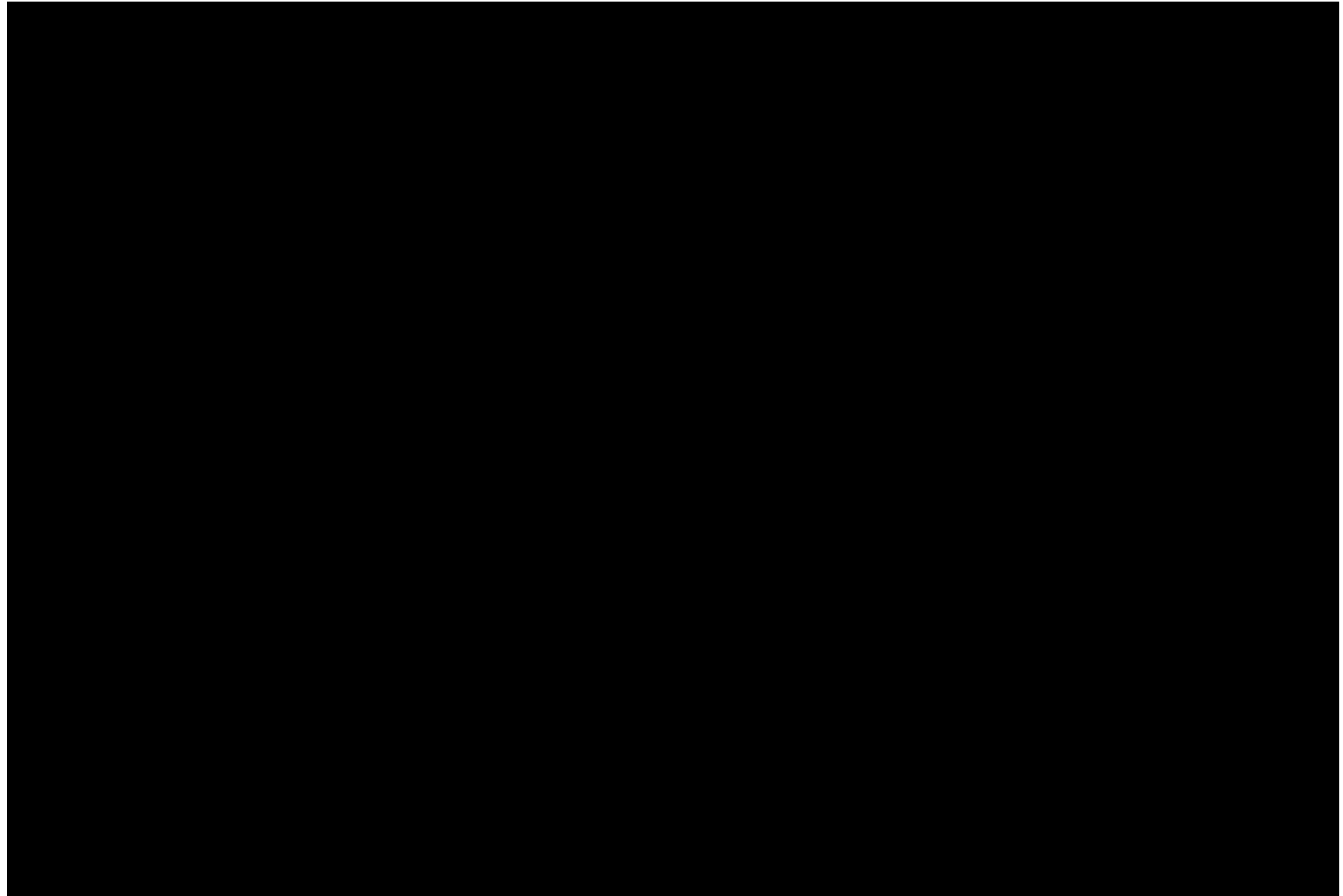
#### Instalación de fuerza

El objeto de esta instalación es permitir la conexión en determinadas zonas del túnel de focos o herramientas necesaria para las labores de mantenimiento. A continuación, se describirá cuáles deben ser las características de la instalación final:

- Cada estación alimentará la mitad del túnel colateral correspondiente, dimensionando el cable de tal manera que con la carga máxima prevista en el punto más desfavorable (simultaneidad de 2 tomas) no se supere el 5% de caída de tensión.

- Cada veinticinco metros (25 m) se colocará una caja de derivación desde la cual saldrá una alimentación a un cofre aislante dotado de un interruptor automático.

Se presenta a continuación un plano tipo con la distribución del alumbrado en túnel magnetotérmico.



## 2.7 ALUMBRADO Y FUERZA EN SALIDAS DE EMERGENCIA

Las instalaciones de alumbrado y fuerza que será necesario realizar en las salidas de emergencia, permitirán conseguir que el alumbrado alcance unos adecuados niveles lumínicos y asegure su funcionamiento ante una emergencia, incluso en condiciones degradadas (considerando que se produjeran fallos en el sistema de alumbrado). Será una instalación independiente de la del alumbrado de túnel, de tal manera que permita realizar trabajos de mantenimiento en ambas instalaciones sin interferirse.

Cada salida de emergencia dispondrá de un cuadro eléctrico con alimentación Normal – Socorro desde el C. G. B. T. desde el cual se suministrará energía al sistema de alumbrado de la salida de emergencia, el portón de evacuación y el sistema de presurización.

Las salidas de emergencia de estación y túnel dispondrán de alumbrado general (normal-socorro) y de alumbrado de emergencia, se complementará la instalación con una línea de fuerza que alimentará a los dispositivos de apertura de los portones de evacuación de dichas salidas. Desde el módulo de conmutación normal-socorro del cuadro general de B.T. partirá una línea de alimentación (3F+N+T) para dar servicio a la instalación de alumbrado y fuerza de cada salida de emergencia (estación o túnel). Esta línea alimentará a un cuadro de protección y mando, situado en la propia salida de emergencia, donde se localizarán los dispositivos de mando y protección desde donde partirán los correspondientes circuitos de alumbrado y fuerza, que se indican a continuación:

- **Alumbrado general:** alimentado desde la conmutación del cuadro general de B.T., atenderá a las distintas luminarias de alumbrado general de las salidas de emergencia. Dado que la alimentación parte de la conmutación, en caso de falta de suministro de normal, entraría automáticamente el suministro de socorro, según lo anteriormente descrito. La totalidad del alumbrado general quedará protegido por este doble suministro.
- **Alumbrado de emergencia:** se dispondrá de un sistema de alumbrado de emergencia que sea capaz de funcionar cuando haya un fallo del suministro general (normal-socorro). Dicho alumbrado permitirá la evacuación del público al exterior, desde la estación o túnel, según corresponda. Además, deberá cubrir los restantes usos que se determinan en el R.E.B.T.
- **Instalación de fuerza:** Para la alimentación de los distintos servicios de la salida de emergencia, tales como: dispositivos de apertura de los portones de evacuación de dichas salidas y los ventiladores de presurización de los vestíbulos de aislamiento. Estas

líneas provendrán del cuadro local de alumbrado, que a su vez, tal y como se ha descrito anteriormente, se alimentará de la conmutación normal-socorro del cuadro general de B.T.

Todas las instalaciones objeto del presente documento deberán cumplir estrictamente lo establecido en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.E.B.T.) e Instrucciones Técnicas Complementarias.

El alumbrado será de tipo LED, los niveles lumínicos mínimos cumplirán con lo estipulado en la norma UNE-EN 12464-1 para estaciones con gran número de pasajeros, manteniendo los niveles con los que actualmente se diseñan las estaciones de Metro de Madrid.

Los niveles mínimos de Iluminancia mantenida  $E_m$  (lx) incluidos en la norma son los siguientes:

- Andenes: 200 lx.
- Vestíbulos: 200 lx.
- Cuartos técnicos: 200 lx.
- Taquillas y P.C.L.: 300 lx.

Siempre con una uniformidad general ( $U_0$ ) superior a 0,5. Este alumbrado no producirá deslumbramientos ni reflejos. Las características técnicas de temperatura de color e índice de rendimiento cromático son:

TABLA 2 - VALORES DE ILUMINACIÓN

Tipo de instalación	°K		IRC
	Mínimo	Máximo	
Estación interior	4.500	5.500	≥80
Estación exterior	-	6.500	≥40

## 2.8 SEÑALIZACIÓN DE DIRECCIÓN DE EVACUACIÓN Y BALIZAMIENTO

Se indica la señalática de señalización, dirección y evacuación, que indicará la ruta a seguir por los usuarios hasta la salida de emergencia, así como los balizamientos, que servirán para localizar y evitar los posibles obstáculos arquitectónicos o de mobiliario para la desocupación efectiva de los usuarios de la red de Metro en caso de emergencia, haciendo una descripción de ambas.

- **Señalización Dirección Evacuación:** Se considerará la señalización de evacuación indicando la ruta de evacuación y los cambios de dirección que afectan a la misma. Se cumplirá la normativa referente a distancias de visualización y tamaños de las señales, siendo todas ellas de Clase A en cuanto a su fotoluminiscencia. Estos carteles podrán ir fijados mediante perfiles de aluminio antivandálicos, a la altura y distancia que indica la norma y siguiendo los criterios aprobados previamente de la dirección facultativa en su momento.

La distancia de colocación será como máximo la indicada en la normativa que regula distancia y tamaño de los carteles de señalización; no obstante, el criterio de Metro de Madrid es siempre más restrictivo incidiendo en todos los cambios de dirección y minimizando las distancias en la medida de lo posible. Estas rutas, se balizarán a lo largo con bandas fotoluminiscentes de 6 cm en todo el perímetro de las rutas de evacuación, en paramentos verticales y a la altura del zócalo previo al enlucido de los paramentos, sea Vitrex u otro material; así como en contrahuella de peldaños de las escaleras de salida y de las salidas de emergencia de las estaciones. La primera tabica de cada tramo será de 10 cm y con flechas indicativas de la dirección de evacuación que destacan la existencia del primer peldaño.

Con el mismo criterio se ejecutará en las salidas de emergencia de la estación; sin embargo, no así en las salidas de emergencia de interestación. En las interestaciones, la iluminación de las escaleras se encuentra permanentemente desconectada, por lo que la carga de la señal de balizamiento no es efectiva. En estos casos permanecen exclusivamente los carteles indicadores de la ruta de evacuación, siempre cumpliendo criterios normativos en cuanto a distancias de visualización y tamaños de dichas señales. La colocación de estas señales se ajustará en la medida de lo posible a la ubicación del alumbrado de emergencia o socorro de las escaleras de emergencia.

En el caso de rutas de evacuación descendente, se añadirán algunos elementos en sustitución de la señalización en tabica de cada escalón, debido a la dirección de la ruta de evacuación.

Se colocarán carteles fotoluminiscentes en el arranque de las escaleras, situados encima de la placa fotoluminiscente en la pared, indicando que se inicia un tramo de evacuación descendente, de dimensiones 210 x 297 mm.

