

## ANEJO Nº 17. SUMINISTRO ELÉCTRICO



TÍTULO DEL PROYECTO	
ESTUDIO INFORMATIVO DE AMPLIACIÓN DE LA RED DE METRO DE MADRID AL BARRIO DE VALDEBEBAS	

DOCUMENTO	
TÍTULO	ANEJO Nº 17. SUMINISTRO ELÉCTRICO
FICHERO	A17_SUMINISTRO ELECTRICO.docx

CONTROL DE EDICIONES		
ED.	FECHA	OBSERVACIONES / MOTIVO
02	JUN 2024	2ª EDICIÓN (TRAS SUPERVISION)
EDICIONES PREVIAS		
01	JUN 2024	1ª EDICIÓN (TRAS SUPERVISION)
00	ABRIL 2024	1ª EDICIÓN



## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA.....</b>	<b>1</b>
<b>2.1. DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN MEDIA TENSIÓN .....</b>	<b>1</b>
2.1.1. Puntos de suministro a 45 Kv .....	2
2.1.2. Subestaciones a 45 Kv .....	3
2.1.3. Subestaciones de tracción 15Kv/1.5kV DC.....	4
2.1.4. Centros de transformación de baja tensión 15 kV/0,4 kV.....	5
<b>2.2. DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA .....</b>	<b>10</b>
2.2.1. Acometida en baja tensión de la estación: suministro de socorro .....	11
2.2.2. Redes interiores de distribución de baja tensión.....	11
2.2.3. Distribución de energía en pozos interestación.....	12
2.2.4. Distribución de redes de baja tensión en túneles.....	12
2.2.5. Distribución de redes de media tensión .....	13



## 1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este documento es mostrar cuáles son las instalaciones de suministro eléctrico que se pretende implementar en la nueva prolongación de la L11 de Metro de Madrid desde Mar de Cristal hasta el barrio de Valdebebas. En el presente documento se estudiarán las diferentes alternativas de trazado y su repercusión sobre las instalaciones tanto a nivel técnico como económico.

## 2. DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

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 eléctricas, subestaciones de tracción, cuadros eléctricos y puntos de alimentación existentes en túneles y estaciones (alumbrados, tomas de corriente, pozos de bombeo, sistemas de ventilación, climatización, etc...).

El incremento de las necesidades energéticas derivadas de la ampliación de los servicios del Metro supone estudiar diferentes puntos de acometida tanto en alta Tensión como en Baja tensión. A su vez, debemos estudiar las importantes necesidades eléctricas que se precisan para los procesos de excavación y servicios auxiliares de obra.

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.

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

- **Subestación eléctrica 45/15 kV.** Recibe la acometida eléctrica en Media tensión de la compañía suministradora y distribuye los anillos de media tensión a los diferentes centros

de transformación y subestaciones de tracción. Están divididas en dos zonas: el centro de seccionamiento de la compañía suministradora, desde donde se realiza la derivación en alta tensión y la medida del consumo eléctrico; y el centro de transformación desde donde se realiza el cambio de tensión de suministro de 45 kV a la de servicio de 15 kV.

- **Subestaciones de Tracción:** Son las encargadas de transformar la tensión de entrada en corriente alterna a 15 kV a la tensión rectificada en DC a 1500V para las catenarias de los sistemas de tracción.
- **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 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.

### 2.1. DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN MEDIA TENSIÓN

El suministro eléctrico a las estaciones y sistemas de tracción se consigue gracias a dos líneas de Media Tensión a 15 kV que discurre por el interior de los túneles (Suministro Normal y Suministro Duplicado). Uno u otro suministro podrán dar indistintamente energía a todas las necesidades de la explotación.

Estas dos líneas formarán parte de la red interna de Metro de Madrid y mantendrán su continuidad con el resto de las líneas propias de Media tensión a 15 kV.

La inyección de energía procedente de las redes externas de Alta Tensión se realizará desde un punto próximo a la estación de Valdebebas Norte, coincidiendo con el punto de arranque de



la tuneladora. Durante la fase de ejecución de las obras, este punto de inyección ofrecerá la energía suficiente para el funcionamiento de la tuneladora y demás servicios de obra.

La acometida en alta tensión se realizará desde la red próxima a 45 kV de la compañía suministradora. No obstante, la tensión de servicio precisa ser de 15 kV, por lo que se hace necesario realizar una transformación previa a dicho voltaje.

Para ello, se creará una subestación dotada de tres transformadores de 3,3 MVA, dando una potencia total disponible de 9,9 MVA, si bien los transformadores no trabajarán a una carga superior al 80% de su capacidad nominal.

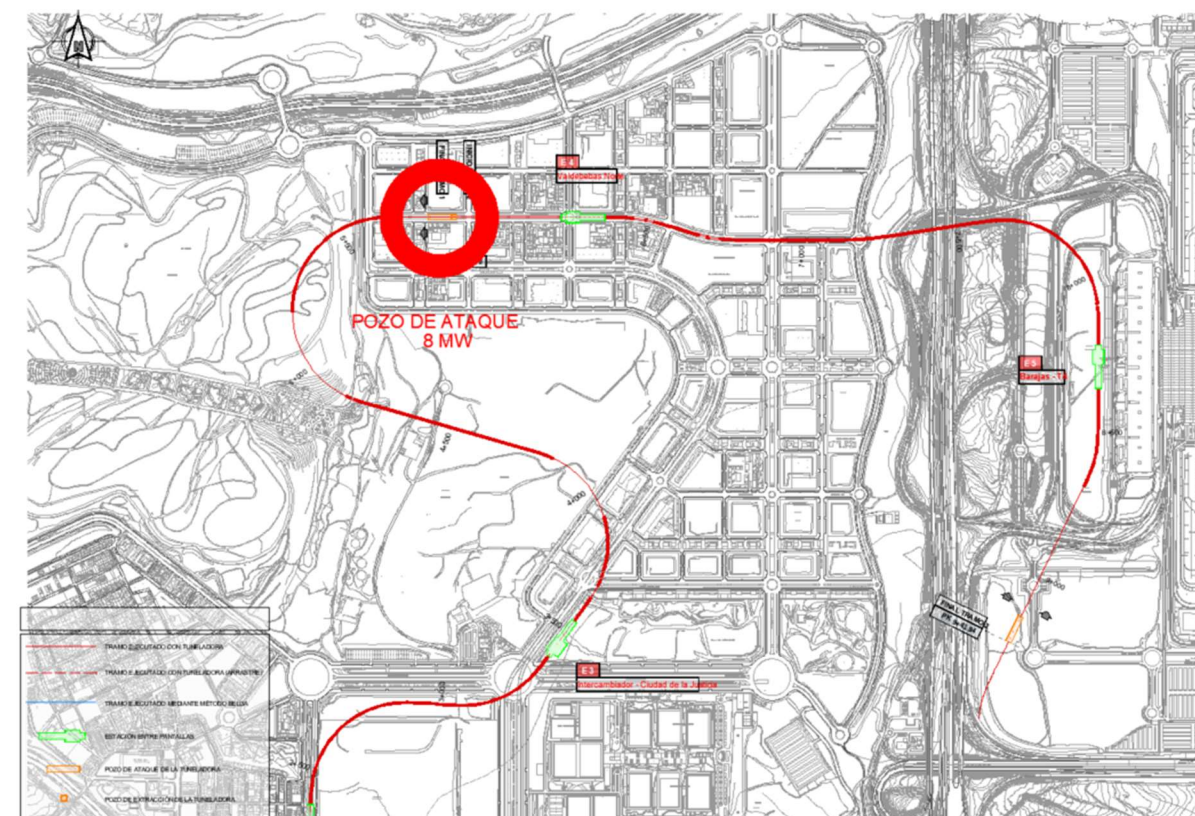
De esa forma, será aprovechada la acometida de obra y parte de la subestación para su uso en la explotación de la línea de Metro.

