

**PROYECTO FIN DE CARRERA**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DESCRIPCIÓN Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES  
REQUERIDAS EN UN TÚNEL DE MONTAÑA**

**AUTOR:**  
LUIS ALBERTO LÓPEZ ESTRADA

**DIRECTOR:**  
ESTER OLMEDA

**SEPTIEMBRE 2009**

## INDICE

<u>Capítulo</u>	<u>Página</u>
<b>1. Introducción y antecedentes.....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción .....	1
1.2. Antecedentes.....	2
<b>2. Introducción a las instalaciones en túneles.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Memoria descriptiva.....</b>	<b>6</b>
3.1. Objeto del proyecto.....	6
3.2. Alcance.....	6
<b>4. Descripción de las instalaciones.....</b>	<b>7</b>
4.1. Suministro de energía.....	7
4.1.1. Media tensión.....	7
4.1.2. Cuartos técnicos.....	9
4.1.3. Grupos electrógenos.....	11
4.1.4. Conductores.....	12
4.1.5. Canalizaciones.....	12
4.2. Sensores de calidad ambiental y control de la ventilación.....	13
4.2.1. Aparatos propuestos y lámparas.....	13
4.2.2. Alumbrado de seguridad y de guiado de evacuación.....	14
4.3. Sensores de calidad ambiental y control de la ventilación.....	14
4.4. Ventilación.....	15
4.4.1. Diseño.....	15
4.4.2. Funcionamiento de la ventilación.....	16
4.5. Red de control.....	20
4.6. Postes SOS.....	23
4.7. Señalización de evacuación.....	24
4.8. Sistema contra incendios.....	25
4.8.1. Detección de incendios.....	25
4.8.2. Extinción de incendios.....	27
4.8.3. Extintores portátiles.....	33
4.8.4. Extinción automática por gas FM-200.....	33
4.9. Gestión de tráfico.....	34
4.10. Megafonía.....	36
4.11. Redifusión radio.....	37
4.11.1. Descripción de las facilidades del funcionamiento del sistema.....	38

---

4.11.2. Validación del cable radiante de 1/4”.....	38
4.12. Vigilancia por CCTV.....	39
4.12.1. Descripción de la instalación.....	39
4.12.2. Detección de incidencias.....	41
4.13. Centro de control.....	42
4.13.1. Equipos.....	43
4.13.2. Breve descripción de funcionalidades e integración de sistemas.....	44
4.13.3. Almacenamiento de la información e informes del sistema.....	48
4.14. Puertas de evacuación y emergencia.....	48
<b>5. Cálculos eléctricos.....</b>	<b>50</b>
5.1. Evaluación de potencias eléctricas.....	50
5.2. Cálculo de líneas.....	51
5.3. Cálculo de las baterías de condensadores.....	51
5.4. Cálculo de las corrientes de cortocircuito.....	52
<b>6. Cálculos de alumbrado.....</b>	<b>53</b>
6.1. Consideraciones generales.....	53
6.2. Zonas.....	54
6.3. Regímenes.....	55
6.4. Descripción de la solución propuesta.....	56
<b>7. Cálculos de ventilación.....</b>	<b>64</b>
7.1. Hipótesis de cálculo.....	64
7.2. Método de selección de ventiladores, criterios y resultados.....	64
7.3. Cálculos en el tubo I.....	68
7.4. Cálculos en el tubo II.....	71
<b>8. Presupuesto.....</b>	<b>75</b>
<b>9. Conclusiones.....</b>	<b>77</b>
<b>10. Bibliografía.....</b>	<b>79</b>

**Anejo I: Cálculos de circuitos**

**Anejo II: Datos del PIARC sobre emisiones**

**Anejo III: Desglose del presupuesto**

**Anejo IV: Planos**

---

## **1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

Los túneles de carretera son elementos que por sus singulares características dentro de la red viaria merecen una atención especial. No es porque en ellos se produzcan más accidentes que en otros puntos del trazado de las carreteras, sino porque cualquier incidencia grave que les afecte puede provocar alarma social, dadas las circunstancias concurrentes y específicas del lugar en que se produce, las dificultades de rescate o evacuación, el dramatismo provocado por el confinamiento o el trastorno que para el sistema de transportes puede suponer el cierre temporal de un tramo viario, en ocasiones con alternativas difíciles o inexistentes [RD 635/2006].

Las instituciones europeas, estimuladas por accidentes muy graves que tuvieron lugar años pasados en diversos túneles del continente, decidieron la adopción de medidas tendentes al establecimiento de requisitos que garantizaran adecuadas condiciones de seguridad en los túneles de la red transeuropea de carreteras. Fruto de esta iniciativa ha sido la aprobación de la Directiva 2004/54/CE [Directiva 2004/54/CE].

La transposición al ordenamiento jurídico español de la citada norma, así como la propia decisión del Gobierno de la Nación de mejorar las condiciones de seguridad en la red viaria y más en particular en los túneles, han determinado la conveniencia de regular jurídicamente las condiciones de diseño y explotación de los túneles de las carreteras del Estado mediante el Real Decreto 635/2006 [RD 635/2006].

La adecuación de los túneles incluidos en la red transeuropea de carreteras deberá haber concluido antes del 30 de abril de 2014, pudiéndose ampliar el plazo, en determinadas situaciones, hasta el 30 de abril de 2019 [Directiva 2004/54/CE].

Puesto que el túnel objeto del proyecto es un túnel actualmente en funcionamiento que debe adaptarse a la nueva normativa, hay instalaciones que pueden ser aprovechadas y otras que deben desmontarse. Sin embargo, en este proyecto se obviará cualquier mención al estado actual del túnel por ser de escaso interés para un proyecto fin de carrera, y se considerará que se trata de un túnel de reciente construcción. También se obviarán las instalaciones que este túnel comparte con otros túneles.

Además, dado que no se ha podido mencionar el nombre del túnel, por respeto a la confidencialidad con el cliente, se considerarán los datos del túnel como datos supuestos.

## 1.2. ANTECEDENTES

En la figura 1 se muestra un esquema de las características constructivas del túnel, de las cuales parte este proyecto.

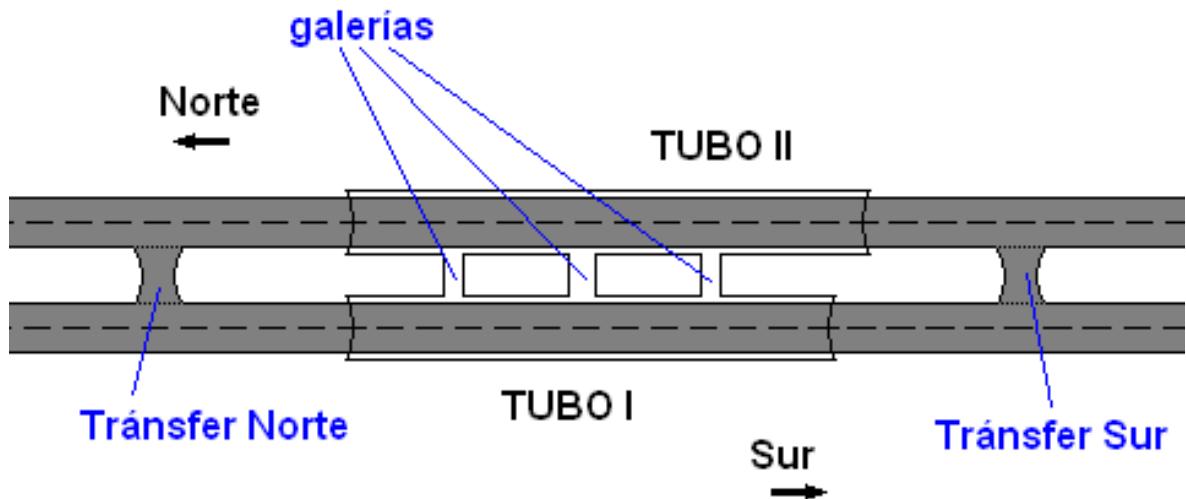


Figura 1: Esquema de las características constructivas del túnel

Las características más relevantes del túnel supuesto en el proyecto son las siguientes:

- Túnel de montaña, con orientación aproximada Norte-Sur.
- Intensidad Media Diaria (IMD) de 10.000 vehículos/día (superior a 2.000 por carril, pero sin riesgo de congestión).
- La velocidad máxima de circulación en el túnel es de 100 km/h.
- Porcentaje de circulación de vehículos pesados del 15%, estando permitido el paso de mercancías peligrosas.
- Longitud de los tubos: Túnel I de 1609 m y Túnel II de 1651 m.
- Tipo unidireccional, con tubos independientes para cada sentido de circulación.
- Sección transversal habilitada para dos carriles.

Otras características destacadas del túnel, acerca de su construcción, son:

- Con el fin de facilitar la evacuación de personas y el acceso de vehículos de emergencia se han dispuesto tres galerías de conexión entre tubos, disponiendo la central de dimensiones y características adecuadas para el paso de vehículos de emergencia. La galería peatonal Norte (GP1) está situada a 400 m de la boca Norte, la galería de vehículos central (GV1) está situada en el centro del túnel y La galería peatonal del Sur (GP2) se encuentra situado a 420 m de la boca Sur.

- Las pendientes máximas y mínimas alcanzadas a lo largo del tubo I son 0,5 % y -1,83 %, y a lo largo del tubo II son 1,83 % y -0,5 %.
- La sección de cada uno de los tubos es en forma de bóveda.
- Gálibo: 5,25 m
- Carriles de 3,5 m de anchura y arcenes de 1 m en el lateral izquierdo y 2,5 m en el derecho, que permitirían una posible ampliación futura a tres carriles de circulación eliminando los mismos.
- Disposición de aceras de 1,1 m de anchura a los dos lados de cada tubo.
- Pasos de mediana (tránsfer) situados en las proximidades de cada una de las bocas.
- Nichos aproximadamente cada 100 m en el paramento (lado derecho de la circulación) para la instalación de los armarios de equipos y postes SOS, sin disminuir la anchura libre de la acera.
- Dos nichos amplios junto a la galería de vehículos, uno en el tubo I para la ubicación de un centro de transformación, y otro en el tubo II para un cuarto técnico y un grupo electrógeno.
- Disposición, en ambos tubos, de una red de drenaje con elementos que impidan la propagación de incendios, con depósito de separación de hidrocarburos situado bajo la galería de conexión Sur.

Este túnel sería uno de los más largos dentro de los túneles encontrados en España, y por lo tanto es más interesante de cara a analizar sus requerimientos de instalaciones, ya que a mayor longitud del túnel más seguridad le exige el Real Decreto 635/2006 [RD 635/2006].

## **2. INTRODUCCIÓN A LAS INSTALACIONES EN TÚNELES**

Se describen a continuación los conceptos referentes a túneles que serán tratados a lo largo de este proyecto:

**Salidas de emergencia y vías de evacuación:** Las salidas de emergencia permitirán a los usuarios del túnel utilizarlas para abandonar el túnel sin sus vehículos y llegar a un lugar seguro en caso de accidente o incendio y también proporcionarán acceso a pie a los servicios de emergencia del túnel [RD 635/2006]. Dichas salidas podrán ser:

- Salidas directas del túnel al exterior.
- Conexiones transversales entre tubos del túnel.
- Salidas a galería de emergencia.

**Tránsfer o cruce de mediana:** Siempre que sea viable técnicamente se debe posibilitar el cruce de la mediana en la proximidad cada boca en el exterior de los túneles para facilitar el acceso de los servicios de emergencia.

**Cuartos de servicio:** Para que un túnel como el tratado en este proyecto disponga de completo servicio debe servirse de los siguientes cuartos:

- **Cuartos técnicos:** En ellos se encuentran los Centros Generales de Baja Tensión (CGBT) y algunos equipos de ayuda a la comunicación dentro del túnel.
- **Cuartos de grupo electrógeno:** En ellos se encuentra el grupo electrógeno, de apoyo al suministro eléctrico
- **Centros de transformación:** Para transformar de Media Tensión (MT) a Baja Tensión (BT).
- **Central hídrica:** Para bombear el agua de la red de Bocas de Incendio Equipadas (BIEs) e hidrantes a usar en caso de incendio.
- **Centro de control:** En el cual se recoge la información relevante, y dispone de operarios.

**Ventilación:** La ventilación en túneles es muy importante debido a que un túnel es una zona relativamente cerrada en la cual el aire tiende a enrarecerse por la presencia de vehículos. De hecho, el código de circulación indica que dentro de un túnel los conductores deben apagar el motor si prevén que el vehículo permanecerá parado más de 2 minutos.

Además se cuenta con el riesgo de incendio, y las correspondientes emisiones de humos tóxicos.

**Alumbrado:** El alumbrado dentro de un túnel es especial, dado que no se limita a iluminar, sino que además tiene en cuenta que la vista del conductor debe adaptarse al contraste entre el exterior y el interior. Además, se tiene en cuenta que el sistema de alimentación del alumbrado puede fallar y se debe disponer de un alumbrado de seguridad.

**Red de postes SOS:** De igual modo que una autopista dispone de una red de puestos de SOS cada cierta distancia, el interior de un túnel dispone de una prolongación de dicha red.

**Detección de emisiones:** Para evitar el enrarecimiento del aire de forma eficiente se dispone de un sistema de detección de emisiones que debe coordinarse adecuadamente con el sistema de ventilación.

**Detección de incendios:** Para el sistema de ventilación, el incendio es la situación más crítica. El sistema de detección de incendios no se limita sólo al túnel, sino que también se detectan los posibles incendios en los cuartos de servicio.

**Extinción de incendios:** Los túneles disponen de elementos para la extinción activa de posibles incendios, como la red de agua para BIEs e hidrantes, extintores portátiles, y extinción automática por gas, así como sistemas de alarma.

**Red de comunicaciones:** En los túneles de características como las de este proyecto, se intenta conseguir el pleno conocimiento de los acontecimientos relativos a la seguridad en el interior, teniendo en cuenta que desde el exterior no se podría saber qué ocurre dentro. Para ello se establecen sistemas de recogida de datos que se comunican al centro de control, como el sistema de cámaras de televisión (CCTV), se recogen también los datos sobre emisiones, el flujo de vehículos entrantes y salientes, etc. Además, desde el centro de control se puede informar a los usuarios del túnel mediante el sistema de megafonía y mediante los paneles de mensaje variable.

### **3. MEMORIA DESCRIPTIVA**

#### **3.1. OBJETO DEL PROYECTO**

El presente proyecto tiene como objetivo definir y calcular las instalaciones necesarias para la adecuación de un túnel de montaña genérico, de acuerdo a normativa, con la finalidad de llevar a cabo una adecuada explotación del mismo y facilitar la fluidez y seguridad de la circulación, así como garantizar unas condiciones de confort adecuadas a los usuarios.

Si bien el cálculo de algunas instalaciones como la ventilación o los sistemas de seguridad de un túnel estudiados con todo detalle podrían constituir en sí mismos un proyecto completo no se ha pretendido aquí sino dar una visión completa de la totalidad de equipos y sistemas que permiten la adecuada explotación del mismo.

#### **3.2. ALCANCE**

Se contemplan en el presente proyecto todas las instalaciones recogidas en las normativas vigentes y en las recomendaciones internacionales encaminadas a mantener unas condiciones de confort y seguridad del usuario lo más próximas posible a la circulación a cielo abierto, y a garantizar una rápida y adecuada actuación en caso de incidente en su interior que permita minimizar sus consecuencias.

## **4. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

### **4.1 SUMINISTRO DE ENERGÍA**

Se considera que la acometida aérea a los centros de transformación Norte y Sur llega a través de dos líneas de compañía provenientes de subestaciones totalmente independientes [RD 635/2006]. Las consideraciones relativas a las acometidas eléctricas no forman parte de este proyecto.

En el exterior del túnel se independiza la media y la baja tensión en cuartos diferentes para cumplir con la normativa vigente [REBT 2002]. Para ello se instalarán 2 centros de transformación prefabricados en cada extremo del túnel (Norte y Sur), y los cuartos técnicos, en los que se encontrarán los cuadros generales de Baja Tensión, se construirán aparte. En el interior del túnel el cuarto técnico y el centro de transformación serán construidos con tabiquería en lugares separados, en los nichos creados para ello.

Se instalarán grupos electrógenos y Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI) de capacidad suficiente como para soportar la carga de los suministros de seguridad y de emergencia respectivamente [RD 635/2006]. Los grupos electrógenos se instalarán en edificios prefabricados, excepto el grupo electrógeno del interior, que se encontrará dentro del nicho en el cual está el cuarto técnico interior.

La construcción del cuarto técnico y del centro de transformación interiores no es objeto de este proyecto.

#### **4.1.1. MEDIA TENSIÓN**

En el exterior del túnel se instalarán 2 centros de transformación prefabricados en cada extremo del túnel (Norte y Sur), y en el interior del tubo I y junto a la galería de vehículos se construirá, mediante tabiquería, un cuarto donde se ubicará el centro de transformación. En ellos se instalarán celdas preparadas para motorizarse y transformadores secos, que serán de 15kV/420V.

Todos los centros de transformación dispondrán de doble acometida. Las celdas de media tensión se motorizarán y telemandarán desde el Centro de Control, de forma que se pueda restablecer de forma rápida el suministro de energía en caso de fallo [RD 635/2006].

La potencia de los transformadores se refleja en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3 (capítulo 5).

Se instalará una línea de media tensión que une los tres centros de transformación, y las líneas de suministro irán alimentando una al centro de transformación del Norte y otra al del Sur.

#### Sistema de control de distribución de media tensión:

Se instalará un sistema de control para la doble alimentación entre el centro de transformación del Norte y el del Sur, para la alimentación del túnel, consistente en un armario de telecontrol tipo Talus por centro de transformación para los interruptores de línea, con la siguiente composición:

- Sinóptico de control y mando local
- CPU para control y mando de los interruptores
- Cargador de baterías
- Detección de defecto de fases integrada
- Detección de defecto homopolar integrado
- Medida de intensidad de carga integrada
- Alimentación de la motorización de los interruptores integrada
- Tarjeta de comunicaciones integrada con protocolo MODBUS en RS485, y preparada para funciones de telemundo
- Conexión a los interruptores con conector desenchufable
- Envoltorio de acero inoxidable

El sistema se controlará desde un ordenador instalado en el Centro de Control, en el cual se instalará un software, denominado paquete Scada, y el suministrador desarrollará una aplicación específica para el control de su red de distribución de media tensión, con las siguientes funcionalidades:

- Pantalla gráfica con el esquema unifilar completo de toda la red de distribución de media tensión controlada por el sistema, sobre la que se podrá visualizar en tiempo real el estado de todos los interruptores controlados, y por medio de coloración dinámica, disponer de la información completa de los puntos desde los que están siendo alimentados cada uno de los centros controlados por el sistema
- Control y telemundo de apertura/cierre de todos los interruptores motorizados y controlados por el sistema

- Tarea de alarmas de todos los elementos controlados por el sistema
- Control de usuarios del sistema
- Herramienta de informes históricos de alarmas, actuaciones sobre interruptores, y control de usuarios del sistema

El sistema funciona disparando, ante un defecto de fase o un defecto homopolar en cualquier punto de la distribución de media tensión, las protecciones del interruptor de la línea de salida del centro de reparto desde el que se esté alimentando el tramo de línea que provocó el defecto.

Tanto en la tarea de alarmas como en la pantalla del unifilar se visualizarán los centros de transformación que han visto el paso del defecto, y por consiguiente el defecto estará localizado entre el último centro de transformación que detectó el paso del defecto, y el primer centro de transformación que no lo detectó.

Con esta información, el operador del sistema deberá aislar el tramo en defecto, y una vez hecho esto, podrá restablecer el servicio cerrando el interruptor de salida de línea que había disparado, en el centro de reparto desde el cual estaba alimentado este tramo de distribución de media tensión.

#### 4.1.2. CUARTOS TÉCNICOS

Los cuartos técnicos, en los que se encontrarán los CGBT, se construirán en el exterior del túnel, en los extremos Norte y Sur, y en el interior se construirá en el nicho creado para ello, en el tubo II junto a la galería de vehículos.

El sistema de tierra y neutro elegidos para toda la instalación es el sistema TT.

Existirá un S.A.I. en cada cuarto técnico que será trifásico y con una autonomía de 30 minutos, desde el que se alimentará una parte del cuadro general [RD 635/2006].

Desde el S.A.I. se llevarán las señales de funcionamiento y de avería, al control centralizado, mediante el sistema de recogida de señales.

El cuadro general de cada cuarto técnico se compone de varios paneles de diferentes dimensiones y de 2 m de altura. Tendrá las entradas correspondientes de red, grupo y S.A.I. y en cada una de las entradas se instalará un interruptor automático magnetotérmico,

así como 3 transformadores de intensidad y un analizador de redes. El analizador de redes se conectará con la red de comunicaciones y control.

El control centralizado también es el encargado de gestionar las diferentes cargas, de forma que ante una situación de emergencia seleccionen aquellas cargas prioritarias de tal manera que no se supere la potencia de los grupos electrógenos.

En cada embarcado existirán interruptores automáticos magnetotérmicos con protección diferencial de 30 mA de sensibilidad, para circuitos de alumbrado, y de 300 mA para alimentación de ventiladores y demás salidas [REBT 2002].

Se han agrupado los circuitos de alumbrado en:

- Iluminación de días soleados
- Iluminación de días nublados
- Iluminación nocturna
- Iluminación de seguridad
- Iluminación exterior
- Alimentación de reductores de flujo de los proyectores de alumbrado
- Alumbrado de guiado y de emergencia y sus respectivos telemandos

Para cada circuito habrá un contactor que permitirá el encendido y apagado a distancia, mediante las señales de control y mando.

Todos los ventiladores de chorro tendrán un arrancador estático para su arranque y, además, tendrán inversión del sentido de giro. Todos ellos podrán ponerse en marcha y pararse desde el control.

Conectada al embarcado del cuadro general habrá una batería de condensadores automática, de la potencia adecuada para corregir el factor de potencia hasta un valor próximo a la unidad.

Los diferenciales serán superinmunizados y rearmables automáticamente, para minimizar los tiempos de falta de suministro ante armónico o en caso de tormenta.

Se dispondrán contactores conectados al bus de campo para conocer el estado de cada uno de los elementos de protección y mando.

#### **4.1.3. GRUPOS ELECTRÓGENOS**

Los grupos electrógenos exteriores se ubicarán en cuartos prefabricados en el exterior en los extremos Norte y Sur, y en el interior estarán junto al C.T. Interior, separado mediante tabiquería

La misión de estos grupos será dar servicio de emergencia en caso de fallo de red, su arranque será automático a falta de tensión, aunque también se podrá arrancar manualmente (o telemandado desde el Centro de Control) para hacer pruebas periódicamente, la conmutación se realizará automáticamente en el cuadro general del centro de transformación correspondiente.

Se instalará un sistema de extracción de los gases de escape mediante tuberías y silencioso hasta el exterior del recinto y un depósito de combustible con una capacidad suficiente para asegurar su funcionamiento durante unas ocho horas, suficientes para la evacuación de cualquiera de los túneles. El lleno de estos depósitos se realizará desde un camión cisterna con bomba, para lo cual se ha previsto el espacio necesario para que dicho vehículo se estacione en las proximidades.

Se instalarán rejillas de ventilación para salida y entrada de aire. Los grupos electrógenos se emboquillarán con la rejilla de salida para que no se mezcle el aire que desprende el grupo electrógeno con el que entra en el cuarto desde el exterior.

El cuadro de control instalado en el mismo local del grupo dispondrá de los siguientes indicadores de funcionamiento:

- Amperímetro para medir la intensidad suministrada por el alternador.
- Voltímetro para medir la tensión en bornas de alternador.
- Frecuencímetro para medir la frecuencia de la corriente suministrada.
- Cuenta horas de funcionamiento del grupo electrógeno.
- Indicador de la temperatura del agua del circuito de refrigeración del motor.
- Indicador de la presión del aceite del circuito de lubricación del motor.
- Indicador del nivel de combustible.
- Voltímetro para medición de la tensión de la batería de arranque.
- Amperímetro para medición de la intensidad de carga de la batería.
- Indicador de la temperatura del aceite del circuito de lubricación del motor.

Todos los parámetros de control se comunicarán con las ERU, bien mediante comunicación serie directa o mediante los distintos parámetros a través del bus de campo.

La potencia de los grupos electrógenos se refleja en las tablas 5.2, 5.3 y 5.4 (capítulo 5).

#### 4.1.4. CONDUCTORES

Las características técnicas de los conductores a utilizar serán las siguientes [REBT 2002]:

Para los circuitos de media tensión se empleará cable unipolar de aluminio del tipo RHZ1-OL-12/20 kV.

Para los circuitos interiores del túnel así como en todos los cuartos se empleará cable unipolar de cobre del tipo RZ1 0,6/1KV, con baja emisión humos y libre de halógenos.

La conexión a tierra de las partes metálicas de los equipos así como de las bandejas se realizará con el cable de color amarillo-verde que acompañará a las canalizaciones por cada pared de los túneles.

Para los circuitos de exteriores se empleará cable unipolar de cobre tipo RV 0,6/1 KV.

#### 4.1.5. CANALIZACIONES

Se construirán canalizaciones hormigonadas bajo tubo para la instalación de los nuevos cables de media tensión, así como otras desde los cuartos técnicos para la alimentación de las instalaciones interiores de los túneles. En todas ellas se instalarán a una distancia máxima de 40 metros arquetas para paso de cableado así como para el cambio de dirección del mismo. Los tubos serán corrugados de doble pared de  $\phi$  160 mm para la media tensión y de  $\phi$  110 mm para la baja tensión [REBT 2002].

Se instalarán bandejas metálicas sin tapa para alojar los circuitos de alimentación en los equipos por ambos hastiales de los túneles. Las bandejas serán de tres tipos:

- Media tensión.
- Alumbrado y fuerza (divididos por un separador).
- Alumbrado, fuerza y comunicaciones (divididos por dos separadores)

En los cuartos técnicos se instalarán bandejas plásticas libres de halógenos para la conducción del cableado. En estos cuartos también se construirán canalizaciones en el suelo para la conducción de los cables de media tensión.

Se utilizarán tubos de acero galvanizado para la conducción final del cableado a los equipos. También se utilizarán para alojar los circuitos de la iluminación de guiado a lo largo de los hastiales del túnel, así como sus cables de telemando correspondientes.

## 4.2. ALUMBRADO

La adaptación al Real Decreto 635/2006 [RD 635/2006], solicita una iluminación normal que proporcione una visibilidad adecuada de día y de noche en la entrada del túnel, en las zonas de transición y en la parte central; es decir, unos niveles de iluminación correctos. La iluminación de seguridad debe permitir una visibilidad mínima para que los usuarios puedan evacuar el túnel en sus vehículos en caso de avería de suministro de energía eléctrica.

Se deben conectar algunos proyectores a SAI [RD 635/2006] y todos los cables deben tener las siguientes características [REBT 2002]: Libres de halógenos (IEC.60.754.1), no propagador de incendio (UNE EN 50266), baja emisión de humos opacos (UNE EN 50268) (IEC.61.034). Además, el Real Decreto indica la necesidad de situar iluminación de emergencia, que permita a los usuarios del túnel evacuarlo a pie con un mínimo de 10 lux.

### 4.2.1. APARATOS PROPUESTOS Y LÁMParas

Para el alumbrado del túnel se emplearán los siguientes aparatos:

- Proyector de vapor de sodio alta presión de 150 W para el alumbrado nocturno (con equipo de reducción de flujo)
- Proyectores de vapor de sodio alta presión de distintas potencias (150 o 400 W) para refuerzo diurno en los diferentes tramos.

Estos aparatos tienen la capacidad para incorporar el equipo auxiliar de encendido, accediendo frontalmente tanto al equipo como a la lámpara, lo que facilita su mantenimiento. Su grado de protección será IP-66 [Recomendaciones iluminación].

Se han escogido las lámparas de descarga de vapor de sodio de alta presión debido a su alto rendimiento lumínico y gran penetración en atmósferas sucias, como es el caso de los túneles.

Los proyectores del alumbrado nocturno tienen equipo de reducción de flujo, con el objeto de reducir el consumo durante determinadas horas nocturnas en que el tráfico sea escaso.

#### **4.2.2. ALUMBRADO DE SEGURIDAD Y DE GUIADO DE EVACUACIÓN**

Se realizará un alumbrado de seguridad mediante la alimentación ininterrumpida de uno de cada tres proyectores, de cada paramento, conectado a SAI, de forma que se mantiene una iluminación uniforme en caso de fallo de la red [RD 635/2006].

Complementando este alumbrado se realizará un alumbrado de guiado de evacuación, para casos de incendio, formado por un balizamiento mediante luminarias fluorescentes estancas de 18 W, a una altura de entre 0,5 y 0,8 m en ambos hastiales del túnel equidistantes 10 m. Este alumbrado proporciona en la zona de acera una iluminación media de 22 lux. La alimentación se realiza desde SAI, mediante cable resistente al fuego SZ1-K (AS+) [REBT 2002].

Así mismo se situarán señales luminosas de indicación de las vías de evacuación (las dos más próximas) con distancia a cada una de ellas cada 100 m, con señales similares fotoluminiscentes intercaladas cada 25 m y señales luminosas autónomas en banderola en todos los puntos de salida de emergencia, BIEs, hidrantes y SOS [RD 635/2006].

### **4.3. SENsoRES DE CALIDAD AMBIENTAL Y CONTROL DE LA VENTILACIÓN**

Se ha proyectado un sistema de detección de calidad del aire basado en los parámetros habituales: CO, NO, NO<sub>2</sub>, medición de opacidad, velocidad y dirección del aire a intervalos regulares.

Para la detección de la velocidad y la dirección del aire en el interior del túnel se emplearán anemómetros de ultrasonidos.

Para la detección de CO y NO<sub>2</sub> se instala un sistema basado en la aspiración del aire del túnel que lo lleva hasta una cámara analizadora que da como salida la concentración de CO y NO<sub>2</sub> del gas aspirado. Esta cámara conecta con la red de control del túnel que comunica con las remotas de los centros de transformación y con el Centro de Control activando la ventilación o los planes de actuación según los criterios de funcionamiento.

Desde la cámara salen tubos de aspiración independientes a cada toma, realizando tomas de aire cada 200 m a una distancia de 1,20 m del suelo [NFPA 502].

Para la medición de la opacidad se instalan armarios medidores por aspiración en los mismos puntos que los armarios de gases, cada 300 m aproximadamente [NFPA 502]. Este armario aspira el aire del túnel y analiza su opacidad por la difracción producida de un láser en la cámara interior. Igualmente el opacímetro comunica con el Centro de Control su medición de forma permanente.

Las condiciones climatológicas exteriores serán tomadas desde estaciones ya existentes en la autopista.

Todos estos parámetros, a los que se deben añadir los explicados más adelante para la detección de incendios, permitirán la activación adecuada del sistema de ventilación ante las distintas circunstancias posibles o la adaptación de las condiciones del tráfico (mediante la señalización variable).

## **4.4. VENTILACIÓN**

### 4.4.1. DISEÑO

A partir del planteamiento inicial de ventilación longitudinal, se ha realizado el diseño del sistema partiendo de los siguientes condicionantes previos:

- Utilización de ventiladores reversibles, para posibilitar la impulsión de aire en los dos sentidos.
- Sección transversal tipo en forma de cubierta abovedada. Ubicación clásica de ventiladores por parejas bajo la parte central de la bóveda.
- Ubicación de ventiladores agrupados en lo posible cerca de las bocas y de los centros de transformación del interior, siguiendo las directrices del PIARC [PIARC 2004].

- Ventiladores de chorro o aceleradores situados en la parte superior de la bóveda y en grupos distanciados entre sí no menos de 100 m. (10 diámetros hidráulicos). Se ha considerado la mitad de esta distancia como mínimo hasta obstáculos como paneles de mensajes variables o señales aspa-flecha.
- El número de ventiladores por grupo se establece en dos, y las características concretas de diámetro, empuje y velocidad de descarga de ventiladores se determinan en el cálculo. En caso de emergencia (siniestro con incendio) deberán provocar un empuje suficiente de los gases calientes (diferente en cada caso según las pendientes) para evitar que se desplacen hacia la zona de aguas arriba en lo que al tráfico se refiere. La eficiencia óptima en el “empuje” de los ventiladores se obtiene con distancias superiores a dos diámetros entre centros de cada pareja y cercanas al diámetro entre el eje horizontal de cada ventilador y la bóveda del túnel.
- Funcionamiento diferente en cantidad de los ventiladores necesarios en cada tubo del túnel entre situación normal o congestión (y según información de contaminantes).

El cálculo del número de ventiladores total a instalar se muestra en el capítulo 7, y el resultado es de 18 ventiladores en el tubo I y 8 ventiladores en el tubo II.

Los ventiladores que se ha decidido instalar, por su adecuación óptima a los requerimientos del túnel son de 1,2 m de diámetro interior, empuje nominal de 954 N, caudal de 30,6 m<sup>3</sup>/s y consumo eléctrico de 22 kW, aunque se podrán modificar para disponer mayor o menor número de ventiladores, siempre y cuando se mantenga una adecuada separación a los paramentos y suficiente gálibo libre para la circulación de vehículos. Todos los ventiladores serán reversibles con el objeto de facilitar el control de la ventilación en situaciones especiales.

#### 4.4.2. FUNCIONAMIENTO DE LA VENTILACIÓN

##### **Explotación normal**

En situaciones normales la ventilación se realizará en el sentido prefijado de la circulación, seleccionando los ventiladores a encender mediante algoritmos de equilibrio de horas de funcionamiento, número de arranques y ausencia de alarmas.

De forma general se detalla que la ventilación presenta tres actuaciones cíclicas:

- Control de la velocidad en el interior del túnel.
- Control de las concentraciones de CO, NO y opacidad.
- Control de las tendencias de concentraciones.

### **Condiciones generales**

En caso de condiciones normales de baja concentración de contaminantes (CO y NO) y de opacidad, se establece como única prioridad el control de la velocidad interior del túnel. De forma permanente se debe mantener una velocidad del aire en el interior del túnel en sentido de circulación en un rango de 0,4 a 0,8 m/s, encendiendo o apagando ventiladores (de 1 en 1) a intervalos de tiempo (entorno a 5 minutos) para mantenerse en dicho entorno. En caso de ausencia de medidas se prefija el número de ventiladores activos a 2. El objetivo es mantener la renovación del aire (1 renovación por hora), así como asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas de detección (detectores de CO, NO<sub>x</sub> y opacímetros).

Se controlarán los parámetros de concentración de CO, NO<sub>x</sub>, y de visibilidad mediante la activación selectiva de los ventiladores. El control se llevará a cabo en el Centro de Control, según los planes de actuación mencionados en el capítulo anterior.

### **Incendio**

Ante la detección de eventos prevalecerán los eventos más críticos y los que antes sean detectados. Teniendo en cuenta que dos eventos de alta criticidad se considerarán un caso inusual, en este caso el tratamiento deberá ser manual pues el sistema automático actuaría sobre el primero detectado.

Se deberán establecer los niveles de alarma y prealarma, teniendo en cuenta tanto los sensores de detección de incendios, como las prealarmas y alarmas establecidas para detección de contaminantes y opacidad.

El proceso de ventilación debe ser ajustado en la obra, estableciendo un algoritmo según ensayos de humos y humos calientes.

A continuación se describe la secuencia de actuaciones a seguir ante un incidente de incendio:

- Recibida la prealarma de incendio, avisar al operador y proponer planes de actuación. Enclavar cámaras implicadas.
- Recibida la alarma del incendio, avisar al operador y proponer activación de secuencia, iniciar la secuencia de ventilación y establecer mensajes de precaución y menor velocidad en los paneles de señalización variable. En caso de no recibir respuesta del operador en 30 segundos, iniciar el proceso como si se hubiera confirmado el incendio.
- Si el operador acepta, iniciar la secuencia inmediatamente.
- Si no acepta y la alarma continúa, mantener el mensaje con el plan de actuación.

En caso de confirmación de incendio:

- Verificar las posibles congestiones en el túnel para configurar la actuación más segura (en caso de duda establecer como si no estuviera congestionado).
- Establecer cierre del túnel.
- Encendido de toda la iluminación de ambos tubos del túnel.
- Establecer mensajes de aviso de incendio en paneles.
- Iniciar transmisión de mensajes de megafonía y redifusión radio.
- Encender alumbrado de guiado y señalización de evacuación.
- Establecer la ventilación. Las tablas del algoritmo de ventilación deben ser establecidas por el instalador en obra.
- Mantener la velocidad longitudinal del aire en el túnel por encima de la velocidad crítica y cercana a ella (velocidad entre 1,8 y 2,3 m/s).
- Cerrar compuertas cortafuegos del tubo afectado y establecer ventilación de sobrepresión de los pasos desde el tubo contrario.
- Transcurridos 15 minutos establecer la velocidad final de ventilación.

Condiciones de puesta en marcha de los ventiladores:

- No arrancar ventiladores longitudinales situados a menos de 110 m del siniestro, debido a la posible desestratificación del humo.

- Actuar sobre los ventiladores más lejanos al punto de incendio y preferiblemente aguas arriba.
- Realizar los arranques en el menor tiempo posible.

El sentido de funcionamiento de los ventiladores se establecerá en función de la localización del incendio en el interior del tubo, del estado del tráfico (congestionado o no congestionado) y del sentido de circulación de los coches (tráfico unidireccional o bidireccional).

### **Siniestro en el tubo opuesto**

En caso de incendio en un tubo, se debe cortar la circulación por él y provocar la evacuación rápida del mismo por sus bocas ó (a través de las galerías de comunicación) por las bocas del otro según los casos que se den.

Para posibilitar la evacuación por el tubo opuesto y siguiendo las recomendaciones al respecto, se deberá limitar y aún cortar la circulación por éste, así como crear una sobrepresión en las galerías que limite la entrada de humo en ellas proveniente del tubo siniestrado.

En condiciones de tráfico bidireccional (no es nuestro caso) o unidireccional congestionado, si la localización del incendio respecto de la boca de entrada es de hasta 600 m. , la ventilación se realizará hacia atrás.

En condiciones normales de circulación (unidireccional no congestionado), si el incendio está localizado hasta una distancia máxima de 300 m. respecto de la boca de entrada, la ventilación se realizará siempre hacia esta boca. En el resto de las circunstancias, la ventilación se establecerá en sentido del tráfico.