- **Señalización de balizamiento:** Se colocarán placas de balizamiento específicas, que servirán para distinguir los elementos que pudieran ser un obstáculo en la evacuación (pasos enclavados, columnas arquitectónicas, torniquetes, etc.) Serán, en cuanto a pictogramas, exclusivas para cada uno de los elementos a señalar. Este balizamiento y

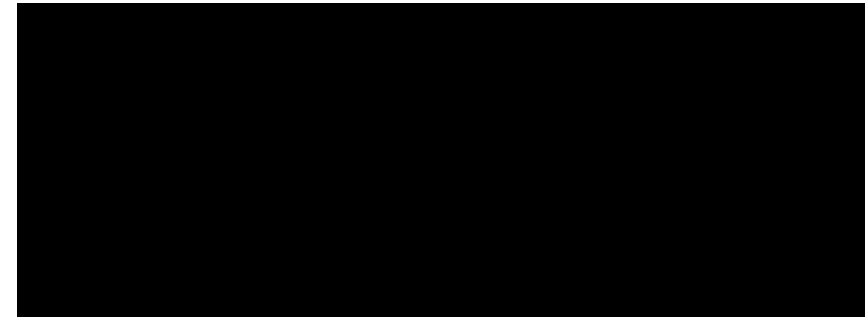
todos aquellos que pertenecen a este sistema y están en zonas de tránsito de público, irá embutido en perfiles de aluminio antivandálico, fijados a los paramentos y contrahuellas con tornillería y materiales adhesivos en combinación.

### 3 TRANSPORTE VERTICAL

La elección de los sistemas de transporte vertical es competencia de Metro, con quien se coordinará adecuadamente la previsión de su instalación. Dentro del cometido del presente proyecto se contemplará el espacio, dimensiones y necesidades de instalación para la ejecución de la obra civil de los sistemas de transporte vertical.

#### 3.1 ASCENSORES

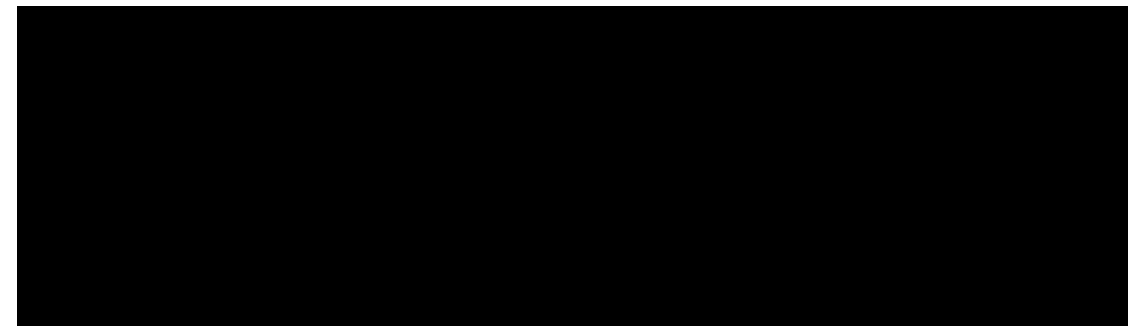
Las estaciones estarán preparadas para la instalación de ascensores. A continuación, se detallan los ascensores considerados para cada una de las estaciones en estudio:



Las actuaciones a realizar son principalmente la obra civil y previsión de espacios necesarios para cuartos de máquinas, fosos y huecos asociados de ascensores.

#### 3.2 ESCALERAS MECÁNICAS

Las estaciones estarán preparadas para la disposición de escaleras mecánicas de subida y bajada desde cada uno de los andenes al nivel de vestíbulo y desde el nivel de vestíbulo a la entreplanta y/o nivel de superficie.



Las actuaciones a realizar son principalmente la obra civil y previsión de espacios necesarios para cuartos de máquinas, fosos y huecos asociados de escaleras mecánicas. Acometidas, que incluyen el suministro y montaje de los conductores de energía eléctrica desde el cuadro de mando a los grupos tractores, el alumbrado de los huecos y fosos.

Estos, además, contarán con sistemas de conexión bidireccional a la red eléctrica, y defensas específicas, tales como protección contra sobretensiones e interruptores automáticos que puedan aislar la PFU.

## 4 VENTILACIÓN

En este capítulo se realiza una descripción general de los sistemas de ventilación para mejorar la comprensión del proyecto y dar idea de sus posibles implicaciones.

### 4.1 VENTILACIÓN DE ESTACIÓN Y POZOS INTERESTACIÓN

Esta instalación posibilitará vehicular aire fresco exterior al interior de la estación, mejorando las condiciones medioambientales y posibilitando limitar el salto térmico de la estación con relación al ambiente exterior.

#### 4.1.1 Características generales del sistema de ventilación

Para poder desarrollar las instalaciones de ventilación es necesaria la construcción de pozos que permitan que el aire entre y salga del sistema de acuerdo a los criterios de diseño y la creación de salas o galerías anexas para el alojamiento de los equipos mecánicos, eléctricos y de control. Los distintos pozos con los que se ha de contar para el adecuado funcionamiento del sistema son los siguientes:

- Pozos de extracción en túneles simples de vía doble (E): situados generalmente en las proximidades del punto medio de los distintos tramos de túnel interestación. Dispondrán de una galería donde se ubicarán los equipos mecánicos.
- Pozos de compensación (C): existen dos por estación, localizándose preferentemente en los piñones de entrada y salida de la misma.
- Pozos de inmisión (I): se localizan en las estaciones, dependiendo del sistema constructivo de la estación podrán ser independientes de los de compensación o bien

asociados a éstos. En todo caso conectarán al exterior con una sala donde se ubicarán los equipos mecánicos.

En los pozos de inmisión se capta el aire primario del exterior, desde estos una parte se conduce de manera forzada, bien por el bajo andén que actúa de plenum de distribución hasta las rejillas de la estación a través de las cámaras laterales que forman el paramento con la caverna de la estación, bien por difusores montados en red aérea de conductos. En los pozos de compensación el aire procedente del exterior entra directamente compensando la mayor demanda de caudal provocada por los ventiladores interestación. Esta comunicación libre con el exterior sirve, además, para compensar las sobrepresiones producidas por los trenes debidos al efecto pistón. En el centro del túnel interestación se extrae el aire de cada uno de los lados del túnel que provendrá de las estaciones (a través de pozos de inmisión) y de los pozos de compensación adyacentes.

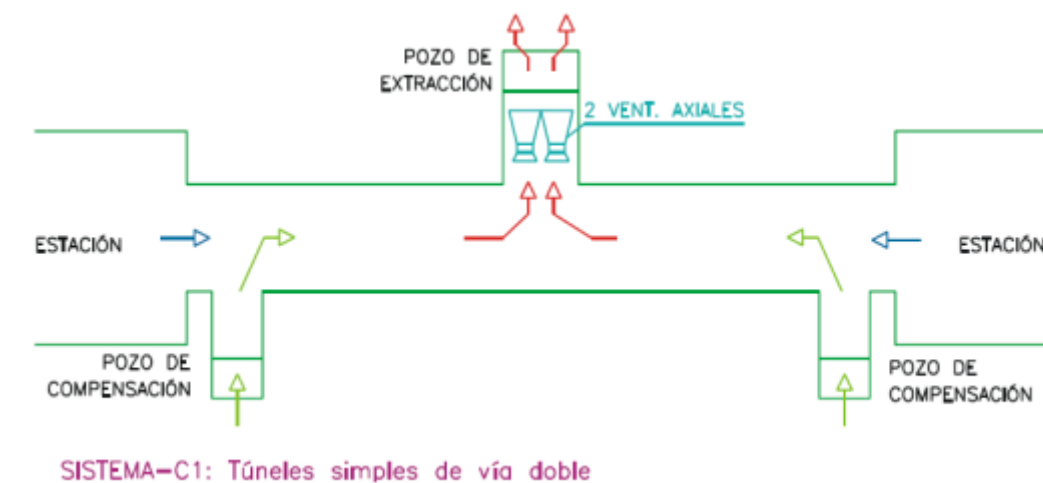


ILUSTRACIÓN 2 - Esquema ventilación túneles.

Los pozos se dimensionan para que sean capaces de albergar a los equipos mecánicos de ventilación.

Las rejillas exteriores se situarán de manera preferente alejadas de las aceras, bien en parques o jardines, bien en calzada, a ser posible en espacios no ocupados permanentemente por automóviles.

Las rejillas dispondrán de una sección libre de paso de al menos el 75%; las velocidades de salida del aire en dichas rejillas (medido a 0,5 m. de las mismas), no será superior a los siguientes valores:

- Pozos de compensación: rejillas de entrada de aire.
  - Zonas peatonales:  $\leq 3,5$  m/s
  - Calzadas y jardines:  $\leq 5,0$  m/s
- Pozos de extracción: rejillas de salida de aire.
  - Zonas peatonales:  $\leq 2,5$  m/s
  - Calzadas y jardines (\*):  $\leq 3,5$  m/s

(\*) Siempre que se encuentren situados a más de 10 m de zonas peatonales.

Las velocidades del aire en chimeneas y galerías estarán limitadas a las velocidades que se indican a continuación:

- Chimeneas:  $\leq 4$  m/s
- Galerías:  $\leq 5$  m/s

Los caudales de ventilación serán tales que permitan aportar aire fresco al sistema y disipar la carga térmica del mismo. Asimismo, cuando así se determine, deberán ser capaces de actuar en situaciones de emergencia. Será necesario realizar un estudio de cargas térmicas que tenga en cuenta:

- Cargas térmicas debidas al movimiento de los trenes.
- Cargas térmicas debidas a las personas en los trenes.
- Cargas térmicas debidas a la climatización de los trenes.
- Cargas térmicas debidas a las instalaciones fijas en estaciones.
- Cargas térmicas debidas a las personas en las estaciones.
- Disipación del terreno.
- Reducción de la emisividad en estación.

Para la determinación de las cargas térmicas debidas al material rodante será necesario la aportación de datos de operación y del material rodante por parte de Metro Madrid.

Los caudales mínimos de ventilación vendrán dados por los siguientes requerimientos:

- Caudal por persona  $\geq 30$  m<sup>3</sup>/h (calidad aire media IDA-3)
- Estaciones  $\geq 4$  renovaciones/hora
- Túneles  $\geq 2$  renovaciones/hora

Los caudales cumplirán con las exigencias establecidas en la R.I.T.E IT 1.1.4.2 considerando válido lo establecido en el procedimiento de la UNE-EN 13779.

Para la determinación de caudales necesarios para la disipación de la carga térmica se tendrá en cuenta el salto térmico admisible que en las estaciones será de +5°C y en los túneles de +7°C.

#### 4.1.2 Instalaciones mecánicas

El caudal de ventilación deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Necesidades de aire fresco.
- Disipación de la carga térmica.
- Velocidades mínimas en operación normal y en caso de emergencia.

Establecidos los caudales, se puede determinar la pérdida de presión (friccionales, por singularidades, etc.) que han de vencer los equipos de ventilación. Con los caudales de ventilación y la presión que deben dar los equipos de ventilador vehiculando los caudales de diseño se pueden definir las características aerólicas que deben tener los ventiladores.

Por otra parte, se instalarán sistemas de control acústico para limitar el ruido emitido al exterior y al interior de las estaciones. Los niveles de emisión quedarán limitados a los siguientes valores:

Como datos orientativos los caudales estándares utilizados por Metro Madrid son los siguientes:

##### Ventilación estaciones

- Equipamiento instalado en salas de estación (por sala):
  - 1 Ventiladores axiales Ø 1.400. 45.000 / 90.000 m<sup>3</sup>/h – 110 / 450 Pa – 4,5 / 23,0 kW. Ejecución mural. Asociados a variadores de frecuencia.
  - 1 Silenciadores disipativos de baffles paralelos, en lado interior.
  - 1 Silenciadores disipativos de baffles paralelos, en lado exterior.

##### Ventilación pozos interestación

- En zona de permanencia de viajeros:  $\leq 0,25$  m/s.
- Salida del aire por piñones estación:  $\leq 0,15$  m/s.

##### Túneles

- En general:  $\geq 0,5$  m/s.
- En emergencia:  $\geq 1,5$  m/s.

Para el dimensionamiento en situación de emergencia se considerará una carga de fuego en incendio de 1 MW.