Durante la fase de ejecución de las obras, se ha considerado una potencia máxima de hasta 8 MVA en cada punto de ataque, por lo que este valor será el que se tenga en cuenta a la hora de solicitar a la compañía suministradora la demanda eléctrica inicial para la nueva acometida.

### 2.1.1. Puntos de suministro a 45 Kv

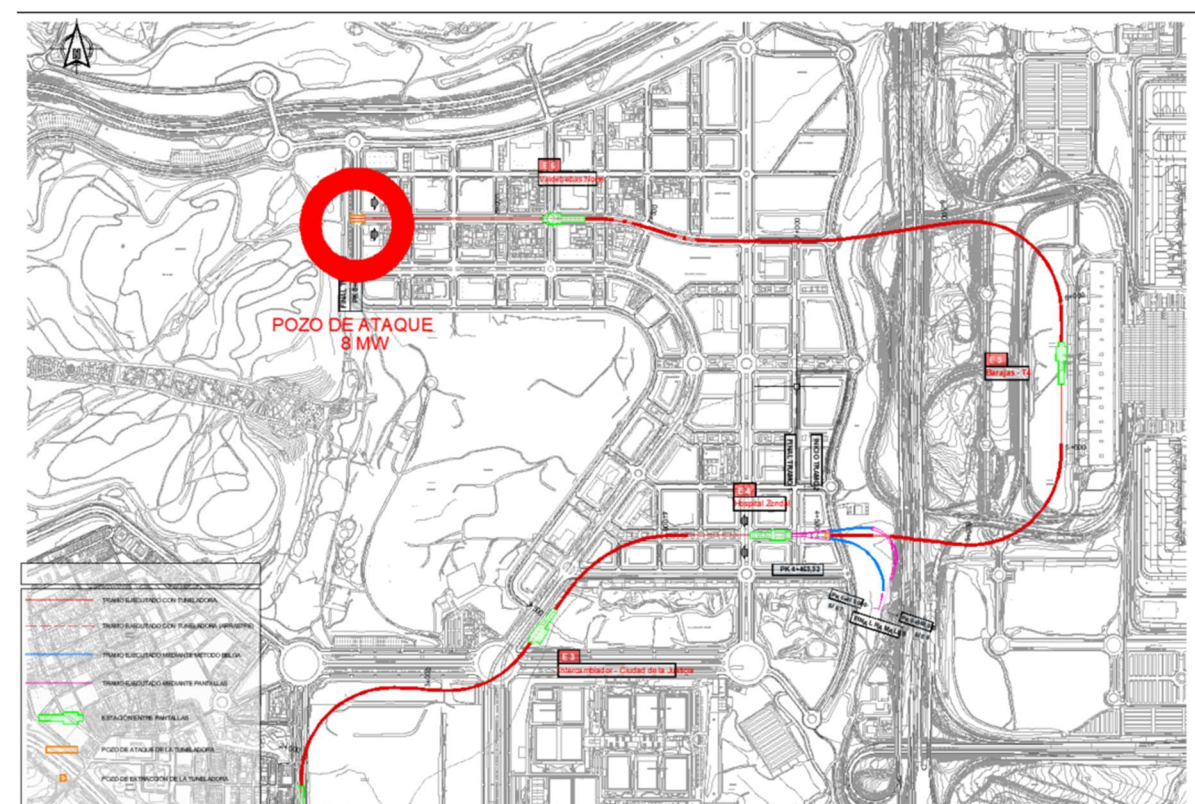
#### Alternativas 1 y 3:

Para las alternativas 1 y 3, se han considerado como punto de acometida la ubicación del pozo de ataque, próximo a la estación de Valdebebas Norte:



#### Alternativas 2 y 4:

En las alternativas 2 y 4 se han considerado como punto de acometida el pozo de ataque próximo a la estación de Valdebebas Norte en el punto siguiente:

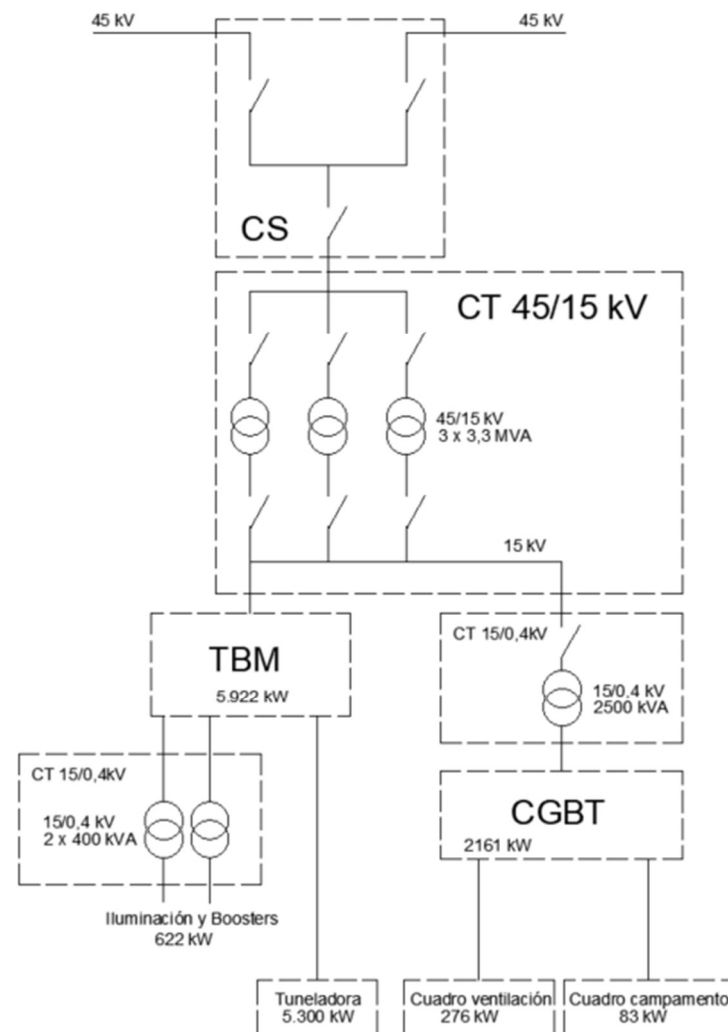




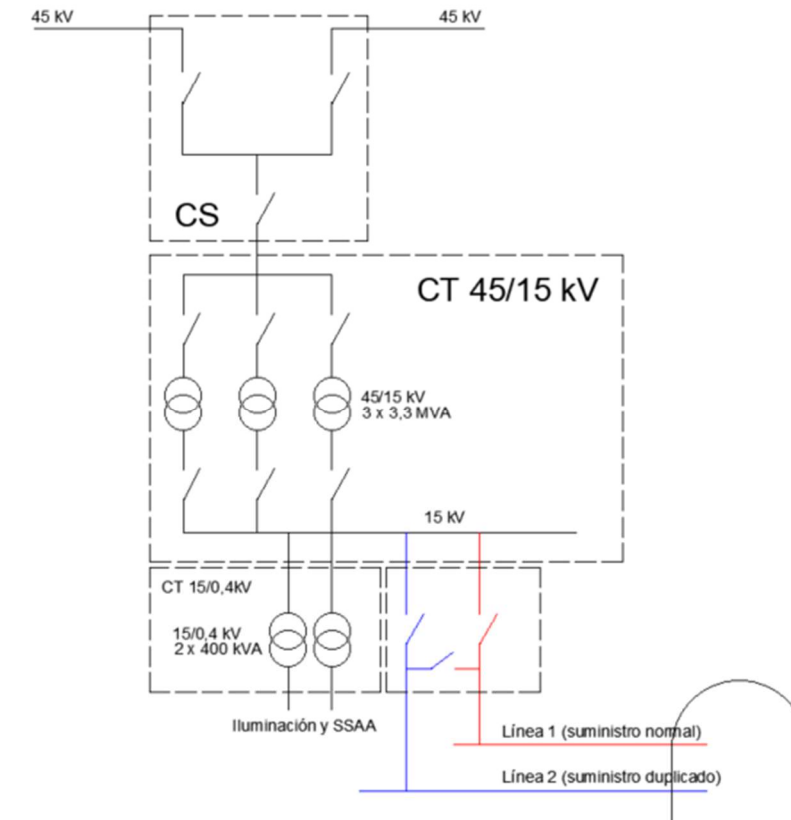
### 2.1.2. Subestaciones a 45 Kv

Se diseñará la subestación y centro de seccionamiento siguiendo las condiciones técnicas de la compañía suministradora, en una configuración subterránea, aprovechando las excavaciones propias para la introducción de la cabeza de perforación.

El esquema funcional para el suministro eléctrico durante la fase de construcción será la siguiente:



Posteriormente, una vez finalizadas las obras de perforación, se desmantela parte de la subestación y se adaptará para dar servicio a las dos líneas de MT (línea de suministro normal y línea de suministro duplicado), quedando el esquema siguiente:



La potencia de la subestación se calcula en función de la máxima demanda, que en este caso es durante la fase de construcción siendo las cargas previstas las siguientes:

**POTENCIA INSTALADA FASE CONSTRUCCION**

CS		
Equipo	V	KW
CT	15000	8082,5

CT		
Equipo	V	KW
Cable Túnel TBM	15000	5922
Trafo MT- baja instalaciones	15000	2160,5
		<b>8082,5</b>

Cable Túnel MT		
Equipo	V	KW
TBM	15000	5300
Trafo booster e iluminación 1	15000	312
Trafo booster e iluminación 2	15000	310
		<b>5922</b>

Trafo		
Equipo	V	KW
CGBT	400	2160,5

Cuadro Principal CGBT		
Equipo	V	KW
Planta de bicomponente	400	165
Compresor aire industrial	400	30
Caseta control	230	2
Taller + iluminación zona	400	90
Almacén + iluminación zona	400	10
Iluminación zona planta	230	3
Grúa torre	400	200
Planta tratamiento de agua	400	80
Iluminación zona escalera	230	3
Iluminación zona planta tratamiento	230	3
Grupo presión agua TBM	400	110
Grupo presión agua alimentación	400	15
Iluminación zona grupos de presión	230	3
Sistema de refrigeración	400	30
Pórtico	400	250
Iluminación pozo zona intermedia	400	3
Cintas	400	728,5
Iluminación pozo zona sur	230	3
Cuadro playa vías 3	400	25
Bomba residual zona playa vías sur	400	10
Montacargas	400	20
Báscula 1	230	3
Lavadero ruedas	400	10
Tanques gasoil	230	2
Iluminación zona báscula 1	230	3
Cuadro zona comedor	400	83,00
Cuadro zona ventilación	400	276,00
<b>Subtotal potencia CGBT:</b>		<b>2160,5</b>

Cuadro Campamento		
Equipo	V	KW
Vestuario personal producción 1	400	17
Oficina producción	230	3
Comedor producción	400	17
Vestuarios/comedor túnel	400	34
Vestuarios producción 2	230	3
Garita control de acceso	230	3
Botiquín	230	3

Iluminación zona	230	3
<b>Subtotal potencia instalada cuadro zona comedor:</b>		<b>83,00</b>

Cuadro zona ventilación		
Equipo	V	KW
Ventilación	400	220
planta de cal	400	10
Cuadro playa vías 1	400	25
Iluminación pozo zona 1	230	3
Iluminación zona pozo escombros	230	2
Iluminación zona pozo escombros desde cinta	230	2
Iluminación tunel tramo 1	400	6
Bomba achique	400	8
<b>Subtotal potencia instalada cuadro zona ventilación:</b>		<b>276</b>

Boosters e iluminación 1		
Equipo	V	KW
Booster Cintas 1	400	300
Iluminación	400	12
		<b>312</b>

Boosters e iluminación 2		
Equipo	V	KW
Booster cintas 2	400	300
hasta pozo desmontaje	400	10
		<b>310</b>

### 2.1.3. Subestaciones de tracción 15Kv/1.5kV DC

Las subestaciones de tracción convertirán la tensión de distribución de 15 kV AC a la tensión de catenaria de 1500 V DC.

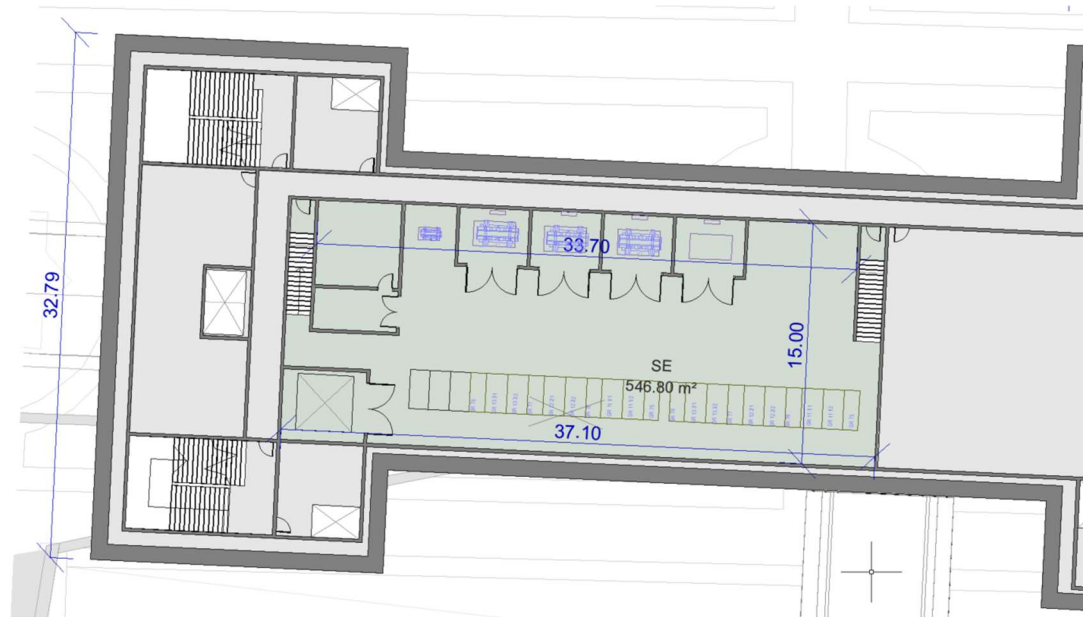
En este informe técnico se definen los espacios reservados para las instalaciones de las subestaciones de tracción, siendo la configuración y equipamiento de dichas subestaciones competencia de Metro de Madrid, por lo que su descripción y alcances detallados quedan fuera de este estudio informativo.