### **Comunicación o no con el centro de control**

En caso de que se pierda la comunicación una vez iniciada completamente la secuencia del incendio, no realizar ninguna variación.

En caso de que la alarma de incendio se produzca sin comunicación con el Centro de Control cada remota establecerá las actuaciones previstas, como si de un incendio confirmado se tratara, y realizará todas las tareas encomendadas a su zona de influencia como si no hubiera congestión y sin control sobre la velocidad longitudinal.

## 4.5. RED DE CONTROL

Se ha diseñado un sistema de mando y control mediante Estaciones Remotas instaladas en cada uno de los cuartos técnicos de cada túnel, que recibe la información de los sensores dispuestos en el túnel y en los cuartos técnicos, y envía órdenes a los diversos equipos.

Se establece un bus de campo en cada tramo de túnel asociado a un centro de transformación comunicando todas las señales y órdenes entre las Estaciones Remotas de control y los elementos dispuestos en el túnel.

En situación normal las remotas sirven de comunicación y tratamiento de información hasta el servidor del Centro de Control, donde se procesa la información para su presentación a los operadores, y comunicación (bien de forma automática o por indicación de los operadores) a las remotas de las actuaciones a realizar (encendido de ventilador, mensaje a situar en un determinado panel, etc.).

En caso de que se pierda la comunicación entre el servidor y las remotas de control de los túneles, éstas activarán el software en situación “degradada” estableciendo las configuraciones más seguras para cada una de las situaciones previstas, que vendrán dadas en función de los distintos valores medidos y la supervisión mutua de las remotas.

La conexión de las entradas/salidas analógicas, digitales y serie al bus de campo se realizarán mediante cabeceras de comunicaciones situadas en los cuartos técnicos y concentradores de comunicaciones situados en los nichos del túnel.

En los túneles los concentradores de comunicaciones se sitúan en uno de cada cuatro nichos, realizando la conexión entre el resto de nichos y el dotado de concentrador mediante cable de pares y multihilos.

Cada uno de los elementos dispuestos en el túnel se conectará mediante el correspondiente cable, protegido por tubo de acero, hasta el nicho SOS, y en éste se conectarán al correspondiente regletero para su conexión al concentrador de señales o para su cableado hasta el nicho dotado de concentrador.

Se recoge a continuación un listado de las señales conectadas a los concentradores de bus de campo, detalladas en los distintos apartados de la presente memoria:

### **Comunicaciones en serie:**

- Señal de SAI
- Grupo electrógeno
- Analizador de la red
- Paneles de mensaje variable
- Controladores de los Carteles de Limitación de Velocidad (CLV) y paneles full-color
- Espiras de Toma de Datos (ETD)
- Alarma de incendios en salas técnicas
- Unidades evaluadoras del sistema de detección lineal de incendios
- Luminancímetros
- Equipos de control y alimentación de los ventiladores

### **Entradas analógicas:**

- Detectores de CO / NO<sub>2</sub>
- Opacímetros
- Anemómetros
- Analizadores de vibración de los ventiladores
- Sensores de nivel (depósitos, aljibes, etc.)
- Sondas de temperatura de cuartos técnicos

### **Salidas digitales:**

- Focos de los semáforos de las bocas.
- Semáforos del interior del túnel.
- Bajada / subida de las barreras de las bocas.
- Encendido / apagado de luminarias.
- Arranque (izquierdo/derecho) / paro de ventiladores galerías.
- Panel luminoso de postes SOS (fijo / intermitencia).
- Comutación de la red de los C.T.
- Arranque / paro del grupo electrógeno.
- Compuertas de las galerías de ventilación.
- Compuertas cortafuegos de los ventiladores de sobrepresión.
- Activación / parada ventilación y A/A de cuartos técnicos.
- Activación / parada de los equipos de gálibo electrónico.

### **Entradas digitales:**

- Estado de la comutación de la red
- Disparo de la extinción automática en salas técnicas
- Estado de los selectores manuales de los CGBT (automático o no)
- Estado de los contactores de los CGBT (encendido o no)
- Relé electrónico de protección de los motores
- Alarmas de las distintas zonas de las centrales de incendios
- Alarmas del equipo de gálibo electrónico
- Verificación del estado de las compuertas cortafuegos

Algunas de las señales en serie pueden ser sustituidas por las equivalentes entradas y salidas analógicas / digitales que transmitan la misma información (como podría ser el grupo electrógeno por las correspondientes conexiones de temperaturas, niveles, cuentahoras, intensidades, voltaje, etc.; los paneles aspa-flecha (A/F) y los CLV por las salidas digitales correspondientes a cada una de las señalizaciones posibles, las estaciones meteorológicas por la conexión directa de los distintos sensores, ...). En general, se prefieren las señales serie por necesitar menor número de cables.

Todos los equipos controlados por salidas digitales, del bus de campo, serán controlados de forma que se enciendan o apaguen con un impulso; con el objeto de mejorar la fiabilidad del sistema, se procurará que todas las actuaciones precisen de una señal de encendido y otra de apagado (cableadas en salidas digitales distintas), como se recoge en los planos para el mando de alumbrado y de ventilación). En cualquier caso, en los elementos que no disponen de verificación de estado se evitarán las señales por impulsos para encendido y apagado utilizando una única salida digital. En caso de ser necesario, para un determinado equipo, mantener la salida digital activada de forma permanente para su funcionamiento, se realizará de forma que, en caso de fallo de la señal, se establezca la condición más segura (por ejemplo: las compuertas cortafuegos precisarán de señal activada para mantenerse en posición abierta, procediendo a cerrarse en caso de falta de señal).

El resto de equipos (CCTV, megafonía, redifusión radio,...) se comunican con el Centro de Control mediante F.O. empleando en algunos casos equipos de multiplexación para introducir (sin pérdida de calidad) diversas señales por la misma fibra óptica.

Para la comunicación entre las distintas remotas de un túnel se ha realizado un tendido de cable por bandeja de 12 fibras ópticas. La comunicación de las remotas con el centro de control se realizará a través del troncal de fibra óptica.

#### **Alarms y sensores:**

Se establece un sistema de alarmas por contactos en el accionamiento de puertas de evacuación, de los armarios de nichos S.O.S., de los armarios de BIEs e hidrantes y de las puertas de los distintos cuartos de servicio.

El sistema de control tomará las señales de todos los equipos instalados en el túnel (cuadros eléctricos, SAI, grupos electrógenos, central hídrica, sensores, etc.). Además se tomarán las señales de nivel y actuación de bombas de drenaje desarrollado en el proyecto de obra civil (no desarrollado en este proyecto).

El sistema de control actuará sobre todos los elementos dispuestos en el túnel: cuadros eléctricos (iluminación, ventilación y central hídrica), grupos electrógenos, semáforos, paneles, barreras, etc.

#### **4.6. POSTES SOS**

Se dispondrán equipos de auxilio cada 100 m, además de los puestos de auxilio adosados en la pared en cada una de las galerías [RD 635/2006].

La red de puestos de auxilio se completa con la instalación de postes SOS exteriores, en las cercanías de las bocas de todos los túneles.

Todos los puestos de auxilio se encontrarán protegidos mediante armarios estancos de poliéster, de 1,368 x 0,957 m<sup>2</sup>. Estos armarios albergarán la electrónica propia del S.O.S., así como el pulsador de alarma, un extintor de polvo seco de 6 kg y el cuadro eléctrico y la electrónica de comunicaciones. [RD 635/2006].

En cada nicho se dispondrá de tomas de energía para la alimentación de todos los equipos instalados en estos armarios, así como las protecciones eléctricas y toma de tierra correspondientes. Junto a estos nichos existe siempre una arqueta de comunicaciones con salida al nicho, de forma que accedamos a todos los cables con información de sensores y de equipos que se conectan mediante regleteros dentro de los armarios a las remotas o a equipos específicos (centrales de incendios, unidades de detección...).

Cada nicho estará dotado de un letrero luminoso donde se indique la ubicación del poste SOS. Las puertas de los nichos disponen de un contactor conectado a la red de control, de forma que se pueda conocer esta circunstancia desde las remotas y desde el Centro de Control, con el fin de establecer las medidas oportunas (alarma al operador, visualización y grabación de la correspondiente cámara, establecer una señalización adecuada al resto de vehículos mediante los semáforos o mediante paneles de mensaje variable, etc.).

El sistema de Gestión recogerá las siguientes alarmas:

- Apertura de alguna de las puertas.
- Pulsador.

Cada puesto de S.O.S. tendrá la posibilidad de realizar comunicaciones fónicas full-duplex y tendrá un ajuste automático de niveles de ruidos.

El sistema se deberá integrar en el controlador de postes S.O.S. (F.E.I.) situado en el Centro de Control. Dicho equipo supervisará la línea de S.O.S, conectándose al servidor donde se encuentre la aplicación de la gestión de los postes y el operador.

La línea de comunicaciones entre los nichos de SOS se realizará mediante cable de fibra óptica para asegurar la comunicación desde los nichos SOS hasta el Centro de Control, con los equipos de transmisión / recepción de señal que sean precisos. Con este objetivo se adaptará la electrónica de comunicación de los puestos SOS existentes para la transmisión de señal por F.O.

Todos los equipos de SOS serán homologados por la Dirección General de Tráfico.

## **4.7. SEÑALIZACIÓN DE EVACUACIÓN**

En lo referente a la señalización de evacuación, el [RD 635/2006] establece las siguientes indicaciones:

Se dispondrán letreros luminosos y fotoluminescentes para indicar todas las salidas de emergencia de peatones y los pasos entre tubos para vehículos de emergencia.

Los rótulos luminosos tipo banderola serán visibles desde ambos lados, y dispondrán asimismo de equipo autónomo de alimentación con batería de 1 h de autonomía con

telemando, conectadas a SAI. Se dispondrán una sobre cada puerta y otra en el hastial de enfrente indicando el cruce a la galería, para el caso en que la acera opuesta a la galería esté siendo utilizada como vía de evacuación.

Se establecerá una modulación de 25 m para la disposición de señales indicativas de distancia de evacuación a lo largo de los túneles. En cada punto se instalarán dos señales fotoluminescentes, una de mayor tamaño indicando el sentido del recorrido de evacuación de menor longitud, y otra más pequeña indicando la distancia en sentido opuesto. Estas señales se dispondrán en los dos hastiales de cada tubo.

Cada 100 m estas señales se sustituirán por señales luminosas con la misma indicación, que dispondrán de equipo autónomo de 1 hora de autonomía con telemando, conectadas a SAI.

El resto de equipos de emergencia (SOS, BIEs, extintores y tomas de bomberos) estarán señalizados mediante banderolas luminosas autónomas con telemando. Estos puntos y los extintores se encontrarán, además, indicados con señales fotoluminescentes.

Como se ha comentado, todos los equipos de señalización de evacuación y emergencia tienen autonomía de una hora y, para mayor duración, se conectan a SAI. Todos ellos dispondrán de telemando para permitir su encendido (desde el sistema de control y supervisión del túnel) ante cualquier incidencia o alarma para garantizar que las correspondientes señales se encienden ante cualquier fallo del cable de alimentación o del telemando (cortocircuito o corte).

## **4.8. SISTEMA CONTRA INCENDIOS**

### 4.8.1. DETECCIÓN DE INCENDIOS

#### Detección en los túneles

Se define una instalación de detección de incendios basada en un sistema continuo de cable detector lineal de fibra óptica, que actúa en toda su longitud como un detector termovelocimétrico, pudiendo detectar un foco de incendio, su magnitud y dirección. La señal de alarma se produce por alguna de las siguientes razones:

- Sobrepasar una temperatura prefijada.

- Aumento rápido de la temperatura.
- Superar en 15°C la temperatura media del túnel.

Se ha realizado un tendido de cable sensor de fibra óptica en la parte central de cada uno de los tubos.

Se ha dispuesto una unidad de control en el CT Norte, con dos canales independientes para conexión de cable detector (plano 3.1).

Tal y como se ha descrito, el cable de detección de incendios estará compuesto por doble cable de fibra óptica y cubierta de acero inoxidable, anclado al hastial manteniendo una separación mínima de 15 cm respecto del techo. En las zonas exteriores el cable será conducido a través de canalización hormigonada. La cubierta de acero inoxidable proporciona protección frente a las condiciones ambientales.

El control del cable detector se realiza desde las unidades de evaluación instaladas en los correspondientes cuartos técnicos. Mediante la salida RS-232 de dichas unidades se pasarán a las remotas de comunicaciones toda la información del sistema, y de la respectiva remota al resto de las remotas y al centro de control a través de la red Fast Ethernet, de tal forma que en caso de incendio se pueda actuar de forma segura sobre el máximo número de elementos (ventilación, iluminación, señalización, megafonía, etc.)

### **Detección en cuartos técnicos**

Para los diferentes cuartos de equipos se ha previsto la instalación de detectores ópticos de humos en aquellos destinados a los centros de transformación y cuadro eléctrico y detectores termovelocimétricos en las salas de los grupos electrógenos.

La señal de estos sensores se transmitirá a una central de incendios situada en el cuarto técnico correspondiente. Las señales de alarma de esta central se envían a la remota de control del Cuarto Técnico para su gestión integrada.

Las centrales tendrán capacidad para dos bucles de detección, disponiendo así de ellos en cuartos técnicos y galerías. En cada uno de los cuartos técnicos se dispone de pulsadores, sirenas de alarma y detectores de incendios.

Se han previsto pulsadores de alarma ubicados de forma que la distancia máxima desde cualquier punto de la sala al pulsador sea de 25 m [RT3-DET]. Los pulsadores se sitúan a una altura de entre 1 y 1,30 m en pared.

Las sirenas instaladas serán de tipo óptico-acústicas, con el fin de garantizar la percepción de la alarma aún en el caso de ruido elevado (sala de ventiladores).

La central también dará la señal para el cierre de las compuertas cortafuegos y rejillas, mediante módulos de entrada/salida conectados al bus de detección.

### **Detección en galerías**

El sistema de detección en galerías transversales está formado por dos detectores termovelocimétricos situados en cada una de las galerías, unidas por un bucle de detección que transmite la información a la central de incendios de la sala técnica correspondiente.

### **Centro de Gestión**

Las aplicaciones informáticas del Centro de Gestión deberán presentar en pantalla al operador la incidencia detectada, tanto las señales de incendio, la localización, si se ha producido alguna señal en las cassetas y si se ha iniciado la autoextinción de la caja del grupo electrógeno.

Igualmente podrá iniciar o detener las acciones de autoextinción así como anular alarmas ya detectadas, corregidas o falsas alarmas.

#### **4.8.2. EXTINCIÓN DE INCENDIOS**

##### **Red de hidrantes y BIEs (Bocas de Incendio Equipadas)**

Se dispondrá de una red propia de abastecimiento de agua desde las centrales hídricas ubicadas en la boca de mayor cota.

La instalación de extinción de incendios está basada en los siguientes elementos:

- Aljibes con almacenamiento de agua.
- Grupo de presión.

- Red de tuberías.
- Hidrantes en las proximidades de las bocas y a intervalos de 250 m en el interior [RT2-BIE].
- BIEs (Bocas de Incendio Equipadas) de ø 45 mm [RT2-BIE].
- Extintores eficacia 21A-113B [CTE 2009].
- Extinción automática por gas FM-200 en las salas de los grupos electrógenos. [CTE 2009].

### **Red de agua**

Las redes de agua para los hidrantes y las BIEs se compone de los siguientes elementos [RT2-ABA]:

- Tubería de agua de polietileno de alta densidad de ø 6” exterior, para la conducción de agua desde la respectiva central hídrica al interior del túnel. La tubería se dispondrá enterrada en zanja.
- Tubería de agua de acero clase negra DIN-2440 de ø 6”, instalada en la pared de cada tubo. Toda la tubería y ramales estará aislada para evitar la helada de las mismas ante las bajas temperaturas de la zona con coquilla elastomérica de 36 mm de espesor. En cada una de las galerías de evacuación se instalará una tubería que conectará la tubería que discurre por cada tubo, de forma que se consigue mallar la red asegurando, ante una posible avería, aislar la zona y evitando que se deje sin agua a todo el resto del túnel. La sectorización de cada anillo se realiza mediante válvulas manuales y motorizadas instaladas en las derivaciones.
- Hidrantes. Se instalan hidrantes de 70 mm en las bocas de entrada del túnel. Estos hidrantes serán tipo arqueta y se conectarán con la tubería enterrada. En el interior de los túneles se dispondrán hidrantes de dos tomas de ø 45 mm (equivalente a un hidrante de 70 mm) a distancias inferiores a los 250 m en el hastial derecho.
- BIEs. Se instalan bocas de incendio equipadas de ø 45 mm, con manguera flexible de ø 45 mm y 20 m de longitud, cada 40 m en el hastial derecho del túnel en armario estanco de polietileno. Junto a cada BIE se encuentra asociado un extintor de polvo seco A B C polivalente de 6 kg .

- Acometida de agua. Debido a la ubicación de los túneles y la ausencia de fuentes cercanas para el abastecimiento de agua, se ha previsto el llenado de los aljibes mediante el transporte de agua en camiones cisterna.
- Central Hídrica: La edificación de la central hídrica no es objeto de este proyecto. Ha sido diseñada para abastecer de agua a cada instalación. Contará con un depósito de almacenamiento de 120 m<sup>3</sup>, dividido en dos compartimentos simétricos para permitir efectuar operaciones de mantenimiento y/o de limpieza de forma alternativa, manteniendo disponible al menos el 50% del almacenamiento total. La solera contará con pendientes hacia poyetes de aspiración y vaciado, de forma que esto último pueda realizarse en su totalidad y que pueda aprovecharse todo el agua almacenada. La sala de bombeo contigua estará a una cota ligeramente inferior, de forma que las bombas siempre estén en carga. Tanto el depósito como la sala de bombas estarán enterradas, para minimizar las afecciones por frío. Esta sala dispondrá de radiadores eléctricos con termostato de forma que garanticen una temperatura superior a 5°C en la sala de bombas. Asimismo contará con pequeñas rejillas, situadas en paredes enfrentadas para garantizar la ventilación de la misma.

### Operación del grupo de presión

Se ha previsto que la tubería de llenado llegue hasta la sala de bombas, donde alimentará a un colector general. Desde este colector partirán acometidas de llenado independientes para cada compartimento, controladas por una electroválvula, con by-pass, y la correspondiente valvulería para poder controlar la instalación. Para el control de niveles de agua se instalarán sondas para las siguientes actuaciones en orden descendente:

- Alarma por rebose.
- Cerrado del llenado.
- Apertura del llenado.
- Alarma por nivel mínimo.

Este sistema se complementará con un indicador en continuo del grado de llenado del depósito.

El grupo de presión tendrá dos bombas principales para el 100% de la demanda (una de reserva), una bomba auxiliar (jockey), para facilitar el arranque de la bomba principal, y un depósito hidroneumático. La bomba auxiliar se alimenta con cable independiente desde el

grupo electrógeno. Existe una tubería de pruebas con retorno al mismo depósito que permite verificar las presiones y caudales de funcionamiento de cada una de las bombas.

Tanto el grupo de presión como la red de distribución se han diseñado para el funcionamiento simultáneo de los dos equipos de extinción más desfavorables, con un caudal de 1000 l/min. (dos hidrantes simultáneos con 500 l/min cada uno de ellos) y una presión mínima residual en el hidrante de 70 m.c.a. [RT2-ABA]. Todo el sistema está dimensionado para garantizar el suministro durante dos horas. Los cálculos de las exigencias requeridas para los equipos del grupo de presión no se han mostrado en el proyecto.

El arranque de la bomba principal, y en su caso el de la de reserva, se efectuará de forma automática con el descenso de la presión cuando se produzca la apertura de algún equipo de extinción. La parada será manual, tal como exige la normativa.

Los arranques y paradas de la bomba auxiliar dependerán de un presostato independiente, con regulación de la presión de arranque por encima de la correspondiente a la bomba principal. El depósito hidroneumático es el que garantiza que no se produzcan excesivos arranques y paradas de la bomba jockey.

En la Central Hídrica existirá un cuadro eléctrico para el control de los aljibes y del grupo de presión. Los elementos de maniobra y señalización estarán homologados y garantizarán el funcionamiento seguro de los distintos elementos. La información de las distintas alarmas y actuaciones se transmitirá al Centro de Control mediante la correspondiente red de datos.

La bomba auxiliar estará comandada por un presostato regulado a las presiones de arranque y paro indicadas en los cálculos. La bomba principal y la de reserva también dispondrán de los correspondientes presostatos, con las presiones de arranque escalonadas a los valores previstos. Una vez en marcha, estas dos bombas sólo podrán parar mediante un pulsador manual común, que sólo tendrá efectividad si los presostatos han detectado una subida de presión por encima del valor previsto.

Cada una de las tres bombas dispondrá de un conmutador de tres posiciones: automático-manual-desconexión, con accionamiento mediante llave extraíble únicamente en la 1<sup>a</sup> posición. Cada una de estas posiciones dispondrá de un piloto ámbar que, en el caso de “desconexión”, lucirá intermitente.

El funcionamiento de la bomba auxiliar en cualquier posición, y los de las bombas principales en posición “manual”, estarán señalizadas con pilotos verdes.

### **Alarms**

Dispondrán de señalización de alarma, tanto óptica como acústica, todos los relés térmicos de motores, los funcionamientos automáticos de las dos bombas principales y los niveles de rebose y de falta de agua en el aljibe.

Las señalizaciones ópticas serán independientes para cada punto de control, y consistirán en pilotos rojos en el frente del cuadro. Las acústicas podrán ser únicas.

Las señalizaciones acústicas dispondrán de un pulsador de anulación postactuación, si bien, cuando éste se actúe, la señalización del elemento causante de la alarma pasará a lucir intermitentemente mientras persista la anomalía. En cualquier caso, tras pulsar la anulación, la alarma acústica quedará en situación de volver a actuar si se produce la alarma de otro elemento.

### **Sistema antiheladas**

Dada la ubicación de la autopista supuesta (zona montañosa con alturas sobre el mar del orden de 1000 m) se ha previsto el aislamiento completo de las tuberías de la red contra incendios tanto en el exterior como en el interior de los tubos. Este aislamiento incluye los puntos de derivación hasta cada uno de los elementos dispuestos.

Se han supuesto los siguientes datos meteorológicos: en el mes de enero (mes históricamente más frío) la temperatura media es de 3,1 °C siendo la media de las temperaturas mínimas de -0,8 °C. Además se producen con cierta frecuencia temperaturas bajo cero bastante críticas y que la situación de frío se puede prolongar varios días.

En previsión de que todo ello pueda helar el agua de las tuberías y aljibes (inutilizando la instalación e incluso produciendo importantes averías) se dispondrán las siguientes medidas:

- Aljibe enterrado (con lo que se dispone de cierta protección y se aprovecha la inercia térmica del terreno).
- Radiadores eléctricos en la sala de bombas que garantizan una temperatura superior a 5°C, para evitar congelación del agua.

- Aislamiento de todas las tuberías dispuestas a la intemperie, bien sea en el exterior o en el interior del túnel (téngase en cuenta que puede haber importantes corrientes de aire en el interior del túnel).
- Sondas de temperatura del aire exterior, de la temperatura del aljibe y del agua de retorno.
- Bomba, con electroválvulas de configuración del circuito y sistema de control que permiten la recirculación de agua a lo largo de toda la tubería.

Otra medida para evitar la congelación en las tuberías es la adopción de un sistema de recirculación del agua. A continuación se explica su funcionamiento:

Se instalará una bomba, en configuración paralela a las del grupo de presión, de presión de funcionamiento ligeramente superior a la jockey y con caudal (en ese punto) similar a las principales.

Además se instalarán diversas válvulas motorizadas y telemandadas en las galerías de comunicación entre tubos, de forma que se garantice la configuración en anillo de la instalación.

Se dispondrá una electroválvula para permitir el retorno del agua a los aljibes desde una de las tuberías de conexión con uno de los tubos y otra que impida la conexión de este con el colector principal.

Cuando la sonda de temperatura exterior detecta una temperatura inferior a 0°C (téngase en cuenta que el agua sometida a presión tiene un punto de congelación algo inferior a 0°C) se procederá a activar la bomba de recirculación y, con un cierto desfase, con objeto de garantizar que no se activen las bombas del sistema contra incendios (con este mismo fin en la tubería de retorno al aljibe se dispone de válvulas manuales de regulación del sistema), se activan las válvulas que configuran la circulación del agua por toda la instalación y su retorno a los aljibes.

La bomba de circulación tendrá una presión de funcionamiento superior a la jockey (lo que evita que esta esté operando innecesariamente) y con un caudal elevado (similar a la principal y del orden de 1000 litros al minuto) lo que asegura un régimen turbulento (dificulta la congelación del agua) y un tiempo no demasiado elevado de reposición del sistema.

En caso de que se activase cualquiera de las BIEs o hidrantes la presión bajaría y se activarían las correspondientes bombas del sistema contra incendios, debiendo el sistema de control actuar sobre las válvulas para retornarlas a la posición por defecto y apagando la bomba de recirculación.

Como se puede observar el sistema de recirculación no afecta al sistema contra incendios, aunque debe estar en coordinación con aquel para desactivarse en caso necesario. El sistema aprovecha la gran inercia térmica del agua acumulada en los aljibes, para incrementar (sin aporte de energía para calentamiento) la temperatura del agua de la red de tuberías.

Toda la información del sistema de recirculación (temperaturas, activación de bomba y válvulas) se enviará al Centro de Control para registro histórico y actuación en caso necesario.

#### 4.8.3. EXTINTORES PORTÁTILES

El sistema de extinción de incendios de los túneles estará complementado con extintores portátiles instalados cada 40 m en el túnel [CTE 2009].

Los extintores se encontrarán ubicados junto a las BIEs, cada 40 m, en armarios estancos de polietileno, así como en cada nicho SOS [RD 635/2006], donde se dispondrá de un extintor. Esta disposición se considera suficiente debido a la cercanía a las BIEs.

Adicionalmente, se sitúan extintores en las galerías y en todas las dependencias del túnel (Cuartos Técnicos, etc).

Los extintores serán portátiles de polvo seco polivalente ABCE, de 6 kg de carga, con una eficacia 13A a 34<sup>a</sup> – 89B-C a 233B-C homologados según UNE-23.110 [CTE 2009].

#### 4.8.4. EXTINCIÓN AUTOMÁTICA POR GAS FM-200

Por sus peculiares características, las salas en la que se ubican los grupos electrógenos se consideran locales de riesgo elevado, al tratarse de lugares en los que se almacena combustible. Debido a ello se dispondrán en estos locales de sistemas de extinción automática por gas tipo FM-200, junto con las compuertas cortafuegos necesarias en los huecos de ventilación para conseguir un grado elevado de estanqueidad en dicha sala.

El gas empleado será el FM-200, con descarga entre el 7 y el 9 % del volumen total de la sala. El almacenamiento se realizará en botellas de acero aleado, tratado térmicamente, sin soldaduras y para presión de trabajo de 24 bares. El sistema de descarga se realizará mediante boquillas difusoras multidireccionales distribuidas en el local protegido y de forma que la descarga completa del gas se realice en un tiempo de 10 segundos [CTE 2009].

Para que se active la extinción automática en una sala serán necesarias dos señales simultáneas, producidas por la central de incendios, mediante los detectores asociados a la sala, y/o el propio detector del sistema de extinción. También se puede accionar mediante un pulsador conectado directamente al sistema de descarga.

## 4.9. GESTIÓN DE TRÁFICO

Se diseña una completa instalación para la gestión del tráfico basado en los siguientes equipos:

- Barreras de cierre de túnel.
- Paneles de mensajes variables (PMV).
- Panel gráfico europeo de señalización de leds.
- Semáforos.
- Controles de gálibo.
- Estaciones de toma de datos con espiras para control de número y tipo de vehículos y velocidades .
- Panel de señalización fijo con indicación de longitud del túnel y de las instalaciones de seguridad dispuestas (salidas de emergencia, nichos S.O.S., BIEs, emisoras FM, etc.).

### Señalización variable

#### **Señalización exterior**

Para cumplir la [8.1-IC] se dotará al exterior del túnel de:

- Una sección compuesta por dos semáforos de tres aspectos anclados en el dintel de las bocas de entrada (uno por carril).
- Se dispondrán barreras de cierre a la entrada del túnel.

- Dos secciones consistentes en pórtico con dos semáforos de 2 aspectos (uno por carril) entre las cuales se encuentra el tránsfer.
- Sistema de control de gálibo electrónico que dispone de señal oculta posterior de fibra óptica para indicar la prohibición de entrada al túnel. Estará ubicado antes del tránsfer para que el vehículo que sobrepase el gálibo permitido pueda dar la vuelta utilizando el mismo.
- Una sección de panel de señalización variable de leds de 4 aspectos (aspa-flecha y limitación de velocidad).
- Una sección compuesta por panel de mensajes variables de leds homologado con dos paneles europeos full color sobre pórtico.

La disposición de los elementos de señalización exterior puede observarse en el plano 6.1.

### **Señalización interior**

Se dota a cada tubo de un panel de mensaje variable (un gráfico y dos líneas) y paneles gráficos de leds (que permite la indicación de carril abierto, cerrado, cambio de carril y límite de velocidad), dispuestos sobre carril de forma alterna cada 400 m. Esta configuración permite la transmisión de forma continua de información, de fácil interpretación, a los conductores sobre el estado del túnel y las posibles incidencias.

La señalización interior se completa con semáforos de dos aspectos ubicados cada 200m en ambos hastiales del túnel.

### **Señalización fija**

Se dota de un cartel de señalización en las bocas de entrada, con indicación de las instalaciones de seguridad dispuesta y de cartel de señalización de las obligaciones específicas del mismo (velocidad máxima, separación entre vehículos, etc.).

La señalización fija interior del túnel está compuesta por carteles de limitación de velocidad (R-301) y separación de vehículos (R-300) dispuestos de forma alterna cada 250m.

## Balizamiento

Se han dispuesto captafaros situados en la línea de borde de carril y balizamiento anclado en los hastiales (a una altura de unos 70 cm) cada 10 m.

## Aforadores de tráfico

Se instalan espiras para la toma de datos de vehículos en puntos suficientes para el control general de los mismos. Estos datos se transmitirán al Centro de Control a través de la red de comunicaciones.

## 4.10. MEGAFONÍA

Se sonorizarán ambos tubos, así como las galerías de emergencia. El sistema proyectado tiene como objeto permitir emitir mensajes en caso de emergencia, por lo que el sistema debe garantizar una presión sonora suficiente para superar los niveles de ruido existentes y conseguir un grado suficiente de inteligibilidad del mensaje.

La sonorización de los tubos de circulación se consigue mediante una distribución uniforme de altavoces exponenciales de 30 W (1 cada 30 m), colgados de las bandejas eléctricas. En las galerías de evacuación se situarán altavoces de las mismas características en los accesos a las mismas.

La central de megafonía se ubicará en el Centro de Control mientras los amplificadores se situarán en los correspondientes Cuartos Técnicos de cada túnel.

Los altavoces se conectarán en paralelo de forma que cada 8 de ellos formen una zona diferente y dependan de un amplificador. Las galerías de evacuación formarán zonas diferentes, según su proximidad a cada uno de los amplificadores.

La conexión entre la central de megafonía y los amplificadores se realizará aprovechando la infraestructura de comunicaciones general, a través de la red Fast Ethernet del túnel. Dicha conexión permitirá traer la señal de audio de los mensajes y los contactos de control de las zonas multiplexadas con las señales necesarias para otras instalaciones.

Desde los amplificadores hasta los diferentes altavoces la conexión se realiza mediante cable trenzado de 2x6 mm<sup>2</sup> que discurre por bandeja de cableado.

El cableado de megafonía está protegido en tubo para la línea general y bajo tubo de acero galvanizado para la bajada a cada altavoz.

Las centrales de megafonía previstas tienen la posibilidad de emitir mensajes a una zona en concreto, a varias zonas o al conjunto de la instalación. Existirán varios mensajes pregrabados que se emitirán de forma automática en función de las alarmas que se reciban.

La alimentación eléctrica a los amplificadores se realizará desde el cuadro general de baja tensión ubicado en la misma sala.

## 4.11. REDIFUSIÓN RADIO

El sistema dispondrá del canal de radio de emergencias provincial. Deberá ser capaz de dar cobertura a los siguientes canales, en las correspondientes bandas establecidas para la provincia en la que se encuentra el túnel:

- Canales para el servicio de comunicaciones de Protección Civil en las correspondientes bandas de VHF.
- Canales para el servicio de comunicaciones de Bomberos, en sus correspondientes bandas de VHF.
- Canal de radio para las comunicaciones del servicio de mantenimiento de la autovía, respetando el canal utilizado en la actualidad.
- Portadora Tetrapol del sistema de comunicaciones perteneciente al Ministerio del Interior, de la que hace uso La Guardia Civil, en la correspondiente banda de UHF.

### Disposición de equipos

Los sistemas de redifusión radio proyectados para los túneles de la autopista estarán compuestos básicamente de:

- Antenas directivas de enlace con las estaciones repetidoras
- Repetidor selectivo en banda alta VHF
- Repetidor selectivo en banda baja de VHF
- Repetidor selectivo para la banda de UHF
- Cable radiante de 1 y 1/4" para la cobertura del túnel.

## **Funcionamiento del sistema**

Se dispone de un rack maestro y un rack esclavo situados en la boca Norte y Sur respectivamente, siendo los responsables de dar cobertura de radio al cable radiante del túnel.

### **4.11.1. DESCRIPCIÓN DE LAS FACILIDADES DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA**

El sistema de comunicaciones del túnel permite las mismas facilidades de comunicación de los terminales de radio que se encuentran en el interior que las que tiene en su exterior, para cada uno de los canales ó servicios que lo integran. A continuación se describen las facilidades de comunicación de cada uno de ellos.

Terminal radio móvil o portátil con terminales dentro del túnel, disponiendo de las mismas facilidades de comunicación que disponía en la boca del túnel antes de introducirse en el túnel.

Entre ellas cabe destacar:

- Terminal dentro de un túnel con Terminal también dentro del mismo túnel.
- Terminal dentro de un túnel con terminales dentro de otro túnel situado en la misma autonomía.
- Terminal de un túnel con terminales fuera de los túneles, siempre y cuando ambos se encuentren en la misma autonomía.

### **4.11.2. VALIDACIÓN DEL CABLE RADIANTE DE 1 ¼”**

Dos son los parámetros que se precisan para el cálculo del diámetro del cable radiante y por tanto para la validación del cable radiante de 1 ¼” de diámetro para este proyecto, estos valores corresponden a la longitud del túnel y al valor máximo de frecuencia a radiar en su interior.

El primer parámetro, la longitud del sector de cable radiante de tubo de mayor longitud tiene un valor de 1660 m.

El segundo de los parámetros, la frecuencia de mayor valor, corresponde al sistema digital Tetra, cuya frecuencia de emisión se encuentra en las proximidades del valor de 390 MHz.

Supongamos que uno de los amplificadores de cobertura del túnel deja de funcionar por avería o por corte de alimentación; en este caso todo el cable radiante sería alimentado por un solo extremo. Para este caso hipotético se calcula la viabilidad de la comunicación de un equipo situado en el extremo opuesto del tubo de 1660 m.

Parámetros de cálculo de enlace, facilitados por el suministrador:

- Frecuencia de trabajo: 390 MHz
- Longitud máxima de cable: 1660 m.
- Nivel de salida del amplificador de RF: +20 dBm
- Fading Marginal de enlace: +5 dB

Para estos valores, el nivel recibido de un terminal radio en el extremo opuesto del túnel es de -96,2 dBm; valor que permite una comunicación radio clara y con calidad, dado que el umbral receptor de un equipo radio se encuentra próximo a los -110 dBm.

## **4.12. VIGILANCIA POR CCTV**

### 4.12.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

El diseño del circuito cerrado de televisión del túnel se ha realizado teniendo en cuenta las diferentes características geométricas y de trazado de cada uno de ellos.

Se dotará al túnel de cámaras de televisión móviles motorizadas para la vigilancia de las entradas a los túneles.

El diseño del sistema de CCTV interior está basado en las ubicación de cámaras a distancias adecuadas, considerando un máximo de 150 m entre ellas para asegurar la correcta supervisión de su zona de influencia y la correcta utilización de las imágenes para el sistema de Detección Automática de Incidencias (DAI) a instalar en el Centro de Control.

Se proyecta la instalación de cámaras en el interior del túnel y en el interior de las galerías de emergencia.

Las cámaras se situarán a 5 m. Las cámaras se instalarán bien en el hastial derecho o en el izquierdo, según el trazado de la carretera, para lograr un adecuado barrido del túnel para el correcto funcionamiento del sistema DAI.

Tanto el cableado de alimentación de cámaras, como el de F.O. para transmisión de datos se llevará a cada una de las cámaras por bandeja.

Las señales de cada una de las cámaras de TV, así como las señales de telemando se comunicarán con el centro de control.

La transmisión de todas las cámaras de TV se realiza mediante FO hasta el cuarto técnico Sur tal y como se indica en el plano 9.1. Se instalará un multiplexor de 32 canales, que tratará las señales para su transmisión por F.O. hasta el Centro de Control.

En el Centro de Control se desmultiplexarán las señales y se introducen en la matriz de vídeo para su conmutación (automática mediante las órdenes del operador) y presentación de los distintos equipos de visualización (monitores, grabadores o retroproyectores).

Se ha previsto la disposición de Quarks que permiten introducir cuatro imágenes en un único monitor, de forma que con el número de monitores dispuestos se pueda tener completa visión de todos los tramos del túnel.

Se ha dispuesto un sistema de grabación permanente de todas las cámaras del túnel a través de DAI. Adicionalmente existen dos puestos de grabación analógica para aquellas cámaras que se elijan a través del puesto del operador.

La actuación sobre la matriz de vídeo y sobre las cámaras móviles se realizará desde los teclados asociados a la matriz o bien directamente desde el software de control de los operadores.

Las principales características de los equipos dispuestos se recogen a continuación:

- Cámara de TV color, con sensor CCD de  $\frac{1}{2}$ ", con 440.000 pixels efectivos, alta sensibilidad (0,3 con F1,4 y 0,025 con múltiples exposiciones), con control de luminosidad por zonas y configuración remota de múltiples parámetros.