Equipamiento instalado en pozo interestación:

- 2 Ventiladores axiales Ø 1.800 mm: 180.000 /240.000 m³/h- 340 /600 Pa - 31 / 73 kW. Clase térmica 200 °C / 2h. Asociados a variadores de frecuencia
- Ejecución autoportante con cono difusor acústico.
- 2 Inclinatorios (compuertas circulares motorizadas).
- 2 Silenciadores disipativos de baffles paralelos, en lado exterior.

#### 4.1.3 Instalaciones eléctricas y de control

La instalación eléctrica parte del cuadro general de distribución y mando de ventilación, localizándose uno por cada sala.

La alimentación a estos cuadros se realizará desde los Cuadros Generales de Baja Tensión de la estación.

En estos cuadros se incluirá todo el aparellaje, tanto de protección de cada una de las líneas de distribución, como de mando y control de los equipos de ventilación. Contará, asimismo, con un selector general que permitirá dejar al sistema de ventilación en los siguientes estados:

- Fuera de servicio
- Mando local
- Mando remoto

El arranque de los motores se realizará mediante arrancadores electrónicos dotados de variador de frecuencia.

Además de las instalaciones eléctricas, propias de ventilación se realizarán las siguientes instalaciones:

- Instalación de alumbrado ordinario y de emergencia.
- Instalación de tomas de corriente.

Los cables empleados serán de cobre, con una tensión nominal de servicio de 1 kV y llevarán cubiertas y aislantes de tratamientos especiales para caso de incendio (no propagadores, baja emisión de humos no opacos y exentos de halógenos). Adicionalmente aquellos que den servicio a los equipos de ventilación y equipos auxiliares (compuertas, etc.) serán de Seguridad

Aumentada (AS+).

Generalmente, la instalación se realizará vista, en bandeja o bajo tubo de acero roscado. La acometida a ventiladores se realizará bajo tubo, empotrada en el pavimento.

En condiciones normales, el mando y control del sistema de ventilación se realizará mediante actuación remota desde el "Puesto Central de Estaciones", a través del TCE.

Los cuadros incorporarán un autómata programable que será el encargado de recibir la información y órdenes, actuando sobre el sistema. Dicho autómata incorporará la correspondiente tarjeta de comunicaciones.

Al objeto de conocer los parámetros termohigrométricos del sistema, así como determinar el estado de funcionamiento del mismo se ha previsto la instalación de la siguiente instrumentación:

- En exterior (\*1):
  - 1 sonda de temperatura
  - 1 sonda de humedad relativa
- En vestíbulo principal (\*2):
  - 1 sonda de temperatura
  - 1 sonda de humedad relativa
- En andenes, por cada andén (\*3):
  - 1 sonda de temperatura
  - 1 sonda de humedad relativa

(\*1) Estas sondas se localizarán en el acceso más próximo al vestíbulo principal y su situación será tal que capten lo más fielmente las condiciones exteriores. La caja donde deben ir instaladas será IP-65 y contará con la protección necesaria que evite la incidencia de la lluvia, así como la radiación solar directa.

(\*2) Estas sondas se instalarán en las proximidades del CCI en un lugar representativo, alejadas de fuentes puntuales de calor.

(\*3) Se localizarán dichos grupos de sondas en cada uno de los andenes, a una distancia aproximada de 30 m del piñón de cabecera de tren.

En CCI vendrá definida una página que muestre los valores de cada una de las sondas asignadas

a una estación dada, traducidas a unidades de ingeniería.

La instalación se complementa con acelerómetros y medidores de presión diferencial, en cada uno de los ventiladores, para comprobar el normal funcionamiento de los mismos.

#### 4.1.4 Obras auxiliares

Además de las instalaciones mecánicas y eléctricas, se deberán realizar las bancadas, tabiquerías, puertas de acceso, impermeabilización de galerías y demás obras necesarias para la adecuada ubicación e instalación de equipos.

Para facilitar el montaje y desmontaje de los ventiladores se instalarán dispositivos que permitan acoplar polipastos u otros elementos de elevación. En los pozos de compensación-inmisión se dejarán previstas, sobre la vertical de los ventiladores, argollas de sustentación.

## 4.2 PRESURIZACIÓN DE SALIDAS DE EMERGENCIA

Las salidas de emergencia disponen de una galería de entronque con el túnel o estación. En esta galería se construye un vestíbulo de independencia formado por puertas cortafuegos RF- 120 al objeto de compartimentar la zona de potencial riesgo de incendio (túnel o estación) con la escalera ascendente de evacuación. Al objeto de asegurar que el humo derivado de un incendio no pueda entrar en la salida de emergencia se dotará al vestíbulo de independencia de un sistema de presurización.

El sistema de presurización estará formado por equipos de ventilación que captarán el aire limpio (de manera directa desde el exterior) a través de conductos convencionales o específicos creados al efecto en huecos de la construcción y lo impulsarán al interior del vestíbulo de aislamiento a través de conductos que terminarán en una compuerta de regulación, compuerta cortafuegos y rejilla decorativa. Por otra parte, existirá una compuerta de sobrepresión para limitar la presión en el interior del recinto y lanzar el caudal residual a la zona de escaleras con lo que se conseguirá ventilar y crear una ligera presión positiva en este volumen.

La infraestructura de obra civil comprenderá los siguientes elementos:

- 1 Toma de aire exterior de 1.000 x 1.000 mm, con marco de montaje y rejilla de lamas de acero galvanizado con malla de protección anti-pájaros, por cada vestíbulo de aislamiento que pudiera atender de manera simultánea.
- 1 Conducto vertical de conexión entre la toma de aire exterior y los equipos de ventilación. Estará realizado aprovechando los huecos de la construcción o metálico (en material

inoxidable). La sección se definirá mediante cálculo (de manera orientativa se considera 1 m<sup>2</sup> por cada vestíbulo de aislamiento que pudiera atender de manera simultánea).

La instalación de presurización para cada vestíbulo de independencia constará de los siguientes equipos y elementos:

- 2 Grupos motor-ventilador de caudal unitario 18.000 m<sup>3</sup>/h (5 m<sup>3</sup>/s) con una presión estática a definir en función de las características de la instalación. Se podrá optar por un solo grupo motor-ventilador de doble velocidad con devanados independientes capaz de vehicular 36.000 m<sup>3</sup>/h (10 m<sup>3</sup>/s) en alta velocidad y 18.000 m<sup>3</sup>/h (5 m<sup>3</sup>/s) en baja velocidad. El rendimiento estático del ventilador será  $\geq 55$  %.
- 1 Variador de frecuencia, adaptado a las características del moto-ventilador.
- 2 Compuertas de seccionamiento motorizadas todo/nada, de 700x700 mm, realizada en chapa de acero galvanizado. Estará acoplada a la salida del ventilador y servirá para evitar el by-pass cuando solo se encuentre en funcionamiento uno de los ventiladores. Esta compuerta no será necesaria en caso de que se instale un solo ventilador de doble velocidad.
- 1 Canalización metálica, de chapa de acero galvanizado de 1,2 mm de espesor, sección a definir según cálculo (orientativa de 1 m<sup>2</sup>), provista con sus correspondientes bridas, juntas y soportes. Las piezas que no sean galvanizadas dispondrán de protección anticorrosiva y posterior pintura de acabado. Las conexiones entre los elementos estáticos y dinámicos se realizarán mediante manguitos flexibles.
- 1 Compuerta motorizada de regulación de 3 posiciones, de 1.000 x 1.000 mm, con aletas en oposición tipo “ala de avión”, realizadas en acero galvanizado y marco de montaje.
- 1 Compuerta cortafuegos EI-120, de 1.000 x 1.000 mm, placa intumescente con fusible térmico y contacto fin de carrera de apertura y cierre.
- 1 Rejilla decorativa de salida de aire al vestíbulo, tipo trames realizada en acero galvanizado, de 1.000 x 1.000 mm. Adicionalmente incluirá un elemento de difusión en chapa de acero perforada y postgalvanizada al objeto de introducir el aire de manera uniforme en el vestíbulo de independencia.
- 1 Compuerta cortafuegos EI-120, de 400 x 400 mm, placa intumescente con fusible térmico y contacto fin de carrera de apertura y cierre.
- 1 Compuerta de sobrepresión, tarada a 50 Pa, realizada en chapa de acero galvanizado de 400 x 400 mm.

- 1 Rejilla decorativa de salida de aire del vestíbulo, de lamas fijas realizada en chapa de acero galvanizada, de 400 x 400 mm.
- 2 Puertas cortafuegos EI-120, con 2 hojas cada una, de 2.080 x 2.100 mm, equipada con bisagras, cierrapuertas automático tipo hidráulico, con marco auto portante, provista con barra anti-pánico.
- 4 Finales de carrera. Se instalará un final de carrera o detector de apertura en cada hoja de las puertas cortafuegos.
- 1 Cuadro eléctrico de mando y maniobra del motor, con sus correspondientes contactores, relés, pilotos de señalización, marcha parada, autómata programable (con tarjeta de comunicaciones Modbus TCP/IP), variador de frecuencia, convertidor de medios, etc.
- 1 Instalación eléctrica de mando y maniobra del motor del ventilador.

### 4.3 REFRIGERACIÓN DE CUARTOS TÉCNICOS

La finalidad de esta instalación es conseguir mediante sistemas frigoríficos de refrigeración de precisión y equipos de ventilación crear unas adecuadas condiciones térmicas en los cuartos técnicos, al objeto de que los distintos sistemas, generalmente electrónicos, puedan trabajar dentro de un rango térmico admisible.

#### 4.3.1 Características generales de la instalación de refrigeración de cuartos técnicos

A modo de resumen las actuaciones principales a realizar en los distintos cuartos técnicos son las siguientes:

- Instalación de equipos de precisión con tecnología Inverter, condensación por agua, incluyendo líneas frigoríficas, red de desagüe de condensados, etc.
- Instalación de ventilador “in-line” ultra-silencioso, con funcionamiento en extracción, para renovación del aire.
- Trabajos de Obra Civil auxiliar: formación de huecos y reforma de suelos técnicos, en caso necesario.

Por otra parte, se construirá una sala de condensadoras, para la ubicación de las bombas de calor geotérmicas de los equipos de refrigeración. Las actuaciones a realizar en dicha sala de condensadoras son las siguientes:

- Instalación de estructuras de suportación de condensadoras a tres niveles, donde se ubicarán las bombas de calor geotérmicas.
- Instalación de colectores geotérmicos.
- Instalación de cuadro de mando y protección, incluyendo las protecciones y accionamiento del ventilador a través de variador de frecuencia y las protecciones de las líneas de acometida a las unidades exteriores (mínimo 8 ud), incluso autómata programable con tarjeta de comunicaciones.
- Instalación de puertas acústicas, tratamiento fonoabsorbente en recinto de máquinas y silenciadores disipativos en los puntos de entrada y salida del aire.

#### 4.3.2 Requisitos de diseño de los equipos de precisión

El requisito principal de diseño es mantener controlada la temperatura ambiente interior de la sala técnica dentro del valor de consigna seleccionado, con una precisión de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , sin empeorar las condiciones de partida de humedad relativa del aire, ni superar los límites sonoros máximos establecidos en la normativa, a fin de garantizar una temperatura adecuada que preserve al equipamiento instalado de daños de sobrecalentamiento, para asegurar así el buen funcionamiento de los mismos.