Todas las subestaciones dispondrán de los huecos para el paso de los cableados, así como de los espacios necesarios para los sistemas de ventilación según las prescripciones técnicas de Metro de Madrid.

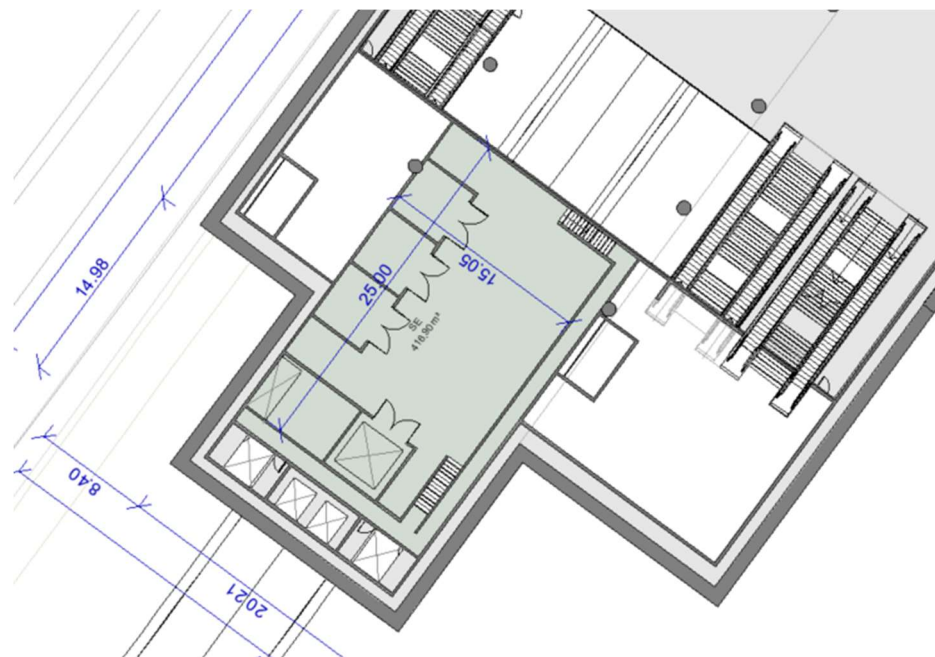
Se han previsto subestaciones de tracción en las siguientes estaciones de Metro:

- Mar de Cristal
- Intercambiador Ciudad de la justicia
- Barajas T4
- Valdebebas Norte

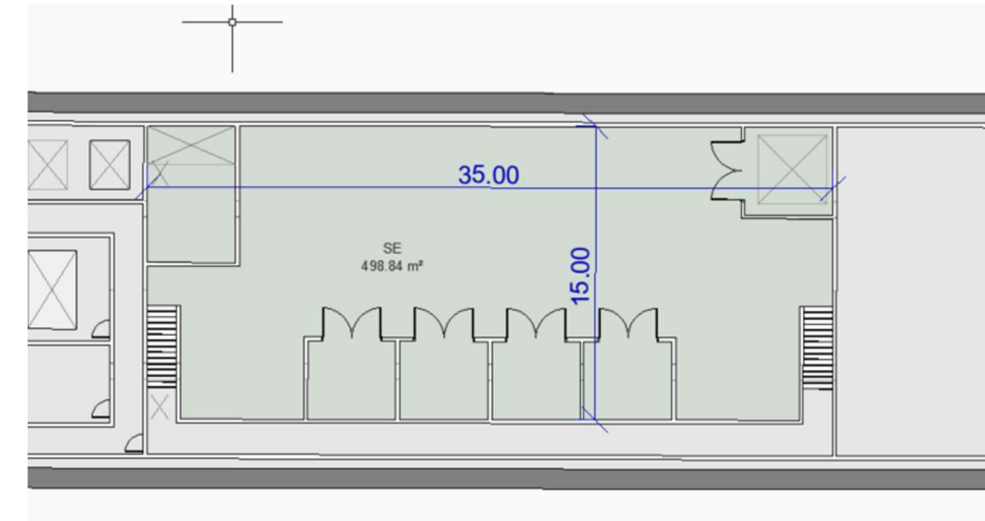
**Subestación de tracción en Mar de Cristal (nivel -3):**



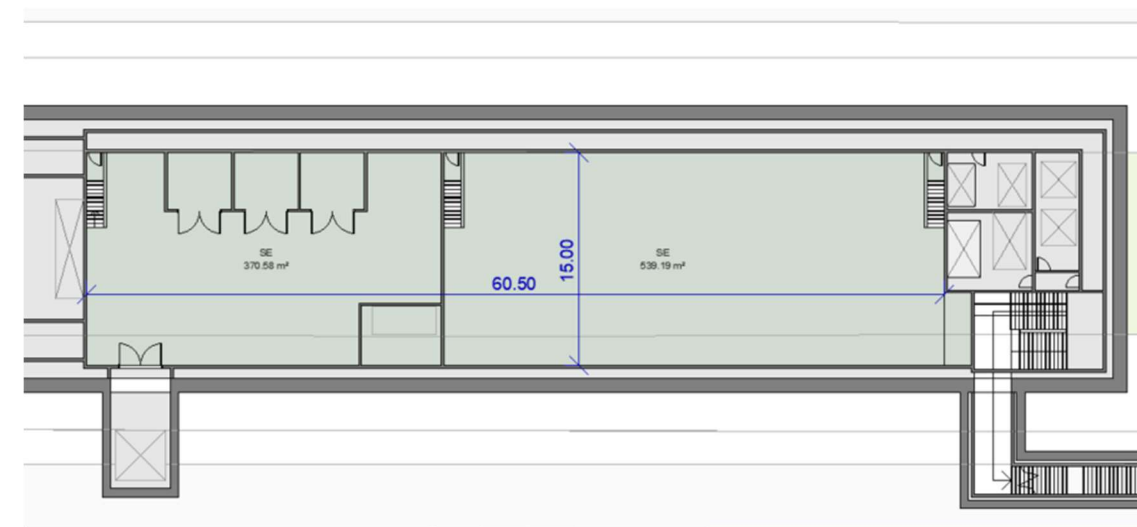
**Subestación de tracción en Intercambiador Ciudad de Justicia (nivel -5):**



**Subestación de tracción en Barajas T4 (nivel -1):**



**Subestación de tracción en Valdebebas Norte (nivel -2)**



#### 2.1.4. Centros de transformación de baja tensión 15 kV/0,4 kV

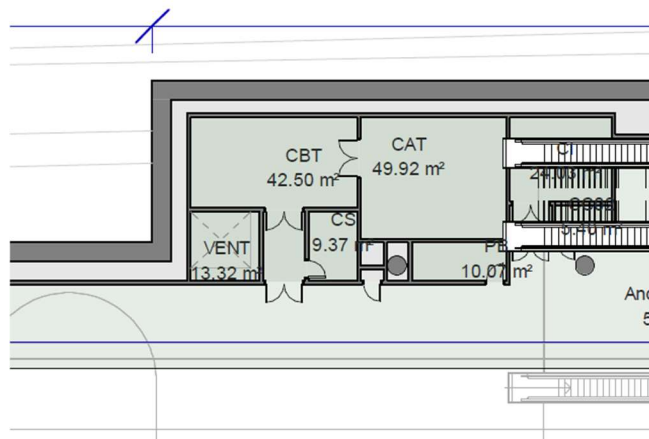
Cada estación estará dotada de un centro de transformación, con dos transformadores, sirviendo siempre uno de ellos como respaldo, por lo que la potencia de cada transformador deberá asumir todas las necesidades eléctricas de la estación y parte de alumbrado y fuerza del túnel que le corresponda.