- Equipo de multiplexación 32 cámaras para transmisión de vídeo y recepción de telemando, con elementos de transmisión y recepción por F.O. monomodo.
- Equipo de desmultiplexación de 32 cámaras para recepción de vídeo y transmisión de telemando, con elementos de transmisión y recepción por F.O. monomodo.
- Matriz de conmutación de vídeo con telemando, con tarjetas para 256 entradas y 64 salidas, con capacidad y espacio para ampliaciones futuras. Con conexión a red de datos para configuración y control (con control de accesos y prioridades). Control de posicionadores, zoom, enfoque y parametrización de cámaras. Inserción de caracteres para la identificación de cámara, fecha y hora. Inmune a interferencias electromagnéticas.

#### 4.12.2. DETECCIÓN DE INCIDENCIAS

Como complemento a la instalación de CCTV y con el fin de mejorar la seguridad dentro de los túneles se ha previsto la integración en el sistema de detección automática de incidencias (DAI) mediante procesado de imágenes existente, utilizando la señal de CCTV que se recibe de las cámaras instaladas.

El sistema permite realizar medidas de tráfico (velocidad, índice de ocupación, índice de flujo, longitud de colas, tipos de vehículos), así como la generación de alarmas (vehículos demasiado lentos, demasiado rápidos, vehículos en sentido contrario, vehículos parados, etc.)

El algoritmo de Detección Automática de Incidencias extrae información de objetos en una escena controlada a partir de una sucesión de imágenes secuenciales a razón de 5 imágenes por segundo. Al inicio de la aplicación, el sistema crea una imagen de referencia que es actualizada constantemente. Se detecta la presencia de vehículos en cada imagen por comparación con la imagen actual y la imagen de referencia. Los vehículos son identificados a través de filtros morfológicos que permiten asociar una marca a cada vehículo. El algoritmo *sigue* la marca (vehículo) a través de la secuencia de las imágenes (tracking) y analiza su movimiento para definir una trayectoria espacio-tiempo. El sistema produce medidas individuales por vehículo, como presencia, velocidad, número, que tratadas informáticamente generan los estados de conteo y alarmas, que se generan por la superación de unas medidas individuales fijadas.

El sistema está dotado de filtros para evitar las falsas alarmas debido a objetos que no sean vehículos, sombras o movimiento de la cámara por el paso de vehículos.

### **Arquitectura del sistema**

El sistema consiste en un conjunto de analizadores que reciben la señal de vídeo de las cámaras y detectan incidencias y un servidor de gestión. Dicho servidor se puede conectar, mediante una red Ethernet local, a un supervisor de tráfico o a aplicaciones generales.

El analizador consiste en una unidad de computación, el software de procesado de imagen, un sistema de digitalización de vídeo y una tarjeta de comunicación. Cada analizador es capaz de:

- Gestión de 16 señales analógicas de vídeo simultáneamente (8 por CPU)
- Procesado de las imágenes a razón de 5 imágenes por segundo
- Generar 16 salidas de vídeo B/N con realce de marcas
- Grabación cíclica de secuencias de vídeo en el disco duro
- Almacenamiento de alarmas e imágenes
- Comunicación con el servidor

El servidor es un ordenador industrial que puede soportar hasta 200 entradas de vídeo. Es capaz de realizar las siguiente tareas:

- Comunicación con el servidor central
- Supervisión de todo el sistema
- Autodiagnosis del sistema
- Configuración del sistema

### **4.13. CENTRO DE CONTROL**

La edificación del centro de control no forma parte de este proyecto.

Para el control de todos los equipos dispuestos y para garantizar el cumplimiento de los requisitos recogidos en el Real Decreto, en el centro de control se instalarán servidores que supervisen todos los sensores y equipos dispuestos en los túneles, de modo que de forma automática y segura establezcan las actuaciones preestablecidas en los distintos túneles para cada una de las situaciones preasignadas.

Se dotará de puestos de operación integrados, de forma que los responsables de explotación reciban conjuntamente toda la información, actuando de manera sencilla sobre cualquier elemento y disponiendo de herramientas que les asignen en las distintas tareas repetitivas o de incidencia.

La sala de equipos será climatizada (con el objeto de garantizar la fiabilidad de los equipos) y albergará todos los racks de los sistemas de comunicaciones y control.

Se dispondrán juntos los 28 monitores de supervisión de los túneles y diversos retroproyectores de presentación de la información. En la sala de control se dispondrá de dos mesas: una primera con los puestos de operación y otra adicional para los puestos de operación de los distintos sistemas, permitiendo su control en caso de fallo del sistema.

Se dispondrá además de un sistema de Detección de Incidencias sobre las imágenes proporcionadas por las distintas cámaras del circuito cerrado de televisión.

#### **4.13.1. EQUIPOS**

- Dos servidores redundantes de gestión de tráfico, funcionamiento en espejo, con tarjetas de comunicación con el anillo de las remotas de campo y de la red interna de control.
- Matriz de vídeo, con control de telemando y conexión a la red del centro de control.
- Receptores del CCTV y transmisión de telemando por F.O.
- Quarks para integración de cuatro cámaras en un único monitor.
- Equipos DAI de cámaras de TV del túnel
- Equipos con grabación permanente de las imágenes y conexión a la red de datos.
- Integración de las alarmas del DAI en el software de control del túnel.
- Software para visión de las imágenes almacenadas, desde los puestos cliente.
- Servidor, controlador y equipos de comunicaciones de los postes SOS con conexión a la red de comunicaciones del C.C.
- Central de megafonía y equipos de comunicación con los equipos instalados en los CT del túnel.
- Equipamiento de cabecera y comunicación mediante F.O. con los elementos de redifusión radio del túnel.
- Comunicación e integración de los equipos de redifusión radio en la red del Centro de Control, para poder realizar las distintas actuaciones desde los equipos de control del túnel.

- Software de control de las instalaciones.
- Integración mediante software de todos los sistemas, de forma que en los servidores se puedan establecer las oportunas actuaciones sobre todos los sistemas en función de las distintas informaciones recibidas.
- Puestos de control establecidos como cliente del servidor con tres monitores, TFT de 19" cada uno. Desde estos puestos se podrá actuar sobre todos los sistemas instalados.
- Monitores de 21", con pantalla plana, en situación mural.
- Equipo de retroproyección de 3x1 m capaz de representar múltiples ventanas de información y 4 imágenes de vídeo.
- Consola para comunicaciones VHF y UHF.
- Puesto de operación de los postes SOS.

#### 4.13.2. BREVE DESCRIPCIÓN DE FUNCIONALIDADES E INTEGRACIÓN DE SISTEMAS

El software de control correrá en los servidores, donde se localizarán todas las bases de datos de configuración de los equipos, la información suministrada por todos los elementos y la lógica de control. Los dos servidores estarán configurados en espejo, de forma que el principal es el que tiene habitualmente el control y es supervisado en tiempo real por el secundario, comutando automáticamente entre ellos en caso de detección de fallo. Los distintos equipos cliente presentarán la información y, en función de las autorizaciones previstas, permitirán la introducción de órdenes al sistema.

Se han previsto tres puestos cliente: dos en la mesa principal de la Sala de Control (que serán los que habitualmente operen el túnel) y un tercero situado en una mesa auxiliar para su utilización en caso de crisis o emergencia. Los equipos dispondrán del mismo software limitándose el nivel de información y el grado de introducción de órdenes en función del usuario establecido y de las claves de acceso.

El control se podrá configurar para establecer distintos niveles de prioridad en las órdenes introducidas o dividir las zonas o sistemas controlados por cada equipo.

Los puestos situados en la sala de control se ubican frente a los monitores del CCTV y a la pantalla gigante, de forma que se pueda visualizar de forma sencilla toda la información proporcionada por las distintas instalaciones. El software estará diseñado para que desde un único puesto se pueda supervisar y controlar de forma sencilla todas las instalaciones,

por lo que dispondrá de imágenes y ayudas adecuadas para la interpretación de la información y la introducción de ordenes; en este sentido se han situado tres monitores TFT de 19", pudiendo elegir el operador la información que desea mostrar en cada uno de ellos (en líneas generales se considera que el funcionamiento normal será el de situar en la pantalla izquierda el esquema del túnel con las principales alarmas y estado general de los sistemas, en la central el esquema de los tramos exteriores y emplear la de la derecha para la supervisión de sistemas o equipos específicos o la introducción de ordenes).

El software permitirá la adecuada visualización gráfica de toda la información mediante adaptación a la escala representada (posibilidad de desplazamiento de la imagen o de ampliación y reducción de la zona visualizada) variando desde el coloreado de zonas (zoom alejado) hasta la representación de todos los valores medidos en un equipo (zoom ampliado). La distinta información se situará en capas que se podrán activar o desactivar en función de los deseos del operador.

En el desarrollo en detalle de las distintas instalaciones se establecerá la programación de las actuaciones necesarias para cada una de las instalaciones y del conjunto de todas ellas.

A modo de ejemplo se indican algunas de las actuaciones que desarrollará el software de control:

- Niveles de CO y opacidad en los que se activarán los ventiladores y seguimiento de la evolución de los valores medidos para incrementar o reducir el nivel establecido.
- Niveles medidos por los luminancímetros y encendido o apagado de los correspondientes circuitos.
- Supervisión de las alarmas y actuaciones a llevar a cabo (apertura de puertas SOS → establecer intermitencia de cartel luminoso y encendido de varios semáforos ámbar precedentes, detección de fallos de comunicación o alarmas de un equipo → presentación de la alarma al operador).
- Actuaciones sobre la matriz de vídeo, presentación de las correspondientes imágenes de las CCTV en los monitores asignados y en el equipo de grabación continua, en función de la alarma detectada.
- Graduación y clasificación de las alarmas, para establecer prioridades en caso de coincidencia en el tiempo.
- Actuaciones a realizar en función de una alarma de incendios y del punto localizado: cierre del túnel, activación de ventiladores adecuados al punto donde se ha detectado la alarma, emisión automática (megafonía) de los mensajes pregrabados, etc.

- Control de los mensajes de los paneles, en función de la información suministrada por las ETD y por los equipos DAI: adaptación de los paneles full color a las condiciones de tráfico existente (indicación de límites de velocidad), señalización de congestión, activación de las señales aspa en los paneles full color (en uno o en los dos carriles) en caso de detención de vehículo o vehículo en sentido contrario, presentación de información del estado de la vía, de las condiciones atmosféricas o de tiempos de recorrido en los PMV, etc.
- Establecer un conjunto de actuaciones (secuenciadas o no en el tiempo), a petición del operador, de acuerdo con una serie de circunstancias preestablecidas (presentación de mensajes pregrabados o genéricos en los distintos paneles, cierre de uno de los tubos, actuaciones de mantenimiento en alguno de los carriles o en arcén, etc.).
- Niveles medidos en el depósito de drenaje → transmisión de alarma.
- Control y supervisión de los sistemas de alimentación de energía y desconexión de cargas en caso necesario.
- Control y supervisión de la central hídrica y control de los niveles de los aljibes y activación de las bombas.
- Detección de posibles averías de equipos o sistemas: al activar los ventiladores no se obtienen incrementos en los valores proporcionados por los anemómetros, al activar la ventilación de un cuarto técnico no se reduce la temperatura, al activar las bombas de drenaje no se produce un descenso de nivel, al activar o parar un equipo no se recibe la verificación de dicho estado, etc.
- Contabilización de las horas de funcionamiento de cada uno de los equipos y activación alternativa entre ellos para homogeneizar su desgaste y mantenimiento (ventiladores longitudinales, bombas de agua, etc.).
- Activar periódicamente los distintos equipos, en horas valle, (según manual de mantenimiento) para verificar su correcto funcionamiento (grupos electrógenos, bombas de drenaje).

Toda la programación se realizará para control automático o semiautomático supervisado por el operador, de forma que el software decidirá las actuaciones más convenientes para cada una de las circunstancias y las ejecutará (comunicando al operador dicha circunstancia) o se la presentará al operador para su validación. En cualquier caso el operador podrá actuar sobre cualquiera de los equipos y sistemas de la instalación, aunque en caso de existir alguna circunstancia que desaconseje dicha modificación el sistema solicitará confirmación informando de los condicionantes existentes.

Todos los sistemas estarán integrados, de forma que el sistema cuente con la información proporcionada por todos ellos y pueda actuar sobre cualquiera de sus

elementos. Toda la información será integrada por el sistema de control para la presentación de datos y alarmas al operador y para establecer las actuaciones oportunas.

El desarrollo del software permitirá el control, atención y actuación de todos los equipos desde los puestos de operación de la Sala de Control:

- Mediante el empleo del ratón se podrán establecer la conmutación deseada entre las entradas y salidas de la matriz de vídeo (presentación secuencial de imágenes en los distintos monitores, configuraciones preestablecidas para visión del túnel completo, de cualquiera de los tubos, del exterior o de cualquier combinación previamente almacenada o selección específica de presentación de una entrada en cualquier salida).
- Mediante ratón se podrá mover el posicionador y el zoom de las cámaras exteriores.
- Se podrá atender la comunicación y control de los postes SOS.
- Se podrá establecer comunicación con los equipos VHF y UHF.
- Se podrán transmitir mensajes de megafonía (pregrabados o directamente mediante micrófono) en cualquiera o todas las zonas (incluso configuraciones preestablecidas de combinación de zonas).
- Se podrán observar las imágenes del DAI (en tiempo real o las almacenadas en el sistema) y los valores proporcionados por el mismo.
- Se establecerá la configuración de ventanas de información y de vídeo deseadas en la pantalla gigante.

Aunque todos los equipos puedan ser controlados desde los puestos de operador, se han mantenido las consolas de control de todos los equipos (en posición adelantada y separada) para posibilitar su uso en caso de avería o de necesidad de atención por persona independiente.

Junto a los puestos de operación de la Sala de Control se han dispuesto los siguientes equipos para apoyo y complemento a la operación:

- Dos teléfonos.
- Teclado de la matriz de vídeo para selección de imágenes en los distintos monitores.

#### **4.13.3. ALMACENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN E INFORMES DEL SISTEMA**

Los equipos servidores almacenarán la información proporcionada por los distintos elementos y sistemas para su posterior comprobación o análisis. Los datos se almacenarán de forma pormenorizada durante al menos un día y en forma de resumida un mes. La Dirección Facultativa determinará los datos que serán obligatorios almacenar en cada uno de los períodos de tiempo, incluso la de intervalos mayores.

Los servidores dispondrán de dispositivos de gran capacidad para almacenamiento en soporte magnético de la información y realizar copias de seguridad del sistema.

Todas las alarmas e incidencias relevantes se imprimirán en impresora de papel continuo.

Así mismo, los servidores realizarán los informes que especifique la Dirección Facultativa y con los datos, intervalos, períodos de tiempo y formato establecidos por esta.

Los informes mínimos que se deberán emitir son los siguientes:

- Alarmas y fallos de comunicación de los distintos equipos (detallando identificación de equipo, nivel de clasificación de la alarma, causa, hora de inicio y final).
- Datos de interés para los equipos de mantenimiento (listado de equipos que han superado un determinado número de horas prefijado, detección de posibles averías y actuaciones periódicas programadas con el resultado de las mismas).
- Resumen de las ETD (número de vehículos, clasificación, velocidad media, velocidades máxima y mínima, etc. en intervalos de tiempo y a lo largo del día).
- Informes del consumo de energía en los distintos centros de transformación.
- Resumen fin de día de los valores medidos en distintos sensores de interés (nivel de los depósitos de combustible de los grupos electrógenos, niveles del depósito de drenaje, niveles de los aljibes de la red de extinción de incendios, etc.).

#### **4.14. PUERTAS DE EVACUACIÓN Y EMERGENCIA**

Los itinerarios de evacuación son utilizados para el escape de los usuarios atrapados en el tubo en el que se produce el incendio. La evacuación de personas consta de dos

recorridos, uno por el tubo siniestrado, hasta una puerta de evacuación, y otro por la galería de evacuación y el tubo colindante hasta el exterior.

En caso de siniestro con incendio la evacuación se produce inicialmente en el sentido contrario a la circulación del vehículo. Los usuarios avanzarán hasta la puerta de evacuación más próxima; una vez fuera del tubo siniestrado la señalización indicará el sentido y la distancia a la que se encuentra la salida más próxima al exterior.

Se han distribuido diversas galerías de comunicación entre los tubos que sirven como vía de evacuación en caso de incidente siendo una de cada tres para paso de vehículos.

Las puertas de evacuación de personas serán de dos hojas de 1 m de ancho, cada una, y 2,15 m de altura. Las puertas de evacuación para paso de vehículos serán de 4 m de ancho y 4,5 m de altura.

En las conexiones entre tubos la propia galería es el vestíbulo de independencia.

Las puertas de emergencia se sitúan a distancias que en ningún caso superan los 400 m [RD 635/2006]. Estas distancias permiten la evacuación de los usuarios antes de que el humo reduzca la visibilidad. Todas ellas llevarán contactos magnéticos de alarma, y su apertura iniciará una de las secuencias múltiples de funciones previstas y estarán señalizadas con dos carteles luminosos, uno sobre la puerta y otro en el lado opuesto de la calzada indicando su posición.

En general, serán puertas para paso de personas de dos hojas de 1 m de ancho y 2,15 m de altura.

Las puertas de evacuación para paso de vehículos serán de 4 m de ancho y 4,5 m de altura, disponiendo a su vez de puertas de evacuación para personas.

Todas las puertas de evacuación (salas técnicas, galerías, etc.) dispondrán de barra antipánico (señalizada con cartel fotoluminescentes) en el sentido considerado de evacuación y de manilla en el contrario.

Todas las puertas dispuestas son RF-120 y dispondrán de contacto de puerta abierta, conectada a bus de campo.

## 5. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

### 5.1. EVALUACIÓN DE POTENCIAS ELÉCTRICAS

Para la evaluación de potencias se han seguido los siguientes criterios:

- Para las cargas de alumbrado se ha considerado como potencia consumida la potencia de las lámparas y el consumo de los equipos de encendido.
- No se considera el factor de potencia al realizarse una corrección del mismo mediante batería de condensadores.
- Se ha considerado una potencia de alimentación a nichos, desde los que se alimentan equipos de señalización, control, etc.

En las tablas 5.1, 5.2 y 5.3 se resumen las potencias requeridas para los equipos de CGBT, grupo electrógeno y SAI, las cuales han sido obtenidas teniendo en cuenta los requerimientos energéticos de los equipos reflejados en las tablas del anexo I.

Tabla 5.1: Resumen de potencias para los equipos del Norte

<b>POTENCIAS TOTALES</b>			
POTENCIA DE RED	410,972	kW	
POTENCIA DE GRUPO	360,172	kW	
POTENCIA DE SAI	69,072	kW	
<b>POTENCIA EQUIPOS</b>		<b>ELECCIÓN</b>	
TRANSFORMADORES	513,715	kVA	800
GRUPO ELECTROGENO	450,215	kVA	560
SAI	86,34	kVA	160
BATERIA DE CONDENSAD.	172,61	kVAr	225

Tabla 5.2: Resumen de potencias para los equipos del interior

<b>POTENCIAS TOTALES</b>			
POTENCIA DE RED	486,144	kW	
POTENCIA DE GRUPO	486,144	kW	
POTENCIA DE SAI	116,144	kW	
<b>POTENCIA EQUIPOS</b>		<b>ELECCIÓN</b>	
TRANSFORMADORES	607,68	kVA	800
GRUPO ELECTROGENO	607,68	kVA	800
SAI	145,18	kVA	250
BATERIA DE CONDENSAD.	204,18	kVAr	225

Tabla 5.3: Resumen de potencias para los equipos del Sur

<b>POTENCIAS TOTALES</b>			
POTENCIA DE RED	470,428	kW	
POTENCIA DE GRUPO	390,428	kW	
POTENCIA DE SAI	64,428	kW	
<b>POTENCIA EQUIPOS</b>		<b>ELECCIÓN</b>	
TRANSFORMADORES	588,035	kVA	800
GRUPO ELECTROGENO	488,035	kVA	560
SAI	80,535	kVA	160
BATERIA DE CONDENSAD.	197,57	kVAr	225

## 5.2. CÁLCULO DE LÍNEAS

Los diferentes circuitos tanto del tubo I como del II se han calculado por un lado por caída de tensión, para que cumplan el REBT [REBT 2002], que prescribe que la caída de tensión para alumbrado deberá ser menor del 4,5% de la tensión nominal en el origen de la instalación. Por otro lado se ha comprobado que los cables cumplen lo establecido en la Instrucción ITC-BT-19 [REBT 2002] para lámparas de descarga con equipo auxiliar, de modo que la carga por punto de luz es la nominal de la lámpara multiplicada por 1,8.

En el Anejo I, en las tablas A1.1, A1.2 y A1.3, correspondientes a los C.G.B.T. del Norte, del interior y del Sur, respectivamente, se muestran las hojas de cálculo de los circuitos, donde puede verse en la última columna las caídas de las tensiones. Se ha comprobado que los cables cumplen por densidad de corriente. En una columna aparece la intensidad nominal y en la anterior aparece la intensidad admitida por el cable y corregida por un coeficiente por ir éste bajo tubo.

## 5.3. CÁLCULO DE BATERÍAS DE CONDENSADORES

Las baterías automáticas de condensadores se han dimensionado de acuerdo a los esquemas eléctricos para corregir el factor de potencia de la instalación, hasta un valor próximo a la unidad. El resumen de las potencias de las baterías puede observarse en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3.

Se han dispuesto baterías automáticas con un elevado número de escalones, para garantizar una adecuada corrección en las distintas situaciones de explotación previsibles.

## 5.4. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Las corrientes de cortocircuito en el embarrado de los cuadros generales de baja tensión de los diferentes centros de transformación se han calculado de acuerdo a normativa con hoja de cálculo diseñada a tal efecto. En la tabla 5.4 se muestran las impedancias estimadas hasta el CGBT, que supondremos iguales para los CGBT del Norte, del interior y del Sur.

Tabla 5.4: Impedancias hasta CGBT

	<b>R (mΩ)</b>	<b>X (mΩ)</b>	<b>Z (mΩ)</b>
Transformador		10,83	10,83
Acometida	0,38	0,95	1,02
<b>Total (mΩ)=</b>	<b>0,38</b>	<b>11,78</b>	<b>11,79</b>

Para el automático de entrada, el cálculo de la  $I_{CCE}$  es el siguiente:

$$I_{CCE} = \frac{U_{baja}}{\sqrt{3} \cdot Z_T} \quad (5.1)$$

$$I_{CCE} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 11,79m\Omega} = 18,6 \text{ KA}$$

Para el automático de salida, teniendo en cuenta que el número de transformadores es igual a 2, tendremos la  $I_{CCS}$  siguiente:

$$I_{CCS} = \frac{U_{baja}}{\sqrt{3} \cdot Z_T \cdot 2} \quad (5.2)$$

$$I_{CCS} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 11,79m\Omega \cdot 2} = 37,2 \text{ KA}$$

## **6. CÁLCULOS DE ALUMBRADO**

### **6.1. CONSIDERACIONES GENERALES**

Para que el tráfico en el interior de un túnel sea seguro y fluido, es preciso que el conductor disponga de la suficiente información visual de manera que pueda distinguir la dirección del mismo, así como la presencia o ausencia de obstáculos y sus movimientos.

La situación más crítica se produce durante el día en la entrada de los túneles. La salida de un túnel es menos problemática, ya que la adaptación de la visión a un nivel de iluminación superior es más cómoda que a un nivel inferior.

Los problemas que se plantean al entrar o circular por un túnel, son los siguientes:

- a) Efecto de “agujero negro”: que impide al conductor ver el interior del túnel al acercarse al mismo, por lo que le sería imposible poder distinguir dentro del mismo, cualquier obstáculo o posible retención de tráfico (ver figura 6.1).



Figura 6.1: Ejemplo del efecto de agujero negro

- b) Efecto de adaptación: producido por el hecho de que, aunque el túnel esté perfectamente iluminado, el ojo humano necesita un tiempo para adaptarse a niveles de iluminación inferiores o superiores.
- c) Efecto de parpadeo o “efecto flicker”, según el cual se consideran molestas las secuencias de puntos brillantes que se repitan en las frecuencias comprendidas entre

2,5Hz a 15Hz a la velocidad de circulación durante más de 20 segundos. Lo cual limita la instalación de aparatos fuera de una interdistancia entre 1,85m y 11,11m para una velocidad del tráfico en el interior del túnel de 100 km/h, en el encendido nocturno y aquellos tramos de suficiente longitud (20 seg. de circulación interior).

Las características de la instalación del alumbrado de un túnel que define la calidad del sistema de iluminación son las siguientes:

- Nivel de luminancia de la calzada y de la parte inferior de las paredes del túnel
- Uniformidad y distribución de la luminancia en la superficie de la calzada y de las paredes
- La limitación del deslumbramiento producido por las fuentes de luz
- La limitación del efecto flicker
- El nivel de visibilidad de posibles obstáculos
- El guiado visual

## 6.2. ZONAS

Para dotar de las debidas condiciones para la adaptación visual, al realizar el estudio luminotécnico de un túnel, deben distinguirse las siguientes zonas dentro del mismo:

### **Zona umbral (Tramo entrada)**

Que aparece como fondo sobre el que se destacan los posibles obstáculos que pueda haber en la zona de entrada. Su longitud está en función de la velocidad del vehículo y del contraste tipo que se establece.

### **Zonas de adaptación o transición**

Comprendiendo niveles escalonados descendentes en la entrada, permitiendo que la visión del conductor vaya adaptándose desde los altos niveles de la zona umbral a los bajos de la zona central. La relación entre luminancias de tramos consecutivos estará comprendida entre los valores 1/3 y 1/2 para facilitar el diseño, siguiendo la curva establecida en la CIE 88 [CIE 88].

### **Zona central o interior**

En esta zona el nivel de iluminación es constante hasta el tramo de salida.

### **Zona de salida**

La cual se refuerza hasta la salida del túnel, con niveles ascendentes escalonados, con relaciones entre 1/3 y 1/2.

## **6.3. REGÍMENES**

Por otra parte, como la iluminación interior de un túnel depende directamente de las condiciones de luz exterior en cada momento, se establecen los siguientes niveles de iluminación:

- Nivel 1 : Diurno o soleado
- Nivel 2 : Nublado o crepuscular
- Nivel 3 . Nocturno
- Nivel 4 : Nocturno reducido
- Nivel 5 : Seguridad

Los valores de estos niveles de iluminación dependerán del carácter del túnel, su densidad y velocidad de tráfico, su ubicación geográfica (entorno natural y orientación), su sentido de circulación, trazado y sus características constructivas (anchura, altura, pavimento y recubrimiento).

La iluminación se refuerza mediante el alumbrado de guiado (mediante luminarias estancas fluorescentes de 1x18W situadas cada 10 m en los dos hastiales de cada túnel), con la iluminación y señalización de las vías de evacuación y de los equipos de emergencia [RD 635/2006].

Se han de hacer las siguientes consideraciones:

- En cuanto a las zonas de acceso a los túneles, es aconsejable disminuir al máximo la luminancia, ya sea con lúmenes artificiales, plantación vegetal, oscureciendo al máximo el pavimento, etc., de manera que se pueda conseguir un mínimo salto respecto a la luminancia interior del túnel

- Para evitar posibles deslumbramientos molestos en el interior del túnel, los recubrimientos altos de las paredes y techo han de ser oscuros, con el mínimo factor de reflexión

En cuanto a la determinación de los diferentes niveles de iluminación en cada tramo o zona del túnel, así como sus longitudes, se determinarán en función de las recomendaciones antes citadas.

## 6.4. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Para la determinación de los niveles de alumbrado necesario así como para el diseño del mismo se ha tomado como base las “Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles” del Ministerio de Fomento [Recomendaciones iluminación]. A partir de ellas y de las características propias del túnel, se han definido los parámetros necesarios para la determinación de la luminancia del entorno de las bocas del túnel, su relación con el nivel de la zona umbral y de las diferentes zonas de transición y la longitud de las mismas.

Para todos los estudios se ha tenido en cuenta un factor de conservación, en función de la humedad, periodicidad de limpieza, etc. de valor  $F_k = 70\%$ .

Se ha considerado una velocidad de 100 km/h y sistema de alumbrado simétrico.

Las fases que se han seguido son las siguientes:

- 1) Determinación de la luminancia de la Zona de Acceso ( $L_{20}$ ) para un ángulo de visión de 20° desde una distancia hasta la embocadura del túnel igual a la distancia de parada: se considera 160m. para una velocidad de 100 km/h.
- 2) Determinación de la “Clase de Alumbrado” requerida para este túnel en función de su intensidad de tráfico, tipo del mismo, guía visual y confort requeridos.
- 3) Aplicación del factor **k** de relación entre la luminancia exterior calculada y la luminancia del tramo Umbral. Este factor **k** depende de la Clase de Alumbrado determinada, del tipo de iluminación escogida (simétrica o a contraflujo) y la distancia de parada.

- 4) Determinación de los diferentes niveles de luminancia en los tramos de transición y sus longitudes, siguiendo la Curva de variación de luminancia [CIE 88] (plano 2.2) y las “Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles” del Ministerio de Fomento [Recomendaciones iluminación]. Dicha curva expresa la relación entre la luminancia en cada distancia desde la entrada al túnel con respecto a la luminancia del tramo umbral, con la expresión:

$$L_{tr} = L_{th} \cdot (1,9 + t)^{-1,428} \quad (6.1)$$

Donde:

$L_{th}$  = luminancia requerida en el túnel

$L_{th}$  (luminancia del tramo umbral) = 100 %

t = tiempo de permanencia en el túnel (s).

- 5) Determinación del alumbrado del Tramo Interior o Central y Alumbrado Nocturno.

### **Determinación de la iluminancia en la zona de acceso ( $L_{20}$ )**

Se ha empleado el método de aproximación propuesto por las recomendaciones del Ministerio de Fomento y que se resume en la tabla 6.1:

Tabla 6.1: Luminancia de la zona de acceso  $L_{20}$  ( $\text{kcd}/\text{m}^2$ )

	PORCENTAJE DE CIELO (%) EN LOS CAMPOS DE VISIÓN CÓNICOS A 20º															
	35 %				25 %				10 %				0 %			
	Normal		Nieve		Normal		Nieve		Normal		Nieve		Normal		Nieve	
	Baj o	Alt o	Baj o	Alt o	Baj o	Alt o	Baj o	Alt o	Baj o	Alt o	Baj o	Alt o	Baj o	Alt o	Baj o	Alt o
	(1)	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)	(3)	(3)	(2)	(2)	(3)	(3)	(1)	(1)	(4)	(4)
<b>Brillo en el campo de visión</b>	(1)	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)	(3)	(3)	(2)	(2)	(3)	(3)	(1)	(1)	(4)	(4)
<b>Distancia de seguridad 60 m</b>	4	5	4	5	4	5	2,5	3,5	3	3,5	1,5	3	1,5	3	4	4
<b>Distancia de seguridad 100 a 160 m</b>	4	6	4	6	4	6	3	4,5	3	5	2,5	5	2,5	5	5	5

Notas sobre la tabla 6.1:

(1) Efecto dependiente principalmente de la orientación del túnel:

- Bajo: en hemisferio norte - entrada sur
- Alto: en hemisferio norte - entrada norte

para entradas este y oeste, se pueden tomar valores intermedios entre “alto” y “bajo”.

(2) Efecto dependiente principalmente de los brillos del entorno:

- Bajo: bajas reflectancias del entorno
- Alto: altas reflectancias del entorno

(3) Efecto dependiente principalmente de la orientación del túnel:

- Bajo: entrada norte
- Alto: entrada sur

para valores intermedios pueden ser interpolados.

(4) El % de cielo es la cantidad de superficie de cielo observada desde cierta distancia a la entrada del túnel (distancia de parada) y cuyo criterio de medición se contempla en la CIE 88 [CIE 88]. Para distancias de parada de 60 m, los porcentajes de cielo del 35% no suelen ser encontrados (ver figura 6.2).

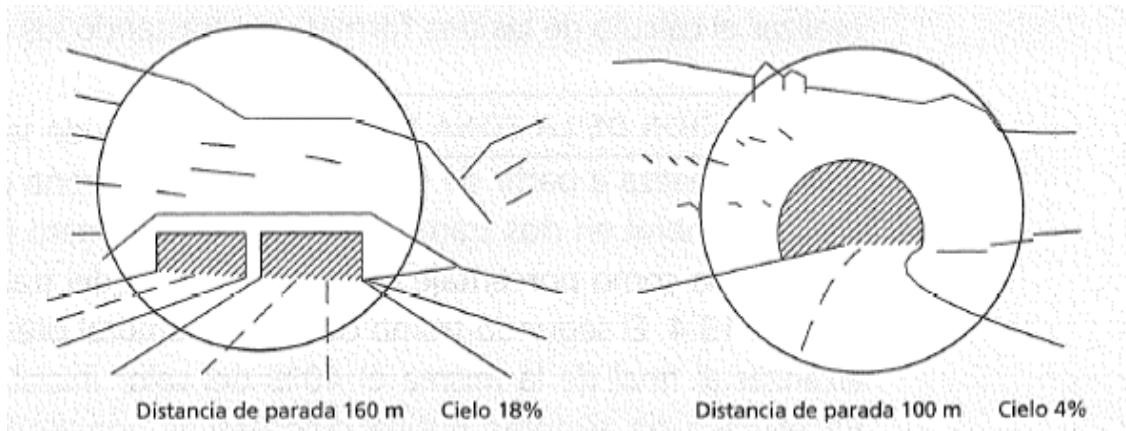


Figura 6.2: Porcentaje de cielo en la visión del conductor para la zona de acceso

La “Entrada Norte” significa la entrada para conductores de vehículos viajando hacia el sur. La “Entrada Sur” expresa la entrada para conductores de vehículos viajando hacia el norte.

Según la anterior tabla 6.1 queda determinada una luminancia en la zona de acceso de valor:

$$L_{20} = 3.000 \text{ cd/m}^2 \text{ para los tubos I (Entrada Norte)}$$

$$L_{20} = 5.000 \text{ cd/m}^2 \text{ para los tubos II (Entrada Sur)}$$

### **Determinación de la “Clase de Alumbrado”**

La “Clase de Alumbrado” vendrá determinada por la suma de los factores de ponderación que se relacionan en la tabla 6.2.

Tabla 6.2: Factores de ponderación

CONDICIONES	FACTOR DE PONDERACIÓN
<b>Intensidad de tráfico (Vehículos/hora por carril)</b>	
> 1200	Bidireccional 7
	Unidireccional 6
650 - 1200	Bidireccional 6
	Unidireccional 5
350 - 650	Bidireccional 5
	Unidireccional 4
180 - 350	Bidireccional 4
	Unidireccional 3
100 - 180	Bidireccional 3
	Unidireccional 2
60 - 100	Bidireccional 2
	Unidireccional 1
30 - 60	Bidireccional 1
< 60	Bidireccional 0
< 30	Unidireccional 0
<b>Composición del tráfico</b>	
Tráfico mixto (peatonal y motorizado)	2
Tráfico motorizado con alto porcentaje de camiones	1
Tráfico motorizado	0
<b>Guiado visual</b>	
Pobre guía óptica	2
Media guía óptica	1
Buena guía óptica	0

**Comodidad en la conducción**

Confort alto	4
<b>Confort medio</b>	<b>2</b> ←
Confort bajo	0
<b>Suma de los factores de ponderación</b>	<b>9</b>

A partir de este valor se determina la “Clase de Alumbrado” óptima para el túnel que nos ocupa, según la tabla 6.3.

Tabla 6.3: Clase de alumbrado en función de los factores de ponderación

CLASE DE ALUMBRADO	SUMA DE LOS FACTORES DE PONDERACIÓN
7	14 - 15
6	12 - 13
5	10 - 11
<b>4</b>	<b>8 - 9</b> ←
3	6 - 7
2	4 - 5
1	0 - 3
<b>Clase de Alumbrado = 4</b>	

**Determinación de la luminancia del tramo umbral**

Para el cálculo de la luminancia requerida durante el día al comienzo de la zona umbral ( $L_{th}$ ) a la luminancia de la zona de acceso ( $L_{20}$ ) se le aplicará un factor  $k$  (%) que proporcionará el nivel de luminancia requerido en la Zona Umbral:

$$L_{th} = k \cdot L_{20} \quad (6.2)$$

Este factor  $k$  se obtiene según la tabla 6.4.

Tabla 6.4: vales de K (%oo) para la zona umbral

Clase de alumbrado	DISTANCIA DE SEGURIDAD (DS)			Iluminación simétrica		
	Iluminación a contraflujo			60	100	160
	60	100	160	60	100	160
7	40	50	70	50	60	100
6	35	45	60	40	55	80
5	30	40	55	35	50	65
→ 4	25	35	45	30	40	50
3	20	30	40	25	35	45
2	15	20	35	15	25	40
1	5	15	(1)	5	10	(1)

El factor k resultante es el resultado de entrar en la tabla con la distancia de seguridad (160 m para 100 km/h), la clase de alumbrado calculada anteriormente (4) y empleando una iluminación simétrica: k=50 %oo.

Aplicando este factor (50 %oo) al valor de L<sub>20</sub> (Luminancia de la Zona de Acceso) calculado para las bocas, se obtendrá la luminancia necesaria en el Tramo Umbral (L<sub>th</sub>), según la expresión 6.2.

- Tubo I: L<sub>th</sub> = 50/1000 x 3000 cd/m<sup>2</sup> = 150 cd/m<sup>2</sup>
- Tubo II: L<sub>th</sub> = 50/1000 x 5000 cd/m<sup>2</sup> = 250 cd/m<sup>2</sup>

La longitud del tramo con este nivel constante de luminancia será como mínimo igual a 1/2 de la Distancia de Parada ( $160m/2 = 80m$ ), a partir de la cual se puede reducir el nivel lumínico manteniéndose por encima de la curva establecida por la [CIE 88] y sin alcanzar un valor inferior al 40 % del mismo al completar los 4/4 de la misma.

De esta forma se atenúa el gradiente de nivel y, a la vez, se disminuye la potencia y número de proyectores instalados.

### Determinación del alumbrado nocturno

La determinación del alumbrado nocturno depende de la distancia de seguridad y de la clase de alumbrado (en este caso 4) [Recomendaciones iluminación], como se observa en la tabla 6.5.

Tabla 6.5: Determinación del alumbrado nocturno

Clase de alumbrado	DISTANCIA DE SEGURIDAD (DS)		
	60	100	160
7	3	6	10
6	3	5	8
5	2	4	6
4	2	3	6
3	2	3	5
2	1	2	4
1	0,5	2	3

En principio la distancia de seguridad para 100 km/h parece corresponder a 160m [Recomendaciones iluminación]. Analizando estudios más exhaustivos, se observa que según el estado del pavimento (principalmente si está seco o mojado), la distancia a 100km/h varía entre 110m y 160m, por lo que se dispone un primer tramo de alumbrado de 6cd/m<sup>2</sup>, que se reduce a 3cd/m<sup>2</sup>, siguiendo la curva de adaptación.