Para lograr dicho objetivo, los requisitos mínimos exigidos para la implantación del equipamiento de refrigeración en los cuartos técnicos de la red de Metro de Madrid son los que se indican a continuación:

Los equipos a instalar serán de expansión directa, de tipo partido, de condensación remota por aire, con sistema de parcialización continua Inverter de PRECISIÓN, sólo frío, con control de precisión de la temperatura con una tolerancia de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

- Dispondrán de una potencia frigorífica sensible nominal ( $P_{sn}$ )  $\geq 5$  kW ó 10 kW , según se indique, con un rendimiento  $EER \geq 3,5$  y con coeficiente  $SHR (P_{sn}/P_t) \geq 0,95$ , no pudiendo ser la potencia frigorífica sensible nominal instalada superior al 125% de la potencia sensible base (mínima requerida), en las siguientes condiciones de trabajo:
  - $T^a$ . exterior aire seco =  $35,0^{\circ}\text{C}$
  - $T^a$ . interior aire seco =  $24,0^{\circ}\text{C}$
  - HR interior = 50 %
- Funcionarán con refrigerante ecológico R-410A
- Dispondrán de válvula de expansión electrónica.

- Equipados con separador de aceite que permita salvar la distancia entre las unidades interiores y exteriores.
- Incorporarán ventiladores con tecnología EC, tanto en la unidad interior como en la unidad condensadora remota. Esta última dispondrá de un mínimo de 2 ventiladores con motor EC.
- Incorporarán filtros de partículas de aire, en material autoextinguible, con eficacia G4 en ambas unidades.
- Incluirán sonda de temperatura ambiente (interior) para control de la temperatura.

#### 4.3.3 Integración de las instalaciones en COMMIT

Al objeto de integrar las instalaciones de VENTILACIÓN y REFRIGERACIÓN en el Centro Operativo de Mantenimiento y Monitorización de Instalaciones y Telecomunicaciones (COMMIT), se han definido y normalizado el modelo de datos y la infraestructura tecnológica que sistema de ventilación debe proporcionar a este Centro.

## 5 SANEAMIENTO, POZOS DE BOMBAS PLUVIALES Y FECALES

Los aportes de agua a evacuar procedentes de las infiltraciones (infiltraciones a través de túneles y pantallas) y los caudales debidos a la entrada directa de lluvia por las rejillas y otros elementos superficiales abiertos serán recogidos mediante un sistema de drenaje en toda la longitud del túnel continuando por los tramos en las estaciones. El agua recogida será conducida hasta los pozos de bombeo situados a lo largo del trazado, desde los que se impulsan para su incorporación a la red de alcantarillado.

### 5.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

El sistema de drenaje en la sección en túnel consiste en una serie de canaletas superficiales moldeadas en el hormigón de la vía que recogen las infiltraciones y el agua que pueda verter sobre la plataforma y la conducen hacia una canaleta central (dispuesta a lo largo del eje de la plataforma) que desagua en los pozos de bombeo de pluviales.

Se dispondrán unas canaletas laterales de tipo albañal de 15 cm de ancho en los bordes de la plataforma y una canaleta central de 200 mm de ancho a lo largo del eje de la plataforma, en el que se recogerá toda el agua de drenaje. La conexión entre los albañales y la canaleta central se realiza mediante unos canalillos transversales de 10 cm de anchura y profundidad variable

que se disponen con una pendiente del 0.2%. La pendiente de las canaletas centrales y las laterales coincide con la pendiente de la rasante de la plataforma.

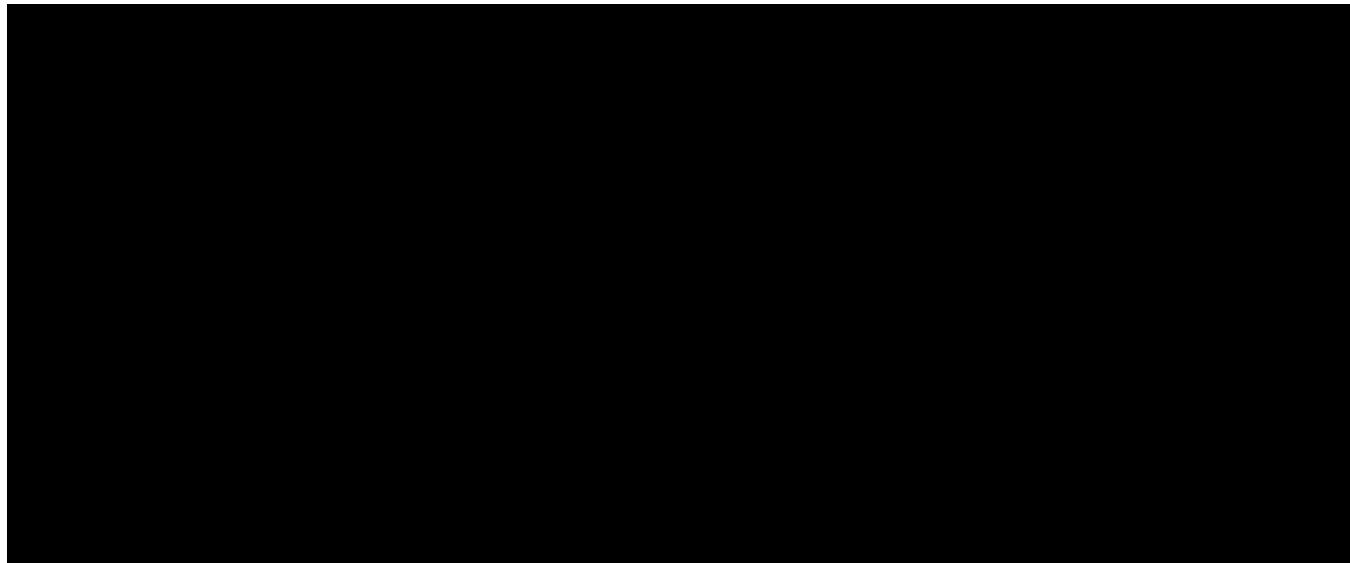
En las zonas de andenes, los caudales de infiltración se recogen en unas canaletas de mortero situadas en la cámara bufa a lo largo de la pantalla. Estas canaletas se colocarán en los distintos niveles de las estaciones y el caudal recogido descenderá hasta el nivel inferior mediante bajantes de 160 mm de diámetro que pasan por los pasatubos que se dejan embebidos en losas y vigas cada 10 m. Estas bajantes se desaguan mediante tubos de 200 mm de diámetro se disponen embebidos en la losa de fondo, atravesando la cámara bajo andén desde los bordes de la estación hasta su punto de desagüe en el colector central.

El drenaje de la superficie de la cámara bajo andén y de los fosos de los ascensores y de las escaleras mecánicas se realiza mediante sumideros, que se conectan también al colector central.

Todos los elementos de drenaje (albañales, canaleta central y canalillos transversales) se construirán in situ moldeando el hormigón de la capa superficial de la plataforma. Para facilitar el flujo de agua hacia las canaletas se dotará a la plataforma de una pendiente transversal del 0.1%.

El canal central mantiene la pendiente hacia el pozo de bombeo más cercano. Para cada una de

las alternativas, se han previsto los siguientes pozos de bombeo.



#### **Cuarto de bombas**

Es el recinto donde se encuentra el pozo de recogida de agua procedente del túnel y donde se instalan los siguientes elementos:

1. Bombas sumergibles: Compuesto por tres bombas (2 al 50%) y una tercera de respaldo, con funcionamiento alternativo, alimentadas con suministro eléctrico normal y de socorro (denominado anteriormente emergencia).
2. Tuberías y válvulas correspondientes.
3. Equipo de medición del nivel por sonda analógica de presión piezométrica para control de marcha, parada de bombas, señalización de alarmas y cálculo indirecto de caudales y aforos. Así mismo, se montarán dos boyas de emergencia como sistema redundante. También se instalará la instrumentación orientada a la adquisición de parámetros hidráulicos de funcionamiento.
4. Cuadro eléctrico para mando y fuerza de las bombas, en cuyo frontal se instalarán, entre otros componentes, los conmutadores de marcha y paro de cada una de las tres bombas.
5. Unidad de Control o autómatas programables que integran las señales de control para su mando y gestión, incluyendo Terminal de Operador instalado en el frontal del cuadro.
6. Cable de comunicaciones (fibra óptica preferiblemente). Desde el cuarto de comunicaciones se tiende cable de comunicaciones para integrar en el control de estaciones las señales provenientes de la unidad de control de los pozos de bombas; además, y mediante direccionamiento IP, se podrá tener acceso a dicho autómata para que, con la aplicación correspondiente, e incluida en el suministro e instalación del pozo

de bombas, se pueda gestionar y realizar el telecontrol para mantenimiento en tiempo real.

7. Línea telefónica y terminal de teléfono.
8. Elementos de elevación y manipulación de cargas pesadas orientados hacia la mantenibilidad del pozo, desde la plataforma de vías hasta la plataforma de trabajo y desde el acceso exterior hasta la plataforma de trabajo del pozo.
9. Instalación de alumbrado y fuerza del recinto del pozo.

#### **Acometidas eléctricas al pozo de bombeo**

1. Acometida de Metro: La alimentación eléctrica Normal procederá del cuarto de Baja Tensión de la estación más próxima al pozo de bombas, en el que se instalará un Interruptor Automático General para la alimentación Normal del cuadro de eléctrico de fuerza y mando de los pozos de bombas.
2. Acometida de socorro: Se instalará un Interruptor Automático en el cuadro de distribución del suministro de socorro, por encima de las conmutaciones Metro – Socorro existentes en estos cuadros, normalmente ubicados en los vestíbulos de la estación más próxima al pozo de bombas.

#### **Puesto de Control Local**

En el Puesto de Control de estaciones, a nivel de estación ubicado en el vestíbulo principal y a nivel de telemando de instalaciones en el TICS, se registrarán determinados eventos, alarmas y estados recibidos desde el autómata o controlador correspondiente.

#### **Funcionamiento de las bombas**

El cuadro de control y maniobra de las bombas instaladas en el pozo estará alimentado por la acometida normal de Metro y por acometida auxiliar de socorro. En el interior del cuadro estará prevista una conmutación de redes entre ambas alimentaciones que permitirá en caso de falta de la acometida normal (Metro como prioritaria) alimentar al menos una bomba (cualquiera de las existentes) de la acometida de socorro ya que la acometida de socorro normalmente está dimensionada para una sola bomba.

Todas las bombas se consideran alternativas y la entrada de cada una de ellas se hará en base al número de horas y de su disponibilidad.

Se establecen los siguientes modos de funcionamiento de la instalación:

- **Modo de funcionamiento automático normal:** La regulación del pozo (arranque /parada de bombas, estimación de caudales, alarmas) se realiza mediante un sensor analógico de nivel y el controlador o autómatas.
- **Modo de funcionamiento automático de emergencia:** Además del sistema de control constituido por el sensor analógico de nivel y el controlador, existirá un sistema redundante que permitirá el modo de funcionamiento automático de emergencia, consistente en una boya superior para la señalización digital nivel alto y el consiguiente accionamiento de las bombas, lógica cableada, y una boya inferior para la señalización digital de nivel bajo, y, de forma eventual, para la parada de las bombas. En caso de fallo del sensor o del autómatas y en caso de vuelco de la boya de marcha/nivel alto entrarán en funcionamiento todas las bombas existentes en el pozo, de forma escalonada para evitar solicitudes excesivas al sistema de alimentación eléctrica y se pararán por la actuación de relés temporizados asociados al cto. de control, ajustados en función de la capacidad de bombeo y del volumen del vaso, y en última instancia, ante el enderezamiento de la boya de nivel bajo/parada anteriormente mencionada. Para evitar que una avería fortuita de la boya inferior pudiera inhibir la marcha de las motobombas en este modo de funcionamiento, deberán establecerse los pertinentes circuitos de control mediante lógica cableada, basándose en el estado de los relés temporizados y la confirmación de marcha de las bombas.