Para ello se han habilitado un espacio en cada estación de dimensiones adecuadas para albergar todos sus elementos. Es competencia de Metro de Madrid el suministro e instalación de todos los sistemas y componentes de los centros de transformación, quedando, por tanto, su detalle fuera del alcance de este estudio informativo. No obstante, daremos una descripción general del mismo para dar idea de sus características.

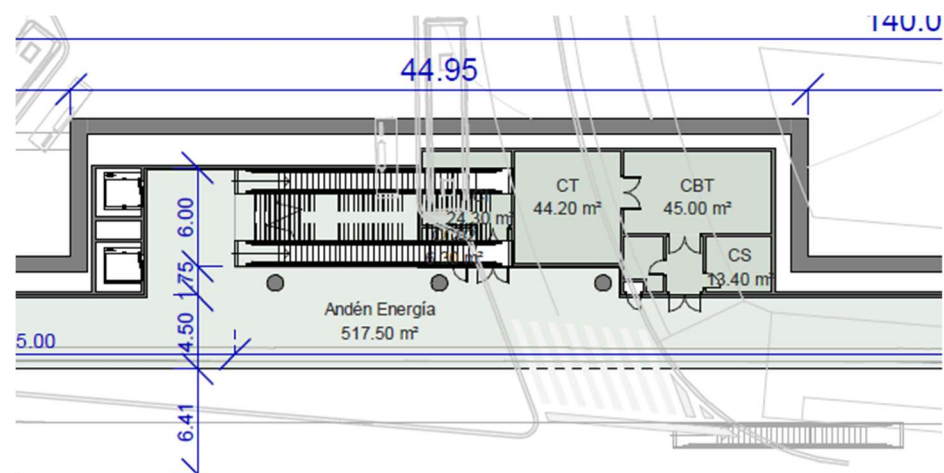
Cada transformador esta alimentado por dos líneas en MT independientes: Suministro Normal y Suministro duplicado. Ambas líneas discurren por el túnel enlazan todos los centros de transformación con las subestaciones.

La ubicación del centro de transformación de la estación (CT) está en la cota de andén de cada estación (Andén de Energía), y se pueden consultar en los planos correspondientes a cada estación:

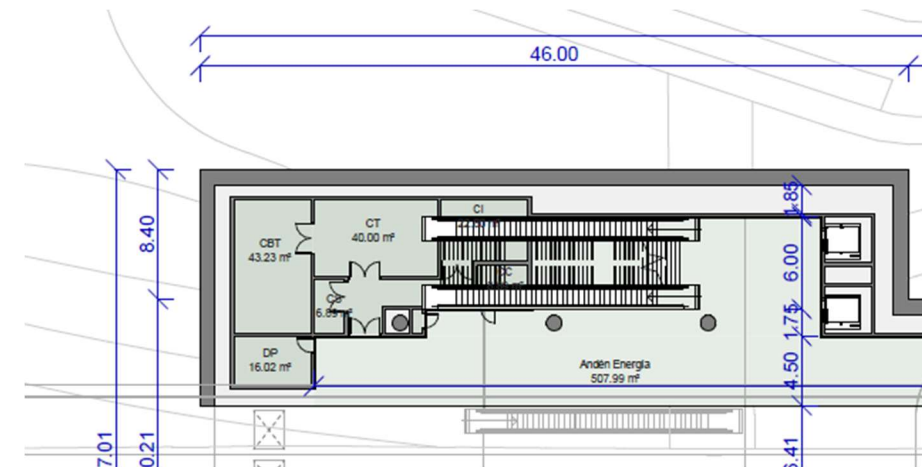
- Espacio para Centro de transformación en Mar de Cristal-Alfredo Kraus (CT en Nivel -5)



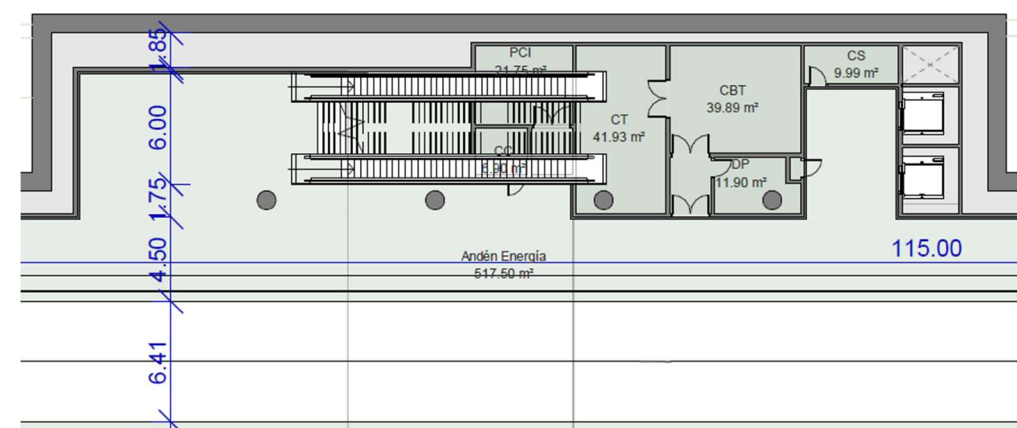
- Espacio para Centro de transformación en Mar de Cristal-Arequipa (CT en Nivel -5)



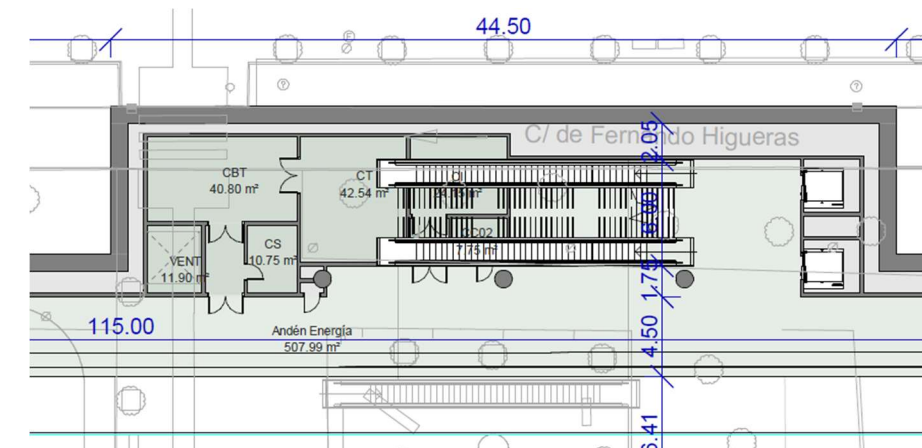
- Espacio para Centro de transformación en Ifema-Cárcavas (CT en Nivel -3)



- Espacio para Centro de transformación en Ifema-Cárcavas (CT en Nivel -8)