Por la noche se mantiene un nivel de alumbrado en todo el túnel de 3cd/m<sup>2</sup>.

### **Determinación de la luminancia de los tramos de adaptación**

A partir de la entrada el nivel de luminancia irá decreciendo hasta la zona interior o central del túnel mediante varios tramos (escalones en el nivel lumínico con relaciones menores a 3:1), cuya longitud y nivel de luminancia estarán interrelacionados y dependientes de la curva de adaptación.

En la zona de salida se incrementa el nivel lumínico de forma creciente, mediante escalones con relaciones menores de 3:1, con una longitud al menos igual a la de seguridad.

En el plano 2.2 se adjunta la gráfica de adaptación del ojo, cuya aproximación matemática es la expresión 6.1, a partir de la cual se ha determinado la luminancia y longitud de cada tramo de transición.

Gráficamente se han calculado los niveles de luminancia y las longitudes de los tramos, resultando los datos que se muestran en las tablas 6.6 y 6.7.

Tabla 6.6: Nivel de luminancia requerida en el Tubo I

<b>TUBO I (entrada Norte)</b>					
<b>TRAMO</b>	<b>Longitud tramo</b>	<b>Nivel de luminancia soleado (cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nivel de luminancia nublado (cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nivel de luminancia nocturno (cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nivel de luminancia nocturno reducido (cd/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Tramo Umbral 1</b>	138	168	84	3	1,5
<b>Tramo Transición 1</b>	57,5	101	50	3	1,5
<b>Tramo Transición 2</b>	80,5	33	15	3	1,5
<b>Tramo Transición 3</b>	92	15	6	3	1,5
<b>Tramo Interior 1</b>	161	6	6	3	1,5
<b>Tramo Interior 2</b>	909	3	3	3	1,5
<b>Tramo Salida 1</b>	115	6	6	3	1,5
<b>Tramo Salida 2</b>	23	15	15	3	1,5
<b>Tramo Salida 3</b>	33	33	33	3	1,5

Tabla 6.7: Nivel de luminancia requerida en el Tubo II

<b>TUBO II (entrada Sur)</b>					
<b>TRAMO</b>	<b>Longitud tramo</b>	<b>Nivel de luminancia soleado (cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nivel de luminancia nublado (cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nivel de luminancia nocturno (cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nivel de luminancia nocturno reducido (cd/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Tramo Umbral 1</b>	138	250	125	3	1,5
<b>Tramo Umbral 2</b>	23	168	84	3	1,5
<b>Tramo Transición 1</b>	57,5	101	50	3	1,5
<b>Tramo Transición 2</b>	46	33	15	3	1,5
<b>Tramo Transición 3</b>	115	15	6	3	1,5
<b>Tramo Interior 1</b>	310,5	6	6	3	1,5
<b>Tramo Interior 2</b>	793,5	3	3	3	1,5
<b>Tramo Salida 1</b>	115	6	6	3	1,5
<b>Tramo Salida 2</b>	23	15	15	3	1,5
<b>Tramo Salida 3</b>	29,5	33	33	3	1,5

## **7. CÁLCULOS DE VENTILACIÓN**

### **7.1. HIPÓTESIS DE CÁLCULO**

Cada tubo se ha dividido en diferentes tramos de diferente longitud, debido a que el túnel no presenta cambios de sección ni pendiente importante.

Al ser tubos unidireccionales, el diseño sigue el criterio del empuje del humo en el sentido del tráfico.

#### **Datos de tráfico**

Las condiciones de circulación consideradas son las siguientes:

- 206 vehículos / hora / carril que equivalen a unos 9.888 vehículos / día.
- 15,21 % camiones
- Emisiones y Mix de vehículos de acuerdo a las recomendaciones del PIARC (Asociación Mundial de Carreteras) [PIARC 2004], mostradas en el anexo II.

### **7.2. METODOS DE SELECCIÓN DE VENTILADORES, CRITERIOS Y RESULTADOS**

La implantación de los ventiladores en cada túnel se hace en base al empuje necesario para obtener un caudal de aire fresco o bien una velocidad determinada de circulación según los casos. La circulación de aire provoca pérdidas por fricción, si bien no son muy considerables en túneles revestidos como éste.

Se establecen cálculos por los distintos criterios que siguen, escogiéndose los resultados más desfavorables después de su interpretación:

#### **Por dilución de contaminantes**

En base a los datos geométricos y geográficos de cada tubo, a los datos de tráfico antes expuesto y a los factores, coeficientes y fórmulas PIARC se obtienen los resultados que se reflejan en los listados de los cálculos correspondientes expuestos más adelante.

Se han realizado varios cálculos (no incluidos en este proyecto) con diversos tipos de ventiladores, hasta obtener el correspondiente al tipo elegido, por dimensiones, potencia y cantidad, encajada en los diferentes cálculos. Se trata de ventiladores de 1.000 r.p.m. para obtener una baja presión sonora.

Cabe aquí decir que con vehículos al ralentí, se consideran emisiones reducidas de CO y humos (motores Diesel) respecto de las de régimen normal, y correspondientes al parque automovilístico esperado en el año 2036:

La estimación de las emisiones de gases contaminantes (CO y NO) y humos para los cálculos de dilución de CO y NO y visibilidad ha sido realizada según los criterios establecidos por el PIARC 2004 [PIARC 2004] y los límites establecidos por el Instituto Nacional de seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT], teniendo en cuenta el parque automovilístico actual y la composición de vehículos que circularán por la zona.

Se han tenido más en cuenta las velocidades a las que se producen las emisiones más críticas, que son 0, 10 y 60 km/h, y el número de vehículos considerado por tramo, que varía en función de la velocidad (figura 7.1). Para estas velocidades se ha calculado el caudal necesario para disipación, procurando que la desviación típica del caudal en los dos tramos no fuese muy elevada (tablas 7.3,7.6,7.9,7.16,7.19,7.22), y para ello se fueron variando las emisiones máximas permitidas (tablas 7.2,7.5,7.8,7.15,7.18,7.21), entre los dos tramos (entre los dos tramos deben sumar el máximo).

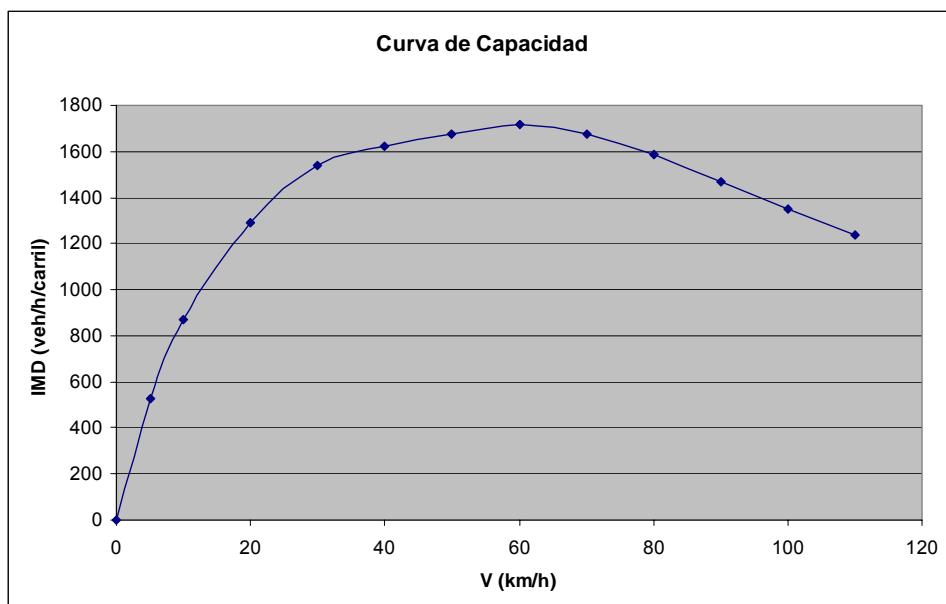


Figura 7.1: Densidad de vehículos en función de la velocidad de circulación

Las emisiones tolerables son las siguientes:

### **Monóxido de carbono (CO)**

El límite de CO considerado ha sido 70 p.p.m. Los resultados en el caso más desfavorable, se producen en el caso de circulación bidireccional [PIARC 2004].

### **Monóxido de nitrógeno (NO)**

El límite máximo de exposición diaria establecido por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT] es de 25 ppm para el NO, siendo de 3 ppm para el NO<sub>2</sub>.

En este caso se ha considerado como límite máximo de concentración de NO de 10 ppm, concentración equivalente aproximadamente a 1 ppm de NO<sub>2</sub>, siendo éste el límite máximo según PIARC 2004 [PIARC 2004].

Los resultados, a la velocidad a la que son más desfavorables de entre 50 y 70 km/h, con los ventiladores de las características elegidas, se reflejan en las tablas 7.5 y 7.18.

### **Mantenimiento de visibilidad: humos**

Las emisiones consideradas han sido calculadas según el PIARC 2004 [PIARC 2004], y los coeficientes de extinción para la ley de Lambert-Beer de transmisión del flujo luminoso de 0.005 m<sup>-1</sup> para la velocidad de 60 km/h.

Teniendo en cuenta el caudal necesario para la disipación de los contaminantes y el área de la sección del túnel se obtuvo la velocidad necesaria, con ella el nº de Reynolds, y la pérdida de presión por fricción.

Para la pérdida total de presión se tuvo en cuenta la fricción producida por la circulación de los vehículos, el efecto chimenea (por el cual los gases más calientes ascienden en función de la pendiente del tubo), y una estimación de la fuerza del viento.

### **Por actuación en caso de incendio**

#### **Condicionantes de emergencia**

Si el criterio de ventilación es mantener un mínimo de calidad de aire en el túnel, en caso de incendio se ha atendido prioritariamente a conseguir que el humo no invada la

zona situada aguas arriba de aquél, y que discurre solamente por la parte alta de la sección transversal de aguas abajo, manteniéndose sin contaminar de humo la zona ocupada por las personas (la mitad inferior de la sección).

En los primeros minutos del incendio, y si no hay fuerzas que lo modifiquen, el humo invade de forma natural solamente la parte superior de la sección y de igual forma a ambos lados del lugar. Sin embargo, eso se modifica de acuerdo con las siguientes características como se expresa a continuación:

- El humo caliente permanece bajo el techo aunque el aire circule por debajo.
- Una pendiente en el techo del túnel provoca el desplazamiento longitudinal de la masa más caliente hacia la parte alta por “efecto chimenea”.
- A partir de una velocidad longitudinal mínima del aire, el humo se desplaza solamente en una dirección, la misma que la del aire, y a una velocidad superior.
- Una corriente de aire de velocidad excesiva provoca turbulencias, y con ello la mezcla de gases en toda la sección, con pérdida de visibilidad y contaminándose todo el volumen (ver figura 7.2). La velocidad es excesiva a partir de la denominada velocidad crítica.



Figura 7.2: Representación gráfica de una desestratificación de humos

Todas las recomendaciones coinciden en primer lugar, en limitar la velocidad longitudinal del aire para evitar turbulencias, pero pudiendo conseguir estas velocidades rápidamente y, en segundo lugar, en que es más importante poder contar con ese movimiento del aire para evitar que el humo invada la zona de aguas arriba, que en disponer un sistema de extracción del propio humo, que podría no ser de total eficacia.

### Siniestro en el propio tubo

Se han calculado los empujes y ventiladores necesarios para poder mantener dos regímenes diferentes de velocidad en los tubos con siniestro: las correspondientes a incendios de 30 Mw y la de mantener 3 m/s [PIARC 2004].

Para el cálculo del efecto chimenea se han considerado las densidades del aire ambiente interior y exterior al tubo en cada caso. En los casos extremos, el efecto chimenea se considera nulo.

En el cálculo se han supuesto hipótesis diferentes además, según el tramo en el que se produjera el incendio. En las tablas 7.12, 7.13, 7.25 y 7.26 se plantea la necesidad de ventiladores teniendo en cuenta las 4 posibilidades que hay, que son: siniestro al principio del tramo 1, al final del tramo 1, idéntica a siniestro al principio del tramo 2, y al final del tramo 2. Se debe tener en cuenta que el siniestro en un tramo también afecta a la ventilación del otro tramo.

Los resultados de este cálculo, dan lugar a las necesidades de ventiladores reflejadas en las tablas 7.13 y 7.26, que superan las del apartado anterior “por dilución de contaminantes”. Además esta implantación ha tenido en cuenta las consideraciones ya expuestas de ubicación de ventiladores en cada caso en sectores no ocupados por el humo. Así pues, en la implantación de ventiladores se considera el satisfacer las necesidades deducidas del cálculo para un incendio de 30 Mw pero considerando inoperantes los ventiladores ubicados en el propio sector con incendio. Se han establecido cantidades pares de ventiladores, al disponerse éstos por parejas.

### 7.3. CÁLCULOS EN EL TUBO I

Tabla 7.1: Resumen de los tramos del tubo I

	<b>Tramo</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Área A1 (m<sup>2</sup>)</b>	77	77
<b>Pendiente i (%)</b>	0,5	-1,83
<b>Longitud L (m)</b>	406	1203
<b>Nº Carriles</b>	2	2

Tabla 7.2: Emisión de CO ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) en los tramos del tubo I

$v(\text{km/h})$	tramo	
	1	2
0	2,7453	8,1346
5	6,0264	13,852
10	5,4192	12,4149
20	4,8334	10,9725
30	4,309	9,7426
40	3,7718	7,9824
50	3,4169	6,761
60	3,4975	6,0273
70	4,0027	5,2788
80	4,6347	4,6429
90	5,8872	5,0333
100	7,2539	5,7887
110	8,661	6,8964
máx CO (ppm)	21	49

Tabla 7.3: Caudal necesario según el criterio de CO en los tramos del tubo I

$V (\text{km/h})$	Caudal Necesario Ventilación $Q (\text{m}^3/\text{s})$	Caudal Medio	Desviación típica	OBSERVACIÓN
0	36,31	46,11	41,21	6,93 NO SE CONSERVA EL CAUDAL
10	71,68	70,38	71,03	0,922
60	46,26	34,17	40,22	8,552 NO SE CONSERVA EL CAUDAL

Tabla 7.4: N° de ventiladores requeridos según el criterio de CO en los tramos del tubo I

tramo			Nº Ventiladores
1	2	$\Sigma$	
0,45	0,98	1,43	2
0,51	0,93	1,44	2
0,11	0	0,11	1

Tabla 7.5: Emisión de NO ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) en los tramos del tubo I

$v(\text{km/h})$	tramo	
	1	2
0	0,6009	1,7806
5	0,7885	1,6359
10	0,9976	1,6614
20	1,153	1,5058
30	1,264	1,7543
40	1,2654	1,652
50	1,2595	1,5586
60	1,2876	1,5237
70	1,2961	1,4612
80	1,287	1,4134
90	1,2451	1,3564
100	1,0905	1,3102
110	0,9658	1,1893
máx NO (ppm)	4	7

Tabla 7.6: Caudal necesario según el criterio de NO en los tramos del tubo I

V (km/h)	Caudal Necesario Ventilación Q (m³/s)	Caudal Medio	Desviación típica	OBSERVACIÓN
0	41,73	70,66	56,19	20,454
10	69,28	65,93	67,6	2,366
60	89,42	60,46	74,94	20,474

Tabla 7.7: N° de ventiladores requeridos según el criterio de CO en los tramos del tubo I

tramo			Nº Ventiladores
1	2	$\Sigma$	
0,48	1,47	1,95	2
0,39	0,76	1,14	2
0,09	0	0,09	1

Tabla 7.8: Emisión de hollines (m³/h) en los tramos del tubo I

v(km/h)	1	2	$\Sigma$
0	352,9439	352,9439	705,8878
5	591,0881	409,3454	1000,4336
10	659,5064	473,1591	1132,6655
20	674,6892	473,4327	1148,1219
30	693,4149	483,8625	1177,2774
40	695,2495	481,8285	1177,0781
50	690,1645	474,1561	1164,3206
60	689,586	460,9183	1150,5043
70	605,5626	415,3312	1020,8938
80	539,9316	366,3007	906,2323
90	512,9411	346,1585	859,0996
100	495,0313	346,4667	841,498
110	481,1367	333,4101	814,5468
Klim (m-1)	0,0016	0,0034	0,005

Tabla 7.9: Caudal necesario según el criterio de visibilidad en los tramos del tubo I

V (km/h)	Caudal Necesario Ventilación Q (m³/s)	Caudal Medio	Desviación típica	OBSERVACIÓN
0	30,6375	42,7203	36,6789	8,5438
10	57,2488	57,2711	57,26	0,0157
60	59,8599	55,7895	57,8247	2,8782

Tabla 7.10: N° de ventiladores requeridos según el criterio de visibilidad en los tramos del tubo I

tramo			Nº Ventiladores
1	2	$\Sigma$	
0,43	0,93	1,36	2
0,37	0,56	0,93	1
0	0	0	0

Tabla 7.11: Cálculo de las velocidades y caudales de circulación del aire en el tubo I

Tramos	1	2	
Velocidad Crítica (m/s)	2,25	2,41	Caudal Medio
Caudal Aire Q (m³/s)	173,44	185,41	Desviación típica
Vmax impulso aire (m/s)	3	3	Caudal Medio
Caudal Aire Q (m³/s)	231	231	Desviación típica
Nº Vehículos tramo	54	160	0

Tabla 7.12: Demanda de ventiladores para obtener velocidad crítica del aire en el tubo I

TRAMOS		TOTAL TUBO
1	2	Cantidad
0,05	13,51	14
1,09	13,51	15
1,09	13,51	15
1,09	2,75	4

Tabla 7.13: Demanda de ventiladores para obtener velocidad máxima del aire en el tubo I

TRAMOS		TOTAL TUBO
1	2	Cantidad
0,59	15,3	16
1,69	15,3	17
1,69	15,3	17
1,69	4,04	6

## 7.4. CÁLCULOS EN EL TUBO II

Tabla 7.14: Resumen de los tramos del tubo II

	Tramo	
	1	2
Área A1 (m <sup>2</sup> )	77	77
Pendiente i (%)	1,83	-0,5
Longitud L (m)	1225	406
Nº Carriles	2	2

Tabla 7.15: Emisión de CO (m<sup>3</sup>/h) en los tramos del tubo II

v(km/h)	tramo	
	1	2
0	8,2833	2,7453
5	18,183	5,4717
10	16,3512	4,8913
20	14,5834	4,2777
30	13,0014	3,7924
40	11,3805	3,1208
50	10,3097	2,6517
60	10,5528	2,3721
70	12,0772	2,0826
80	13,9839	1,843
90	17,7632	2,0221
100	21,8867	2,3514
110	26,1322	2,822
máx CO (ppm)	54	16

Tabla 7.16: Caudal necesario según el criterio de CO en los tramos del tubo II

V (km/h)	Caudal Necesario Ventilación Q (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Medio	Desviación típica	OBSERVACIÓN
0	42,61	47,66	45,14	3,573
10	84,11	84,92	84,51	0,571
60	54,28	41,18	47,73	9,265

Tabla 7.17: N° de ventiladores requeridos según el criterio de CO en los tramos del tubo II

tramo			Nº Ventiladores
1	2	$\Sigma$	
0,67	0,78	1,45	2
0,81	0,91	1,72	2
0	0,53	0,53	1

Tabla 7.18: Emisión de NO ( $m^3/h$ ) en los tramos del tubo II

v(km/h)	tramo	
	1	2
0	0,6009	1,7806
5	0,7885	1,6359
10	0,9976	1,6614
20	1,153	1,5058
30	1,264	1,7543
40	1,2654	1,652
50	1,2595	1,5586
60	1,2876	1,5237
70	1,2961	1,4612
80	1,287	1,4134
90	1,2451	1,3564
100	1,0905	1,3102
110	0,9658	1,1893
máx NO (ppm)	4	7

Tabla 7.19: Caudal necesario según el criterio de NO en los tramos del tubo II

V (km/h)	Caudal Necesario Ventilación Q ( $m^3/s$ )	Caudal Medio	Desviación típica	OBSERVACIÓN
0	58,56	69,55	64,06	7,769
10	97,22	97,36	97,29	0,1
60	125,49	94,68	110,09	21,78

Tabla 7.20: N° de ventiladores requeridos según el criterio de CO en los tramos del tubo II

tramo			Nº Ventiladores
1	2	$\Sigma$	
0,93	0,96	1,89	2
0,62	0,83	1,45	2
0,06	0,66	0,72	1

Tabla 7.21: Emisión de hollines ( $m^3/h$ ) en los tramos del tubo II

v(km/h)	tramo		
	1	2	$\Sigma$
0	1064,917	1064,917	2129,834
5	1783,4556	1698,6469	3482,1025
10	1989,89	1844,442	3834,332
20	2035,7003	1809,148	3844,8482
30	2092,2001	1810,7429	3902,943
40	2097,7356	1773,5251	3871,2607
50	2082,3928	1726,6981	3809,091
60	2080,6475	1648,868	3729,5155
70	1827,1286	1488,0357	3315,1643
80	1629,1039	1317,9916	2947,0955
90	1547,6672	1228,0848	2775,752
100	1493,6289	1211,2345	2704,8635
110	1451,7056	1155,2652	2606,9708
Klim (m-1)	0,0038	0,0012	0,005

Tabla 7.22: Caudal necesario según el criterio de visibilidad en los tramos del tubo II

V (km/h)	Caudal Necesario Ventilación Q ( $m^3/s$ )	Caudal Medio	Desviación típica	OBSERVACIÓN
0	38,9224	40,85	39,8862	1,363
10	72,7299	70,7524	71,7412	1,3983
60	76,0471	63,2502	69,6486	9,0487 NO SE CONSERVA EL CAUDAL

Tabla 7.23: N° de ventiladores requeridos según el criterio de visibilidad en los tramos del tubo II

tramo			Nº Ventiladores
1	2	$\Sigma$	
0,62	0,74	1,36	2
0,48	0,72	1,2	2
0	0,39	0,39	1

Tabla 7.24: Cálculo de las velocidades y caudales de circulación del aire en el tubo II

Tramos	1	2		
Velocidad Crítica (m/s)	2,25	2,31	Caudal Medio	Desviación típica
Caudal Aire Q ( $m^3/s$ )	173,44	177,71	175,58	3,022
Vmax impulso aire (m/s)	3	3	Caudal Medio	Desviación típica
Caudal Aire Q ( $m^3/s$ )	231	231	231	0
Nº Vehículos tramo	163	54		

Tabla 7.25: Demanda de ventiladores para obtener velocidad crítica del aire en el tubo II

TRAMOS		TOTAL TUBO
1	2	Cantidad
-9,47	2,67	-7
2	2,67	5
2	2,67	5
2	1,63	4

Tabla 7.26: Demanda de ventiladores para obtener velocidad máxima del aire en el tubo II

TRAMOS		TOTAL TUBO
1	2	Cantidad
-8,73	3,47	-6
3,4	3,47	7
3,4	3,47	7
3,4	2,37	6

## **8. PRESUPUESTO**

A continuación se muestra el presupuesto del proyecto, cuyo desglose está reflejado en el Anejo III, diferenciando los costes relativos a cada capítulo:

<b><u>CAPÍTULO</u></b>	<b><u>PRECIO (€)</u></b>
1. SUMINISTRO DE ENERGÍA	
1.1. INSTALACIÓN DE MEDIA TENSIÓN	505.137,65
1.2. INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN	1.154.966,78
TOTAL CAPÍTULO 1	1.660.104,43
2. ALUMBRADO	
2.1. ALUMBRADO EN TÚNEL	774.610,01
2.2. ALUMBRADO EN GALERÍAS	8.366,55
2.3. ALUMBRADO EN CUARTOS TÉCNICOS	3.886,65
TOTAL CAPÍTULO 2	786.863,21
3. CONTROL AMBIENTAL	
TOTAL CAPÍTULO 3	226.829,48
4. VENTILACIÓN	
4.1. VENTILACIÓN EN TÚNEL	623.402,64
4.2. VENTILACIÓN EN GALERÍAS	22.693,50
TOTAL CAPÍTULO 4	646.096,14
5. RED DE CONTROL	
TOTAL CAPÍTULO 5	475.595,51
6. POSTES S.O.S	
TOTAL CAPÍTULO 6	233.736,40
7. SEÑALIZACIÓN DE EVACUACIÓN	
TOTAL CAPÍTULO 7	176.246,94
8. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	
8.1. DETECCIÓN DE INCENDIOS	118.453,94
8.2. EXTINCIÓN DE INCENDIOS	974.105,79
TOTAL CAPÍTULO 8	1.092.559,73
9. GESTIÓN DE TRÁFICO	
TOTAL CAPÍTULO 9	719.878,80
10. MEGAFONÍA	
TOTAL CAPÍTULO 10	111.292,38
11. REDIFUSIÓN RADIO	
TOTAL CAPÍTULO 11	411.195,89
12. VIGILANCIA POR CCTV	
TOTAL CAPÍTULO 12	223.330,12
13. PUERTAS DE EMERGENCIA	
TOTAL CAPÍTULO 13	32.760,00
14. CENTRO DE CONTROL	
14.1. SUMINISTRO DE ENERGIA	159.636,17
14.2. EQUIPOS EN CENTRO DE CONTROL	1.673.886,27
TOTAL CAPÍTULO 14	1.833.522,44
15. CANALIZACIONES Y CABLEADO	
TOTAL CAPÍTULO 15	4.497.445,55

---

16. INGENIERÍA, PRUEBAS Y DOCUMENTACIÓN	
TOTAL CAPÍTULO 16	214.200,00
17. SEGURIDAD Y SALUD	
TOTAL CAPÍTULO 17	903.995,00
<b>TOTAL PROYECTO</b>	<b>14.245.652,02</b>

---

## **9. CONCLUSIONES**

En este proyecto se han diseñado las instalaciones en un túnel, tomando decisiones sobre elección de equipos, con su consecuente repercusión en costes y gasto energético. Analizando posibles alternativas se han obtenido las siguientes conclusiones:

En principio, un túnel unidireccional dispone de ciertas facilidades en relación a un túnel bidireccional: La necesidad de salidas de emergencia en un túnel bidireccional obligaría a llevar a cabo la construcción de galerías hasta el exterior, mientras que en túnel unidireccional estas salidas irían de un tubo a otro (suponiendo que se dispone de los dos sentidos), con lo que en principio serían más cortas y baratas.

Otro aspecto positivo del túnel unidireccional radica en que sólo se dispone de una entrada por sentido de circulación, lo cual disminuye las necesidades de alumbrado por tubo, por ser las entradas las zonas más críticas; si bien hay que tener en cuenta que un túnel bidireccional sólo requiere un tubo.

En lo referente a la geometría de un túnel: La forma cóncava en el interior del túnel sería perjudicial para el drenaje, y la forma convexa aumentaría en exceso los requerimientos energéticos para la ventilación y para la red de agua. Lo ideal sería un túnel en pendiente sin cambio de rasante, el cual favorecería el efecto chimenea para la ventilación, además del drenaje y la red de agua (si se ubica la central hídrica en el extremo superior).

Además, un túnel con muchas curvas y cambios de rasante se ve perjudicado por los puntos ciegos, que requieren una disminución en la velocidad de tránsito y un mayor número de cámaras de televisión para la supervisión.

En 2007 en España, el coste medio de un km de autovía/autopista se estimaba de 6 millones de euros, mientras que sólo las instalaciones del túnel en este proyecto han costado unos 8,6 millones de euros/km.

Sin embargo, se debe destacar que un túnel puede requerir menos exigencias de seguridad, con su correspondiente coste, en función de cuánto más corto sea o menos intensidad de tráfico tenga.

Además, si un túnel pertenece a un grupo de túneles su coste se reduce, al compartir instalaciones como el centro de control o la central hídrica. Lo mismo se puede aplicar a túneles muy largos, en los que el coste por km se reduce en función de su longitud.

Cabe mencionar que en el túnel estudiado se han considerado situaciones desfavorables como temperaturas bajas, que obligan a establecer un sistema antiheladas en la red de tuberías, pendientes en el trazado que dificultan la ventilación, etc.

## **10. BIBLIOGRAFÍA**

[Directiva 2004/54/CE] Comunidad Europea. Requisitos mínimos de seguridad en los túneles de la red transeuropea de carreteras. *Diario Oficial de la Unión Europea L 201.* 29 Abril 2004.

[RD 635/2006] España. Requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado. *Boletín Oficial del Estado nº 126.* 26 Mayo 2006.

[REBT 2002] Ministerio de Ciencia y Tecnología. *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.* 18 Sep 2002.

[CTE 2009] Ministerio de la Vivienda. *Código técnico de la edificación.* 15 Abril 2009.

[PIARC 2004] PIARC. *Fire and smoke control in road tunnels.* ISBN 2-84060-064-1. 2004. PIARC.

[RT3-DET]. Ceprevén. *Diseño e instalación de sistemas de detección automática y alarma de incendios.* RT3-DET. ISBN 84-85597-81-2. Edición 2004. Madrid.

[RT2-BIE] Ceprevén. *Regla técnica para instalaciones de columnas hidrantes al exterior de edificios.* RT2-BIE. ISBN 84-85597. Edición 2004. Pinto (Madrid).

[RT2-ABA] Ceprevén. *Abastecimiento de agua contra incendios.* RT2-ABA. ISBN 84-84-85597-91-5. Edición 2006. Pinto (Madrid).

[8.1-IC] España. Señalización vertical, de la Instrucción de Carreteras. *Boletín Oficial del Estado nº25.* 29 Ene 2000. 8.1-IC.

[NFPA 502] NFPA. *Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways.* NFPA 502. MA 02169-7471. 2008 edition.

[CIE 88] CIE. *Guía para el alumbrado de túneles de carretera y pasos inferiores.* CIE 88. ISBN 3 901 906 31 2. 2<sup>a</sup> edición. 2004.

[Recomendaciones iluminación] Ministerio de Fomento. *Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles.* ISBN: 84-498-0427-2. 1999.

[INSHT] INSHT. *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España para el año 2008.* NIPO: 211-08-011-5. 1999.

# **ANEJOS**

## **ANEJO I: CÁLCULOS DE CIRCUITOS**

Tabla A1.1: Cálculo de los circuitos del C.G.B.T. Norte

Cir.	CUADRO	III/ III+N	Pot.	Cos φ	LONG. (M)	Kcable	Sección (mm <sup>2</sup> )		Ladms.	Factor	IADMS.	I NOM.	C.TENS.	C.TENS.
			(kw)			(V/A'Km)	Fase	Neutro	(A)	CORREC.	(A)	(A)	MAX.(%)	(%)
1 R	CA-ALDO SOL. T1-D	III+N	23,60	0,9	250	1,500	25	25	110	0,8	88	37,8	4	3,55
2 R	CA-ALDO SOL. T1-I	III+N	23,60	0,9	250	1,500	25	25	110	0,8	88	37,8	4	3,55
3 R	CA-ALDO SOL. T2-D	III+N	1,20	0,9	276	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,9	4	0,83
4 R	CA-ALDO SOL. T2-I	III+N	1,20	0,9	276	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,9	4	0,83
5 R	CA-ALDO EXT. T1-D	III+N	1,80	0,9	345	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	1,55
6 R	CA-ALDO EXT. T2-D	III+N	1,80	0,9	345	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	1,55
7 R	CA-RESERVA	III+N	2,00	0,9									4	
8 R	CA-RESERVA	III+N	2,00	0,9									4	
1 G	CA-ALDO NUBL. T1-D	III+N	28,65	0,9	310	1,090	35	35	137	0,8	109,6	45,9	4	3,88
2 G	CA-ALDO NUBL. T1-I	III+N	28,65	0,9	310	1,090	35	35	137	0,8	109,6	45,9	4	3,88
3 G	CA-ALDO NUBL. T2-D	III+N	1,55	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,5	4	1,78
4 G	CA-ALDO NUBL. T2-I	III+N	1,55	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,5	4	1,78
5 G	CA-ALDO NOCT. T1-D	III+N	1,80	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	2,07
6 G	CA-ALDO NOCT. T1-I	III+N	1,80	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	2,07
7 G	CA-ALDO NOCT. T2-D	III+N	1,80	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	2,07
8 G	CA-ALDO NOCT. T2-I	III+N	1,80	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	2,07
9 G	CF-MAN. RED. FL. T1-D	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58
10 G	CF-MAN. RED. FL. T1-I	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58
11 G	CF-MAN. RED. FL. T2-D	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58
12 G	CF-MAN. RED. FL. T2-I	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58
13 G	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									4	
14 G	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									4	
15 G	CF-VENTILADOR T-1.1	III	22,00	0,85	145	3,520	10	10	65	0,8	52	37,4	6	4,77
16 G	CF-VENTILADOR T-1.2	III	22,00	0,85	145	3,520	10	10	65	0,8	52	37,4	6	4,77
17 G	CF-VENTILADOR T-1.3	III	22,00	0,85	335	1,440	25	25	110	0,8	88	37,4	6	4,51
18 G	CF-VENTILADOR T-1.4	III	22,00	0,85	335	1,440	25	25	110	0,8	88	37,4	6	4,51
19 G	CF-EXTRACCIÓN GAL. T1	III+N	2,00	0,85	445	5,910	6	6	46	0,8	36,8	3,4	6	2,23
20 G	CF-RESERVA	III	2,00	0,85									6	
21 G	CF-VENTILADOR T-2.1	III	22,00	0,85	145	3,520	10	10	65	0,8	52	37,4	6	4,77
22 G	CF-VENTILADOR T-2.2	III	22,00	0,85	145	3,520	10	10	65	0,8	52	37,4	6	4,77
23 G	CF-EXTRACCIÓN GAL. T2	III+N	2,00	0,85	475	5,910	6	6	46	0,8	36,8	3,4	6	2,38
24 G	CF-RESERVA	III	2,00	0,85									6	
25 G	CF-TOMAS DE CORRIENTE T1	III+N	15,00	0,85	460	1,440	25	25	110	0,8	88	25,5	6	4,22
26 G	CF-TOMAS DE CORRIENTE T2	III+N	15,00	0,85	460	1,440	25	25	110	0,8	88	25,5	6	4,22
27 G	CF-A/A CUAR. TECN.	III+N	7,50	0,85	16	5,910	6	6	46	0,8	36,8	12,7	6	0,30
28 G	CF-CUADRO C. TECN.	III+N	3,00	0,85	6	5,910	6	6	46	0,8	36,8	8,5	6	0,08
29 G	CF-CUADRO C. TRANF.	III+N	5,00	0,85	21	5,910	6	6	46	0,8	36,8	8,5	6	0,26
30 G	CF-CUADRO C. GRUPO EL	III+N	5,00	0,85	21	5,910	6	6	46	0,8	36,8	8,5	6	0,26
31 G	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6	
32 G	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6	
33 G	CF-CUADRO C. CENTR. HIDR.	III+N	37,00	0,85	80	2,238	16	16	87	0,8	69,6	62,8	6	2,81
34 G	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6	
35 G	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6	
1 S	CA-ALDO SEGUR. T1-D	III+N	0,90	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,4	4	1,03
2 S	CA-ALDO SEGUR. T1-I	III+N	0,90	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,4	4	1,03
3 S	CA-ALDO SEGUR. T2-D	III+N	0,90	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,4	4	1,03
4 S	CA-ALDO SEGUR. T2-I	III+N	0,90	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,4	4	1,03
5 S	CA-ALDO GUIAD. T1-D	III+N	1,37	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,2	4	1,57
6 S	CA-ALDO GUIAD. T1-I	III+N	1,37	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,2	4	1,57
7 S	CA-ALDO GUIAD. T2-D	III+N	1,37	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,2	4	1,57
8 S	CA-ALDO GUIAD. T2-I	III+N	1,37	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,2	4	1,57
9 S	CA-SEÑAL. EMERG. T1-D	III+N	0,74	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,2	4	0,84
10 S	CA-SEÑAL. EMERG. T1-I	III+N	0,35	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	0,6	4	0,40
11 S	CA-SEÑAL. EMERG. T2-D	III+N	0,28	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	0,4	4	0,32
12 S	CA-SEÑAL. EMERG. T2-I	III+N	0,70	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,1	4	0,80
13 S	CF-MAN. SEÑ. EMER. T1-D	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,58
14 S	CF-MAN. SEÑ. EMER. T1-I	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,58
15 S	CF-MAN. SEÑ. EMER. T2-D	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,58
16 S	CF-MAN. SEÑ. EMER. T2-I	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,58
17 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6	
18 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6	
19 S	CF-SOS T1	III+N	2,00	0,85	390	5,910	6	6	46	0,8	36,8	3,4	6	1,96
20 S	CF-SOS T2	III+N	1,50	0,85	370	5,910	6	6	46	0,8	36,8	2,5	6	1,39
21 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6	
22 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6	
23 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6	
24 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6	
25 S	CF-PANEL. INT. T1	III+N	2,00	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	3,4	6	2,31
26 S	CF-PANEL. INT. T2	III+N	1,00	0,85	310	5,910	6	6	46	0,8	36,8	1,7	6	0,78
27 S	CF-PANEL. Y SEMAF. EXT. T1	III+N	3,50	0,85	456	5,910	6	6	46	0,8	36,8	5,9	6	4,00
28 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6	
29 S	CF-SEÑALIZACIÓN BOCA T1	III+N	4,00	0,85	45	5,910	6	6	46	0,8	36,8	6,8	6	0,45
30 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6	

**Tabla A1.1: Cálculo de los circuitos del C.G.B.T. Norte (continuación)**

38 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6	
39 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6	
40 S	CA-ALDO GALERIA P.1	III+N	2,00	0,9	490	6,230	6	6	46	0,8	36,8	3,2	4	2,45	
41 S	CF-MANDO ALDO GAL. P.1	III+N	0,50	0,85	490	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,61	
42 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6	
43 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6	
44 S	CF-COMPUERT. GAL. T1	III+N	1,00	0,85	445	5,910	6	6	46	0,8	36,8	1,7	6	1,12	
45 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6	
46 S	CF-COMPUERT. GAL. T2	III+N	1,00	0,85	475	5,910	6	6	46	0,8	36,8	1,7	6	1,19	
47 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6	
48 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6	
49 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6	
50 S	CF-FUN. ALIM. SENS. VENT. T1	III+N	0,50	0,85	335	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,42	
51 S	CF-FUN. ALIM. SENS. VENT. T2	III+N	0,50	0,85	145	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,18	
52 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6	
53 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6	