En el modo de funcionamiento automático normal, la boya inferior tan sólo señalará su estado como entrada digital en el controlador (alarma de nivel bajo) y en ningún caso podrá inhibir el funcionamiento de las motobombas.

Se preverá una tercera alimentación a través de baterías que alimentará el autómatas, circuitos de mando, lógica cableada y elementos de comunicación, para que en caso de falta de las alimentaciones de Metro y de socorro permita transmitir las alarmas al puesto remoto de la estación y al SCADA de mantenimiento. La autonomía de estas baterías será de al menos 3 horas.

En cuanto a la jerarquía de mando del sistema, estarán previstas tres situaciones:

- Funcionamiento local (las bombas siguen actuando gobernadas por el sistema de control automático del cuadro, pero no se pueden gobernar en remoto),
- Funcionamiento remoto (las bombas actúan gobernadas por el sistema de control automático del cuadro y además se pueden gobernar en remoto (eventual inversión de giro de motobombas, inhibición y reconocimiento de alarmas, reseteo del controlador,

modificación de niveles de marcha/paro/alarma en sensor analógico, modificación de parámetros de arrancadores estáticos, etc.) mediante SCADA.

- Funcionamiento manual (las bombas sólo obedecen a las órdenes que se den directamente desde el cuadro).

## 5.2 ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA INSTALACIÓN

### Pozo de recogida de agua

El pozo estará dimensionado para poder contener un volumen de agua equivalente al máximo previsto durante un tiempo de cuatro horas, con el fin de prever cortes de energía durante ese periodo de tiempo en el suministro normal.

Las bombas estarán dimensionadas para un caudal mínimo de 2 veces el caudal normal estimado.

### Acceso directo

Se deberá practicar un acceso directo e independiente desde la calle hasta el lugar donde se instalan las bombas, ya que la accesibilidad al cuarto de bombas resultaría imposible en caso de inundación del túnel, y se aconseja tener un acceso propio desde la calle para estos casos de emergencia e incluso para las operaciones normales de mantenimiento de la instalación.

La escalera de acceso deberá dejar libre un tiro vertical que permita introducir / extraer por él las bombas desde / hasta la calle, previendo un gancho o viga-carril en el que situar un polipasto en la parte superior del pozo. Se dispondrá de sendas tomas, trifásica y monofásica, en las inmediaciones de la entrada al pozo desde el exterior para permitir la alimentación eléctrica a posibles sistemas electromecánicos de elevación y manipulación de cargas que pudieran emplearse desde el exterior, y eventualmente, para una potencia de 3 kW. La ejecución del acceso a la instalación desde el exterior se hará de tal forma que permita la fácil introducción /extracción de materiales desde el exterior mediante un vehículo equipado con grúa, al menos hasta el nivel en el que se halle el gancho o viga-carril superior anteriormente citado.

En pozos con alturas superiores a 25 m se realizarán plataformas intermedias, para situación de material a distancias máximas de 20 m, equipando cada plataforma con vigas-carril y/o ganchos para la instalación de polipastos si resultara preciso para la manipulación de cargas.

## **Plataforma**

Desde el túnel o el acceso independiente desde la calle se accederá a una plataforma ejecutada en forjado de hormigón armado y con capacidad de carga adecuada al peso de las bombas. Dicha plataforma dispondrá de tapa desmontable de acero inoxidable o fibra de vidrio para extraer las bombas. De esta forma, el personal de servicio puede situarse cómodamente sobre la plataforma para las operaciones de revisión y entretenimiento, así como las eventuales extracciones de los lodos del fondo del pozo.

La plataforma se situará como mínimo 0,30 cm. por encima del nivel de vía, de forma que el personal de servicio disponga de un punto seco en el que trabajar aunque se haya superado el límite de seguridad de agua en carril.

Para estas operaciones de extracción de lodos o de limpieza de fondos, se preverá una escalera metálica de acero inoxidable o fibra de vidrio con barandilla, que baje hasta la solera del pozo, la cual tendrá pendiente hacia el muro de decantación que separa la zona de aforo de agua de la zona de aspiración de las bombas sumergibles. Todos los elementos metálicos deberán estar convenientemente protegidos contra la agresión del medio.

## **Tuberías**

La tubería será de acero inoxidable en aspiración e impulsión, separada para cada bomba y de diámetro adecuado al caudal. Se incluirá la correspondiente valvulería (siendo preferible la de husillo telescópico frente a la de accionamiento por volante) y accesorios.

El espesor de las tuberías (en mm) deberá estar troquelado en la superficie de estas y en un lugar visible a la altura de la plataforma de trabajo puesto que es un parámetro requerido en la medida indirecta de caudal por técnicas de ultrasonidos.

El agua procedente de la canal de vía no deberá caer directamente al pozo, debiéndose guiar mediante una tubería vertical, ya que las turbulencias originadas por la caída del agua propiciarían señales erróneas en las boyas de las bombas.

## **Sistema de filtrado de aguas.**

Se establece la disposición de un sistema de filtrado del agua, proponiendo la aplicación de una de las siguientes soluciones constructivas, en función de la adaptabilidad a la geometría de la instalación:

- Muro de decantación más rejilla de contención de sólidos en suspensión:

- Construcción de un muro de hormigón que separe la zona en la que se produce el aforo desde la tubería procedente de la canal de vía, de la zona del vaso en la que se ubican las motobombas, el sensor analógico de nivel y las boyas superior e inferior. Su finalidad es la de decantar o retener, en una zona lejana a la de aspiración de las motobombas, aquellos sólidos que lleguen al vaso y que no permanezcan en suspensión (escombros, clavos, etc.), en los periodos comprendidos entre las sucesivas limpiezas periódicas del fondo del vaso. La altura del citado muro será inferior a la altura a la que se ubique la boya digital inferior de parada / nivel bajo para evitar que pudieran quedar sin sumergir las motobombas en caso de escaso caudal de entrada, por no superar el nivel de agua esta barrera y no llegar a la zona de aspiración.
- Instalación de un tabique modular vertical conformado por elementos fácilmente desmontables y accesibles (para su periódico mantenimiento y limpieza) de rejilla de malla de 2 cm x 2 cm en acero inoxidable sujetos mediante marcos y perfiles de acero inoxidable, dispuestos en vertical sobre el anterior muro y a lo largo de toda su extensión, y con altura hasta la losa de plataforma de válvulas. La misión de este elemento será la de evitar que puedan llegar a la zona de aspiración de las motobombas los eventuales sólidos en suspensión (latas, bolsas, cuerdas, tacos de madera, etc.) que pudieran provenir de la canal de vía
- Instalación de un paralelepípedo constituido por perfiles y malla de acero inoxidable de 2 cm x 2 cm que encierre la tubería de aforo de tal forma que cualquier sólido que pueda provenir de la canal de vía quede atrapado en su interior y no pueda acceder a la zona de aspiración de las motobombas, con el suficiente volumen interior que permita que las operaciones de mantenimiento y limpieza que se desarrollan cada 6 meses garanticen su funcionalidad.

Por encima de la valvulería de una de las tuberías de impulsión, y de modo que el punto de emboquillado diste como mínimo 1 m de la plataforma de trabajo, se colocará una conexión con válvula de retención, de cierre y una boca de conexión tipo CAM de 3" macho.

Esta derivación de tubería se realizará oblicuamente con un ángulo de 45° para evitar grandes pérdidas de carga y pinzamientos/aplastamientos de la manguera flexible, cuando se conecte una bomba portátil.

## **Tipo y número de bombas**

En todos los casos donde se precise una instalación de bombeo habrá el siguiente equipo:

1. Tres bombas sumergibles, iguales, y cada una con capacidad suficiente para extraer el doble de caudal que normalmente llega al pozo. La tensión de funcionamiento será de 400V.
2. Guías para elevar las bombas en los casos de revisión o reparación de estas.
3. Perfil con polipasto manual de cadena. Además, dicho perfil, irá equipado con un anclaje para soportar un polipasto electromecánico de PMA adecuado (mínimo 750 Kg)., de iguales características que el instalado en la entrada al pozo por el exterior o en plataformas intermedias.

#### **Sistema regulador y medidor de nivel**

Se dispondrá de un sensor analógico de medida de nivel por presión, que proporcionará el nivel real en el pozo y será la herramienta fundamental para el cálculo del caudal de entrada y capacidad de bombeo. Los niveles de arranque, parada y emergencia serán asignados en el controlador según los valores medidos por el sensor. El citado sensor quedará suspendido, bien por la acción del propio cable de alimentación y comunicación, bien sustentado por un tensor metálico arriostrado a la plataforma y al fondo del vaso a modo de cable guía, a una altura respecto al fondo del vaso que evite que pueda ser sumergido en fangos.

A su vez, el sensor y su cable quedarán confinados, en toda su extensión, en el interior de un tubo de PVC del diámetro adecuado que evite fenómenos de capilaridad o alteraciones en la medida por posible ensuciamiento, con el fin de protegerlo de posibles daños derivados de trabajos de limpieza en el fondo del vaso.

Se colocarán dos boyas como sistema de emergencia en caso de fallo de la sonda.

En las conducciones de descarga se instalarán transductores de presión, que estarán cableados a entradas analógicas del controlador para que éste pueda determinar la presión en un punto de la tubería de impulsión, y mediante correcciones por altura geométrica y ubicación determinar la altura manométrica generada por cada motobomba.

De forma periódica, y por razones de Mantenimiento, puede ser preciso efectuar la medida de caudal mediante técnicas no invasivas (sin contacto con el fluido) por lo que de cara a la instalación de éste tipo de equipos se tratará de dejar, entre la cota de solera de la plataforma de válvulas y la cota de la brida inferior de la válvula de retención, una distancia no inferior a 4 veces el diámetro de las tuberías, con el fin de dejar espacio a los elementos de captación que se deben abrazar a las tuberías y garantizar en la medida de lo posible que el flujo se halle

totalmente desarrollado en la región de medida.

#### **Valvulería**

Las válvulas de retención serán de bola de acero recubierta de goma-caucho y las de compuerta con accionamiento por husillo telescópico, preferiblemente. Ambas de hierro fundido GG25G, o acero inoxidable.

#### **Iluminación**

Dependiendo de las dimensiones del pozo, se instalarán como mínimo dos luminarias estancas LED de 1 x 25 W y equipo electrónico para iluminar la parte superior de cada plataforma. Estas luminarias estarán alimentadas desde una línea independiente tendida desde el cuadro de las bombas alternativas.

Asimismo, se dispondrá de dos conmutadores, uno en cada entrada, para su encendido y apagado.

Se instalará un foco de potencia adecuada a las necesidades lumínicas en caso de trabajos en fondo de vaso, y de funcionamiento a 24 V bajo la plataforma de trabajo, que sea orientable, para facilitar la reposición de la lámpara y con grado de estanqueidad IP 68

Se dispone que haya dos circuitos de alumbrado en pozo totalmente independientes, uno para el alumbrado de zona de trabajo y parte superior del pozo, y otro, para parte inferior del pozo (vaso), conectados al suministro conmutado normal-socorro.

El nivel luminoso medio será de 100 lux en zonas de escalera y de 300 lux en zonas de trabajo.

Existirán además varios puntos de luz, similares a los del alumbrado de túnel, situados próximos al mando eléctrico, cuando exista, de las bombas y conectados al circuito de alumbrado de túnel.

Se instalarán equipos de alumbrado de emergencia autónomos en la plataforma de trabajo y en el recorrido de la escalera de salida.