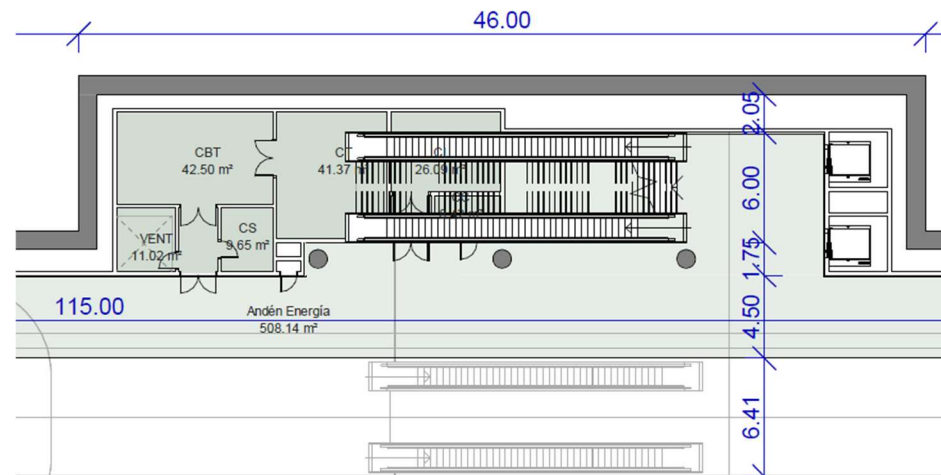


- Espacio para Centro de transformación en Hospital Zendal (CT en Nivel -4)

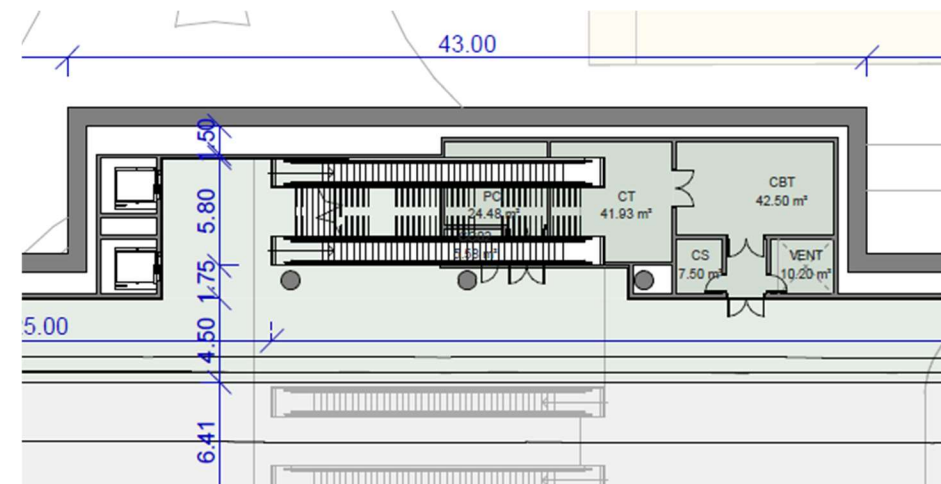




- Espacio para Centro de transformación en Barajas T4 (CT en Nivel -3)



- Espacio para Centro de transformación en Valdebebas Norte (CT en Nivel -4)



Los Centros de transformación, se encuentran divididos 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).

La unión de la celda de protección del transformador con este último se realizará a través de cables de Cu de aislamiento seco, unipolares, de 1x50 mm<sup>2</sup>, para 12/20 kV. Los terminales para este tipo de cables serán terminaciones de interior retráctiles en frío.

Se instalarán 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.

Las protecciones térmicas de los transformadores, se instalarán dentro del cuadro encastrando en éste, tanto los indicadores electromagnéticos de alarma y disparo como la centralita de protección y medida. En el interior se ubicará un regletero con las bornas correspondientes, y los relés de clapeta (ver plano correspondiente).

En la parte anterior de la celda del transformador, existe ya 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. Está formado por dos puertas abisagradas que permiten una apertura total de 180 °.

La puerta izquierda deberá llevar montado un pestillo de fijación al suelo por su cara interior, y la derecha dispondrá a 90 cm del suelo de una cerradura por llave, para enclavamiento con la maniobra del seccionador de puesta a tierra de la cabina de protección correspondiente al transformador.

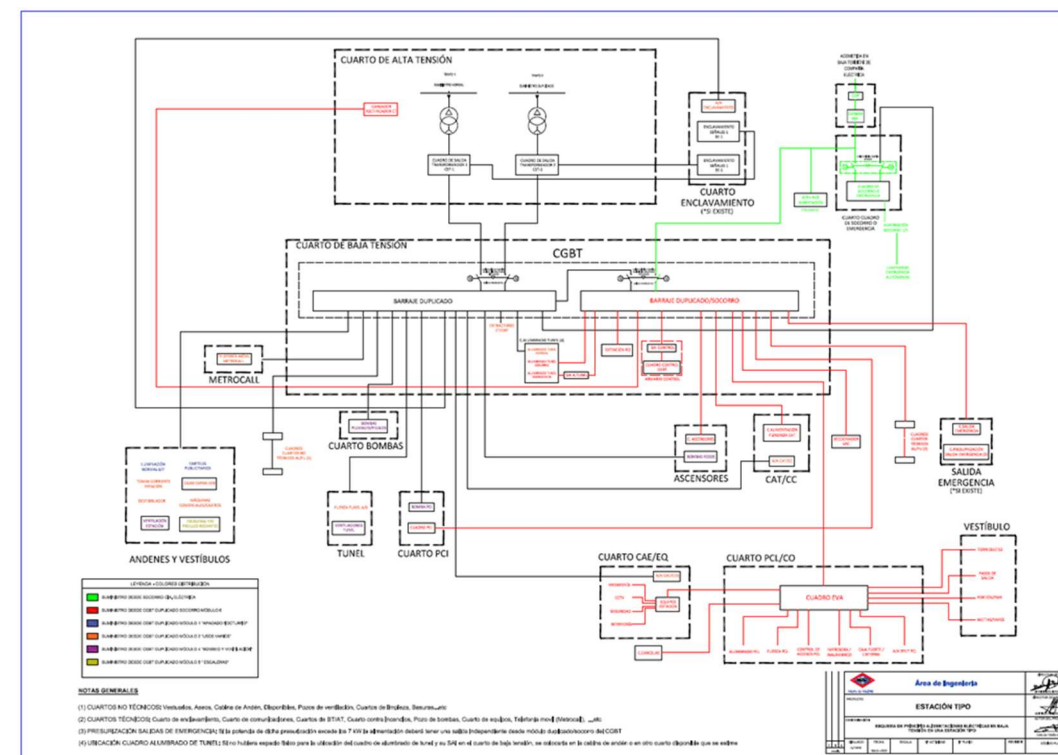
El sistema de enclavamientos de acceso a las celdas del transformador deberá incorporar 2 micros en sus puertas, uno conectado con el PLC y otro directamente a la cabina del transformador. La distancia entre frentes de las celdas de los dos transformadores existentes en el centro será de 1 metro como mínimo.

### Zona de Baja Tensión

Junto a cada CT se encuentra el cuarto para los cuadros de Baja Tensión. 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.

A continuación, se indica el diagrama unifilar y la distribución del aparellaje contenido en el cuadro general de baja tensión, particularizado con los distintos servicios específicos para la estación. Por otra parte, existirá un cuadro para realizar el telemando y supervisión del sistema, de acuerdo a lo establecido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de Metro de Madrid.



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.

El interruptor general de alumbrado nocturno será motorizado, para poder ser telemandado a través del autómatas de gestión.

En el C.G.B.T. algunos de los circuitos que se consideran críticos para un eventual desalojo de la estación en una situación de emergencia, serán motorizados.