**Tabla A1.2: Cálculo de los circuitos del C.G.B.T. interior**

Cir.	CUADRO	III/	Pot.	Cos φ	LONG.	Kcable	Sección (mm²)	Ladms.	FACTOR	IADMS.	LIOM.	C.TEHS.	C.TEIS.	MAX. (%)	(%)
		III+N	(kw)	(M)	(V/A'Km)	Fase	Neutro	(A)	CORREC.	(A)	(A)				
1 G	CA-ALDO NUBL. T1-DN	III+N	0,75	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,2	4	0,86	
2 G	CA-ALDO NUBL. T1-IN	III+N	0,75	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,2	4	0,86	
3 G	CA-ALDO NUBL. T2-DS	III+N	1,80	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	2,07	
4 G	CA-ALDO NUBL. T2-IS	III+N	1,80	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	2,07	
5 G	CA-ALDO NOCT. T1-DN	III+N	1,80	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	2,07	
6 G	CA-ALDO NOCT. T1-IN	III+N	1,80	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	2,07	
7 G	CA-ALDO NOCT. T1-DS	III+N	1,80	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	2,07	
8 G	CA-ALDO NOCT. T1-IS	III+N	1,80	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	2,07	
9 G	CA-ALDO NOCT. T2-DN	III+N	1,80	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	2,07	
10 G	CA-ALDO NOCT. T2-IN	III+N	1,80	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	2,07	
11 G	CA-ALDO NOCT. T2-DS	III+N	1,80	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	2,07	
12 G	CA-ALDO NOCT. T2-IS	III+N	1,80	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4	2,07	
13 G	CF-MAN. RED. FL. T1-DN	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58	
14 G	CF-MAN. RED. FL. T1-IN	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58	
15 G	CF-MAN. RED. FL. T1-DS	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58	
16 G	CF-MAN. RED. FL. T1-IS	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58	
17 G	CF-MAN. RED. FL. T2-DN	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58	
18 G	CF-MAN. RED. FL. T2-IN	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58	
19 G	CF-MAN. RED. FL. T2-DS	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58	
20 G	CF-MAN. RED. FL. T2-IS	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58	
21 G	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										4	
22 G	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										4	
23 G	CF-VENTILADOR T-1.5	III	22,00	0,85	410	1,440	25	25	110	0,8	88	37,4	6	5,51	
24 G	CF-VENTILADOR T-1.6	III	22,00	0,85	410	1,440	25	25	110	0,8	88	37,4	6	5,51	
25 G	CF-VENTILADOR T-1.7	III	22,00	0,85	190	2,238	16	16	87	0,8	69,6	37,4	6	3,97	
26 G	CF-VENTILADOR T-1.8	III	22,00	0,85	190	2,238	16	16	87	0,8	69,6	37,4	6	3,97	
27 G	CF-VENTILADOR T-1.9	III	22,00	0,85	90	3,520	10	10	65	0,8	52	37,4	6	2,96	
28 G	CF-VENTILADOR T-1.10	III	22,00	0,85	90	3,520	10	10	65	0,8	52	37,4	6	2,96	
29 G	CF-VENTILADOR T-1.11	III	22,00	0,85	170	3,520	10	10	65	0,8	52	37,4	6	5,59	
30 G	CF-VENTILADOR T-1.12	III	22,00	0,85	170	3,520	10	10	65	0,8	52	37,4	6	5,59	
31 G	CF-VENTILADOR T-1.13	III	22,00	0,85	420	1,440	25	25	110	0,8	88	37,4	6	5,85	
32 G	CF-VENTILADOR T-1.14	III	22,00	0,85	420	1,440	25	25	110	0,8	88	37,4	6	5,85	
33 G	CF-EXTRACCIÓN GAL. T1	III	6,00	0,85	65	5,910	6	6	46	0,8	36,8	10,2	6	0,98	
34 G	CF-RESERVA	III	2,00	0,85										6	
35 G	CF-VENTILADOR T-2.3	III	22,00	0,85	90	3,520	10	10	65	0,8	52	37,4	6	2,96	
36 G	CF-VENTILADOR T-2.4	III	22,00	0,85	90	3,520	10	10	65	0,8	52	37,4	6	2,96	
37 G	CF-EXTRACCIÓN GAL. T2	III	6,00	0,85	455	3,520	10	10	65	0,8	52	10,2	6	4,08	
38 G	CF-RESERVA	III	2,00	0,85										6	
39 G	CF-TOMAS DE CORRIENTE T1-	III+N	15,00	0,85	460	1,440	25	25	110	0,8	88	25,5	6	4,22	
40 G	CF-TOMAS DE CORRIENTE T1-	III+N	15,00	0,85	460	1,440	25	25	110	0,8	88	25,5	6	4,22	
41 G	CF-TOMAS DE CORRIENTE T2-	III+N	15,00	0,85	16	5,910	6	6	46	0,8	36,8	25,5	6	0,60	
42 G	CF-TOMAS DE CORRIENTE T2-	III+N	15,00	0,85	6	5,910	6	6	46	0,8	36,8	25,5	6	0,23	
43 G	CF-A/A CUAR. TECN.	III+N	7,50	0,85	21	5,910	6	6	46	0,8	36,8	12,7	6	0,40	
44 G	CF-CUADRO C. TECN.	III+N	5,00	0,85	21	5,910	6	6	46	0,8	36,8	8,5	6	0,26	
45 G	CF-CUADRO C. TRANF.	III+N	5,00	0,85	21	5,910	6	6	46	0,8	36,8	8,5	6	0,26	
46 G	CF-CUADRO C. GRUPO EL.	III+N	5,00	0,85	21	5,910	6	6	46	0,8	36,8	8,5	6	0,26	
47 G	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6	
48 G	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6	

Tabla A1.2: Cálculo de los circuitos del C.G.B.T. interior (continuación)

1 S	CA-ALDO SEGUR. T1-DN	III+N	0,90	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,4	4	1,03
2 S	CA-ALDO SEGUR. T1-IN	III+N	0,90	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,4	4	1,03
3 S	CA-ALDO SEGUR. T1-DS	III+N	0,90	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,4	4	1,03
4 S	CA-ALDO SEGUR. T1-IS	III+N	0,90	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,4	4	1,03
5 S	CA-ALDO SEGUR. T2-DN	III+N	0,90	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,4	4	1,03
6 S	CA-ALDO SEGUR. T2-IN	III+N	0,90	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,4	4	1,03
7 S	CA-ALDO SEGUR. T2-DS	III+N	0,90	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,4	4	1,03
8 S	CA-ALDO SEGUR. T2-IS	III+N	0,90	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,4	4	1,03
9 S	CA-ALDO GUIAD. T1-DN	III+N	1,37	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,2	4	1,57
10 S	CA-ALDO GUIAD. T1-IN	III+N	1,37	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,2	4	1,57
11 S	CA-ALDO GUIAD. T1-DS	III+N	1,37	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,2	4	1,57
12 S	CA-ALDO GUIAD. T1-IS	III+N	1,37	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,2	4	1,57
13 S	CA-ALDO GUIAD. T2-DN	III+N	1,37	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,2	4	1,57
14 S	CA-ALDO GUIAD. T2-IN	III+N	1,37	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,2	4	1,57
15 S	CA-ALDO GUIAD. T2-DS	III+N	1,37	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,2	4	1,57
16 S	CA-ALDO GUIAD. T2-IS	III+N	1,37	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,2	4	1,57
17 S	CA-SEÑAL. EMERG. T1-DN	III+N	0,25	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	0,4	4	0,28
18 S	CA-SEÑAL. EMERG. T1-IN	III+N	0,67	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,1	4	0,76
19 S	CA-SEÑAL. EMERG. T1-DS	III+N	0,70	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,1	4	0,80
20 S	CA-SEÑAL. EMERG. T1-IS	III+N	0,35	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	0,6	4	0,40
21 S	CA-SEÑAL. EMERG. T2-DN	III+N	0,70	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,1	4	0,80
22 S	CA-SEÑAL. EMERG. T2-IN	III+N	0,35	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	0,6	4	0,40
23 S	CA-SEÑAL. EMERG. T2-DS	III+N	0,32	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	0,5	4	0,36
24 S	CA-SEÑAL. EMERG. T2-IS	III+N	0,88	0,9	460	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,4	4	1,01
25 S	CF-MAN. SEÑ. EMER. T1-DN	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58
26 S	CF-MAN. SEÑ. EMER. T1-IN	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58
27 S	CF-MAN. SEÑ. EMER. T1-DS	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58
28 S	CF-MAN. SEÑ. EMER. T1-IS	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4	0,58
29 S	CF-MAN. SEÑ. EMER. T2-DN	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,58
30 S	CF-MAN. SEÑ. EMER. T2-IN	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,58
31 S	CF-MAN. SEÑ. EMER. T2-DS	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,58
32 S	CF-MAN. SEÑ. EMER. T2-IS	III+N	0,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,58
33 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
34 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
35 S	CF-SOS T1-N	III+N	1,50	0,85	350	5,910	6	6	46	0,8	36,8	2,5	6	1,32
36 S	CF-SOS T1-S	III+N	1,50	0,85	340	5,910	6	6	46	0,8	36,8	2,5	6	1,28
37 S	CF-SOS T2-N	III+N	1,50	0,85	390	5,910	6	6	46	0,8	36,8	2,5	6	1,47
38 S	CF-SOS T2-S	III+N	2,00	0,85	390	5,910	6	6	46	0,8	36,8	3,4	6	1,96
39 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
40 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
41 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
42 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
43 S	CF-PANEL. INT. T1N	III+N	1,00	0,85	270	5,910	6	6	46	0,8	36,8	1,7	6	0,68
44 S	CF-PANEL. INT. T1S	III+N	2,00	0,85	310	5,910	6	6	46	0,8	36,8	3,4	6	1,56
45 S	CF-PANEL. INT. T2N	III+N	2,00	0,85	410	5,910	6	6	46	0,8	36,8	3,4	6	2,06
46 S	CF-PANEL. INT. T2S	III+N	1,00	0,85	490	5,910	6	6	46	0,8	36,8	1,7	6	1,23
47 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
48 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
49 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
50 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
51 S	CF-CENTRAL INCENDIOS	III+N	0,50	0,85	11	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,01
52 S	CF-ESTAC. REMOTA	III+N	0,50	0,85	11	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,01
53 S	CF-EQUIP. C.T.	III+N	2,00	0,85	11	5,910	6	6	46	0,8	36,8	3,4	6	0,06
54 S	CF-MEGAFONIA RADIO	III+N	1,00	0,85	11	5,910	6	6	46	0,8	36,8	1,7	6	0,03
55 S	CF-CCTV T1-N	III+N	0,45	0,85	400	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,45
56 S	CF-CCTV T1-S	III+N	0,60	0,85	470	5,910	6	6	46	0,8	36,8	1,0	6	0,71
57 S	CF-CCTV T2-N	III+N	0,45	0,85	350	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,40
58 S	CF-CCTV T2-S	III+N	0,45	0,85	340	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,38
59 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
60 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
61 S	CA-ALDO GALERIA V.1	III+N	2,00	0,9	60	6,230	6	6	46	0,8	36,8	3,2	4	0,30
62 S	CF-MANDO ALDO GAL.V.1	III+N	0,50	0,85	60	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,08
63 S	CA-ALDO GALERIA P.2	III+N	2,00	0,9	450	6,230	6	6	46	0,8	36,8	3,2	4	2,25
64 S	CF-MANDO ALDO GAL.P.2	III+N	0,50	0,85	450	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,56
65 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
66 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
67 S	CF-COMPUERT. GAL. T1	III+N	2,00	0,85	35	5,910	6	6	46	0,8	36,8	3,4	6	0,18
68 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
69 S	CF-COMPUERT. GAL. T2	III+N	2,00	0,85	425	5,910	6	6	46	0,8	36,8	3,4	6	2,13
70 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
71 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
72 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
73 S	CF-FUN. ALIM. SENS. VENT. T1	III+N	0,50	0,85	510	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,64
74 S	CF-FUN. ALIM. SENS. VENT. T1	III+N	0,50	0,85	450	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,56
75 S	CF-FUN. ALIM. SENS. VENT. T2	III+N	0,50	0,85	510	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,64
76 S	CF-FUN. ALIM. SENS. VENT. T2	III+N	0,50	0,85	450	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,56
77 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6
78 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85										6

Tabla A1.3: Cálculo de los circuitos del C.G.B.T. Sur

		III+N	(kw)	(M)	(V/A'Km)	Fase	Neutro	(A)	CORREC.	(A)	(A)	MAX.(%)	(%)
1 R	CA-ALDO SOL. T1-D	III+N	0,80	0,9	395	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,3	4
2 R	CA-ALDO SOL. T1-I	III+N	0,80	0,9	395	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,3	4
3 R	CA-ALDO SOL. T2-D	III+N	36,40	0,9	355	0,555	70	70	214	0,8	171,2	58,4	4
4 R	CA-ALDO SOL. T2-I	III+N	36,40	0,9	355	0,555	70	70	214	0,8	171,2	58,4	4
5 R	CA-ALDO EXT. T1-D	III+N	1,80	0,9	390	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4
6 R	CA-ALDO EXT. T2-D	III+N	1,80	0,9	390	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,9	4
7 R	CA-RESERVA	III+N	2,00	0,9									4
8 R	CA-RESERVA	III+N	2,00	0,9									4
1 G	CA-ALDO NUBL. T1-D	III+N	1,55	0,9	510	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,5	4
2 G	CA-ALDO NUBL. T1-I	III+N	1,55	0,9	510	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,5	4
3 G	CA-ALDO NUBL. T2-D	III+N	40,50	0,9	470	0,425	95	95	259	0,8	207,2	65,0	4
4 G	CA-ALDO NUBL. T2-I	III+N	40,50	0,9	470	0,425	95	95	259	0,8	207,2	65,0	4
5 G	CA-ALDO NOCT. T1-D	III+N	2,70	0,9	510	6,230	6	6	46	0,8	36,8	4,3	4
6 G	CA-ALDO NOCT. T1-I	III+N	2,70	0,9	510	6,230	6	6	46	0,8	36,8	4,3	4
7 G	CA-ALDO NOCT. T2-D	III+N	3,00	0,9	470	6,230	6	6	46	0,8	36,8	4,8	4
8 G	CA-ALDO NOCT. T2-I	III+N	3,00	0,9	470	6,230	6	6	46	0,8	36,8	4,8	4
9 G	CF-MAN. RED. FL. T1-D	III+N	0,50	0,85	510	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4
10 G	CF-MAN. RED. FL. T1-I	III+N	0,50	0,85	510	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4
11 G	CF-MAN. RED. FL. T2-D	III+N	0,50	0,85	470	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4
12 G	CF-MAN. RED. FL. T2-I	III+N	0,50	0,85	470	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	4
13 G	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									4
14 G	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									4
15 G	CF-VENTILADOR T-1.15	III	22,00	0,85	250	2,238	16	16	87	0,8	69,6	37,4	6
16 G	CF-VENTILADOR T-1.16	III	22,00	0,85	250	2,238	16	16	87	0,8	69,6	37,4	6
17 G	CF-VENTILADOR T-1.17	III	22,00	0,85	460	1,050	35	35	137	0,8	109,6	37,4	6
18 G	CF-VENTILADOR T-1.18	III	22,00	0,85	460	1,050	35	35	137	0,8	109,6	37,4	6
19 G	CF-RESERVA	III	2,00	0,85									6
20 G	CF-RESERVA	III	2,00	0,85									6
21 G	CF-VENTILADOR T-2.5	III	22,00	0,85	170	3,520	10	10	65	0,8	52	37,4	6
22 G	CF-VENTILADOR T-2.6	III	22,00	0,85	170	3,520	10	10	65	0,8	52	37,4	6
23 G	CF-VENTILADOR T-2.7	III	22,00	0,85	320	1,440	25	25	110	0,8	88	37,4	6
24 G	CF-VENTILADOR T-2.8	III	22,00	0,85	320	1,440	25	25	110	0,8	88	37,4	6
25 G	CF-RESERVA	III	2,00	0,85									6
26 G	CF-RESERVA	III	2,00	0,85									6
27 G	CF-TOMAS DE CORRIENTE T1	III+N	15,00	0,85	465	1,440	25	25	110	0,8	88	25,5	6
28 G	CF-TOMAS DE CORRIENTE T2	III+N	15,00	0,85	390	2,238	16	16	87	0,8	69,6	25,5	6
29 G	CF-A/A CUAR. TECN.	III+N	7,50	0,85	16	5,910	6	6	46	0,8	36,8	12,7	6
30 G	CF-CUADRO C. TECN.	III+N	5,00	0,85	6	5,910	6	6	46	0,8	36,8	8,5	6
31 G	CF-CUADRO C. TRANF.	III+N	5,00	0,85	21	5,910	6	6	46	0,8	36,8	8,5	6
32 G	CF-CUADRO C. GRUPO EL.	III+N	5,00	0,85	21	5,910	6	6	46	0,8	36,8	8,5	6
33 G	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6
34 G	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6
1 S	CA-ALDO SEGUR. T1-D	III+N	1,35	0,9	510	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,2	4
2 S	CA-ALDO SEGUR. T1-I	III+N	1,35	0,9	510	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,2	4
3 S	CA-ALDO SEGUR. T2-D	III+N	1,65	0,9	470	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,6	4
4 S	CA-ALDO SEGUR. T2-I	III+N	1,65	0,9	470	6,230	6	6	46	0,8	36,8	2,6	4
5 S	CA-ALDO GUIAD. T1-D	III+N	2,05	0,9	510	6,230	6	6	46	0,8	36,8	3,3	4
6 S	CA-ALDO GUIAD. T1-I	III+N	2,05	0,9	510	6,230	6	6	46	0,8	36,8	3,3	4
7 S	CA-ALDO GUIAD. T2-D	III+N	2,41	0,9	470	6,230	6	6	46	0,8	36,8	3,9	4
8 S	CA-ALDO GUIAD. T2-I	III+N	2,41	0,9	470	6,230	6	6	46	0,8	36,8	3,9	4
9 S	CA-SEÑAL. EMERG. T1-D	III+N	0,32	0,9	510	6,230	6	6	46	0,8	36,8	0,5	4
10 S	CA-SEÑAL. EMERG. T1-I	III+N	0,74	0,9	510	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,2	4
11 S	CA-SEÑAL. EMERG. T2-D	III+N	0,67	0,9	470	6,230	6	6	46	0,8	36,8	1,1	4
12 S	CA-SEÑAL. EMERG. T2-I	III+N	0,21	0,9	470	6,230	6	6	46	0,8	36,8	0,3	4
13 S	CA-MAN. SEÑ. EMER. T1-D	III+N	0,50	0,9	510	6,230	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6
14 S	CA-MAN. SEÑ. EMER. T1-I	III+N	0,50	0,9	510	6,230	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6
15 S	CA-MAN. SEÑ. EMER. T2-D	III+N	0,50	0,9	470	6,230	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6
16 S	CA-MAN. SEÑ. EMER. T2-I	III+N	0,50	0,9	470	6,230	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6
17 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6
18 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6
19 S	CF-SOS T1	III+N	1,50	0,85	465	5,910	6	6	46	0,8	36,8	2,5	6
20 S	CF-SOS T2	III+N	1,50	0,85	390	5,910	6	6	46	0,8	36,8	2,5	6
21 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6
22 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6
23 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6
24 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6
25 S	CF-PANEL. INT. T1	III+N	1,00	0,85	360	5,910	6	6	46	0,8	36,8	1,7	6
26 S	CF-PANEL. INT. T2	III+N	2,00	0,85	470	5,910	6	6	46	0,8	36,8	3,4	6
27 S	CF-SEMAFOROS EXT. T2	III+N	3,50	0,85	460	5,910	6	6	46	0,8	36,8	5,9	6
28 S	CF-RESERVA	III+N	2,00	0,85									6
29 S	CF-SEÑALIZACIÓN BOCA T2	III+N	4,00	0,85	40	5,910	6	6	46	0,8	36,8	6,8	6

**Tabla A1.3: Cálculo de los circuitos del C.G.B.T. Sur (continuación)**

30 S	CF-RESERVA	III+N	<b>2,00</b>	0,85									6	
31 S	CF-RESERVA	III+N	<b>2,00</b>	0,85									6	
32 S	CF-CENTRAL INCENDIOS	III+N	<b>0,50</b>	0,85	11	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,01
33 S	CF-ESTAC. REMOTA	III+N	<b>0,50</b>	0,85	11	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,01
34 S	CF-EQUIP. C.T.	III+N	<b>2,00</b>	0,85	11	5,910	6	6	46	0,8	36,8	3,4	6	0,06
35 S	CF-MEGAFONIA RADIO	III+N	<b>1,00</b>	0,85	11	5,910	6	6	46	0,8	36,8	1,7	6	0,03
36 S	CF-CCTV T1	III+N	<b>0,30</b>	0,85	420	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,5	6	0,32
37 S	CF-CCTV T2	III+N	<b>0,75</b>	0,85	440	5,910	6	6	46	0,8	36,8	1,3	6	0,83
38 S	CF-RESERVA	III+N	<b>2,00</b>	0,85									6	
39 S	CF-RESERVA	III+N	<b>2,00</b>	0,85									6	
40 S	CF-FUN. ALIM. SENS. VENT. T1	III+N	<b>0,50</b>	0,85	510	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,64
41 S	CF-FUN. ALIM. SENS. VENT. T2	III+N	<b>0,50</b>	0,85	470	5,910	6	6	46	0,8	36,8	0,8	6	0,59
42 S	CF-RESERVA	III+N	<b>2,00</b>	0,85									6	
43 S	CF-RESERVA	III+N	<b>2,00</b>	0,85									6	

**ANEJO II:**  
**DATOS DEL PIARC SOBRE EMISIONES**

Tabla A2.1: Composición del parque móvil

PESADOS	%	Masa (t)	%	LIGEROS	%
pre-Euro	15	10	40	<b>LIGEROS</b>	85
		20	30	<b>Gasolina</b>	50
		30	30	<b>ECE 15/00</b>	5
Euro 1	10	10	40	<b>ECE 15/04</b>	5
		20	30	<b>Euro 1</b>	20
		30	30	<b>Euro 2</b>	30
Euro 2	20	10	40	<b>Euro 3</b>	30
		20	30	<b>Euro 4</b>	10
		30	30	<b>TOTAL=</b>	100
Euro 3	30	10	40	<b>Diesel</b>	50
		20	30	<b>ECE 15/04</b>	10
		30	30	<b>Euro 1</b>	20
Euro 4	30	10	40	<b>Euro 2</b>	30
		20	30	<b>Euro 3</b>	30
		30	30	<b>Euro 4</b>	10
<b>TOTAL=</b>	<b>100</b>			<b>TOTAL=</b>	<b>100</b>
<b>COMPROBACIONES</b>		100	100	100	
		100	PESADOS+LIG		
		100			
		100			
		100			

Tabla A2.2: Factor de altura, fh

PESADOS	1,4	* Tabla II.3-59 (PIARC)
LIGEROS		
Catalizador	2,6	* Tabla II.3-39 (PIARC)
Convencional	1,8	Catalizador: Euro 1 y posteriores Convencional: pre-Euro
Diesel	1,2	

Tabla A2.3: Emisión de CO del parque móvil considerado

m <sup>3</sup> /h,veh	Pendiente (%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	0,0254	0,0254	0,0254	0,0254	0,0254	0,0254	0,0254
5	0,0366	0,0453	0,0547	0,0640	0,0705	0,0771	0,0856
10	0,0409	0,0499	0,0593	0,0693	0,0768	0,0853	0,0963
20	0,0507	0,0606	0,0707	0,0817	0,0923	0,1066	0,1309
30	0,0572	0,0680	0,0790	0,0911	0,1035	0,1282	0,1764
40	0,0591	0,0704	0,0818	0,0948	0,1146	0,1561	0,2204
50	0,0603	0,0719	0,0838	0,0974	0,1255	0,1848	0,2690
60	0,0628	0,0750	0,0877	0,1022	0,1508	0,2564	0,3636
70	0,0655	0,0783	0,0915	0,1070	0,2057	0,3643	0,4889
80	0,0693	0,0830	0,0974	0,1146	0,2881	0,4802	0,6423
90	0,0882	0,1080	0,1282	0,1526	0,4443	0,7370	1,0133
100	0,1048	0,1333	0,1784	0,2147	0,6624	1,1311	1,6372
110	0,1184	0,1596	0,2553	0,3095	0,9500	1,6589	2,5681

Tabla A2.4: Factor de envejecimiento, fa

LIGEROS (Gasolina)	
Euro 1	1
Euro 2	1
Euro 3	1

\* Tabla II.3.8 (PIARC)

\* Tabla II.3.10 (PIARC)

\* Tabla II.3.12 (PIARC)

Tabla A2.5: Emisión de NO del parque móvil considerado

$m^3/h, veh$	Pendiente (%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	0,0056	0,0056	0,0056	0,0056	0,0056	0,0056	0,0056
5	0,0057	0,0060	0,0065	0,0084	0,0092	0,0101	0,0117
10	0,0063	0,0072	0,0079	0,0119	0,0141	0,0169	0,0215
20	0,0079	0,0083	0,0097	0,0170	0,0220	0,0286	0,0384
30	0,0095	0,0120	0,0142	0,0225	0,0304	0,0400	0,0569
40	0,0111	0,0142	0,0169	0,0271	0,0384	0,0542	0,0757
50	0,0127	0,0160	0,0193	0,0310	0,0463	0,0675	0,0955
60	0,0143	0,0179	0,0222	0,0353	0,0555	0,0829	0,1194
70	0,0165	0,0204	0,0253	0,0407	0,0666	0,1009	0,1228
80	0,0191	0,0237	0,0297	0,0477	0,0800	0,1254	0,1273
90	0,0197	0,0270	0,0345	0,0551	0,0940	0,1309	0,1340
100	0,0205	0,0307	0,0404	0,0637	0,0996	0,1380	0,1417
110	0,0215	0,0327	0,0440	0,0688	0,1059	0,1479	0,1521

Tabla A2.6: Factor de envejecimiento, fa

LIGEROS (Gasolina)	
Euro 1	2,5
Euro 2	1,49
Euro 3	1,56

\* Tabla II.3.22 (PIARC)

\* Tabla II.3.24 (PIARC)

\* Tabla II.3.26 (PIARC)

Tabla A2.7: Emisión de humos del parque móvil considerado

$m^3/h, veh$	Pendiente (%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	3,2600	3,2600	3,2600	3,2600	3,2600	3,2600	3,2362
5	5,0080	4,7659	4,7891	6,5866	6,9154	7,3742	7,9943
10	6,3830	6,6275	6,7011	8,6576	9,3403	10,2911	11,5616
20	8,6144	8,8775	9,0372	11,4456	12,8789	14,9277	17,7298
30	10,9584	11,3520	11,6199	14,4120	16,6522	19,9023	24,3430
40	13,7152	14,2341	14,6370	17,8561	21,1203	25,7557	32,1265
50	16,2579	15,4745	17,4212	21,0263	25,3576	31,8725	40,3676
60	17,9460	19,1604	19,8677	23,5559	29,7244	35,7895	45,5966
70	19,3356	20,5864	21,3423	25,3426	31,1176	38,3191	45,7694
80	20,7144	21,9438	22,7694	27,1529	33,5624	41,9706	46,2872
90	23,0937	25,0624	26,1240	30,7173	38,7108	46,8132	52,8991
100	27,0064	30,1762	31,6358	36,6552	45,2012	55,7758	65,6625
110	30,9908	34,7713	36,5701	41,9970	52,7734	67,1089	82,6059

**ANEJO III:**  
**DESGLOSE DEL PRESUPUESTO**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
--------	-------------	----------	--------	---------

## DESGLOSE DEL PRESUPUESO

### **CAPÍTULO 1.SUMINISTRO DE ENERGÍA**

#### **APARTADO 1.1. INSTALACIÓN DE MEDIA TENSIÓN**

LC11050	<b>Ud EDIFICIO MODULAR PARA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b> Edificio de hormigón modular, para centro de transformación, modelo M11CT2L , de dimensiones exteriores 7.910 x 2.560 y altura vista 2.620 mm. Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón de la serie Modular de Merlin Gerin formada por base, paredes, suelos, techos, puertas y persianas. Incluido excavación de foso, lecho de arena lavada de 15 cm, grúa, montaje y pequeño material necesario para su construcción.	2,00	14.630,16	29.260,32
LC11070	<b>Ud TIERRAS EXTERIORES CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b> Tierras exteriores código 5/62 Unesa, incluyendo 6 picas de 2,00 m. de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	3,00	359,83	1.079,49
LC11160	<b>Ud TIERRAS INTERIORES</b> Tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50mm2 de Cu desnudo para la tierra de protección y aislado para la de servicio, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado, según memoria.	3,00	1.217,72	3.653,16
LC11144	<b>Ud PUERTA DE ACCESO PEATONES DOBLE HOJA</b> Puerta de doble hoja para acceso peatones a cuartos técnicos de tipo normalizado, instalada.	3,00	1.245,17	3.735,51
LC11143	<b>Ud PUERTA DE ACCESO TRANSFORMADORES</b> Puerta para acceso de transformadores, modelo normalizado según proyecto, instalada.	6,00	673,08	4.038,48
LC11140	<b>Ud CARRILES TRANSFORMADOR</b> Juego de dos carriles para soporte de transformador, instalados.	6,00	252,35	1.514,1
LC11060	<b>Ud RECINTO MAMPOSTERIA TRANSFORMADOR INTERIOR</b> Construcción de recinto de manpostería para instalación de transformadores secos incluido enfoscado a dos caras, suelo de hormigón con UPN para instalación y retirada de transformadores, puerta de rejilla metálica para defensa de transformador con cerradura enclavada con la celda de protección correspondiente, UPN para sujeción de puerta, puesta a tierra de recinto y todos los elementos metálicos necesarios.	1,00	2.117,38	2.117,38
LC11170	<b>Ud PUNTO DE LUZ CON PANTALLA ESTANCA 2x58 W</b> Puntos de luz, mediante pantallas estancas de 2x58W, adecuados para proporcionar nivel de iluminación suficiente para la revisión y manejo del centro, incluidos sus elementos de mando y protección, instalado.	3,00	643,41	1.930,23
LC11171	<b>Ud PUNTO DE LUZ DE EMERGENCIA</b> Puntos de luz de emergencia, mediante equipos autónomos estancos, adecuados para la señalización de los accesos al centro, instalado.	3,00	426,58	1.279,74
LC11150	<b>Ud CANALIZACIÓN CABLES ALTA TENSIÓN</b> Canalización mediante foso de los cables de A.T. de acometida al centro, así como de los cables de interconexión entre celdas de protección y transformador, materiales y mano de obra incluidos.	2,00	1.347,42	2.694,84
LC11020	<b>Ud CELDA ENTRADA/SALIDA DE LINEA</b> Celda de interruptor-secccionador gama SM6, de la marca Merlin Gerin, modelo SIM20AM, de dimensiones:375x940x1.600 mm (AxPxH)y peso 120 kg. Compuesto por Juego de barras tripolar de 400 A, interruptor-secccionador de corte en SF6 de 630 A, tensión de 24 kV y 20 kA, secccionador de puesta a tierra en SF6, indicadores de presencia de tensión, mando CIT motorizado, embarrado de			

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	puesta a tierra, estas celdas estarán preparadas para una conexión inferior de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm <sup>2</sup> . Instalada y funcionando.			
LC11021	<b>Ud CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES</b> Celda de protección general con interruptor y fusibles combinados gama SM6, de la marca Merlin Gerin, modelo SQM20M, de dimensiones 375x940x1.600 mm. (AxPxH) y peso 130 kg. Compuesta por juego de barras tripolar de 400 A, para conexión superior con celdas adyacentes, interruptor-seccionador en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 20 kA, mando C11 motorizado de acumulación de energía, preparada para 3 fusibles combinados, normas DIN, señalización mecánica de fusión fusibles, indicadores de presencia de tensión con lámparas, embarrado de puesta a tierra, seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas abajo de los fusibles). Incluso juego de 3 fusibles de 24 kV y enclavamiento por 4 cerraduras. Instalada y funcionando.	6,00	4.104,16	24.624,96
LC11022	<b>Ud CELDA AUTOMATICA DE PROTECCIÓN</b> Celda de protección con interruptor automático gama SM6, de la marca Merlin Gerin, modelo SDM1C20AM, de dimensiones 750x1.220x1.600 mm. (AxPxH) y peso 400 kg. Compuesta por juegos de barras tripolares de 630 A para conexión superior con celdas adyacentes seccionador en SF6, mando CS1 manual, interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc SF1, tensión de 24 kV, intensidad de 630 A, poder de corte de 20 kA, con bobina de disparo a emisión de tensión 220 V c.a., 50 Hz, mando RI de actuación motorizado. indicadores de presencia de tensión, seccionador de puesta a tierra, preparada para conexión inferior de cable unipolar seco y embarrado de puesta a tierra. Instalada y funcionando.	6,00	5.232,22	31.393,32
LC11023	<b>Ud CELDA DE MEDIDA</b> Celda de medida de tensión e intensidad con entrada y salida inferior por cable gama SM6, de la marca Merlin Gerin, modelo SGBC2C3320A, de dimensiones 750x1.038x1.600 mm. (AxPxH) y peso de 200 kg. Compuesta por juegos de barras tripolar de 630 A y 20 kA, entrada y salida por cable seco, conteniendo 3 TT y 3 TI. Instalada y funcionando.	6,00	13.345,66	80.073,96
LC11024	<b>Ud CELDA CAJÓN PARA SEPAM</b> Celda cajón para Sepam gama SM6, de la marca Merlin Gerin, modelo JLJKITSEP1D/S20. Compuesta por cajón de BT de 450 mm de altura conteniendo un SEPAM 1000+ S20 (indicar Vaux), cableado en celda de disyuntor SM6, regulación SEPAM 1000+S20 (indicar datos de regulación). Incluso contactos auxiliares 3A+4C/INT automaricos opción B2. Instalada y funcionando.	3,00	7.270,51	21.811,53
LC11025	<b>Ud CELDA DE REMONTE</b> Celda de remonte a barras, de la marca Merlin Gerin, modelo SGAME16. Instalada.	6,00	2.722,48	16.334,88
LC11026	<b>Ud CUADRO DE CONTADORES</b> Cuadro de contadores según normas compañía - Vacío, preparado para la instalación de los equipos de medida, con 1 Regleta de verificación CYAMA de 10 elementos. Instalado.	3,00	1.578,47	4.735,41
LC11082	<b>Ud ARMARIO TELEMANDO Y CONTROL 3 INTERRUPTORES</b> Suministro de armario de telemando y control tipo Talus preparado para el telecontrol de 3 interruptores de linea instalado y funcionando.	2,00	748,83	1.497,66
LC11032	<b>Ud TRANSFORMADOR 630 KVA</b> Transformador Seco de 630 kVA, de la marca Merlin Gerin, modelo TRIHAL , encapsulado en resina epoxy (aislamiento seco-clase F). Sus características mecánicas y eléctricas son potencia nominal de 630 kVA, tensión nominal primaria 15.000 V, regulación en el primario +2,5% +5% +7,5% +10%, tensión nominal secundaria en vacío 420 V, tensión de cortocircuito 6 %, grupo de conexión Dyn11. Nivel de aislamiento tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 125 KV, tensión de ensayo a 50 Hz 1 min 50 kV, incluye sondas PT100 y termómetro T154. Instalado y funcionando.	3,00	7.322,35	21.967,05
LC11180	<b>Ud EXTINTOR 89 B</b> Extintor de eficacia equivalente 89B, instalado.	6,00	19.868,07	119.208,42
		3,00	134,61	403,83

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
LC11181	Ud BANQUETA AISLANTE Banqueta aislante para maniobrar aparamenta.	3,00	174,37	523,11
LC11182	Ud GUANTES MANIOBRA Par de guantes de maniobra.	3,00	78,42	235,26
LC11185	Ud PLACA PELIGRO DE MUERTE Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas.	3,00	29,57	88,71
LC11186	Ud PLACA PRIMEROS AUXILIOS Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.	3,00	15,43	46,29
LC12100	Ud EQUIPO CLIMATIZACIÓN Equipo de climatización de cuarto técnico para garantizar un adecuado rango de temperaturas, incluso sondas de temperatura, equipo de control y conexión a la red de comunicaciones. Instalado y funcionando.	3,00	1.901,67	5.705,01
LC11100	Ud PROTECCIONES CONTRA RAYOS, SOBRETENSIONES, ETC. Instalación protecciones contra rayos, armonicos, sobretensiones y sobreintensidades mediante pararrayos, aislamientos galvanicos, protecciones contra sobretensiones en cuadros electricos de alta, media y baja protección, etc.	2,00	42.617,15	85.234,30
EA120T	Ud INGENIERIA DE DETALLE CT Ingeniería de detalle de los Centros de Transformación.	3,00	13.316,90	39.950,70
<b>TOTAL APARTADO 1.1 INSTALACIÓN DE MEDIA TENSIÓN</b>				<b>505.137,65</b>
<b>APARTADO 1.2. INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN</b>				
LC12140	Ud EDIFICIO PREFABRICADO GRUPO ELECTROGENO EXT Edificio prefabricado de hormigón para la instalación de grupo electrogeno, incluyendo excavación, transporte y montaje. Incorporando puertas y rejillas de ventilación natural. Estando unidas las armaduras del hormigón entre sí y al colector de tierra. Pintado con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en techos, puertas y rejillas.	2,00	33.655,06	67.310,12
LC11062	Ud RECINTO MAMPOSTERIA SEPARACIÓN GRUPO ELECTROGENO INT Construcción de recinto de manposteria para instalación independiente de grupo electrógeno interior, incluyendo unión de las armaduras del hormigón entre sí y al colector de tierra, y pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en techos, puertas y rejillas.	1,00	1.548,23	1.548,23
LC11063	Ud RECINTO MAMPOSTERIA CUARTOS TÉCNICOS EXT Construcción de recinto de manposteria para la instalación de cuarto técnico exterior, incluyendo unión de las armaduras del hormigón entre sí y al colector de tierra, y pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en techos, puertas y rejillas.	2,00	2.117,38	4.234,76
LC11064	Ud RECINTO MAMPOSTERIA CUARTO TÉCNICO INT Construcción de recinto de manposteria para la instalación de cuarto técnico interior, incluyendo unión de las armaduras del hormigón entre sí y al colector de tierra, y pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en techos, puertas y rejillas.	1,00	1.847,84	1.847,84
LC11144	Ud PUERTA DE ACCESO PEATONES DOBLE HOJA Puerta de doble hoja para acceso peatones a cuartos tecnicos de tipo normalizado, instalada.	6,00	1.245,17	7.471,02
LC12150	Ud RED TIERRA EXTERIOR CUARTO TECNICO Red de tierra exterior cuarto técnico, incluyendo 4 picas de 2,00 m. de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.			