### **5.3 SISTEMA DE CONTROL DEL POZO DE BOMBAS**

El sistema de control del pozo de bombas permite gestionar a distancia la instalación de bombeo. Este sistema permite conocer en tiempo real el estado de la red de saneamiento, optimizando el

funcionamiento de la instalación mediante el ajuste remoto de los niveles de arranque y parada de cada estación, conociendo el consumo energético de las estaciones de bombeo y evitando reboses, así como los problemas en explotación que ello conlleva.

En la descripción del sistema de control del pozo de bombas se distinguen los siguientes puntos:

#### **Unidad de control:**

La gestión y el almacenamiento local de datos se realizan en el controlador, unidad de control o autómatas programables, localizado en el propio cuadro eléctrico de fuerza y maniobra, de características adecuadas a las condiciones ambientales de un pozo de bombeo. La unidad de control al menos dispondrá de tres puertos de comunicación:

- Puerto Ethernet para la comunicación con el sistema de control de instalaciones de la estación correspondiente. Se tendrá previsto uno de los puertos para la comunicación futura del pozo con el sistema de control de instalaciones. En los pozos donde la comunicación se realiza a través de fibra óptica, se incorporarán los conversores de medios adecuados. El autómata será capaz de transmitir por este puerto con protocolo de comunicación Modbus TCP.
- Puerto para la comunicación con el sistema SCADA de mantenimiento. La comunicación con el SCADA de mantenimiento se realizará vía GSM.
- Puerto Ethernet para la comunicación con un ordenador portátil con conexión RJ-45.

Todos los elementos de comunicación que necesiten alimentación eléctrica como Modems o convertidores a fibra óptica se alimentarán de baterías en caso de falta de las dos alimentaciones principales, para posibilitar así la transmisión de alarmas a los puestos remotos.

#### **Cuadro eléctrico:**

La instalación de los cuadros eléctricos cumplirá con el R.E.B.T. y se comprobarán las medidas de la toma de tierra del cuadro.

El cuadro estará alimentado por la acometida normal de Metro y por acometida auxiliar de socorro. Estará prevista una conmutación automática de redes entre ambas alimentaciones que permitirá en caso de falta de una de las dos, detectada mediante los correspondientes relés trifásicos de presencia de tensión, alimentar cualquiera de las motobombas indistintamente, teniendo en cuenta que la acometida de socorro normalmente está dimensionada para una sola bomba.

Estará previsto la instalación de un detector de fallo de secuencia de fases.

Las protecciones magnetotérmicas de los motores de las bombas serán curva D y con mando eléctrico para poder rearmarlas automáticamente (máximo dos rearmes consecutivos separados 1 minuto para el fallo magnético y cuatro rearmes ante fallo diferencial). El rearme automático de las protecciones estará previsto en caso de falta de comunicación con el cuadro y a través del SCADA de mantenimiento. El rearme estará contemplado como carga del sistema de alimentación ininterrumpida.

Las protecciones diferenciales serán de 300 mA de sensibilidad, y dispondrán de sistema de medida y registro de valores máximos (en display) de la corriente de fuga.

Los interruptores dispondrán de contactos de posición y disparo para la señalización remota.

Para cada motobomba, existirá un sistema de inversión de giro, destinado a eliminar posibles atascos en los impulsores por el flujo en sentido inverso, empleando contactores, que podrá ser activado por el PLC y por tanto se pueda realizar tanto en local mediante el display como en remoto mediante la aplicación SCADA.

Estará prevista la incorporación de sondas térmicas y de humedad en los devanados de los motores de las bombas en el sistema de protección.

La envolvente tendrá unas dimensiones y características apropiadas para permitir la adecuada evacuación de calor generado en su interior, tendrá un grado de protección IP-55 (global, incluyendo las rejillas y elementos de la instalación de evacuación térmica) y será resistente a la corrosión. El paso de cables se realizará por la parte inferior de la envolvente mediante prensaestopas con grado de protección IP-55, si bien se admitirán otras soluciones en función de las características de cada instalación, previa justificación y conformidad con REBT.

Estarán perfectamente rotulados todos los elementos del cuadro tanto en el interior como en el exterior de la envolvente, así como el cableado interior y borneros, guardando correspondencia con lo indicado en los esquemas eléctricos.

En el exterior la rotulación se realizará mediante chapa grabada.

Los cables de señales, tanto digitales como analógicos deben discurrir lo más alejados posible de los cables de potencia, para evitar la corrupción de las señales.

Dentro del cuadro la distribución de los elementos debe ser tal que los dispositivos de potencia

deben situarse lo más alejados posible de los dispositivos de control.

En el interior de la envolvente se habilitará un espacio para colocar correctamente los esquemas del cuadro eléctrico, así como una bandeja plegable para apoyar el PC portátil.

El cuadro se dotará de la adecuada ventilación para la evacuación de calor y humedad. Se instalará (si se considera preciso en base al balance termohigrométrico) una resistencia de caldeo anticondensación e incluso ventilación forzada.

Se instalarán dos tomas de corriente de superficie en la envolvente, un tipo Schuko 2p+TT y otra Zetac 3p+TT de 16 A con grado de protección IP-57 y en el interior del cuadro al menos una toma Schuko de 2p+TT de 10 A.

El cuadro eléctrico debe prever un espacio para que los instaladores de la fibra óptica coloquen un convertidor de medio desde el convertidor RS232 a fibra óptica, dentro del cuadro.

En el frontal exterior del cuadro deberán disponerse, además de los preceptivos elementos de corte exterior, al menos, los siguientes elementos de control:

1selector de mando LOCAL / REMOTO.

Selectores (uno por motobomba) de funcionamiento MANUAL / AUTOMATICO. La posición manual será con retorno, no será fija y deberá ser mantenida por el operario durante un razonable tiempo para evitar que pueda quedar una bomba fuera del servicio automático por error.

Terminal de Operador para el dialogo con el controlador o autómata.

Señalización luminosa de presencia de tensión de Metro, Socorro, funcionamiento y defectos de cada motobomba.

Terminales de regulación y visualización de parámetros de las protecciones de cada motobomba.

#### **Medidor de nivel:**

En este sistema, la medición del nivel del agua en el pozo de bombeo se debe realizar a través de un sensor electrónico de medición de nivel por presión. Este debe estar específicamente diseñado para el trabajo con líquidos viscosos, fangos, lodos o agua residual.

El sensor debe ser un sensor capacitivo de tipo cerámico fabricado en acero inoxidable con señal de salida de 4-20 mA, rango de temperaturas de trabajo de – 20°C a 80°C, con resistencia a

sobrepresiones de hasta 5 veces, con gran resistencia frente a la abrasión química y alta longevidad de funcionamiento frente a sedimentaciones.

Dicho sensor debe proporcionar una señal constante, proporcional al nivel real en el pozo y es la herramienta básica para el posterior cálculo de caudales de entrada y capacidades de bombeo.

Con el fin de tener un sistema redundante para controlar la instalación frente a fallos imprevistos del sensor de medición de nivel o del autómata, se debe colocar un regulador de nivel en la parte más alta del pozo y otro en la más baja.

#### **Señales**

A continuación se indican las señales, tanto digitales como analógicas, que se suministrarán al P.L.C.

- Entradas digitales: Al controlador se le conectarán, como mínimo, las siguientes señales de entrada digitales:
  - Respuesta de funcionamiento de las bombas (señales tomadas de los arrancadores).
  - Señales procedentes de los contactos OF / SD de las protecciones magnetotérmicas y diferenciales de las motobombas y de la conmutación de redes.
  - Señales de disparo de las protecciones térmicas o sondas de humedad y temperatura de las bombas.
  - Señal de presencia y fallo de tensiones en el cuadro.
  - Regulador de nivel alto (boya superior)
  - Regulador de nivel bajo (boya inferior)
  - Modo de funcionamiento Local/Remoto
- Salidas digitales: Al controlador se le conectarán, como mínimo, las siguientes señales de salida digitales:
  - Orden de marcha de las bombas.
  - Rearme de las protecciones térmicas.
  - Inversión de giro de cada motobomba.
  - Comunicación con arrancadores estáticos.
- Entradas analógicas: Al controlador se le conectarán las siguientes señales de entrada analógicas:

- Orden de marcha de las bombas.
- Rearme de las protecciones térmicas.
- Señal de la sonda de nivel.
- Señales de los transductores de presión y/o caudales instalados en cada tubería.
- Medidas de consumo eléctrico (A, kW, etc) de cada motobomba.
- Alarmas generadas por el sistema: Las alarmas que genera el controlador local serán enviadas a diferentes destinos según la prioridad prefijada en el sistema. Las alarmas son, entre otras, las siguientes:
  - Fallo de alimentación. Mensaje en el sistema central de que el controlador local se encuentra alimentado por las baterías de emergencia hasta que vuelva el suministro de la red eléctrica.
  - Nivel alto analógico, previamente parametrizado, detectado por el sensor analógico de nivel.
  - Nivel alto de emergencia (volcado de la boya superior)
  - Nivel anormalmente bajo de agua de pozo.
  - Disparo térmico del motor. Protección térmica disparada.
  - Capacidad de bombeo reducida.
  - Capacidad de bombeo demasiado elevada.
  - Alto consumo del motor.
  - Bajo consumo del motor.
  - Fallo de comunicación desde el sistema central a la unidad remota.
  - Sin respuesta de marcha de la bomba. Posible avería en el motor.

### **Sistema de Control de Estaciones**

La comunicación entre la unidad de control o autómatas programables y el Sistema de Control Central de Estaciones, se realiza mediante la integración de las señales del pozo de bombas en la red de control de la estación. Para ello la unidad de control del pozo de bombas, dispone de una salida tipo RJ45 para conexión directa de la red Ethernet de Metro. Se tendrá previsto uno de los puertos para la comunicación futura del pozo con el sistema de control de instalaciones vía fibra óptica, para lo que se incorporarán los convertidores a fibra óptica adecuados. El autómata será capaz de transmitir por este puerto con protocolo de comunicación Modbus TCP.

### **Telecontrol para mantenimiento**

Con este telecontrol se pretende optimizar los recursos de mantenimiento, al disponer de una información remota en tiempo real del estado de funcionamiento de la estación de bombeo, así como, de las averías que se produzcan con indicación de la fecha y hora.

Una vez que el autómata está integrado dentro de la red de Metro con su dirección IP, se accederá a éste mediante una aplicación que se instalará en al menos 10 Pc's que determine la Gerencia de Electrificación.

Esta aplicación, del tipo Scada, capturará de la memoria del PLC que gestiona el mando del pozo de bombeo, los valores necesarios para obtener los siguientes datos:

- Caudal de agua bombeada en un intervalo de fechas que se podrán elegir sobre la propia aplicación, así como el total acumulado desde el momento inicial, con gráfico lineal generado y asociado a estos valores.
- Altura manométrica en cada tubería (registro de variaciones de entidad respecto al valor de del punto de trabajo sobre curva de cada bomba.
- Cálculo de la ratio caudal/watio consumido por cada una de las bombas en un intervalo de fechas que se podrán elegir sobre la propia aplicación, así como del total acumulado desde el momento inicial, con gráfico lineal generado y asociado a estos valores.
- Caudal de agua que recibe el pozo, valor total acumulado desde el momento inicial y parcial, en un intervalo de fechas que se podrán elegir sobre la propia aplicación, con gráfico lineal generado y asociado a estos valores.
- Tiempo de funcionamiento de cada bomba en horas, totales desde el momento inicial y parcial, en un intervalo de fechas que se podrán elegir sobre la propia aplicación. Se generará un gráfico de barras, asociado a cada uno de los valores anteriores (total acumulado y parcial entre fechas).
- Además, esta aplicación dispondrá de:
  - a. Sinóptico animado de la estación de bombeo, con indicación en tiempo real de las variables asociadas a cada bomba: tensión de entrada, intensidad consumida, potencia consumida, caudal instantáneo de descarga cuando se encuentre en funcionamiento, altura de impulsión, arrancador asociado a cada bomba con posibilidad de parametrización desde esta aplicación.
  - b. Pantalla de alarmas y eventos con posibilidad de reconocimiento
  - c. Pantallas de contraseñas con distintos niveles de acceso.