En el siguiente apartado se indican las características más destacables de dicho cuadro.



### Cuadro General de Baja Tensión

El CGBT consta de varios módulos y de un embarrado general con dos interruptores enclavados, motorizados de conmutación automática, alimentados alternativamente por uno de los dos transformadores de la estación.

De él se alimentan, a través de las protecciones correspondientes, los circuitos de alumbrado, bombas, escaleras mecánicas, pasillos rodantes, rampas, C.C.I., ventilación, ascensores, etc., según se indica en los planos correspondientes.

- **Módulo I: Apagado nocturno.** En este módulo se encuentran los equipos necesarios para la desconexión y conexión automática de ciertos circuitos del alumbrado de la estación durante la noche, para originar el ahorro energético en ese período nocturno. El tiempo de duración de esta desconexión será programado a través del telemando o autómatas de gestión incorporado en el módulo. El autómata de gestión deberá ser un mini-autómata de tipo compacto con fuente de alimentación, sección de salidas, y sección de entradas, están incluidas y alimentación de 230 V, tipo TSX17 de Schneider o similar aprobado. La desconexión o conexión puede ser MANUAL o AUTOMÁTICA a través del telemando desde el Puesto de Mando o COMMIT gracias al autómata existente en el telemando de B.T
- **Módulo II:** Usos varios. En este módulo se conexionan los circuitos de alumbrado, enchufes y servicios de la estación que deben permanecer sin interrupción, ya que su utilización es necesaria durante el período nocturno.
- **Módulo III: Conmutación** (cable1- cable 2). A este módulo llegan los cables generales de alimentación de baja (nº 1 y nº 2) para conexionar a los interruptores enclavados y dar servicio por uno u otro cable al cuadro general de B.T.
- **Módulo IV: Bombeo y ventilación.** En este módulo van incorporados los equipos de protección para las bombas y ventilación.
- **Módulo V: Escaleras.** En este módulo van incorporadas las protecciones para las escaleras mecánicas de la estación. El número de salidas dependerá de las necesidades de cada estación. Los equipos incorporados en este módulo se agrupan en protecciones parciales, según las parejas de escaleras.
- **Módulo VI: Duplicado-Socorro.** En este módulo van incorporados los equipos de protección para ascensores, alumbrado de emergencia de túnel, SAI, seccionadores, bombas de emergencia etc.

Se dará la conexión a tierra adecuada al cuadro.

### Alimentación a los Servicios de la Estación

Desde el Cuadro General de Baja Tensión partirán líneas con la sección adecuada para alimentar los cuadros de protección de las distintas instalaciones; escaleras mecánicas, ventiladores, ascensores y estaciones de bombeo.

Las secciones del cableado serán calculadas, permitiéndose una caída de tensión máxima del 4,5% para alumbrado y 6,5% para el resto de cargas.

Las líneas de distribución que no alimenten directamente a receptores, es decir, aquellas que alimentan a cuadros secundarios, se dimensionarán para que la caída de tensión sea como máximo el 80% de la admisible, quedando al menos un 20% disponible para la línea de alimentación al receptor desde dichos cuadros.

La instalación de las líneas de alumbrado de la estación y se realizarán 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).
- **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.

El acceso a distancia al Cuarto de Alta Tensión se realiza desde el Puesto de Mando del Alto del Arenal y el Puesto de Réplica de Puerta del Sur. 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 del Alto del Arenal 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.

La protección térmica de los transformadores encapsulados se realizará por medio de termistores de coeficiente de temperatura positivo. En caso de calentamiento excesivo, si los transformadores sobrepasan el “valor de referencia”, se accionan los relés de alarma leve, y si persiste, se accionará el de disparo. Los elementos exteriores se instalarán en un armario y se harán conexiones de forma que el relé auxiliar de disparo actúe sobre el interruptor automático en la cabina de protección del transformador disparándolo, por lo que el transformador quedará fuera de servicio.

Cuando actúe la alarma leve, es necesario un indicador óptico en las puertas de los cofres de protección.

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.

#### Material de seguridad:

Con objeto de proporcionar al personal la debida protección, se dispondrá, en cada cuarto de transformación de una pértiga de comprobación de tensión, una banqueta de madera aislada de tierra, guantes de goma, etc, según el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Igualmente habrá en cada celda un detector permanente de tensión.

## **2.2. DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA**

Cada estación contará, además del suministro de media y baja tensión propias, de un suministro en baja tensión como sistema de socorro y emergencia.

Se trata de un suministro exterior proveniente de una Compañía Suministradora de Electricidad. Esta acometida 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 como:

- Servicios auxiliares de la estación.
- Alumbrado de socorro del Túnel
- Sistemas de protección contra incendios
- Armarios de control.
- Ascensores
- Presurización de escaleras,
- Sistemas de bombeo y achique
- Megafonía
- CCTV
- Control Accesos
- Seguridad
- Interfonía
- Cuadro EVA
- Salidas de Emergencia

### 2.2.1. Acometida en baja tensión de la estación: suministro de socorro

El suministro de socorro partirá de una acometida en baja tensión procedente de la red de distribución de baja tensión del lugar.

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.

#### Caja general de protección:

Para el suministro de socorro proveniente de la red eléctrica de la Compañía Suministradora, en el caso de fallo en la red de Metro, se dispondrá de un módulo de contadores que se colocará en un cuarto destinado a tal fin, en el vestíbulo de entrada a la estación.

Se instalará en un lugar de libre y permanente acceso. Su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

Al ser la acometida en baja tensión subterránea, la caja general de protección se instalará en un nicho en pared, que se cerrará con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 10, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora. La parte inferior de la puerta se encontrará a un mínimo de 30 cm del suelo.

En el nicho se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos para la entrada de las acometidas subterráneas de la red, conforme a lo establecido para canalizaciones empotradas.

La caja general de protección a utilizar corresponderá a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente. Dentro de la misma se instalarán cortocircuitos fusibles en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación. El neutro estará constituido por una conexión amovible situada a la izquierda de las fases, colocada la caja general de protección en posición de servicio, y dispondrá también de un borne de conexión para su puesta a tierra si procede.

#### Línea general de alimentación:

La línea general de alimentación proveniente de la red de compañía comienza en la Caja General de Protección situada en la entrada de la estación y llega hasta el Módulo de

Contadores. La línea general de alimentación está formada por cable de cobre unipolar, de aislamiento 0,6/1 kV RZ1-k.

#### Derivación individual

La derivación individual se realiza desde el módulo de contadores con conductor de aislamiento 0,6/1 kV RZ1-k, flexible de clase 5, libre de halógenos, no propagador de la llama (UNE 50.265-1) y no propagador del incendio (UNE 20.427).

Proporciona alimentación eléctrica al Cuadro de Socorro de la estación.

### 2.2.2. Redes interiores de distribución de baja tensión

Es competencia de Metro de Madrid el diseño y distribución de todas las redes eléctricas de baja tensión en las estaciones y túneles, quedando únicamente dentro del alcance de este estudio informativo los pasos de canalizaciones y obra civil necesaria que facilite la implantación de dichas redes. No obstante, en este apartado realizaremos una breve descripción de los componentes principales de las redes interiores de distribución en Baja tensión.

Las redes interiores de distribución de Baja Tensión están compuestas por: Cuadro general de baja tensión, cuadros secundarios, canalizaciones eléctricas, distribución de circuitos eléctricos.