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
LC12010	<b>Ud CGBT SUR</b> Cuadro general de baja tensión del C.Tec. Sur construido en armarios metálicos, construido con lámina cincada en caliente, provisto de doble puerta frontal, la primera transparente y bloqueada mediante cerradura con llave maestra de seguridad, la segunda troquelada para paso de mandos manuales de interruptores y fijada con tornillos, IP65, zócalo, columna lateral de cables, toma de tierra estándar, incluso elementos de fijación y soportes para aparamenta estándar, incluso elementos de fijación, con la aparamenta para el control y protección de todos los equipos del túnel. Incluido PLC encargado de gestionar todos los mandos motores de los interruptores motorizados, ante disparos intemporales.	3,00	740,17	2.220,51
LC12011	<b>Ud CGBT INTERIOR</b> Cuadro general de baja tensión del C.Tec. Interior construido en armarios metálicos, construido con lámina cincada en caliente, provisto de doble puerta frontal, la primera transparente y bloqueada mediante cerradura con llave maestra de seguridad, la segunda troquelada para paso de mandos manuales de interruptores y fijada con tornillos, IP65, zócalo, columna lateral de cables, toma de tierra estándar, incluso elementos de fijación y soportes para aparamenta estándar, incluso elementos de fijación, con la aparamenta para el control y protección de todos los equipos del túnel. Incluido PLC encargado de gestionar todos los mandos motores de los interruptores motorizados, ante disparos intemporales.	1,00	206.371,68	206.371,68
LC12012	<b>Ud CGBT NORTE</b> Cuadro general de baja tensión del C.Tec. Norte construido en armarios metálicos, construido con lámina cincada en caliente, provisto de doble puerta frontal, la primera transparente y bloqueada mediante cerradura con llave maestra de seguridad, la segunda troquelada para paso de mandos manuales de interruptores y fijada con tornillos, IP65, zócalo, columna lateral de cables, toma de tierra estándar, incluso elementos de fijación y soportes para aparamenta estándar, incluso elementos de fijación, con la aparamenta para el control y protección de todos los equipos del túnel. Incluido PLC encargado de gestionar todos los mandos motores de los interruptores motorizados, ante disparos intemporales.	1,00	250.003,68	250.003,68
LC12112	<b>Ud BATERIA CONDENSADORES 165 kVAr</b> Batería automática de condensadores, marca Merlin Gerin, modelo Vasert automatica 400 V, de 165 KVAR y regulación física 15+30+2x60, incluso cables de unión con cuadro general, trafos de intensidad y pequeño material. Instalada y funcionando.	1,00	184.151,68	184.151,68
LC12121	<b>Ud GRUPO ELECTROGENO 450 kVA</b> Grupo eléctrico de emergencia Electra Molins, tipo EMV-450 de 450 KVA, 380 V 50 Hz, alternador 630 KVA, con sistema de escape de gases con tubería y silencioso, depósito de combustible de 750 l. integrado en bancada, cuadro de control y equipos de medida con salida analógica/digital o serie de los sensores especificados en memoria, para conexión de red de comunicaciones. Instalado y funcionando.	3,00	4.830,67	14.492,01
LC12122	<b>Ud GRUPO ELECTROGENO 630 kVA</b> Grupo eléctrico de emergencia Electra Molins, tipo EMV-630 de 630 KVA, 380 V 50 Hz, alternador 800 KVA, con sistema de escape de gases con tubería y silencioso, depósito de combustible de 990 l. integrado en bancada, cuadro de control y equipos de medida con salida analógica/digital o serie de los sensores especificados en memoria, para conexión de red de comunicaciones. Instalado y funcionando.	2,00	56.997,17	113.994,34
LC12130	<b>Ud SAI 40 kVA</b> Sistema de alimentación ininterrumpida SAI, marca Chloride, modelo 70 NET 40/33, de 40 KVA de potencia con baterías de Plomo hermético para 30 minutos de autonomía y filtro de armónicos, tecnología on line, con equipo by-pass y salida serie de información para conexión de red de comunicaciones. Instalado y funcionando.	1,00	78.636,42	78.636,42
LC12131	<b>Ud SAI 60 kVA</b> Sistema de alimentación ininterrumpida SAI, marca Chloride, modelo 80 NET 60/33, de 60 KVA de	2,00	25.955,51	51.911,02

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	potencia con baterías de Plomo hermético para 30 minutos de autonomía y filtro de armónicos, tecnología on line, con equipo by-pass y salida serie de información para conexión de red de comunicaciones. Instalado y funcionando.			
LC11100	Ud PROTECCIONES CONTRA RAYOS, SOBRETENSIONES, ETC.	1,00	37.217,01	37.217,01
	Instalación protecciones contra rayos, armonicos, sobretensiones y sobreintensidades mediante pararrayos, aislamientos galvanicos, protecciones contra sobretensiones en cuadros electricos de alta, media y baja protección, etc.			
LC12100	Ud EQUIPO CLIMATIZACIÓN	3,00	42.617,15	127.851,45
	Equipo de climatización de cuarto técnico para garantizar un adecuado rango de temperaturas, incluso sondas de temperatura, equipo de control y conexión a la red de comunicaciones. Instalado y funcionando.			
		3,00	1.901,67	5.705,01
	<b>TOTAL APARTADO 1.2. INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN</b>		<b>1.154.966,78</b>	
	<b>TOTAL CAPÍTULO 1. SUMINISTRO DE ENERGÍA.....</b>		<b>1.660.104,43</b>	
	<b>CAPÍTULO 2. ALUMBRADO</b>			
	<b>APARTADO 2.1. ALUMBRADO EN TÚNEL</b>			
I484a	Ud LUMINANCIÉMETRO INSTALADO SOBRE POSTE			
	Luminancímetro instalado sobre poste en boca de túnel, incluso poste y cableado hasta centro de transformación y conexión a remota más cercana.			
I478	Ud PROYECTOR LÁMP. VSAP 150 con reductor flujo	2,00	12.948,45	25.896,90
	Suministro de proyector tipo PFE-400 de GE Lighting Hadasa o equivalente, con lámpara de vapor de sodio alta presión de 150 W, con equipo reductor de flujo, base fusible, manguera de conexión, soporte y accesorios de montaje.			
EA007	Ud PROYECTOR LÁMP. VSAP 150	97,00	466,20	45.221,40
	Suministro de proyector tipo PFE-400 de GE Lighting Hadasa o equivalente, con lámpara de vapor de sodio alta presión de 150 W, base fusible, manguera de conexión, soporte y accesorios de montaje.			
I479	Ud PROYECTOR LÁMP. VSAP 400	29,00	421,05	12.210,45
	Suministro de proyector tipo PFE-400 de GE Lighting Hadasa o equivalente, con lámpara de vapor de sodio alta presión de 400 W, base fusible, manguera de conexión, soporte y accesorios de montaje.			
LC03001	Ud CLEMAS DE DERIVACIÓN	657,00	446,25	293.186,25
	Suministro e instalación de clemas de derivación. Debe permitir la derivación sin corte de la línea principal.			
LC03003	Ud MONTAJE DE PROYECTORES	3.303,00	10,51	34.714,53
	Montaje de proyector tipo PFE-400 de GE Lighting Hadasa o equivalente, con lámpara de vapor de sodio alta presión, base fusible, manguera de conexión, soporte y accesorios de montaje, incluye replanteo.			
I480T	Ud LUMINARIA ESTANCA FLUOR. 1x18W.	1.101,00	35,68	39.283,68
	Luminaria de guiado, estanca, con lámpara fluorescente de 1x18 W con equipo de encendido, adosada a pared o en banderola, incluso material auxiliar de montaje y conexión. Completamente instalada.			
I565EEI	MI TUBO DE ACERO GALVANIZADO M32	656,00	128,93	84.578,08
	Tubo de acero galvanizado M32 incluso p.p. de cajas de registro y accesorios de montaje.			
LC03008	Ud COFRE DE DERIVACIÓN	9.840,00	10,16	99.974,40
	Suministro e instalación de cofre de derivación de material termoplástico, IP66, sin halógenos (VO) y			

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	resistente al fuego (M1), equipado con una placa en inox 316. El circuito de alimentación será para cable unipolar o multiconductor de tipo CR1-C1 para sección de 4 a 35 mm <sup>2</sup> . Con dos bornas de derivación con protección por fusibles c.c. montados sobre porta-fusibles de esteatita y fusibles térmicos. Debe permitir la derivación sin corte de la línea principal. Dispondrá de toma de tierra equipotencial exterior del cofre.	328,00	425,44	139.544,32
	<b>TOTAL APARTADO 2.1.ALUMBRADO EN TÚNEL .....</b>			<b>774.610,01</b>
	<b>APARTADO 2.2. ALUMBRADO EN GALERÍAS</b>			
LC03010	Ud EQUIPO DE TELEMANDO Luminaria estanca, con lámpara fluorescente compacta de 2x58 W.	3,00	259,33	777,99
I4762	Ud LUMINARIA ESTANCA FLUOR. 2x58W Luminaria estanca fluorescente de 2x58 W con equipo electrónico de encendido y tubos.	30,00	189,00	5.670,00
LC03012	Ud MONTAJE LUMINARIA AUTÓNOMA Montaje de alumbrado autónomo de emergencia en pared, incluido el material de conexión, soportes y accesorios de montaje.	18,00	35,68	642,24
LC03008	Ud COFRE DE DERIVACIÓN Suministro e instalación de cofre de derivación de material termoplástico, IP66, sin halógenos (VO) y resistente al fuego (M1), equipado con una placa en inox 316. El circuito de alimentación será para cable unipolar o multiconductor de tipo CR1-C1 para sección de 4 a 35 mm <sup>2</sup> . Con dos bornas de derivación con protección por fusibles c.c. montados sobre porta-fusibles de esteatita y fusibles térmicos. Debe permitir la derivación sin corte de la línea principal. Dispondrá de toma de tierra equipotencial exterior del cofre.	3,00	425,44	1.276,32
	<b>TOTAL APARTADO 2.2 ALUMBRADO EN GALERÍAS .....</b>			<b>8.366,55</b>
	<b>APARTADO 2.3. ALUMBRADO EN CUARTOS TÉCNICOS</b>			
I480	Ud LUMINARIA AUTÓNOMA ESTANCA FLUOR. 1x18W. c/telem. Suministro y montaje de luminaria autónoma de emergencia, estanca, con lámpara fluorescente compacta de 18 W con telemando, equipo de encendido y con rectificador-batería para una hora de autonomía adosada a pared o en banderola, incluso cartel adhesivo de señalización de evacuación.	15,00	223,43	3.351,45
LC03012	Ud MONTAJE LUMINARIA AUTÓNOMA Montaje de alumbrado autónomo de emergencia en pared, incluido el material de conexión, soportes y accesorios de montaje.	15,00	35,68	535,20
	<b>TOTAL APARTADO 2.3 ALUMBRADO EN CUARTOS TÉCNICOS .....</b>			<b>3.886,65</b>
	<b>TOTAL CAPÍTULO 2 ALUMBRADO .....</b>			<b>786.863,21</b>
	<b>CAPÍTULO 3. CONTROL AMBIENTAL</b>			
D.0001EEI	ud OPACIMETRO Suministro y montaje de opacímetros por dispersión de luz con ángulo de 30 Grados, con doble haz luminoso, sistema de medida de autocalibración con control continuo del punto cero y valor 100%, margen de medida 0 ... 15 x 0,001 /m incluido barra de verificación, con control por microordenador, salida por BUS ORNET, tipo VisGurad de SIGRIST PHOTOMETER o equivalente, para 2 puntos de muestreo consecutivo, incluso conexión con remota en armario de nichos. Totalmente instalado, conexionado y probado. Incluso alimentación desde cuadro de nicho mas cercano y protocolo de comunicaciones para su integracion.	6,00	10.389,23	62.335,38
05.917EEIT	ud DETECTOR DE CO, POR CÉLULA ELECTROQUÍMICA DE OXIDACIÓN, 4 PUNTOS Suministro y montaje de Sistema de detectores combinados de CO y NO <sub>2</sub> , por célula electroquímica de oxidación homologado de acuerdo con UNE 23-300-84, margen de medida 0 ... 300 ppm de CO y 0 ... 20 ppm de NO <sub>2</sub> y resolución 1ppm en ambos, para 4 puntos de detección consecutiva, control por microordenador, y conexión con remota en nichos mediante bus RS-232. Totalmente instalado, cableado y probado. Incluso protocolo de comunicación para integración y alimentación desde cuadro de nicho mas cercano..			

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
05.918EEIT	ud FILTRO DE TOMA PARA DETECTOR DE CO/NO Filtro de toma para detección de CO/NO, incluida conexión, colocación y pruebas.	6,00	3.710,70	22.264,20
05.919EEITT	m TUBO DE ASPIRACIÓN REFORZADO PARA DETECCIÓN CO/NO Tubo de aspiración reforzado para detección de Co / NO colocado sobre bandeja existente y bajante en tubo de PVC, totalmente montado.	16,00	47,96	767,36
I565EEI	MI TUBO DE ACERO GALVANIZADO M32 Tubo de acero galvanizado M32 incluso p.p. de cajas de registro y accesorios de montaje.	2.870,00	1,18	3.386,60
05.919EEIT	m TUBO DE ASPIRACIÓN DE BAJA RUGOSIDAD Tubo de aspiración de baja rugosidad de 25 mm de diámetro, colocado sobre bandeja existente. Totalmente montado.	2.870,00	10,16	29.159,20
D.0004EEI	ud ANEMOMETRO DE ULTRASONIDOS Suministro y montaje de anemómetro de ultrasonidos para medición de velocidad del aire en el interior del túnel, incluso soporte especial de fijación, conexionados de control y eléctricos con cableado protegido bajo tubo de acero galvanizado según PPTP.	2.100,00	1,50	3.150,00
I565EEI	MI TUBO DE ACERO GALVANIZADO M32 Tubo de acero galvanizado M32 incluso p.p. de cajas de registro y accesorios de montaje.	6,00	12.215,29	73.291,74
D.0003EEI	Ud PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA DEL CONTROL AMBIENTAL Puesta en marcha de la instalación de control ambiental y realización de pruebas de funcionamiento correcto de la instalación incluso informes de resultados. Hasta la aprobación por la Dirección facultativa.	2.870,00	10,16	29.159,20
E1T	<b>CAPÍTULO 4. VENTILACIÓN</b> <b>APARTADO 4.1. VENTILACIÓN EN TÚNEL</b> Ud VENTILADOR AXIAL REV. - VENT. LONGITUDINAL Ventilador axial de chorro 100% reversible, marca ZITRON modelo JZR 12-22/4, construido en acero laminado electrosoldado con rolete y motor directamente acoplados, con resistencia al fuego 400°C 2h, de las siguientes características:  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diámetro: 1200 mm</li> <li>- Empuje nominal: 954 N.</li> <li>- Velocidad de chorro: 27.1 m/s</li> <li>- Caudal: 30.6 m³/h</li> <li>- Potencia: 22 Kw</li> <li>- Nivel sonoro: 71 dB (A)</li> <li>- Resistencia temperatura: 400°C durante 2 horas</li> <li>- Aislamiento motor: clase H</li> <li>- Protección motor: IP-55</li> </ul> Incluso amortiguadores acústicos en aspiración e impulsión de 1.200 mm de diámetro, con sondas PT-100 de temperatura en devanados del motor, acabado anticorrosión, estructura de suspensión con amortiguadores y patas de montaje, anclajes químicos con pernos de acero, soportes, tirantes y cadena de seguridad, totalmente montado y probado.	1,00	3.315,80	3.315,80
I477	<b>TOTAL CAPÍTULO 3 CONTROL AMBIENTAL.....</b> <b>226.829,48</b> Ud ARMARIO METÁLICO Armario metálico contenido dos-tres interruptores manuales de 3X125A, dos-tres relés electrónicos para protección de motor, incluso cableado hasta sondas CTP en ventilador y una fuente de alimentación a 24 Vcc para sensor de vibración y relé electrónico, totalmente instalado.	24,00	13.250,91	318.021,84
		12,00	3.800,90	45.610,80

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
LC10068	Ud SENSORES Y ELEMENTOS AUX. VENTILADOR Sensores (detector de vibraciones y sondas de temperatura) y elementos auxiliares de ventilador.	24,00	3.255,00	78.120,00
LC10076	Ud PUESTA EN SERVICIO VENT. LONGITUDINAL Regulación, pruebas y puesta en servicio de ventiladores y sistema de ventilación longitudinal.	2,00	6.825,00	13.650,00
LC10078	Ud ALGORITMOS DE VENT. LONGITUDINAL Desarrollo de algoritmos de ventilación longitudinal.	2,00	5.250,00	10.500,00
E3	Ud PRUEBAS DE VENTILACIÓN Pruebas de ventilación en circunstancias diversas incluyendo las que empleen humo caliente coloreado, con estudios previos e informe posterior con reflejo de mediciones de velocidad y vídeo completo.	1,00	157.500,00	157.500,00
<b>TOTAL APARTADO 4.1 VENTILACIÓN EN TÚNEL .....</b>				<b>623.402,64</b>
<b>APARTADO 4.2. VENTILACIÓN EN GALERÍAS</b>				
LC10080	Ud VENT. AXIAL SOBREP. GALERIAS 350 mm Ventilador axial reversible de ventilación y sobrepresión de galerías de 350 mm de diámetro, 15.000 m <sup>3</sup> /h y 100 Pa	4,00	2.246,82	8.987,28
LC10081	Ud VENT. AXIAL SOBREP. GALERIAS 600 mm Ventilador axial reversible de ventilación y sobrepresión de galerías de 600 mm de diámetro, 45.000 m <sup>3</sup> /h y 100 Pa	2,00	4.556,82	9.113,64
EA056T	Ud COMPUERTA CORTAFUEGOS 0,4x0,4 m <sup>2</sup> Compuerta cortafuegos de cierre de conducto de sobrepresión de galería de 0,4x0,4 m <sup>2</sup>	4,00	686,68	2.746,72
EA056TT	Ud COMPUERTA CORTAFUEGOS 0,6x0,6 m <sup>2</sup> Compuerta cortafuegos de cierre de conducto de sobrepresión de galería de 0,6x0,6 m <sup>2</sup>	2,00	922,93	1.845,86
<b>TOTAL APARTADO 4.2 VENTILACIÓN EN GALERÍAS.....</b>				<b>22.693,50</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO 4 VENTILACIÓN .....</b>				<b>646.096,14</b>
<b>CAPÍTULO 5. RED DE CONTROL</b>				
EA106	Ud CABECERA DE COMUNICACIONES EN CT Cabecera de comunicaciones del bus de campo, a instalar en CT, con cableado a todos los elementos de control, de actuación y detectores, y una conexión al bus de campo, totalmente montada, probada y funcionando.	3,00	13.250,44	39.751,32
EA107	Ud CABECERA DE COMUNICACIONES EN NICHO Cabecera de comunicaciones del bus de campo, a instalar en Nichos, con cableado a todos los elementos de control, de actuación y detectores, y doble conexión al bus de campo, totalmente montada, probada y funcionando.	8,00	6.320,44	50.563,52
EA108	Ud SWITCH FAST-ETHERNET 8 PUERTOS Suministro e instalación de switch de comunicaciones Fast-Ethernet, con ocho puntos de conexión, a instalar en centro de transformación, para intercomunicación entre equipos y con el centro de control, totalmente montado, probado y funcionando. Incluido transmisores de F.O.	4,00	5.073,45	22.293,80
EA110	Ud ESTACIÓN REMOTA CT Estación remota de control, homologada por la DGT, a instalar en centro de transformación, para recogida/salida de datos, incluso tarjetas de comunicaciones con bus de campo y red de control (Fast-Ethernet), software, configuración y conexionado de señales a borneros.	3,00	19.276,33	57.828,99
EA112	Ud ARMARIO BASTIDORES Y EQUIPOS Suministro e instalación de armario y bastidores para instalación de equipos en rack, de dimensiones 0.8x0.8x2 m, incluso material auxiliar necesario.			

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.4.T	m CABLE 16 PARES Cable de comunicaciones de 16 pares trenzados sin apantallar, incluso p.p. de empalmes y conexiones a los distintos equipos.	6,00	2.641,73	15.850,38
IN3051T	MI CABLE COMUNICACIONES 4 PARES Cable de comunicaciones para conexión de equipos locales a regleteros en armario de nichos SOS, formado por 4 pares trenzados sin apantallar, con el aislamiento de baja emisión de humos y libre de halógenos, UTP categoría 5e, para velocidades de transmisión de hasta 100 Mbps, incluso p.p. de conexión de regleteros y equipo de los pares necesarios.	3.800,00	23,42	88.996,00
I565EEI	MI TUBO DE ACERO GALVANIZADO M32 Tubo de acero galvanizado M32 incluso p.p. de cajas de registro y accesorios de montaje.	5.400,00	8,69	46.926,00
I425	MI CABLE 37x1,5 mm <sup>2</sup> Suministro y tendido de cable de 37x1,5 mm <sup>2</sup> tipo VV-K0,6/1KV, incluido p.p. de empalmes y conexión a armarios.	3.600,00	10,16	54.864,00
EA0105	MI CABLE 12 F.O. MONOMODO Suministro y montaje de cable de 12 F.O. monomodo, con cubierta antirroedores y libre de halógenos, totalmente instalado con p.p. de empalmes necesarios y conexiones.	1.800,00	19,01	34.236,00
LC06001	Ud INGENIERIA DETALLE COMUNICACIONES Ingeniería de detalle y configuración de equipos de comunicaciones de cada túnel. Incluye programación de los equipos y puesta en marcha de los mismos.	1,00	6.667,50	6.667,50
<b>TOTAL CAPÍTULO 5. RED DE CONTROL .....</b>				<b>475.595,51</b>
<b>CAPÍTULO 6. POSTES SOS</b>				
LC07001	Ud ARMARIO NICHO SOS POLIESTER Armario de poliéster estanco para nicho SOS de seguridad, incluyendo bastidores, puertas, contactos magnéticos en puertas, herrajes, tornillería, regleteros de conexión de señales, cerraduras y pomos, incluso rótulos exteriores sobre puertas.	29,00	453,54	13.152,66
I502AT	Ud PUNTO DE SOS F.O. EN NICHO DE SEGURIDAD SOS en nicho de seguridad, mediante fibra óptica, situado en habitáculo con frontal desmontable, incluyendo: - módulo controlador de comunicaciones, con la electrónica necesaria; baterías; equipo emisor-receptor de baja frecuencia; pulsador y cableado interno.	26,00	3.212,72	83.530,72
I503	Ud LETRERO LUMINOSO SOS Letrero luminoso visible por ambos lados, a situar encima de armario de nichos, incluso pictograma SOS.	29,00	254,18	7.371,22
LC07003	Ud LETRERO FOTOLUMINESCENTE Letrero fotoluminescente a situar encima de nichos.	29,00	94,91	2.752,39
LC07004	Ud TOMA A TIERRA DE EQUIPO EXTERIOR Toma a tierra de equipo exterior	4,00	96,63	386,52
I504	Ud POSTES SOS EXTERIOR F.O. Suministro y montaje de Poste de Auxilio (SOS), normalizado por la DGT, formado por Poste Principal, incluso obra civil necesaria, consistente en base de hormigón, barandillas de protección y barrera doble onda. Incluyendo: módulo controlador de comunicaciones, con la electrónica necesaria; baterías; equipo emisor-receptor de baja frecuencia; transmisión / recepción por F.O. y splitter, pulsador y cableado interno.	4,00	5.774,82	23.099,28

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
C1.7.1.2	<b>Ud CUADRO ELÉCTRICO DE NICHO</b> Cuadro eléctrico de nicho, situado dentro del armario de SOS, con las salidas necesarias para alimentar los equipos que dependen de él, según esquema de planos, incluso protección contra sobre presión trifásico y mecanizado de carril DIN de sujeción.			
20.2010ETY	<b>Ud BASE DE TOMA DE CORRIENTE DOBLE</b> Base de toma de corriente doble, en montaje superficial formada por caja estanca, una toma de corriente trifásica de 16 A y 400 V (3P+T) y una toma de corriente monofásica de 16 A y 230 V (2P+T), incluso cableado interno y pequeño material de instalación. Totalmente instalado.	29,00	900,86	26.124,94
LC07005	<b>Ud AMPLIACIÓN DE NICHO SOS</b> Ampliación de nicho de auxilio, incluso acabado y traslado de residuos a vertedero.	29,00	99,97	2.899,13
LC07006	<b>Ud SPLITTER F.O.</b> Splitter para F.O.	13,00	934,59	12.149,67
EA0105	<b>MI CABLE 12 F.O. MONOMODO</b> Suministro y montaje de cable de 12 F.O. monomodo, con cubierta antirroedores y libre de halógenos, totalmente instalado con p.p. de empalmes necesarios y conexiones.	31,00	493,67	15.303,77
	<b>TOTAL CAPÍTULO 6 POSTES SOS .....</b>	3.610,00	13,01	<b>46.966,10</b>
	<b>CAPÍTULO 7. SEÑALIZACIÓN DE EVACUACIÓN</b>			<b>233.736,40</b>
SEN04	<b>Ud RÓTULO LUMINOSO A UNA CARA 1.000x400mm</b> Rótulo luminoso a una cara, de dimensiones 1.000x400mm, con fluorescentes 2x25W y equipo de alimentación autónomo permanente con telemando para 1h de autonomía, construido en perfil de aluminio de 2mm, grado de estanqueidad IP65, con frontal de metacrilato y pictograma. Incluso lámparas, soporte, tornillería y elementos auxiliares de conexión y montaje.	70,00	550,59	38.541,30
SEN05	<b>Ud RÓTULO LUMINOSO A UNA CARA 500x200mm</b> Rótulo luminoso a una cara, de dimensiones 1.000x400mm, con fluorescentes 2x25W y equipo de alimentación autónomo permanente con telemando para 1h de autonomía, construido en perfil de aluminio de 2mm, grado de estanqueidad IP65, con frontal de metacrilato y pictograma. Incluso lámparas, soporte, tornillería y elementos auxiliares de conexión y montaje.	64,00	371,27	23.761,28
SEN11	<b>Ud SEÑAL FOTOLUMINESCENTE 980x400mm</b> Señal fotoluminiscente de dimensiones 980x400mm, especial para entornos iluminados con lámparas de VSAP, tipo Speed 300 o similar a juicio de la D.F., construida en aluminio fotoluminiscente de 1.5mm con pictograma. Incluso tornillería y elementos auxiliares de montaje.	196,00	137,34	26.918,64
SEN12	<b>Ud SEÑAL FOTOLUMINESCENTE 500x200mm</b> Señal fotoluminiscente de dimensiones 500x200mm, especial para entornos iluminados con lámparas de VSAP, tipo Speed 300 o similar a juicio de la D.F., construida en aluminio fotoluminiscente de 1.5mm con pictograma. Incluso tornillería y elementos auxiliares de montaje.	196,00	95,25	18.669,00
SEN01	<b>Ud RÓTULO LUMINOSO TIPO BANDEROLA 500x500mm</b> Rótulo luminoso tipo banderola, de dimensiones 500x500mm, con fluorescentes 4x15W y equipo de alimentación autónomo permanente con telemando para 1h de autonomía, construido en perfil de aluminio de 2mm, grado de estanqueidad IP65, con frontal de metacrilato y pictograma. Incluso lámparas, soporte, tornillería y elementos auxiliares de conexión y montaje.	18,00	582,52	10.485,36
SEN03	<b>Ud RÓTULO LUMINOSO TIPO BANDEROLA 300x300mm</b> Rótulo luminoso tipo banderola, de dimensiones 300x300mm, con fluorescentes 2x14W y equipo de alimentación autónomo permanente con telemando para 1h de autonomía, construido en perfil de aluminio de 2mm, grado de estanqueidad IP65, con frontal de metacrilato y pictograma. Incluso lámparas, soporte, tornillería y elementos auxiliares de conexión y montaje.	127,00	455,68	57.871,36
SEN14	<b>Ud RÓTULO FOTOLUMINESCENTE INDICACIÓN SALIDA</b>			

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	Rótulo fotoluminiscente de dimensiones 1000x300mm, albergando texto: "SALIDA". Incluso tornillería y elementos auxiliares de montaje.	6,00	38,34	230,04
<b>TOTAL CAPÍTULO 7. SEÑALIZACIÓN DE EVACUACIÓN .....</b>				
				<b>176.246,94</b>

**CAPÍTULO 8. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS****APARTADO 8.1. DETECCIÓN DE INCENDIOS**

LC09001	Ud UNIDAD DE CONTROL DETECCIÓN F.O. (2 CANALES)	1,00	60.948,85	60.948,85	
I203	Ud SOFTWARE PARA CENTRAL EVALUADORA	1,00	2.100,00	2.100,00	
LC09003	MI CABLE DETECTOR LINEAL POR FIBRA ÓPTICA (CUBIERTA ACINOX.)	1,00	3.470,00	12,80	44.416,00
I206	Ud CENTRAL DE DETECCIÓN	3,00	1.461,78	4.385,34	
I207	Ud DETECTOR ÓPTICO DE HUMOS	6,00	126,41	758,46	
I233T	Ud DETECTORES ÓPTICO-TERMOVELOCIMÉTRICOS	12,00	147,41	1.768,92	
I208	Ud PULSADOR DE ALARMA	3,00	55,02	165,06	
23.6350ETY	UD SIRENA OPT/ACUST.	3,00	78,77	236,31	
LC09004	Ud PRUEBAS, CALIBRACIÓN Y FUNCIONAMIENTO SIST. DETECCIÓN	1,00	3.675,00	3.675,00	
<b>TOTAL APARTADO 8.1 DETECCIÓN DE INCENDIOS .....</b>					
				<b>118.453,94</b>	
<b>APARTADO 8.2. EXTINCIÓN DE INCENDIOS</b>					
LC09005	Ud HIDRANTE ENTERRADO				
	Suministro e instalación de hidrante enterrado con arqueta, marca Macoin o similar a juicio de la D.F., con arqueta completa de DN 70 mm con racor y tapón (UNE-23400).				

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
LC09006	<b>Ud HIDRANTE DE TÚNEL</b> Hidrante de túnel compuesto por toma normalizada de bomberos, con 2 salidas de 45 mm con llave de bola y tapón, marca KOMTES o similar a juicio de la D.F. , incluso armario de poliéster para instalación a la intemperie, con contacto de puerta abierta, con cierre de seguridad, totalmente instalada.	4,00	503,96	2.015,84
EA082T	<b>MI TUBERÍA POLIETILENO ALTA DENSIDAD PN16 Ø6"</b> Tubería enterrada de polietileno de alta presión PN16 de 6" de diámetro, incluso ejecución de zanja y cruce de calzada y arquetas para instalación de válvulas de cierre.	12,00	476,68	5.720,16
TAEN11	<b>MI TUBERÍA DE ACERO ESTIR. NEGRA ø 6"</b> Tubería de acero estirada, clase negra, DIN-2440, de Ø 6", incluso parte proporcional de piezas especiales y accesorios, soportes marca MUPRO o equivalente aprobada, pintura, etc., totalmente instalada.	280,00	110,59	30.965,20
TAEN08	<b>MI TUBERÍA DE ACERO ESTIR. NEGRA ø 3"</b> Tubería de acero estirada, clase negra, DIN-2440, de Ø 3", incluso parte proporcional de piezas especiales y accesorios, soportes marca MUPRO o equivalente aprobada, pintura, etc., totalmente instalada.	3.641,00	120,39	438.339,99
TAEN06	<b>MI TUBERÍA DE ACERO ESTIR. NEGRA ø 2"</b> Tubería de acero estirada, clase negra, DIN-2440, de Ø 2", incluso parte proporcional de piezas especiales y accesorios, soportes marca MUPRO o equivalente aprobada, pintura, funda de PVC corrugada en la empotrada, etc., totalmente instalada.	64,00	80,38	5.144,32
VMV05	<b>Ud VÁLV. MARIP. VOLAN, PN16-DN 150 mm</b> Válvula de mariposa para montaje entre bridas, PN-16, de D.N. 150 mm, con cuerpo de fundición nodular, eje y mariposa de acero inoxidable y elastómero de EPDM, con volante y desmultiplicador MA-25, totalmente instalada.	324,00	60,25	19.521,00
VMA05	<b>Ud VÁL. MARIP. ACT., PN16-DN 150 mm</b> Válvula de mariposa para montaje entre bridas, PN-16, de D.N. 150 mm, con cuerpo de fundición nodular, eje y mariposa de acero inoxidable y elastómero de EPDM, con actuador eléctrico modelo Actelec 15 a 220 V., totalmente instalada.	10,00	262,17	2.621,70
AIP11T	<b>MI AISLAMIENTO COQ.ESP.ELAST. ø 6"</b> Aislamiento con coquilla de espuma elastomérica, de 36 mm de espesor, para tubería de D.N. 6", incluso parte proporcional de aislamiento de piezas, válvulas, accesorios, etc. y acabado con lámina de PVC tipo AISPAK o equivalente aprobada, totalmente instalado.	3,00	1.119,48	3.358,44
AIP08T	<b>MI AISLAMIENTO COQ.ESP.ELAST. ø 3"</b> Aislamiento con coquilla de espuma elastomérica, de 36 mm de espesor, para tubería de D.N. 3", incluso parte proporcional de aislamiento de piezas, válvulas, accesorios, etc. y acabado con lámina de PVC tipo AISPAK o equivalente aprobada, totalmente instalado.	4.021,00	29,96	120.469,16
AIP06T	<b>MI AISLAMIENTO COQ.ESP.ELAST. ø 2"</b> Aislamiento con coquilla de espuma elastomérica, de 36 mm de espesor, para tubería de D.N.2", incluso parte proporcional de aislamiento de piezas, válvulas, accesorios, etc. y acabado con lámina de PVC tipo AISPAK o equivalente aprobada, totalmente instalado.	64,00	28,65	1.833,60
LC09007	<b>Ud BIE DN 45 mm ARMARIO POLIESTER</b> Boca de incendios equipada, de DN 45 mm, para instalación mural, homologada, con manguera de 20 m en armario de poliéster para instalación intemperie, con contactos de puerta abierta, cierres de seguridad con precinto y cuadrillos para mantenimiento. Totalmente instalada.	324,00	27,15	8.796,60
LC09008	<b>Ud CONSTRUCCIÓN C.HIDRICA Y ALJIBE</b>	81,00	451,44	36.566,64

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	Construcción de central hídrica y aljibe para almacenamiento de agua de protección contra incendios de 120 m <sup>3</sup> de capacidad, incluso excavación a cielo abierto en terreno compacto y transporte de tierra a vertedero, base de hormigón de limpieza y vaso de hormigón armado cerrado HA-25 N/mm <sup>2</sup> y acero B 500-S, impermeabilización interior y parte proporcional de estructura portante, incluso acceso de hombre por escalera.	1,00	174.185,21	174.185,21
LC09010	Ud GRUPO CONTRA INCENDIOS 60 m <sup>3</sup> /h y 80 m.c.a			
	Equipo de presión para agua de extinción de incendios, marca IDEAL o equivalente a juicio de la D.F., compuesto por dos bombas principales de 60 m <sup>3</sup> /h y 80 m.c.a., equipadas con un motor de 40 CV cada una y una bomba auxiliar con un motor de 3 CV, incluso cuadro eléctrico de protección y mando según descripción en memoria y tuberías y valvulería necesaria, totalmente instalado, probado y funcionando.	1,00	8.609,07	8.609,07
EA071	Ud INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL C.H.			
	Suministro e instalación de equipos de control de la central hídrica, compuesto por: PLC de control local y conexión al C.C. (para su integración en el software de control), con funcionamiento automático y posibilidad de control manual y telemundo, sensores, equipos de alarma, actuadores y cableado de todos los elementos, totalmente probado.	1,00	3.150,50	3.150,50
EA069	Ud CUADRO GENERAL DE B.T. DE LA C.H.			
	Cuadro general de baja tensión de la central hídrica, incluso cableado y conexión de las distintas bombas y equipos.	1,00	2.456,82	2.456,82
EA070	Ud INSTALACIONES AUXILIARES C.H.			
	Instalaciones auxiliares de alumbrado y fuerza de la central hídrica, con cableado hasta luminarias, con tomas de corriente e interruptores estancos, cables y tubos, con bomba de achique sumergible de 2 C.V., incluso conexión de equipos de detección de incendios a central hídrica.	1,00	1.103,00	1.103,00
EA0314	MI CABLE COBRE RVF 1x70 mm <sup>2</sup>			
	Cable de cobre de 1x70mm <sup>2</sup> , de sección RVF (antirroedores) con p.p. de accesorios de montaje.	500,00	19,75	9.875,00
I216	Ud EXTINTOR POLVO SECO 6 Kg			
	Extintor manual de polvo seco polivalente (ABCE), de 6 Kg de capacidad, presurizado con nitrógeno y equipado con manguera difusora dotada con mando de apertura y cierre, totalmente instalado.	118,00	54,38	6.416,84
LC09011	Ud ARMARIO DE POLIESTER PARA EXTINTOR			
	Suministro y montaje de armario para extintor manual de 6/9 kg fabricado en polietileno color rojo, con puerta y cierres mecánicos de plástico.	89,00	70,63	6.286,07
IN6080	Ud EQUIPO DE EXTINCIÓN AUTOMÁTICA			
	Equipo de extinción automática por gas extintor respirable en sala grupo electrógeno. Incluye:			
	- Pulsador de paro y de disparo -Sirena y letrero luminoso exterior de "Extinción disparada" -Equipos de actuación y control según normativa europea -Compuertas corafuegos en rejillas de ventilación -Sistema de activación de cierre de compuertas de las rejillas de ventilación -Cableado de conexión con equipos de actuación y central de incendios			
	Conectado a central de incendios de zona correspondiente			
	Totalmente instalado, configurado, programado, probado y en funcionamiento.	3,00	26.279,27	78.837,81
LC09012	m <sup>3</sup> LLENADO DEPÓSITO Y CIRCUITO DE EXTINCIÓN			
	M <sup>3</sup> de Llenado de depósito y circuito de extinción mediante camiones cisternas, incluido las actuaciones necesarias externas.	182,00	5,60	1.019,20