- a. Botones para poder elegir el mando del pozo: local-remoto; modo de funcionamiento: manual-automático; on-off de cada bomba para el caso de elegir el modo de funcionamiento manual.

Todos estos datos serán compatibles y se podrán exportar a hojas de cálculo tipo Excel, para el posterior tratamiento y comparación de los mismos.

## 5.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CABLES

### Cuadro eléctrico de fuerza y mando para el pozo de bombas

El cuadro eléctrico para la alimentación y mando de las bombas es único. Al cuadro le llegan dos alimentaciones independientes una normal y otra de socorro. Constará de todos los elementos detallados en esta especificación.

La línea de control se alimenta desde las dos líneas.

El cuadro eléctrico incluirá espacio de reserva suficiente para la instalación del repartidor de fibra óptica que le llega desde la estación.

### Alimentación

El cuadro eléctrico de fuerza y mando de las bombas será alimentado a 400/230 V, desde dos cables provenientes de la alimentación normal y de conmutación normal-socorro del Cuadro de Baja Tensión. Estos cables discurrirán por el paramento lateral del túnel hasta el pozo de bombas.

En el pozo de bombas, desde el cuadro, partirá un cable de alimentación independiente para cada bomba, dos cables de alumbrado (pozo y vaso) y fuerza para el recinto del pozo.

### Cables

Para estas instalaciones habrá cuatro tipos de cable; energía, fibra óptica para comunicaciones, un tercero de señales entre elementos de campo y un cuarto de alumbrado y fuerza para el pozo. Deberán ser instalados para funcionar sumergidos en el agua.

Cables para energía: Los cables de Baja Tensión tendrán conductores de cobre Clase 2 de UNE 21.022. Los aislamientos y cubiertas serán de mezclas especiales que confieran al cable las características de ser:

- No propagador del incendio.

- De baja emisión de humos y gases tóxicos.
- De baja emisión de gases ácidos o corrosivos.
- De nula emisión de halógenos. Tensión nominal 0,6/1 kV.

Los cables serán tetrapolares, de la sección correspondiente a la potencia de las Bombas. Las secciones serán las adecuadas para que en el funcionamiento normal de los pozos, no se supere un 3% de caída de tensión. En ningún caso el cable será de sección inferior a 10 mm<sup>2</sup>.

- Cables para señales: Los cables para señales serán de las mismas características que los cables de energía. La tensión de señalización y mando de 24 Vcc.
- Cable de alumbrado y fuerza para el recinto del pozo

Se tenderá una línea independiente trifásica de 5 conductores (tres fases, neutro y tierra) desde el cuadro de las bombas alternativas, de donde se dará servicio al alumbrado del pozo y a tomas de corriente para conexión de bombas portátiles o herramientas de trabajo.

## 5.5 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS

Las bombas serán del tipo centrifugas sumergibles, formando un solo cuerpo, el motor, bomba, partes mecánicas y conexiones eléctricas. Todo el conjunto, previsto para estar total y parcialmente sumergido.

El Motor eléctrico será trifásico, asíncrono, con el rotor en jaula de ardilla, diseñados para proporcionar la potencia nominal aun cuando las variaciones en la frecuencia y tensión sean de  $\pm 5\%$ . En cuanto a la temperatura, pueden permitirse variaciones de tensión de hasta  $\pm 10\%$ .

Todos métodos de arranque son admisibles en función de la potencia instalada y previa justificación técnica: directo, con arrancadores estáticos (suave) y con variador de frecuencia.

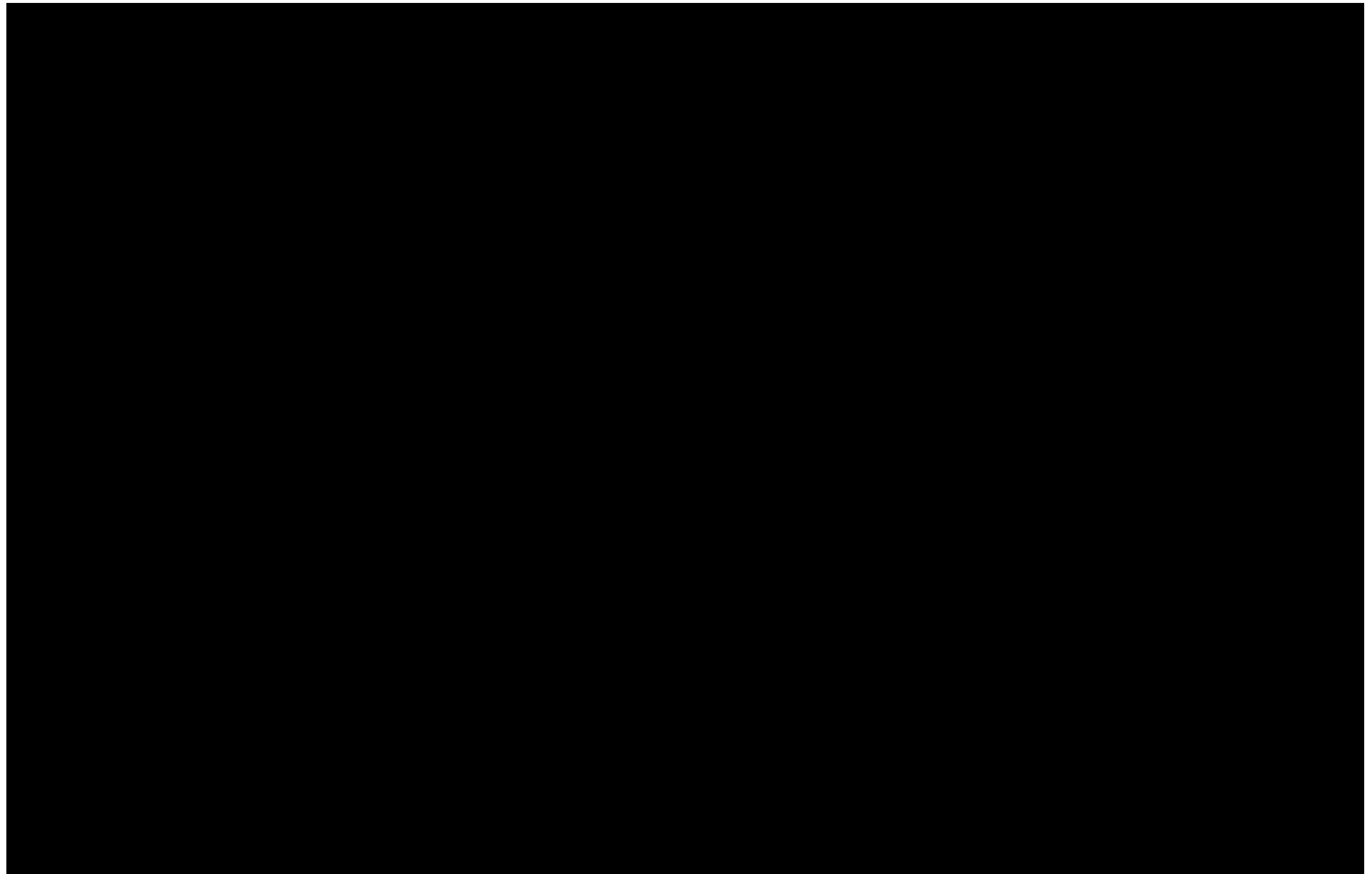
Los motores han de estar probados de acuerdo con la normativa europea IEC-34- CSA. Aislamiento del motor de clase H.

Como protección del motor, tendrá intercalado en su bobina, tres sondas térmicas conectadas en serie y que desconectan a 125° C.

Como aumento en seguridad estarán dotados con sensores de penetración de líquido para la detección de agua en la cámara de aceite o en el alojamiento del estator.

La temperatura máxima del líquido a bombear y para los modelos estándar, será de 40° C. La

densidad del líquido a bombear será como máximo de 1.100 kg/m<sup>3</sup> y el PH comprendido entre 6-11, con el material standard (H° F° GG-25-G). En caso de trasegar fluidos con características diferentes, el material deberá ser adecuado a las solicitudes fisicoquímicas de cada caso.



## 6 PCI –PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

### 6.1 SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

Del sistema de detección de incendios, cuya principal finalidad es la protección de personas y bienes, se puede señalar los siguientes objetivos:

- Supervisar constantemente el estado de las instalaciones.
- Detectar el fuego en sus estados iniciales.
- Localizar inmediata y puntualmente el foco que origina el fuego.
- Verificar las señales de alarma y transmitirlos.
- Activar equipos o sistemas asociados a la detección de incendios, para reducir el alcance del mismo.

Los elementos y actuaciones más importantes del sistema de protección contra incendios son los siguientes:

- Instalación de detección por aspiración de muy alta sensibilidad (A.S.D), con gestión nodal en cuartos de estación y escaleras mecánicas.
- Instalación de sistema de detección de incendios con central analógica que integre la detección por aspiración.
- Instalación de sistemas de extinción mediante agua nebulizada en cuartos específicos de estación y escaleras mecánicas.
- Instalación de columna seca en piñones de estación.
- Señalización de evacuación de naturaleza fotoluminiscente en estación y túnel.

### 6.2 SISTEMA DE EXTINCIÓN

#### 6.2.1 CUARTO PCI

Sobrecarga de uso. - Este cuarto que se ubicará lo más cerca posible al centro de transformación de la estación, y tendrá con éste una característica común: la necesidad de un forjado que se calculará para una sobrecarga de 1000 Kg. /m<sup>2</sup>. Esto último se ampliará a la zona del andén que da acceso al mismo.

Dimensiones y acabados: Necesitará 30 m<sup>2</sup> de superficie útil, con una de las caras del rectángulo

de 5 metros, como mínimo. Los acabados estarán constituidos por terrazo de 40 x 40 cm, alicatado de azulejo blanco de 20 x 20 cm, y falso techo de chapa grecada de 0,6 mm blanca. Estará dotado de una puerta cortafuegos RF-90 doble de 1,20 x 2,10 m. La puerta irá preparada para alojar control de accesos.

Instalación de fontanería: Deberá tener una acometida de agua de 1" y un sumidero sifónico al que confluirán las pendientes dadas al solado.

Tendrá ventilación forzada similar al cuarto de transformación, con ventilador y corte por termostato con compuerta cortafuegos, conectándose la parada del ventilador y el cierre de la compuerta con el detector de incendios del cuarto.

#### 6.2.2 COLUMNA SECA

De acuerdo con los requerimientos Proyecto Funcional de Estaciones y Túneles Tipo de Metro de Madrid y el Real Decreto 164/2025, de 4 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los incendios en los establecimientos Industriales", se ha previsto la instalación de columna seca en todas las estaciones, los pozos de ventilación y las salidas de emergencia. El alcance de este estudio informativo incluye las arquetas de acera con su tapa, la tubería de columna seca y las hornacinas de andenes y túneles, así como la previsión de huecos y pasatubos necesarios.