#### Cuadro principal y secundarios

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 a instalar se dividen según el tipo de alimentación en:

De 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.):

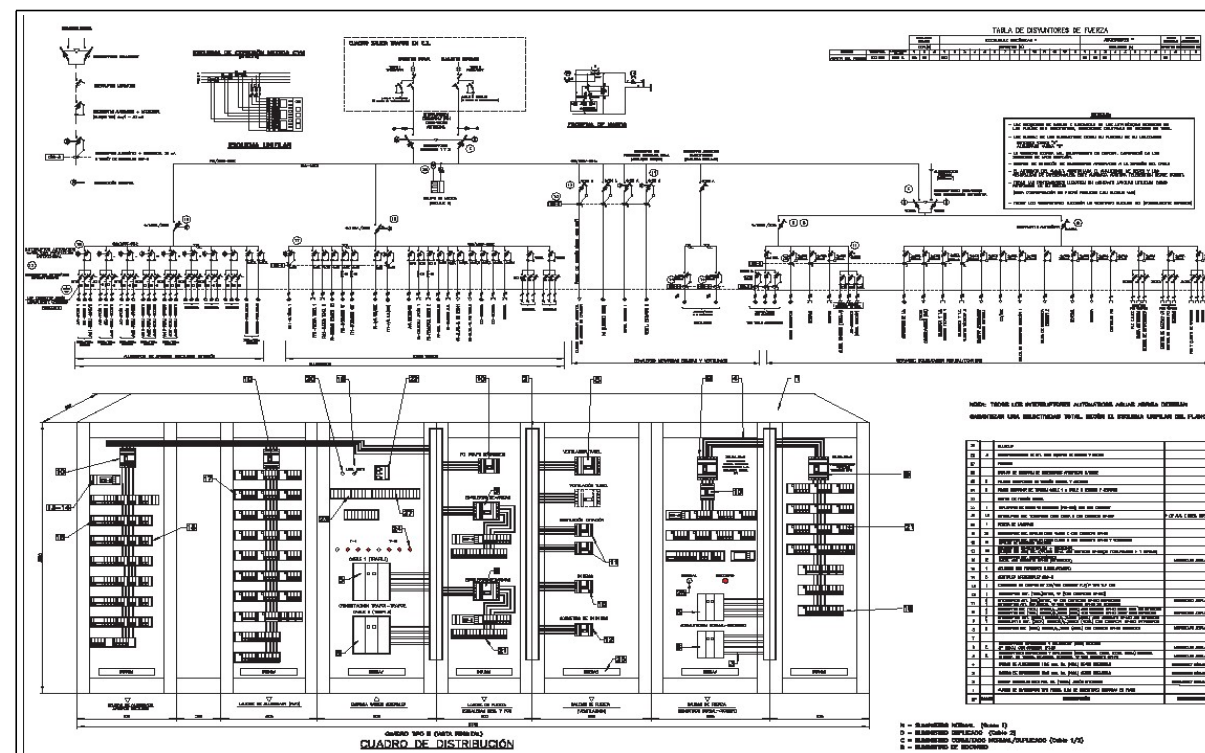
- Cuadro secundario de alumbrado y fuerza del CT.
- Cuadros secundarios de cuartos no técnicos.
- Cuadros secundarios de cámaras bufas.
- Cuadro secundario cuarto de operador.
- Cuadro secundario cuarto jefe de estación.
- Cuadro secundario templete.
- Cuadro secundario vestuario.
- Cuadro de alumbrado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



**Cuadros de 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.

Ejemplo de cuadro general de baja tensión:



### 2.2.3. Distribución de energía en pozos interestación

Cuando existan centros de transformación dedicados a la ventilación de túnel (CTV), generalmente en Inter estaciones de grandes longitudes, se permitirá que se alimente parcialmente desde dicho CTV.

En este caso el cuadro de protección y mando se ubicará en el propio pozo de ventilación, pero el telemando debe gestionarse desde la estación más próxima. Este punto solo deberá aplicarse en Inter estaciones mayores de 2.400 m (2x600 + 2x600).

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.

### 2.2.4. Distribución de redes de baja tensión en túneles

Los túneles se dotarán de servicio de alimentación en baja tensión para el uso de los sistemas de alumbrado, tomas de fuerza y otros puntos de alimentación (salidas de emergencia, pozos de ventilación, pozos de bombeo, etc....).

Desde los cuadros secundario de alumbrado de la estación, partirán los circuitos de alumbrado normal de socorro, balizamiento y de emergencia del túnel. También se deberá dar servicio a las tomas de fuerza distribuidas por toda la longitud del túnel, cuya misión será la de permitir la conexión en determinadas partes del túnel, de focos o pequeñas máquinas para realizar ciertos trabajos de mantenimiento.

Cada estación, alimentará la mitad del túnel colateral correspondiente, y se colocarán cajas de derivación cada 25m, desde donde saldrá una alimentación a un cofre aislante dotado de un interruptor automático magnetotérmico.

Los cuadros de Salidas de Emergencia de túnel alimentarán los circuitos de alumbrado, el portón y los equipos de presurización de la salida de emergencia e irán alimentados directamente desde el embarrado de duplicado-socorro del CGBT. En caso de que la presurización supere los 7 kW se realizará la alimentación en dos circuitos separados. La instalación de las líneas de alimentación a las Salidas de Emergencia de túnel, se efectuarán mediante conductores resistentes al fuego SZ1-k 0,6/1 kV (AS+) de cobre.

El suministro de las líneas de distribución desde CGBT a Pozos de Bombeo de Túnel será realizada por conductores RZ1-k 0,6/1 kV de cobre desde el módulo del Duplicado de Socorro del CGBT para la alimentación de una de las tres (3) bombas que se considerará de emergencia (además de su alimentación para funcionamiento normal) dentro del pozo de bombeo de túnel según se indica en los planos de esquemas unifilares (ver anejo A18 INSTALACIONES NO FERROVIARIAS). Es importante la consideración de que no siempre los pozos de bombeo coinciden, comparten, los pozos de ventilación. En estos casos, los más habituales, la alimentación de estos pozos parte directamente de los Cuadros de baja de la estación más próxima.

### 2.2.5. Distribución de redes de media tensión

Por los túneles se tienden los cables de energía correspondientes a la interconexión de los centros de transformación mediante perchas o bandejas en los hastiales de las dos líneas de 15 kV comentadas, y de la conexión de estas líneas con la SS/EE correspondiente. En caso de utilizar bandejas, deberán evitarse las metálicas.

Las bandejas que se aconseja emplear en las instalaciones para el tendido de los cables, así como sus soportes horizontales y verticales, deberán ser del tipo de bandeja de escalera de material aislante, sin halógenos, color gris, no propagador de la llama, 135x400 modelo 67420-04 de Unex o equivalente. Debe presentar como características principales:

- a) Temperatura mín./máx. de transporte, almacenaje, instalación y uso: -20°C a +60°C
- b) Resistencia al impacto: 20 J a -20°C
- c) Propiedades eléctricas: no metálico, sin continuidad eléctrica, no conductor.
- d) Resistencia a la propagación de la llama s/ EN 60695-11-2:2003: No propagador de la llama.

En los tramos de túnel de herradura donde no sea posible la instalación de bandeja y en los fosos de entrada a centros de transformación se colorarán unos soportes tipo carril DIN de 1000mm con abrazaderas. Las abrazaderas tendrán un diámetro comprendido entre 24 y 72 mm.

Ejemplo de distribución de redes de baja tensión en túneles Inter-estaciones