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
LC09013	Ud SIST. RECIRCULACIÓN Sistema de recirculación de agua incluyendo bomba, sondas de temperatura de aljibes, exterior y agua de retorno, válvulas manuales y motorizadas de a central hídrica, ampliación de PLC de control, programación y ajuste de a instalación.	1,00	6.300,00	6.300,00
LC09015	Ud RADIADOR ELÉCTRICO 4 KW Radiador eléctrico de 4 kW con termostato de arranque, totalmente instalado, probado y funcionando.	2,00	100,56	201,12
LC09016	Ud BOMBA DE DRENAJE Suministro y montaje de bomba de drenaje de central hídrica, incluso parte proporcional de tubería, incluso instalación de tubería hasta punto de vertido.	1,00	312,50	312,50
	<b>TOTAL APARTADO 8.2 EXTINCIÓN DE INCENDIOS.....</b>			<b>974.105,79</b>
	<b>TOTAL CAPÍTULO 8 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS ...</b>			<b>1.092.559,73</b>
<b>CAPÍTULO 9. GESTIÓN DE TRÁFICO</b>				
I906	Ud ESPIRAS DOBLES Espiras dobles para detección completa de un carril, incluido roza en asfalto, regata hasta arqueta, instalación de cable hasta ETD y sellado mediante resina.	12,00	893,48	10.721,76
I907	Ud ESTACIÓN TOMA DE DATOS ETD Estación de toma de datos en ER para control de hasta 8 espiras dobles, incluidos los correspondientes detectores y software de gestión. Totalmente instalada y probada.	4,00	4.737,55	18.950,20
C1.4.1.1	Ud BARRERA Barrera motorizada de control de accesos, con brazo de 5 m, telemandada y con cuadro de mando local en caja con cerradura, con celula fotoeléctrica de seguridad y contactos de verificación de estado, incluso placa de anclaje, totalmente montada, conexiónada y funcionando.	4,00	2.952,54	11.810,16
I804	Ud PANEL MENSAJES VARIABLES (INTERIOR) Panel de mensajes variables de leds formado por 1 gráfico de 32x32 pixels (full color) y 2 filas de 12 caracteres de 7x5 pixels de 320 mm tecnología AlInGap, para instalación en interior de túnel con alimentación trifásica. Incluido sistema de control mediante microprocesador, protocolo de comunicaciones con estaciones remotas vía serie, protecciones elécticas, regulación automática de luminosidad y soportes para fijación a la bóveda. Totalmente instalado y probado.	2,00	41.487,55	82.971,10
LC10003	Ud PANEL EUROPEO (1 x1 m, full-color) Panel europeo de señalización de leds (1x1 m), full-color). Incluido sistema de control y protecciones, soportes para fijación en bóveda del túnel o en pórtico de aluminio. Totalmente instalado y probado.	16,00	23.637,55	378.200,80
LC10004	Ud PANEL EUROPEO (1,5 x1,5 m, full-color) Panel europeo de señalización de leds (1,5x1,5 m), full-color) de intemperie. Incluido sistema de control y protecciones, soportes para fijación en bóveda del túnel o en pórtico de aluminio. Totalmente instalado y probado.	4,00	31.512,55	126.050,20
I816	Ud SEMÁFOROS 2 ASPECTOS Semáforo de 2 aspectos de leds, incluso soporte a báculo o dintel e instalación.	28,00	623,69	17.463,32
LC10005	Ud SEMÁFORO 3 ASPECTOS Semáforo de 3 aspectos de leds, instalado, probado y en funcionamiento.	4,00	802,18	3.208,72
LC10008	Ud 2 SEMÁFOROS 3 ASPECTOS SOBRE PÓRTICO Pórtico con 2 semáforos de 3 aspectos de leds, instalado, probado y en funcionamiento	4,00	4.134,7	16.538,8

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
LC10083	Ud SEÑAL FIJA INTERIOR 600 mm Suministro e instalación de señal fija interior de 600 mm homologada, incluido soporte y fijación.	26,00	88,18	2.292,68
LC10083	Ud SEÑAL FIJA EXTERIOR 600 mm Suministro e instalación de señal fija exterior de 600 mm homologada, incluido soporte y fijación.	20,00	88,18	1.763,60
SEN22	Ud PANEL DE CHAPA DESCRIPTIVO DEL TÚNEL Panel de chapa para boca de túnel según descripción de la Dirección General de Carreteras, con indicación de la longitud del túnel, servicios de emergencia dispuestos e interdistancias correspondientes. Incluso cimentación, estructura de soporte e instalación.	2,00	1.018,40	2.036,80
SEN22TT	Ud PANEL DE CHAPA CON OBLIGACIONES DEL TÚNEL Panel de chapa para boca de túnel según descripción de la Dirección General de Carreteras, con indicación de las obligaciones específicas dentro del mismo (velocidad máxima, separación entre vehículos, etc.). Incluso cimentación, estructura de soporte e instalación.	2,00	1.018,40	2.036,80
SEN21	Ud CAPTAFAROS EN EL HASTIAL Captafaros homologado D.G.T., instalado en hastial de túnel	664,00	2,19	1.454,16
LC10009	Ud BALIZA EN EL HASTIAL Baliza en hastial	664,00	1,14	756,96
LC10011	Ud ACONDICIONAMIENTO DE BARRERAS Acondicionamiento de barreras existentes	4,00	262,50	1.050,00
I801	Ud Control gálibo Control electrónico y mecánico de gálibo, incluido pórtico, célula fotoeléctrica, espiras en calzada, electrónica en armario y cartel fijo previo, incluso remota de gestión. Totalmente instalado.	2,00	21.286,37	42.572,74
<b>TOTAL CAPÍTULO 9 GESTIÓN DE TRÁFICO .....</b>				<b>719.878,80</b>
<b>CAPÍTULO 10. MEGAFONÍA</b>				
I950	Ud ALTAVOZ EXPONENCIAL 30 W Altavoz exponencial de 30 W para conexionado en línea de 100 V, marca OPTIMUS, modelo AC-30T o equivalente a juicio de la D.F., incluso soporte necesario.	115,00	210,97	24.261,55
LC10012	Ud UNIDAD DE POTENCIA 240 W Suministro e instalación de unidad de potencia 240 W.	15,00	3.321,73	49.825,95
LC10012T	Ud UNIDAD DE POTENCIA 60 W Suministro e instalación de unidad de potencia 60 W.	2,00	2.972,38	5.944,76
LC10013	Ud EQUIPOS AUXILIARES MEGAFONÍA Equipos auxiliares compuestos por fuente de alimentación, unidad de ventilación y unidad de control de etapas.	3,00	308,68	926,04
LC10014	Ud EQUIPOS COMUNICACIÓN RED ETHERNET Equipos de comunicación con la red de datos Ethernet.	3,00	256,18	768,54
LC10016	Ud ARMARIO RACK 25U Armario rack 25u 19 " 844x610 mm. Con ruedas. Montaje incluido.	3,00	2.629,18	7.887,54
C1.5.4	Ud CABLEADO DE MEGAFONÍA 2x6mm <sup>2</sup> Cableado de megafonía desde etapas de potencia hasta los altavoces, realizado con cable trenzado de 2x6mm <sup>2</sup> , tendido en tubo bajo acera para línea general y bajo tubo de acero galvanizado para su-			

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	bida a cada altavoz, incluso p.p. de empalmes y conexionados.			
LC10018	<b>Ud SOFTWARE CONFIGURACIÓN SIST. MEGAFONIA</b> Software de configuración para selección de las zonas y transmisión de mensajes pregrabados desde la remota o en tiempo real desde el Centro de Control.	6.400,00	3,21	20.544,00
	<b>TOTAL CAPÍTULO 10 MEGAFONÍA .....</b>			<b>111.292,38</b>
	<b>CAPÍTULO 11. REDIFUSIÓN RADIO</b>			
LC10019	<b>Ud EQUIPOS EXTERIOR TÚNEL</b> Suministro e instalación de equipamiento exterior formado por antenas directivas para las bandas VHF 160, VHF 180 y UHF, incluso cable coaxial de ½", conectores, latiguillos y ménsulas de montaje de antenas a mástil existente. Totalmente instalado y probado.	3,00	378,00	1.134,00
	<b>TOTAL CAPÍTULO 11. REDIFUSIÓN RADIO.....</b>			<b>111.292,38</b>
LC10020	<b>Ud RACK MAESTRO CAPTACIÓN-COMUNICACIÓN C.C</b> Suministro e instalación de mueble rack maestro de captación de señales y comunicación con el centro de control, formado por amplificador de banda alta de VHF, amplificador de banda baja de VHF, amplificador bidireccional para sistema Tetrapol, acopadores, filtros, combinadores y material accesorio. Totalmente instalado y en funcionamiento.	1,00	4.189,50	4.189,50
LC10022	<b>Ud RACK ESCLAVO</b> Suministro e instalación de mueble rack esclavo de dispositivos de Fibra Óptica y amplificación de señales de cobertura en interior de túnel, mecanizado y cableado. Compuesto por: amplificador de banda alta de VHF, amplificador de banda baja de VHF, amplificador bidireccional para sistema Tetrapol, acopladores, filtros, combinadores y material accesorio. Totalmente instalado y en funcionamiento.	1,00	216.825,14	216.825,14
LC10023	<b>Ud MATERIAL INTERCONEXIÓN EXTERIOR TÚNEL- 7/8"</b> Material de interconexión para el amplificador en boca de túnel compuesto por cable de 7/8", conectores tipo N hembra para cable coaxial 7/8", latiguillos de cable 1/2" para conexión cable de 7/8" a cable radiante, incluso conexión del rack amplificador al cable de 7/8" y latiguillos de fibra óptica.	1,00	38.482,50	38.482,50
LC10026	<b>Ud MATERIAL INTERCONEXIÓN INTERIOR TÚNEL - 1 1/4"</b> Material de interconexión para cobertura del túnel compuesto por conectores tipo N hembra para cable radiante 1 1/4", splitters asimétricos. Latiguillos de cable de 1/2" terminado en conectores tipo N macho, incluso latiguillos de cable RG 214 flexible, terminados en conectores tipo N macho.	1,00	10.836,00	10.836,00
LC10027	<b>m CABLE RADIANTE 1 1/4"</b> Cable radiante de 1 ¼" para la cobertura interior del túnel, con cubierta libre de halógenos, no corrosiva, de llama retardada y retardante al fuego.	1,00	8.835,75	8.835,75
LC10029	<b>Ud SOPORTES TECHO - CABLE 1 1/4"</b> Suministro e instalación de soportes de techo metálicos para cable radiante de 1 1/4" para la instalación del cable radiante en las zonas del túnel terminado con techo de hormigón, libres de halógenos, no corrosivos, de llama retardada y retardante al fuego	3.620,00	29,40	106.428,00
LC10031	<b>Ud PARTIDAS COMUNES - SIST. RED. RADIO</b> Partidas comunes al sistema de comunicaciones del túnel, compuestas por:	2.849,00	5,25	14.957,25
	- Replanteo previo de la instalación - Puesta en funcionamiento del sistema - Ingeniería de proyecto - Documentación del sistema. - Proyecto para la notificación a la Inspección Provincial de comunicaciones de la instalación Realizada			
	<b>TOTAL CAPÍTULO 11 REDIFUSIÓN RADIO.....</b>			<b>10.641,75</b>
				<b>411.195,89</b>

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 12. VIGILANCIA POR CCTV</b>				
I601	<b>Ud CÁMARAS FIJAS</b> Cámara de TV color para interior de túnel, marca Plettac o equivalente a juicio de la D.F., modelo FAC-930, con sensor de 1/2", 440.000 pixel efectivos, sensibilidad 0,2 lux (F 1.4), control mediante RS-485, con lente de distancia focal fija, diafragma manual de 25 mm, F1, 4 tipo C-2514M y control de luminosidad por zonas. Incluido carcasa estanca con calefactor y soporte. Totalmente instalada y probada.	32,00	2.435,91	77.949,12
LC10008	<b>Ud BÁCULO PARA CÁMARA EXTERIOR</b> Báculo para CCTV de 6 m de gálibo incluidos anclajes de sujeción. Instalado, probado y en servicio.	2,00	751,78	1.503,56
LC10033	<b>Ud RECEPTOR DE VÍDEO POR F.O. MONOMODO</b> Receptor de vídeo por F.O. monomodo.	32,00	635,27	20.328,64
I603	<b>Ud EMISOR DE VÍDEO POR F.O. MONOMODO</b> Emisor de vídeo por FO multimodo, marca EQUITEL o equivalente a juicio de la D.F., modelo A161C, con regulación automática de amplitud y regulación del láser en potencia e índice de modulación. Totalmente instalado y probado.	32,00	690,86	22.107,52
EA062	<b>Ud ARMARIO METÁLICO CCTV</b> Armario metálico para CCTV con fuente de alimentación 24 Vcc, regletero y protecciones, con tarjetas de control y cableado hasta la cámara para configuración desde la base de los distintos parámetros, incluso soportes y material auxiliar necesario, totalmente montado, probado y funcionando.	32,00	1.010,04	32.321,28
EA060	<b>MI CABLE 2 F.O.</b> Calbe de 2 F.O. monomodo para conexión de equipos, incluso p.p. de empalmes y elementos auxiliares.	6.000,00	8,79	52.740
LC10034	<b>Ud EQUIPO MULTILEXACIÓN. VIDEO - 32 CÁMARAS</b> Equipo de multilexación para transmisión de vídeo y receptor de telemando de hasta 32 cámaras de TV, con elementos de transmisión y recepción por fibra óptica monomodo. Totalmente instalado y configurado.	1,00	16.380,00	16.380,00
<b>TOTAL CAPÍTULO 12 VIGILANCIA POR CCTV .....</b>				<b>223.330,12</b>
<b>CAPÍTULO 13. PUERTAS DE EMERGENCIA</b>				
LC10065	<b>Ud PUERTA RF-120 PARA PASO VEHICULOS</b> Suministro y colocación de puerta metálica galvanizada batiente o corredera de cuatro hojas de 100x4500 mm RF-120 cortafuegos, con dos puertas de personas de 800x2150 mm con barras antipánico.	2,00	12.600,00	25.200,00
LC10066	<b>Ud PUERTA RF-120 PARA PASO PERSONAS</b> Suministro y colocación de puerta metálica galvanizada de ds hojas de 1000x2150 mm con barras antipánico.	4,00	1.890,00	7.560,00
<b>TOTAL CAPÍTULO PUERTAS DE EMERGENCIA .....</b>				<b>32.760,00</b>
<b>CAPÍTULO 14. CENTRO DE CONTROL</b>				
<b>APARTADO 14.1. SUMINISTRO DE ENERGÍA</b>				
LC11068	<b>Ud RECINTO MAMPSTERIA CENTRO DE CONTROL</b> Construcción de recinto de manpostería para instalación de Centro de Control, incluido enfoscado a dos caras, suelo de hormigón.	1,00	2.871,37	2.871,37
LC11083	<b>Ud PAQUETE SCADA</b> Suministro de paquete Scada, desarrollo de la aplicación específica para el control de red de distribución de media tensión, instalación sobre ordenador, pruebas y puesta en marcha.	4,00	37.302,17	149.208,68
LC11084	<b>Ud ORDENADOR PENTIUM IV</b>			

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	Suministro e instalación de ordenador para control con procesador pentium IV a 3 Ghz, memoria RAM de 1 Gb, disco duro de 60 Gb de capacidad, DVD ROM, tarjeta grafica de alta resolución y 256 Mb de memoria y sistema operativo Windows XP profesional, incluso pantalla TFT de 19", teclado y ratón.	4,00	1.889,03	7.556,12
<b>TOTAL APARTADO 14.1. SUMINISTRO DE ENERGÍA.....</b>				
	<b>APARTADO 14.2. EQUIPOS EN CENTRO DE CONTROL</b>			<b>159.636,17</b>
LC10040	Ud SERVIDOR GESTIÓN TRÁFICO Servidor de gestión de tráfico y control de túnel, con doble tarjeta de comunicaciones.	1,00	28.875,29	28.875,29
LC10041	Ud SERVIDOR ESPEJO GESTIÓN TRÁFICO Servidor en espejo de gestión de tráfico y control de túnel, con doble tarjeta de comunicaciones.	1,00	28.875,29	28.875,29
EA112	Ud ARMARIO BASTIDORES Y EQUIPOS Suministro e instalación de armario y bastidores para instalación de equipos en rack, de dimensiones 0.8x0.8x2 m, incluso material auxiliar necesario.	8,00	2.641,73	21.133,84
LC10043	Ud MATRIZ DE VÍDEO 256 ENTRADAS / 64 SALIDAS Matriz de conmutación de vídeo con telemando de cámaras exteriores, con dos teclados de control y conexión a la red de datos del C.C. contarjetas para 256 entradas y 64 salidas (con capacidad y espacio para ampliaciones futuras), incluidos todos los elementos y configuración.	1,00	249.900,00	249.900,00
LC10044	Ud QUARK Quark para integración de 4 señales de vídeo en un único monitor	32,00	997,50	31.920,00
LC10045	Ud SISTEMA DAI - 128 CÁMARAS Sistema de Detección Automática de Incidentes para análisis de 2 carriles y arcén, de 128 cámaras con grabación digital permanente de todas las cámaras analizadas, con conexión a la red del CC y software de datos de tráfico, alarmas y supervisión de las imágenes almacenadas.	1,00	656.566,00	656.566,00
LC10046	Ud GRABADOR DEL SISTEMA Grabador del sistema	1,00	80.388,00	80.388,00
LC10047	Ud CONTROLADOR SOS Equipo controlador de SOS, con equipos de comunicación y control de 4 líneas exteriores	1,00	7.137,43	7.137,43
DC027EEI	Ud MONITOR DE TV EN COLOR Monitor de TV en color, pantalla de 21", 100 Hz, alimentación a 220 Vac, alta resolución.	32,00	1.018,84	32.602,88
LC10048	Ud RETROPROYECTOR 3x1 m Equipo de retroproyección de 3x1 m con su correspondiente controlador, capaz de presentar múltiples ventanas de información y 4 imágenes de vídeo.	1,00	99.752,04	99.752,04
LC10050	Ud EQUIPO DE MEGAFONÍA EN C.C. Equipo de megafonía en C.C. con pupitre microfónico y selección de zonas, conectado a la red del C.C., incluido software y configuración.	1,00	15.752,08	15.752,08
LC10051	Ud EQUIPO DE CONTROL DE DAI Equipo de control del sistema DAI, con conexión a la red del C.C. y posibilidad de visualización de las imágenes grabadas.	1,00	39.858,64	39.858,64
LC10052	Ud ESTACIÓN DE TRABAJO Y SERVIDOR DE SOS Estación de trabajo y servidor de SOS con conexión a la red del CC	1,00	8.928,44	8.928,44
LC10053	Ud CLIENTE GESTIÓN TRÁFICO - TFT 19"			

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
LC10054	Cliente de gestión de tráfico y control de túnel, con 3 monitores TFT 19"	2,00	7.035,42	14.070,84
LC10055	Ud CLIENTE GESTIÓN TRÁFICO - TFT 17"	1,00	6.195,38	6.195,38
LC10056	Ud SWITCH FAST-ETHERNET 32 PUERTOS	1,00	4.968,45	4.968,45
EA108	Suministro e instalación de switch de comunicaciones, con ocho puntos de conexión, preparado para comunicación vía red Fast-Ethernet, a instalar en centro de transformación, para intercomunicación entre equipos y con el centro de control, totalmente montado, probado y funcionando.	1,00	18.900,62	18.900,62
LC10057	Ud FIRE WALL DEL C.C.	1,00	18.900,62	18.900,62
LC10058	Fire Wall (router de seguridad) para conexiones exteriores de la red del CC	1,00	18.900,62	18.900,62
EA108	Ud SWITCH FAST-ETHERNET 8 PUERTOS	1,00	5.073,45	5.073,45
LC10059	Suministro e instalación de switch de comunicaciones Fast-Ethernet, con ocho puntos de conexión, a instalar en centro de transformación, para intercomunicación entre equipos y con el centro de control, totalmente montado, probado y funcionando. Incluido transmisores de F.O.	1,00	5.073,45	5.073,45
LC10060	Ud DESMULTIPLEXOR - 32 CÁMARAS	1,00	13.128,38	13.128,38
LC10061	Equipo de desmultiplexación para recepción de vídeo y emisor de telemando de hasta 32 cámaras de TV, con elementos de transmisión y recepción por fibra óptica monomodo. Totalmente instalado y configurado.	1,00	13.128,38	13.128,38
LC10062	Ud CONVERSOR ELECTRO-ÓPTICO POSTES SOS	1,00	6.510,86	6.510,86
LC10063	Conversor electro-óptico de línea de postes SOS y adaptador de protocolos.	1,00	6.510,86	6.510,86
LC10064	Ud CONVERSOR ELECTRO-ÓPTICO RED FAST ETHERNET	1,00	3.361,68	3.361,68
LC10065	Conversor electro-óptico para transmisión/recepción de la red Fast Ethernet por F.O.	1,00	3.361,68	3.361,68
LC10066	Ud SOFTWARE DE CONTROL EN EQUIPOS SERVIDORES	1,00	6.723,36	6.723,36
LC10067	Software de control en los equipos servidores estableciendo la interactuación de todos los sistemas y equipos dispuestos en el túnel y la planificación de actuaciones ante cada una de las señales y alarmas recibidas, incluye la incorporación de todos los automatismos para la respuesta ante las distintas situaciones recogidas en el manual de explotación.	1,00	6.723,36	6.723,36
LC10068	Ud SOFTWARE , EQUIPO E INTEGRACIÓN DESDE CLIENTE	1,00	189.000,00	189.000,00
D13.0001EEIT	Software, equipos e integración de todos los sistemas para control desde los puestos cliente (operación a través de un ratón, pantalla, micrófono y altavoz): control de la matriz de vídeo y telemando de las cámaras, control y atención de los postes SOS, DAI, comunicación con el canal de VHF de mantenimiento del túnel), control de las imágenes de los retroproyectores.	1,00	189.000,00	189.000,00
EA0108	Ud MOBILIARIO EN C.CONTROL	1,00	99.750,00	99.750,00
	Mobiliario y equipamiento auxiliar de Centro de Control, compuesto por mesas móviles con freno, sillas, mamparas de separación, soporte de monitores y retroproyector, impresoras y resto de elementos necesarios para el correcto funcionamiento del mismo.	1,00	99.750,00	99.750,00
		1,00	7.875,00	7.875,00
	<b>TOTAL APARTADO 14.2. EQUIPOS EN CENTRO DE CONTROL.....</b>			<b>1.673.886,27</b>
	<b>TOTAL CAPÍTULO 14 CENTRO DE CONTROL.....</b>			<b>1.833.522,44</b>
	<b>CAPÍTULO 15. CANALIZACIONES Y CABLEADO</b>			
EA0108	MI CANALIZACIÓN HORMIGONADA 2 TUBOS Ø110 mm	100,00	20,28	2.028,00
	Canalización hormigonada de dos tubos de PVC de 110 mm de diámetro, incluso excavación en zanja, relleno de hormigón y relleno compactado de material seleccionado, separadores, material auxiliar y retirada de material sobrante a vertedero autorizado, incluso parte proporcional de arquetas.	100,00	20,28	2.028,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
LC01001	ml BANDEJA METÁLICA 300x60 mm Suministro y montaje de bandeja metálica de dimensiones 300x60 mm construida con chapa de acero perforada galvanizada en caliente, incluyendo suministro de soportación de acero galvanizado fijada en bóveda o pared del túnel, formada por piezas de anclaje para compensar la inclinación de la pared, ménsulas, tacos químicos, varilla roscada, tornillos, piezas especiales, etc.	830,00	34,69	28.792,70
LC01003	ml BANDEJA METÁLICA 400x60 mm + TAB. SEPARADOR Suministro y montaje de bandeja metálica de dimensiones 400x60 mm construida con chapa de acero perforada galvanizada en caliente con tabique de separación de circuitos, incluyendo suministro de soportación de acero galvanizado fijada en bóveda o pared del túnel, formada por piezas de anclaje para compensar la inclinación de la pared, ménsulas, tacos químicos, varilla roscada, tornillos, piezas especiales, etc.	3.260,00	82,24	268.102,40
LC01004	ml BANDEJA METÁLICA 600x100 mm + 2 TAB. SEPARADOR Suministro y montaje de bandeja metálica de dimensiones 600x100 mm construida con chapa de acero perforada galvanizada en caliente con dos tabiques de separación de circuitos, incluyendo suministro de soportación de acero galvanizado fijada en bóveda o pared del túnel, formada por piezas de anclaje para compensar la inclinación de la pared, ménsulas, tacos químicos, varilla roscada, tornillos, piezas especiales, etc.	16.009,00	139,16	2.227.812,44
LC11001	Ud MODIFICACIÓN TRAZADO ACOMETIDA Modificación del trazado de la acometida desde centros de transformación existentes hasta los nuevos, incluyendo conexión al nuevo centro y empalmes que fueran necesarios así como parte de cableado, tubo, pequeño material, incluso zanja que fuera necesario para el correcto funcionamiento de la instalación.	1,00	2.657,21	2.657,21
LC11002	Ud MODIFICACIÓN TRAZADO ACOMETIDA INTERIOR Modificación del trazado de la acometida interior desde ubicación celdas existentes hasta la ubicación de las nuevas, incluyendo conexión a las nuevas celdas y empalmes que fueran necesarios así como parte de cableado, tubo y pequeño material que fuera necesario para el correcto funcionamiento de la instalación.	2,00	2.274,38	4.548,76
EA095T	Ud ARQUETA DE 0,8x0,8 m Arqueta de dimensiones 0.8x0.8 m en acera o galería de paso, según planos, incluso cerco de hierro fundido y tapa de fundición, totalmente acabada.	5,00	101,22	506,10
EA094T	Ud ARQUETA DE 1x1x1m Arqueta de registro de dimensiones 1x1x1 m de profundidad, en exterior de túnel, incluyendo excavación, transporte de tierras a vertedero autorizado, ejecución de solera drenante y paredes de hormigón, cerco de hierro fundido y tapa. Totalmente terminada.	9,00	133,67	1.203,03
EA0103T	MI CANALIZACIÓN HORMIGONADA 2 TUBOS Ø160 mm Canalización hormigonada de dos tubos de PVC de 160 mm de diámetro para MT en zanja de 60 cm. de ancho y 105 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanja, asiento con 5 cm. de hormigón HM-175 N/mm <sup>2</sup> , montaje de tubos de material termoplástico de 160 mm. de diámetro, relleno con una capa de hormigón HM-175 N/mm <sup>2</sup> hasta una altura de 10 cm. por encima de los tubos envolviéndolos completamente, relleno con tierra procedente de la excavación apisonada con medios manuales en tongadas de 10 cm., material auxiliar y retirada de material sobrante a vertedero autorizado.	60,00	48,82	2.929,20
EA0110T	MI CANALIZACIÓN HORMIGONADA 4 TUBOS Ø110 mm Canalización hormigonada de cuatro tubos de PVC de 110 mm de diámetro para BT en zanja de 60 cm. de ancho y 110 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanja, asiento con 5 cm. de hormigón HM-175 N/mm <sup>2</sup> , montaje de tubos de material termoplástico de 110 mm. de diámetro, relleno con una capa de hormigón HM-175 N/mm <sup>2</sup> hasta una altura de 10 cm. por encima de los tubos envolviéndolos completamente, relleno con tierra procedente de la excavación apisonada con medios manuales en tongadas de 10 cm., material auxiliar y retirada de material sobrante a vertedero autorizado.			

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
EA0111T	<b>MI CANALIZACIÓN HORMIGONADA 6 TUBOS Ø110 mm</b> Canalización hormigonada de seis tubos de PVC de 110 mm de diámetro para BT en zanja de 60 cm. de ancho y 110 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanja, asiento con 5 cm. de hormigón HM-175 N/mm <sup>2</sup> , montaje de tubos de material termoplástico de 110 mm. de diámetro, relleno con una capa de hormigón HM-175 N/mm <sup>2</sup> hasta una altura de 10 cm. por encima de los tubos envolviéndolos completamente, relleno con tierra procedente de la excavación apisonada con medios manuales en tongadas de 10 cm., material auxiliar y retirada de material sobrante a vertedero autorizado.	40,00	50,34	2.013,60
EA0112T	<b>MI CANALIZACIÓN HORMIGONADA 8 TUBOS Ø110 mm</b> Canalización hormigonada de ocho tubos de PVC de 110 mm de diámetro para BT en zanja de 80 cm. de ancho y 110 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanja, asiento con 5 cm. de hormigón HM-175 N/mm <sup>2</sup> , montaje de tubos de material termoplástico de 110 mm. de diámetro, relleno con una capa de hormigón HM-175 N/mm <sup>2</sup> hasta una altura de 10 cm. por encima de los tubos envolviéndolos completamente, relleno con tierra procedente de la excavación apisonada con medios manuales en tongadas de 10 cm., material auxiliar y retirada de material sobrante a vertedero autorizado.	60,00	55,57	3.334,20
EA0113T	<b>MI CANALIZACIÓN HORMIGONADA 12 TUBOS Ø110 mm</b> Canalización hormigonada de doce tubos de PVC de 110 mm de diámetro para BT en zanja de 80 cm. de ancho y 110 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanja, asiento con 5 cm. de hormigón HM-175 N/mm <sup>2</sup> , montaje de tubos de material termoplástico de 110 mm. de diámetro, relleno con una capa de hormigón HM-175 N/mm <sup>2</sup> hasta una altura de 10 cm. por encima de los tubos envolviéndolos completamente, relleno con tierra procedente de la excavación apisonada con medios manuales en tongadas de 10 cm., material auxiliar y retirada de material sobrante a vertedero autorizado.	40,00	69,40	2.776,00
U09AL010T	<b>m. CABLEADO 3(1x95) AI 12/20kV</b> Cableado formado por 3 cables unipolares RHZ1-OL de AL-12/20 kV de 95 mm <sup>2</sup> en bandeja, tubo o canaleta, incluso P.P de empalmes y botellas terminales y pequeño material de instalación y conexión. Instalado según Normas de compañía.	100,00	79,86	7.986,00
LC11110	<b>Ud CABLEADO DE CU 3(1x240 mm<sup>2</sup>) RHZ1-2OL</b> Cableado de cu 3(1x240 mm <sup>2</sup> ) RHZ1-2OL desde los nuevos transformadores hasta las nuevas celadas, incluyendo conexión a los mismos así como conectores y pequeño material que fuera necesario para el correcto funcionamiento de la instalación.	1.078,00	57,92	62.437,76
LC12299	<b>Ud CABLE DE COBRE RZ1-K 1x2,5 mm<sup>2</sup></b> Cable cobre tipo RZ1-K 0.6/1KV de 1x2,5 mm <sup>2</sup> de sección con p.p. de empalmes y accesorios de montaje. Instalado.	6,00	1.598,43	9.590,58
LC12300	<b>Ud CABLE DE COBRE RZ1-K 1x6 mm<sup>2</sup></b> Cable cobre tipo RZ1-K 0.6/1KV de 1x6 mm <sup>2</sup> de sección con p.p. de empalmes y accesorios de montaje. Instalado.	16.790,00	0,97	16.286,30
LC12301	<b>Ud CABLE DE COBRE RZ1-K 1x10 mm<sup>2</sup></b> Cable cobre tipo RZ1-K 0.6/1KV de 1x10 mm <sup>2</sup> de sección con p.p. de empalmes y accesorios de montaje. Instalado.	80.542,00	1,85	149.002,70
LC12302	<b>Ud CABLE DE COBRE RZ1-K 1x16 mm<sup>2</sup></b> Cable cobre tipo RZ1-K 0.6/1KV de 1x16 mm <sup>2</sup> de sección con p.p. de empalmes y accesorios de montaje. Instalado.	7.486,00	2,93	21.933,98
LC12303	<b>Ud CABLE DE COBRE RZ1-K 1x25 mm<sup>2</sup></b> Cable cobre tipo RZ1-K 0.6/1KV de 1x25 mm <sup>2</sup> de sección con p.p. de empalmes y accesorios de montaje. Instalado.	13.819,00	4,28	59.145,32
		22.813,00	6,72	153.303,36

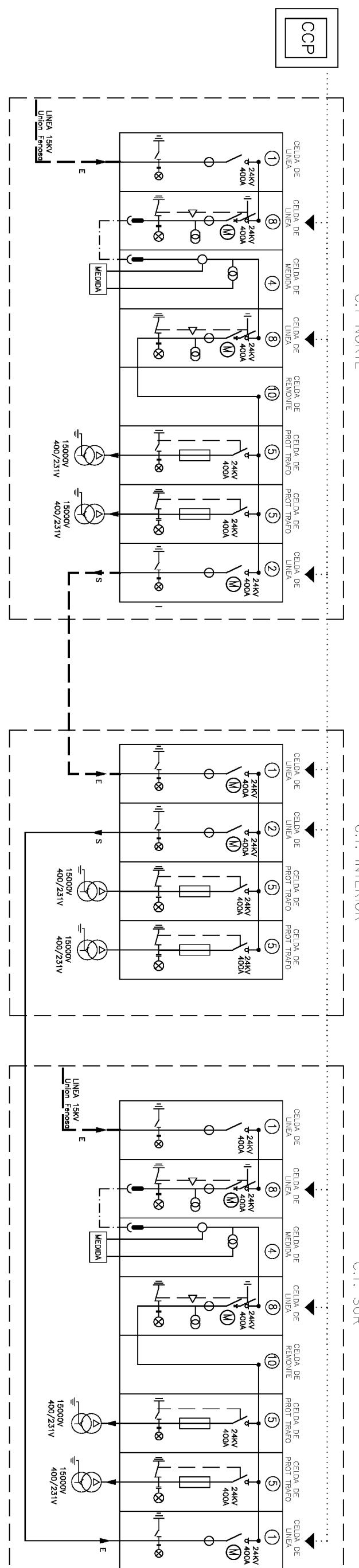
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
LC12304	Ud CABLE DE COBRE RZ1-K 1x35 mm <sup>2</sup> Cable cobre tipo RZ1-K 0.6/1KV de 1x35 mm <sup>2</sup> de sección con p.p. de empalmes y accesorios de montaje. Instalado.	12.753,00	10,38	132.376,14
LC12305	Ud CABLE DE COBRE RZ1-K 1x50 mm <sup>2</sup> Cable cobre tipo RZ1-K 0.6/1KV de 1x50 mm <sup>2</sup> de sección con p.p. de empalmes y accesorios de montaje. Instalado.	4.158,00	13,23	55.010,34
LC12308	Ud CABLE DE COBRE RZ1-K 1x120 mm <sup>2</sup> Cable cobre tipo RZ1-K 0.6/1KV de 1x120 mm <sup>2</sup> de sección con p.p. de empalmes y accesorios de montaje. Instalado.	285,00	28,48	8.116,80
LC12309	Ud CABLE DE COBRE RZ1-K 1x150 mm <sup>2</sup> Cable cobre tipo RZ1-K 0.6/1KV de 1x150 mm <sup>2</sup> de sección con p.p. de empalmes y accesorios de montaje. Instalado.	3.168,00	37,43	118.578,24
LC12311	Ud CABLE DE COBRE RZ1-K 1x240 mm <sup>2</sup> Cable cobre tipo RZ1-K 0.6/1KV de 1x240 mm <sup>2</sup> de sección con p.p. de empalmes y accesorios de montaje. Instalado.	1.205,00	46,70	56.273,50
LC12350	Ud CABLE DE COBRE SZ1-K (AS+) 1x2,5 mm <sup>2</sup> Cable cobre tipo SZ1-K (AS+) 0.6/1KV de 1x2,5 mm <sup>2</sup> de sección con p.p. de empalmes y accesorios de montaje. Instalado.	20.780,00	2,39	49.664,20
LC12351	Ud CABLE DE COBRE SZ1-K (AS+) 1x4 mm <sup>2</sup> Cable cobre tipo SZ1-K (AS+) 0.6/1KV de 1x4 mm <sup>2</sup> de sección con p.p. de empalmes y accesorios de montaje. Instalado.	12.735,00	2,97	37.822,95
LC12352	Ud CABLE DE COBRE SZ1-K (AS+) 1x6 mm <sup>2</sup> Cable cobre tipo SZ1-K (AS+) 0.6/1KV de 1x6 mm <sup>2</sup> de sección con p.p. de empalmes y accesorios de montaje. Instalado.	188.694,00	4,16	784.967,04
LC12353	Ud CABLE DE COBRE SZ1-K (AS+) 1x10 mm <sup>2</sup> Cable cobre tipo SZ1-K (AS+) 0.6/1KV de 1x10 mm <sup>2</sup> de sección con p.p. de empalmes y accesorios de montaje. Instalado.	5.429,00	5,42	29.425,18
I565EEI	MI TUBO DE ACERO GALVANIZADO M32 Tubo de acero galvanizado M32 incluso p.p. de cajas de registro y accesorios de montaje.	5.283,00	10,16	53.675,28
LC01010	MI TUBO DE ACERO GALVANIZADO M40 Tubo de acero galvanizado M40 incluso p.p. de cajas de registro y accesorios de montaje.	9.130,00	13,81	126.085,30
LC01011	MI TUBO DE ACERO GALVANIZADO M50 Tubo de acero galvanizado M50 incluso p.p. de cajas de registro y accesorios de montaje.	54,00	16,96	915,84
I475	MI TUBO ACERO FLEX. Pg 48 Tubo de acero flexible Pg 48 y p.p. de accesorios de montaje.	462,00	17,24	7.964,88
LC01012	Ud CAJA DE DERIVACIÓN 150x150 mm Caja de derivación de dimensiones 150x150 mm de material plástico libre de halógenos o metálica, incluso material auxiliar necesario, totalmente montada y conexiónada.	1.106,00	5,62	6.215,72
LC01013	Ud BANDEJA PLÁSTICO LIBRE HALÓGENOS 300x60 mm Bandeja de material plástico libre de halógenos PC+ABS, marca UNEX o equivalente a juicio de la D.F. de dimensiones 60x300 mm, incluyendo todos los accesorios y piezas especiales, soportes,			