#### Descripción de las instalaciones de columna seca:

El sistema de columna seca estará compuesto por:

- **Toma de agua**, que puede estar en fachada o en zona fácilmente accesible al Servicio contra Incendios, con la indicación de "USO EXCLUSIVO BOMBEROS", provista de válvula anti-retorno, conexión siamesa, con llaves incorporadas y racores de 70 mm, con tapa y llave de purga de 25 mm.
- **Columna de tubería de acero galvanizado DN80 o superior.** La columna seca constará de una o dos tuberías de 80 mm de diámetro, o superior, que llegarán desde la vía pública hasta los armarios u hornacinas ubicadas en los piñones opuestos del andén, salidas de emergencia de túneles y pozos de ventilación.
- **Se instalará válvula de seccionamiento y salida en cada columna seca;** la llave estará justo por debajo de la salida, la salida estará provista de conexión siamesa con llaves incorporadas y racores de 45 mm con tapa.

Las bocas de salida de la columna seca estarán situadas de la siguiente forma:

- En el caso de los pozos de inter-estación y salidas de emergencia, en recintos de escaleras o en vestíbulos previos a ellas.
- En el caso de estaciones se colocarán una boca en el andén de energía y otra en el andén de comunicaciones (en los piñones opuestos).

Las salidas en las plantas tendrán el centro de sus bocas a 0,90 m sobre el nivel del suelo.

La toma situada en el exterior estará en el interior de una arqueta preparada para ello, tal como se ha dicho antes en una zona accesible para el servicio de bomberos y próxima a los accesos de entrada de las estaciones salidas de emergencia de túneles y pozos de ventilación. Dicha arqueta será de 70 x 70 cm. y profundidad 70 cm (medidas interiores), ubicadas en acera o zona terriza. Estas arquetas llevarán una tapa de fundición de D=55 cm. con el anagrama de Metro. La zona próxima a la toma exterior de la columna seca, se deberá mantener libre de obstáculos, reservando un emplazamiento, debidamente señalado, para el camión de bombeo.

Las válvulas serán de bola, con palanca de accionamiento incorporada. Los racores deberán, antes de su fabricación o importación, ser aprobados, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5.2 del R.D. 513/2017, de 22 de mayo, justificándose el cumplimiento de lo establecido en la norma UNE 23400.

### Huecos en andes para columna seca

Se dejarán huecos en los piñones, uno en cada andén y en piñón opuesto, para alojamiento del armario de la columna seca. Las dimensiones de esta hornacina serán de 550 x 400 x 300 mm

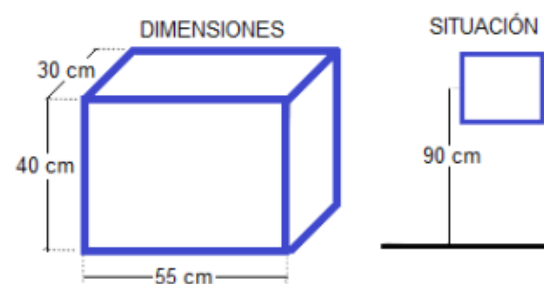


ILUSTRACIÓN 5 - DIMENSIONES CAJÓN COLUMNA SECAID

y el Proyecto Funcional del Diseño en Estaciones y Túneles Tipo de Metro de Madrid.

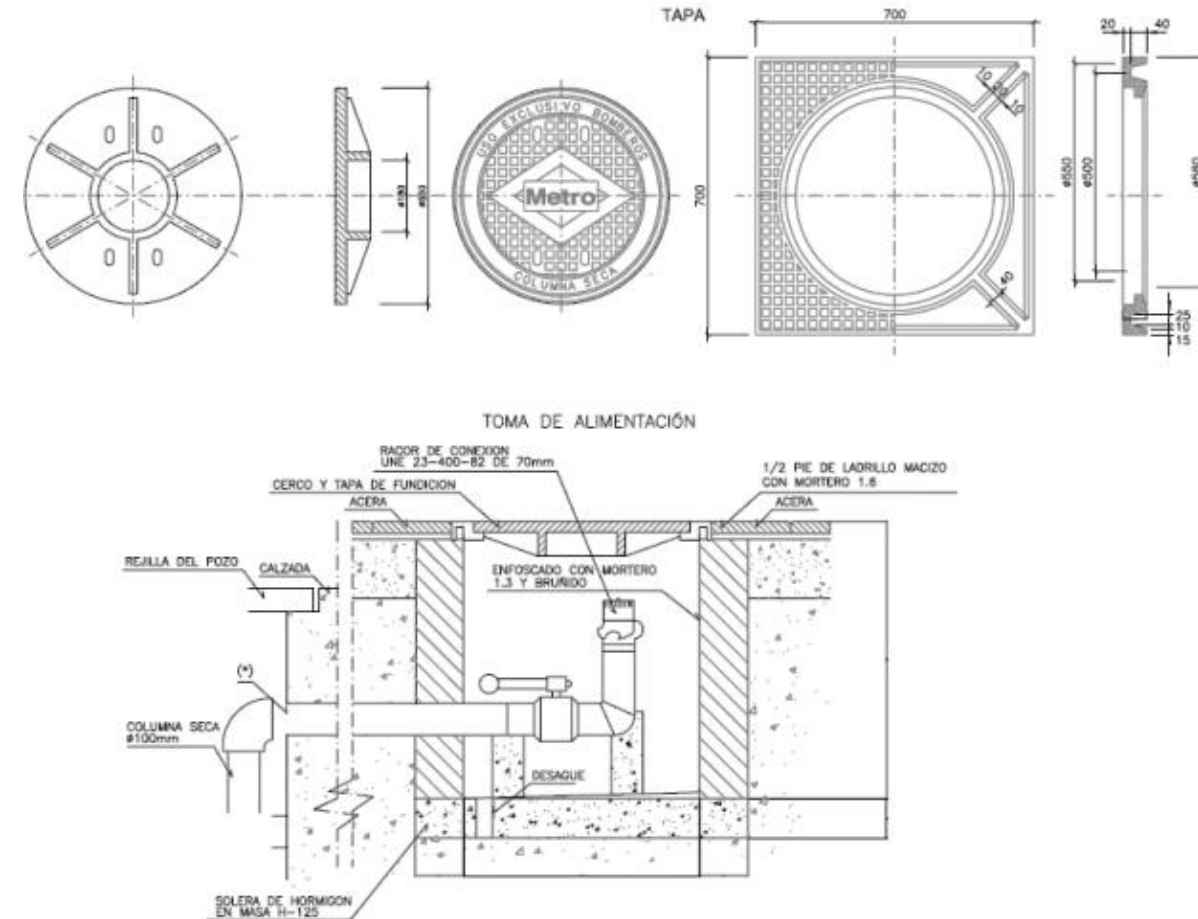


ILUSTRACIÓN 6 - DETALLE COLUMNA SECA DE METRO DE MADRID

### 6.2.3 EXTINTORES

Las instalaciones de protección al fuego en túneles, salidas de emergencia, pozos de ventilación y andenes se completarán con la colocación de extintores distribuidos de forma que no exista una distancia superior a 15 m hasta el extintor más próximo. Se utilizarán extintores de polvo y CO<sub>2</sub>, de acuerdo con las normas vigentes.

El emplazamiento de los extintores permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio, a ser posible, próximos a las salidas de evacuación y, preferentemente, sobre soportes fijados a paramentos verticales, de modo que la parte superior del extintor quede situada entre 80 cm. y 120 cm. sobre el suelo.

Su distribución será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio, que deba ser considerado origen de evacuación, hasta el extintor, no supere 15 m.

Los extintores de incendio estarán señalizados conforme indica el anexo I, sección 2ª, del R.D.

513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. En el caso de los extintores situados dentro de un armario, la señalización se colocará inmediatamente junto al armario, y no sobre la superficie de este, de manera que sea visible y aclare la situación del extintor.

La señalización de la columna seca deberá cumplir la norma UNE 23033-1, la UNE 23035-4, la UNE 23032 y la UNE-EN ISO 7010.

A continuación, se mostrará una tabla del nº de columnas secas y extintores por estación, salida de emergencia y pozos de ventilación

TABLA 6 - EXTINTORES Y COLUMNA SECA POR CADA ESTACIÓN

Estación	Anden energía	Anden Comunicaciones	S. E. Andén Energía	S.E. Andén Com.	S. E. exterior	Acceso estación
Toma columna seca	1	1	1	1	0	0
Toma exterior bomberos	0	0	0	0	1	1
Extintores	4	4	2	2	1	1

TABLA 7 - EXTINTORES Y COLUMNA SECA POR POZO DE VENTILACIÓN Y SALIDA DE EMERGENCIA.

Pozo Ventilación y Salidas de emergencia.	
Toma columna seca	1
Toma exterior bomberos	1
Extintores	4

#### 6.2.4 Pruebas y aprobaciones

El sistema de columna seca, se someterá, antes de su puesta en servicio, a una prueba de estanquidad y resistencia mecánica, sometiéndolo a una presión estática igual a la máxima de servicio y, como mínimo de 1470 kPa (15 kg/cm<sup>2</sup>) en columnas de hasta 30 m y de 2.450 kPa (25 kg/cm<sup>2</sup>) en columnas de más de 30 m de altura, durante dos horas como mínimo, no debiendo aparecer fugas en ningún punto de la instalación.

### 6.3 SEÑALÉTICA

El sistema de columna seca estará señalizado, con el texto “USO EXCLUSIVO BOMBEROS”. La señalización se colocará inmediatamente junto al armario del sistema de columna seca y no sobre el mismo, identificando las plantas y/o zonas a las que da servicio cada toma de agua, así como la presión máxima de servicio.

## 7 RELACIÓN DE SALAS TÉCNICAS Y SUPERFICIES

Para el resto de las instalaciones se prevé los cuartos y espacio para albergarlas. Se resumen en la siguiente tabla la relación de salas técnicas y las necesidades a nivel de superficie y dimensiones. Los valores de superficie y dimensiones han sido extraídos de documentos facilitados por Metro Madrid. Sería necesaria la confirmación por parte de Madrid de la validez de dichas dimensiones:

TABLA 8 - CUARTO TÉCNICOS Y SUPERFICIES POR CADA UNO DE ELLOS

Cuarto técnico	Dimensiones
Subestación de tracción	25x15 / 60x15
Centro de transformación: Alta tensión	40 m <sup>2</sup>
Centro de transformación: Baja tensión	42 m <sup>2</sup>
Cuarto de protección contra incendios	30 m <sup>2</sup>
Cuarto para seccionador de línea aérea	3 x 2,5 m
Cuarto auxiliar de comunicaciones	6 m <sup>2</sup>
Cabina de andén de cabecera	-
Cabina de andén intermedia	-
Cuartos para conductores	10-15 m <sup>2</sup>
Cuartos de comunicaciones	40 m <sup>2</sup>
Cuarto de telefonía	18 m <sup>2</sup>
Cuarto de enclavamiento	50 m <sup>2</sup>
Sala de Ventilación inmisión	Sala Simple: 16x4,5 m y chimenea de 2 x 4,5 m Sala doble: 16x7 m y chimenea de 2x 7 m
Pozos de compensación	14 m <sup>2</sup> (7x2)
Fuentes de andén	-
Bombeo de fecales	12 m <sup>2</sup>
bombeo de pluviales	-
Cuarto para equipo de escaleras mecánicas	una escalera: 3 x3 m Dos escaleras 5 x 3 m
Cuarto auxiliar de ascensor	-
Cuarto de operador	15 m <sup>2</sup>
Cuarto para control de instalaciones	20-25 m <sup>2</sup>
Aseos Masculino, y Femenino para personal Metro	-
Vestuario Masculino y Femenino para personal Metro	-
Cuarto basura	3 x 4 m
Cuarto limpieza	3 x 4 m
Cuarto de condensadoras	35 m <sup>2</sup>
Cuarto equipos	20 m <sup>2</sup>