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	anclajes, uniones, codos, tacos metálicos de			
		75,00	52,86	3.964,50
	<b>TOTAL CAPÍTULO 15 CANALIZACIONES Y CABLEADO .....</b>			<b>4.497.445,55</b>
	<b>CAPÍTULO 16. INGENIERÍA, PRUEBAS Y DOCUMENTACIÓN</b>			
EA129T	Ud INGENIERÍA Y CONFIGURACIÓN Ingeniería de detalle y configuración de los equipos.	1,00	44.100,00	44.100,00
LC18001	Ud DESARROLLO DE IMÁGENES EN C.C. Desarrollo de imágenes del c.c., de las pantallas de presentación de datos específicas de cada una de las instalaciones y de resúmenes e informes solicitados por la empresa Concesionaria.	1,00	26.250,00	26.250,00
EA122	Ud DOCUMENTACIÓN FINAL	1,00	22.050,00	22.050,00
EA123	Ud MANUAL DE EXPOTACIÓN Y EMERGENCIA	1,00	37.800,00	37.800,00
EA124	Ud MANUAL DE MANTENIMIENTO	1,00	25.200,00	25.200,00
EA127	Ud PRUEBAS FINALES	1,00	58.800,00	58.800,00
	<b>TOTAL CAPÍTULO 16 INGENIERÍA, PRUEBAS Y DOCUMENTACIÓN .....</b>			<b>214.200,00</b>
	<b>CAPÍTULO 17. SEGURIDAD Y SALUD</b>			
14.1	Ud SEGURIDAD Y SALUD	1,00	903.995,00	903.995,00
	<b>TOTAL CAPÍTULO 17 SEGURIDAD Y SALUD .....</b>			<b>903.995,00</b>
	<b>TOTAL.....</b>			<b>14.245.652,02</b>

## **ANEJO IV: PLANOS**

## ÍNDICE DE PLANOS

nº plano		nº hojas
<b>1</b>	<b>Suministro de energía</b>	
1.1	Esquema de anillo de M.T.....	1
1.2	Esquema unificar C.G.B.T.	
1.2.1	Cuarto técnico Sur.....	1
1.2.2	Cuarto técnico interior.....	2
1.2.3	Cuarto técnico Norte.....	1
<b>2</b>	<b>Alumbrado</b>	
2.1	Esquema refuerzo alumbrado.....	2
2.2	Niveles de alumbrado.....	4
2.3	Implantación de equipos.....	2
<b>3</b>	<b>Sistema contraincendios</b>	
3.1	Esquema de detección.....	2
3.2	Esquema de principio de la C.H.....	1
3.3	Instalación sobre túnel.....	3
<b>4</b>	<b>Red de control</b>	
4.1	Esquema de redes.....	1
4.2	Esquema de tendido de F.O.....	1
<b>5</b>	<b>Postes S.O.S.</b>	
	Esquema funcional.....	1
<b>6</b>	<b>Gestión de tráfico</b>	
	Esquema señalización exterior.....	1
<b>7</b>	<b>Megafonía</b>	
	Esquema funcional.....	1
<b>8</b>	<b>Redifusión radio</b>	
	Esquema funcional.....	1
<b>9</b>	<b>Vigilancia por C.C.T.V.</b>	
	Esquema conexión de cámaras.....	1
<b>10</b>	<b>Centro de control</b>	
	Esquema C.C.T.V. y D.A.I.....	1
<b>11</b>	<b>Plano de coordinación</b>	
11.1	Instalaciones.....	4
11.2	Secciones tipo.....	1



	LEYENDA
1	CELM DE ENTRADA DE LINEA MOTORIZADA CON TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD
2	CELM DE SALIDA DE LINEA MOTORIZADA CON TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD
3	CELM DE COMUNICACION
4	CELM DE MEDIDA
5	CELM DE PROTECCION TRANSFORMADORES
6	CELM DE PROTECCION DE LINEA DE ENTRADA MOTORIZADA
7	CELM DE PROTECCION DE LINEA DE SALIDA MOTORIZADA
8	CELM AUTOMATICA DE PROTECCION DE ENTRADA DE LINEA MOTORIZADA CON TRANSFORMADORES DE TENSION E INTENSIDAD
9	CELM AUTOMATICA DE PROTECCION DE SALIDA DE LINEA MOTORIZADA CON TRANSFORMADORES DE TENSION E INTENSIDAD
10	CELM DE REMONTE
11	CELM AUTOMATICA DE PROTECCION TRANSFORMADORES

**Luis Alberto López Estrada**  
Ingeniería Industrial  
AUTOR DEL PROYECTO:

**AUTOR DEL PROYECTO:**  
**Alberto López Estrada**  
**Ingeniería Industrial**

**PROYECTO:** Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña

**ESCALA:**

111

TÍTULO DEL PLAN

SUMINIS  
ESQUEMA

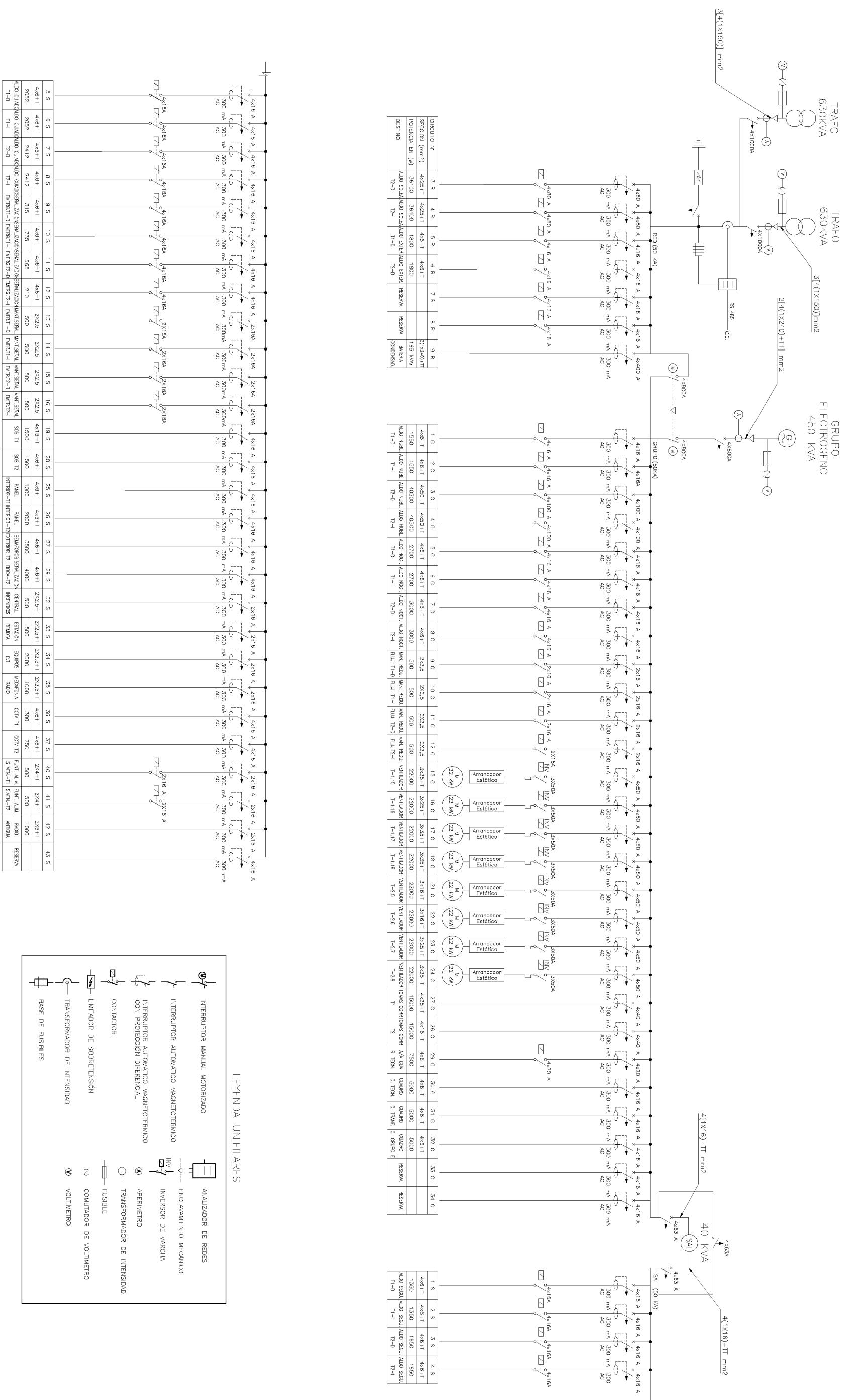
TRO DE  
A DE ANII

ENERG  
LLO DE M

[A]  
M.T.

Nº DE PLANO

NO:  
1.1



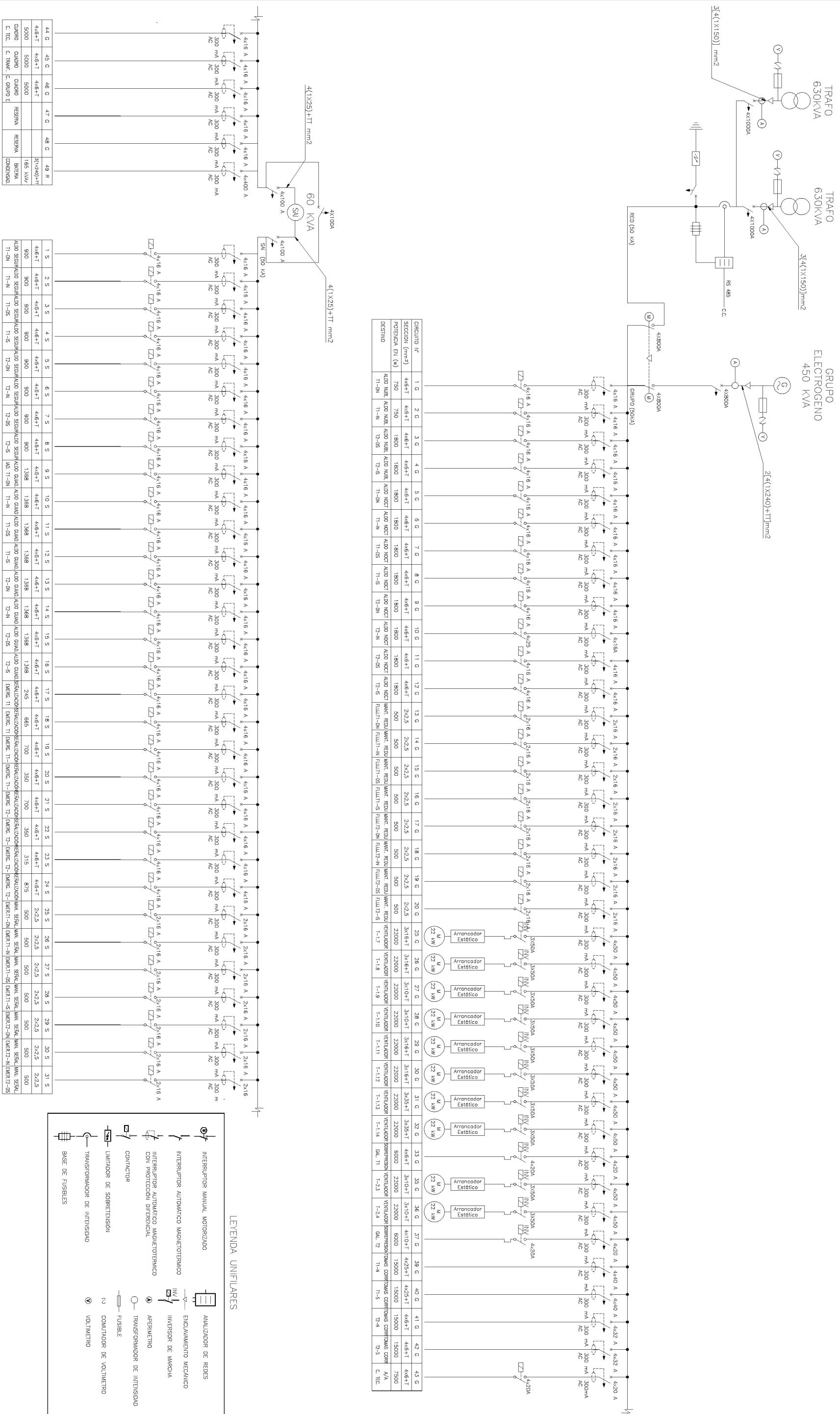
AUTOR DEL PROYECTO:  
Luis Alberto López Estrada  
Ingeniería Industrial

PROYECTO: Descripción y cálculo de las instalaciones  
requeridas en un túnel de montaña

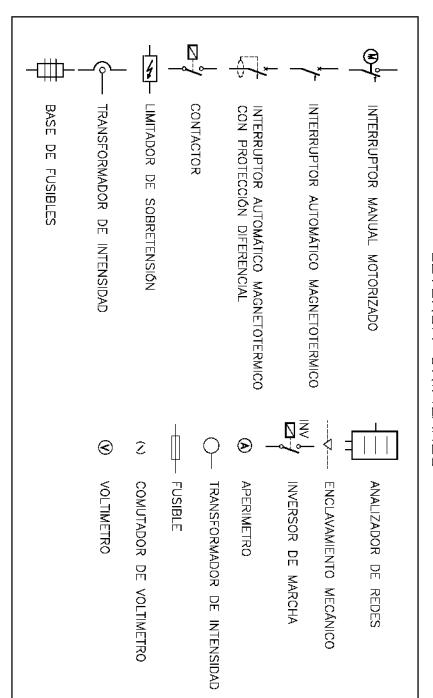
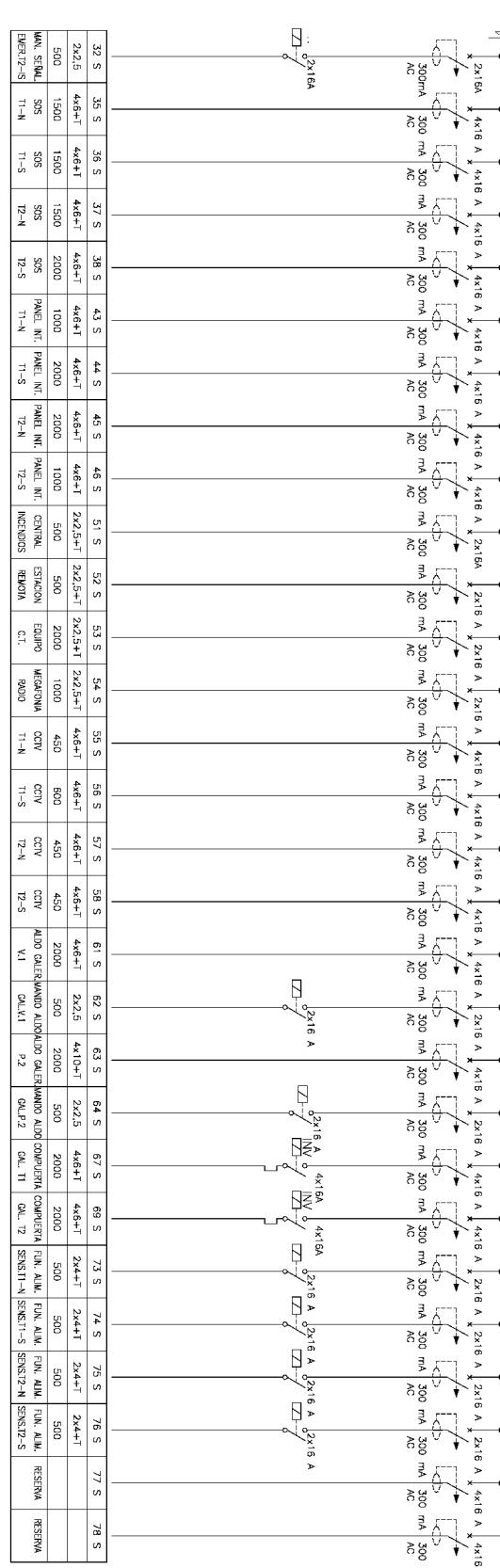
ESCALA: Sin escala

TÍTULO DEL PLANO: SUMINISTRO DE ENERGÍA  
ESQUEMA UNIFILAR C.T.B.T.  
CUARTO TÉCNICO SUR

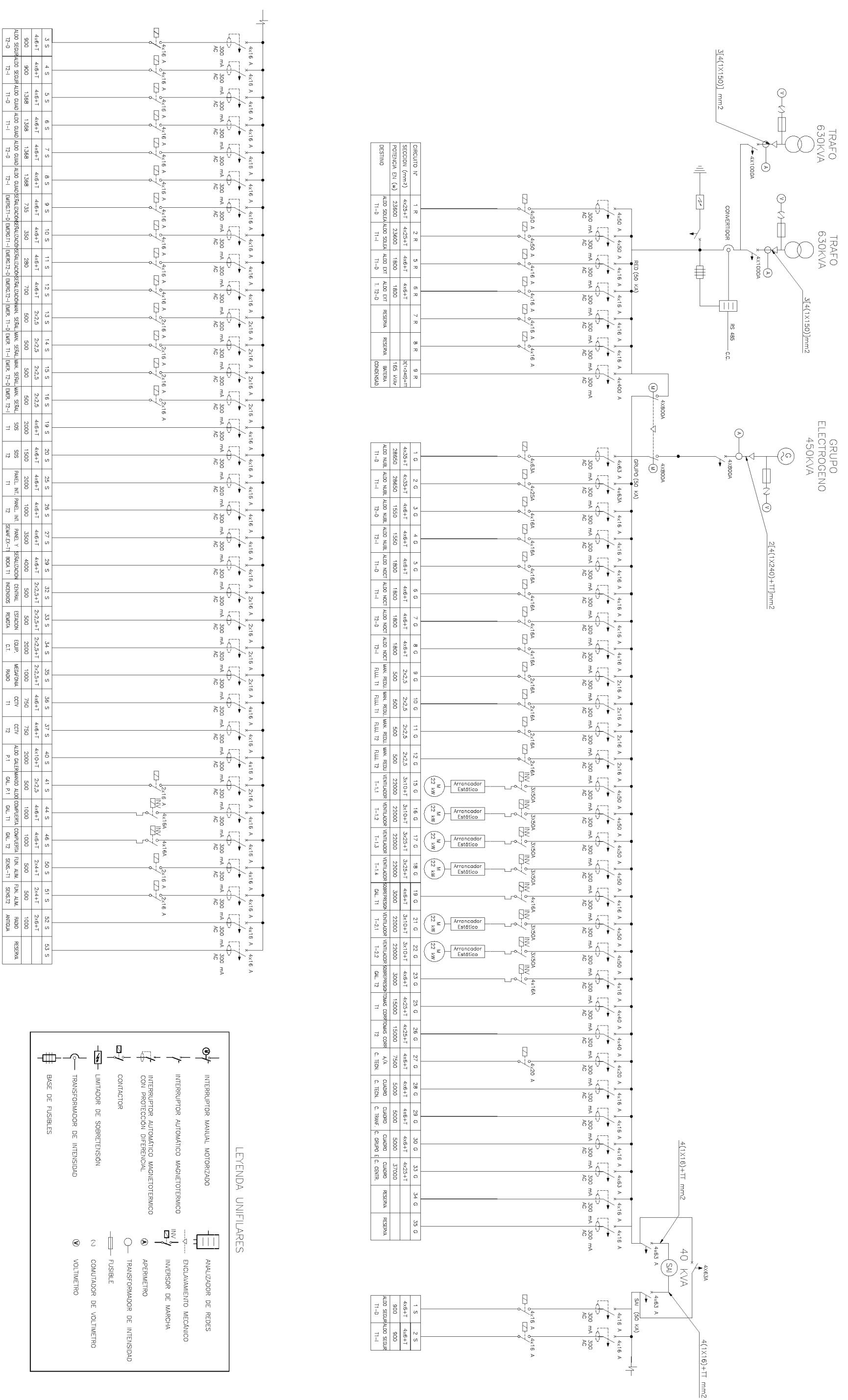
Nº DE PLANO: 12.1  
hoja 1 de 1



AUTOR DEL PROYECTO:	PROYECTO: Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña		
Luis Alberto López Estrada	ESCALA:	Sin escala	TÍTULO DEL PLANO:
Ingeniería Industrial			SUMINISTRO DE ENERGÍA ESQUEMA UNIFILAR C.T.B.T. CUARTO TÉCNICO INTERIOR
Nº DE PLANO:			1.2.2
hoja 1 de 2			

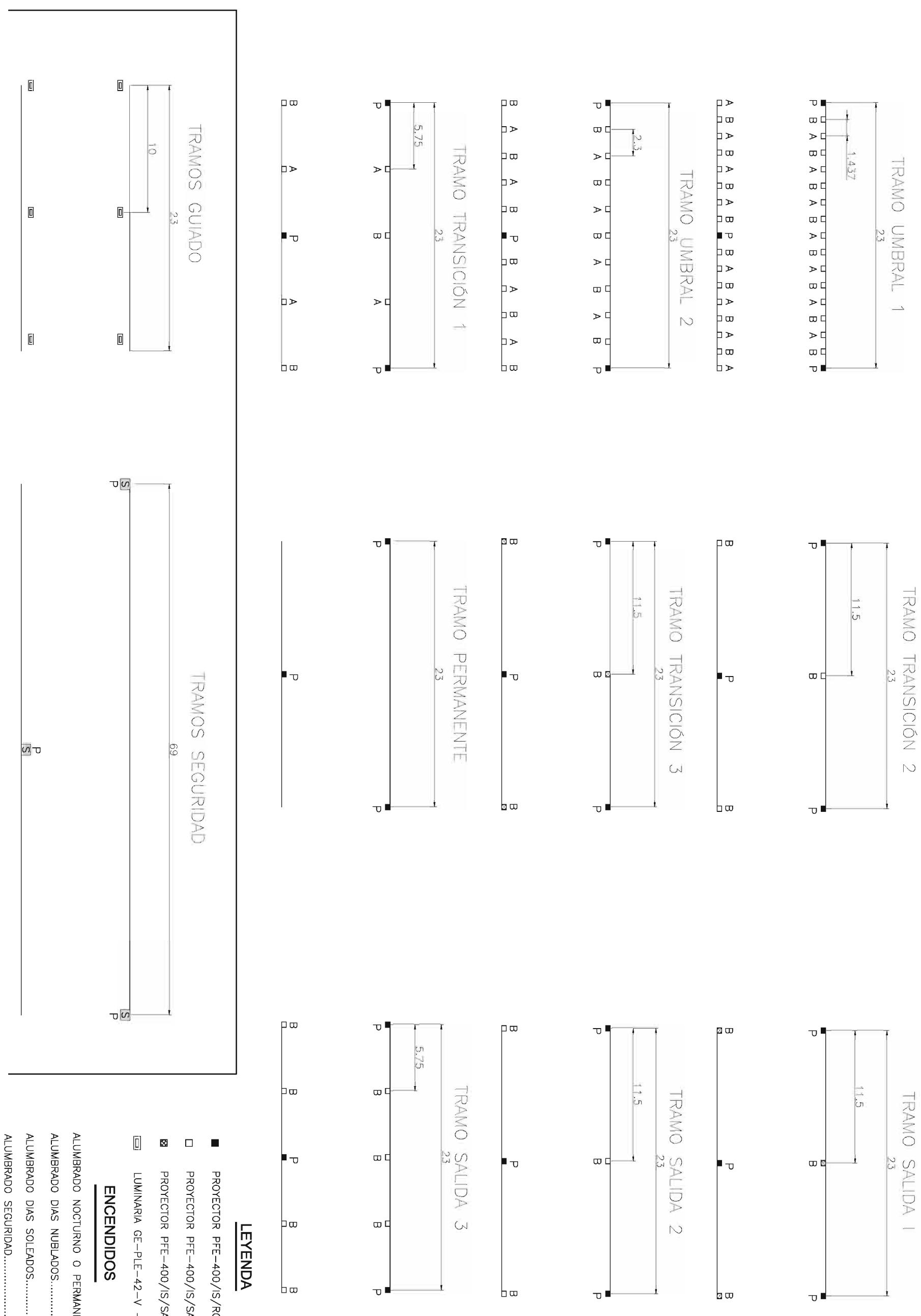


AUTOR DEL PROYECTO: <b>Luis Alberto López Estrada</b> Ingeniería Industrial	PROYECTO: <b>Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña</b>	ESCALA: Sin escala	TÍTULO DEL PLANO: <b>SUMINISTRO DE ENERGÍA ESQUEMA UNIFILAR C.I.B.T. CUARTO TÉCNICO INTERIOR</b>	Nº DE PLANO: <b>12.2</b>
				hoja 2 de 2



AUTOR DEL PROYECTO:	Luis Alberto López Estrada
PROYECTO:	Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña
ESCALA:	Sin escala
TÍTULO DEL PLANO:	SUMINISTRO DE ENERGÍA ESQUEMA UNIFILAR C.T.B.T. CUARTO TÉCNICO NORTE
Nº DE PLANO:	12.3
hoja 1 de 1	

HUBO



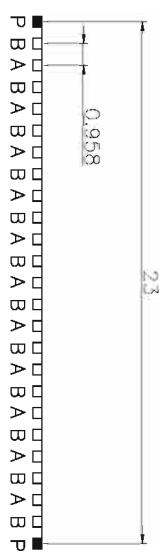
AUTOR DEL PROYECTO:	Luis Alberto López Estrada		
PROYECTO:	Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña		
ESCALA:	Sin escala	TÍTULO DEL PLANO:	SUMINISTRO DE ENERGÍA ESQUEMA REFUERZO ALUMBRADO
Nº DE PLANO:	2.1		hoja 1 de 2

# TUBO |||

TRAMO UMBRAL 1

2.3

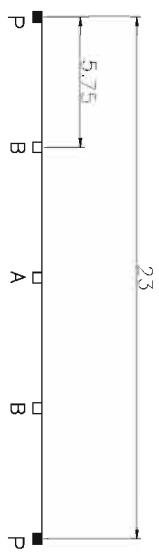
0.958



TRAMO TRANSICIÓN 2

2.3

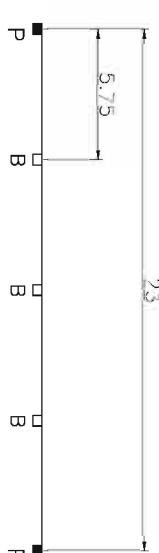
5.75



TRAMO PERMANENTE

2.3

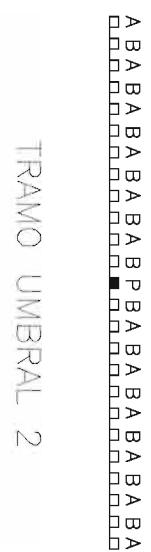
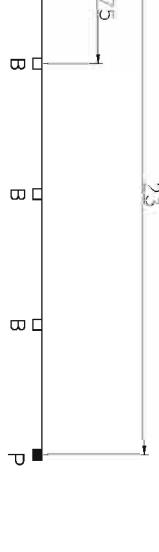
5.75



TRAMO SALIDA 3

2.3

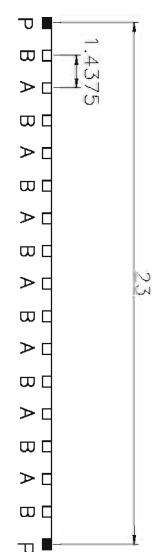
5.75



TRAMO UMBRAL 2

2.3

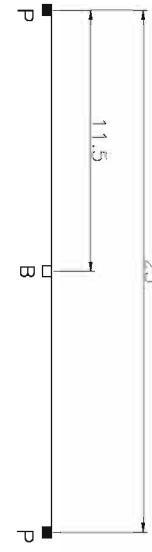
1.4375



TRAMO TRANSICIÓN 3

2.3

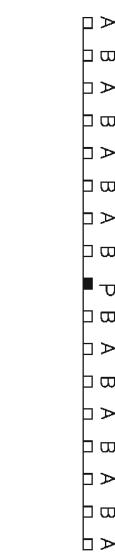
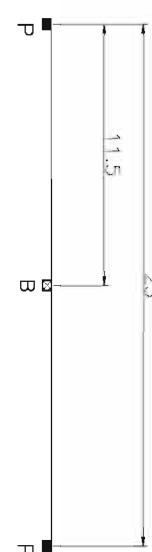
11.5



TRAMO SALIDA 1

2.3

11.5



TRAMO TRANSICIÓN 4

2.3

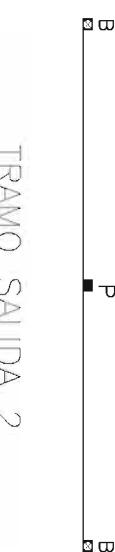
2.3



TRAMO SALIDA 2

2.3

11.5



TRAMOS GUIADO

2.3

10



TRAMOS SEGURIDAD

6.9

2.3

## LEYENDA

■ PROYECTOR PFE-400/IS/RC/SAP-150W.

□ PROYECTOR PFE-400/IS/SAP-400W.

☒ PROYECTOR PFE-400/IS/SAP-150W.

□ LUMINARIA GE-PILE-42-V - 36 W

## ENCENDIDOS

ALUMBRADO NOCTURNO O PERMANENTE...P

ALUMBRADO DIAS NUBLADOS.....P + B

ALUMBRADO DIAS SOLEADOS.....P + B + A

ALUMBRADO SEGURIDAD.....S

Luis Alberto López Estrada  
Ingeniería Industrial

AUTOR DEL PROYECTO:  
PROYECTO:

ESCALA:

Sin escala

TÍTULO DEL PLANO:

SUMINISTRO DE ENERGÍA

ESQUEMA REFUERZO ALUMBRADO

Nº DE PLANO:  
2.1  
hoja 2 de 2

# NIVELES DE ILUMINACIÓN

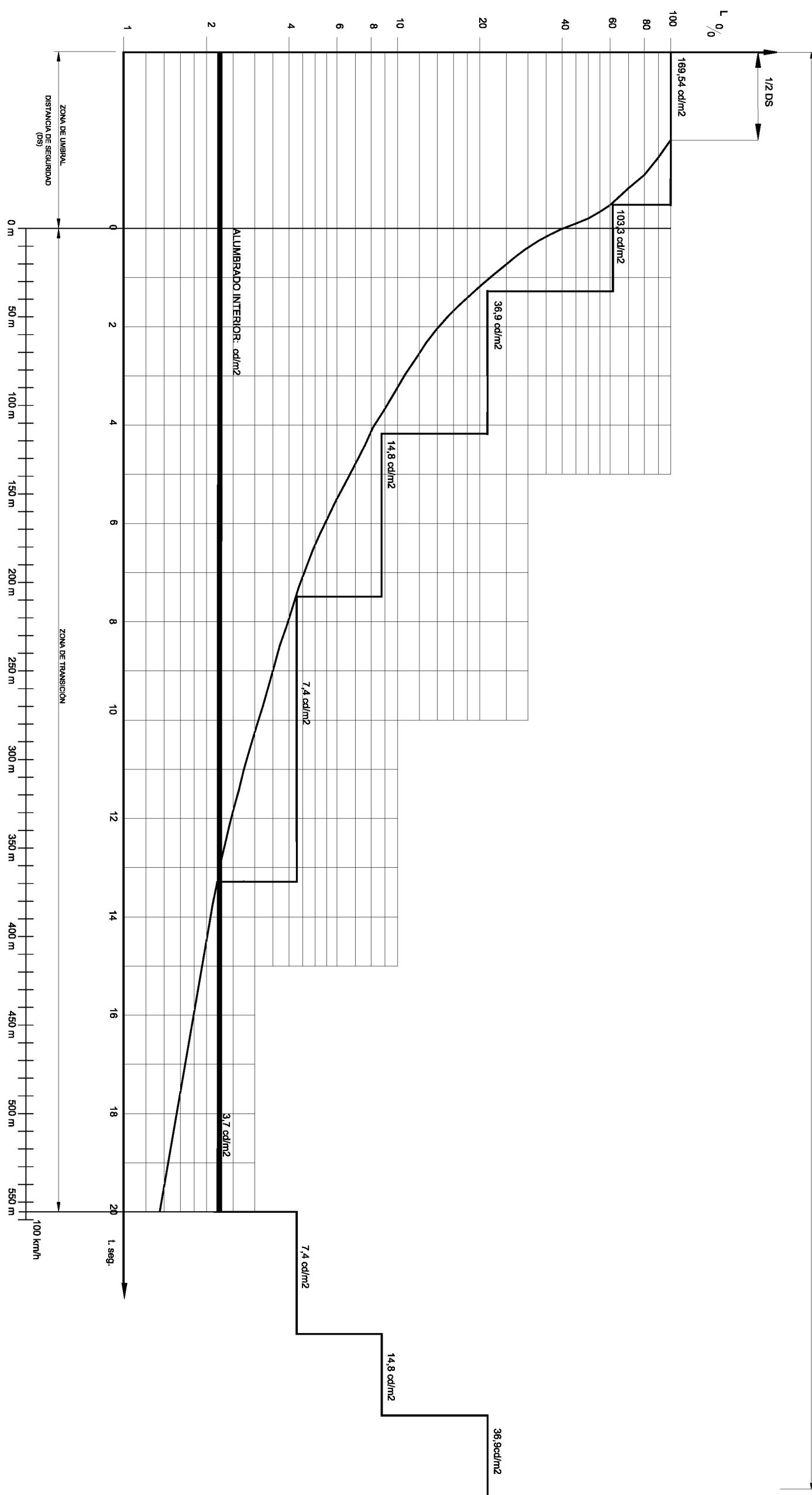
## TUBO I:

### SOLEADO

VELOCIDAD DE DISEÑO = 100 km/h

1609 m.

Esquema de diseño de niveles de iluminación en las distintas zonas



AUTOR DEL PROYECTO: Luis Alberto López Estrada Ingeniería Industrial	PROYECTO: Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña	ESCALA: Sin escala	TÍTULO DEL PLANO: SUMINISTRO DE ENERGÍA NIVELES DE ALUMBRADO	Nº DE PLANO: 2.2 hoja 1 de 4
----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	--------------------------------------------------------------------	------------------------------------

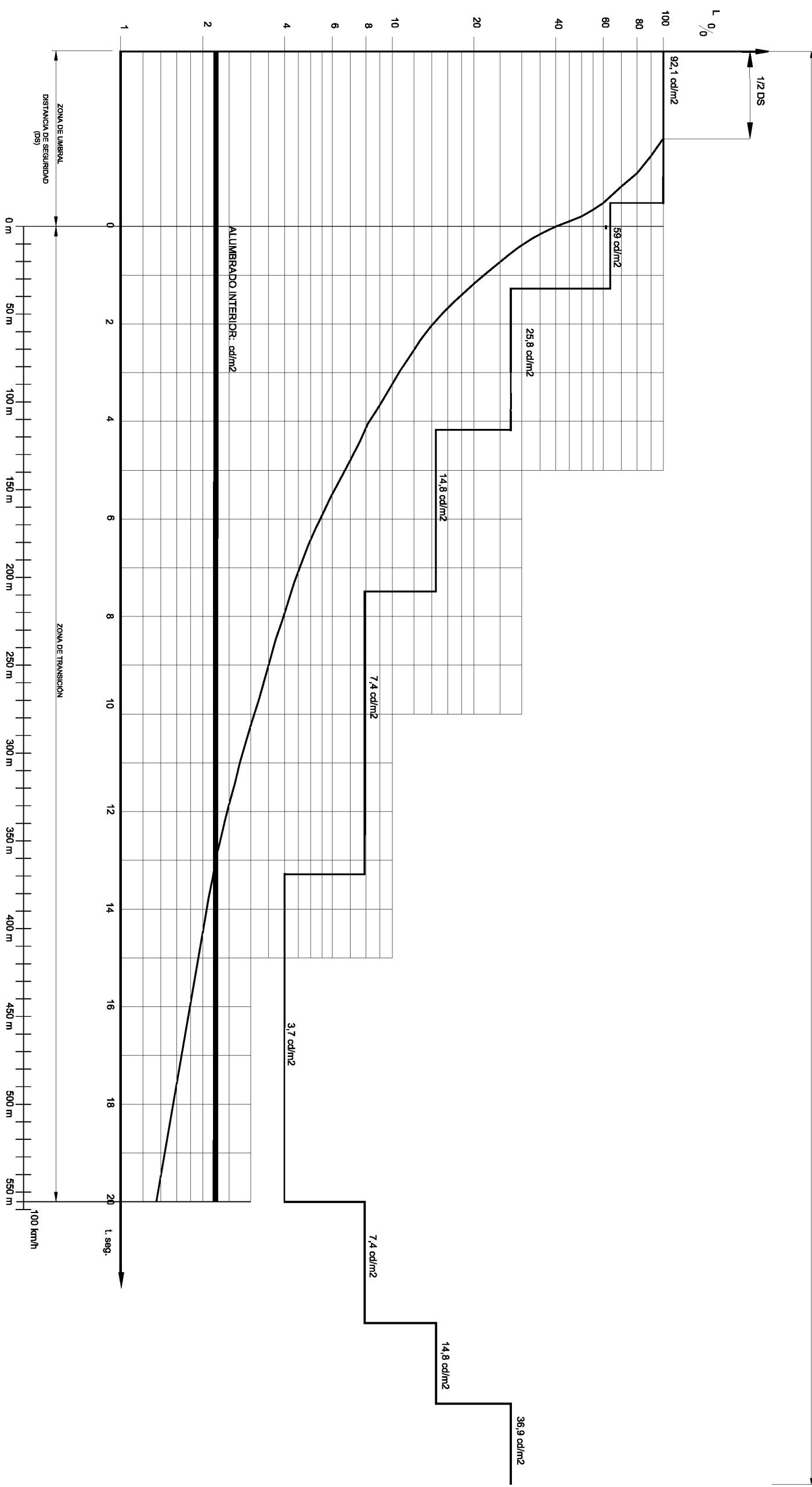
# NIVELES DE ILUMINACIÓN

## TUBO I: NUBLADO

VELOCIDAD DE DISEÑO = 100 km/h

Esquema de diseño de niveles de iluminación en las distintas zonas

1609 m.



AUTOR DEL PROYECTO: Luis Alberto López Estrada Ingeniería Industrial	PROYECTO: Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña	ESCALA: Sin escala	TÍTULO DEL PLANO: SUMINISTRO DE ENERGÍA NIVELES DE ALUMBRADO	Nº DE PLANO: 2.2 hoja 2 de 4
----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	--------------------------------------------------------------------	------------------------------------

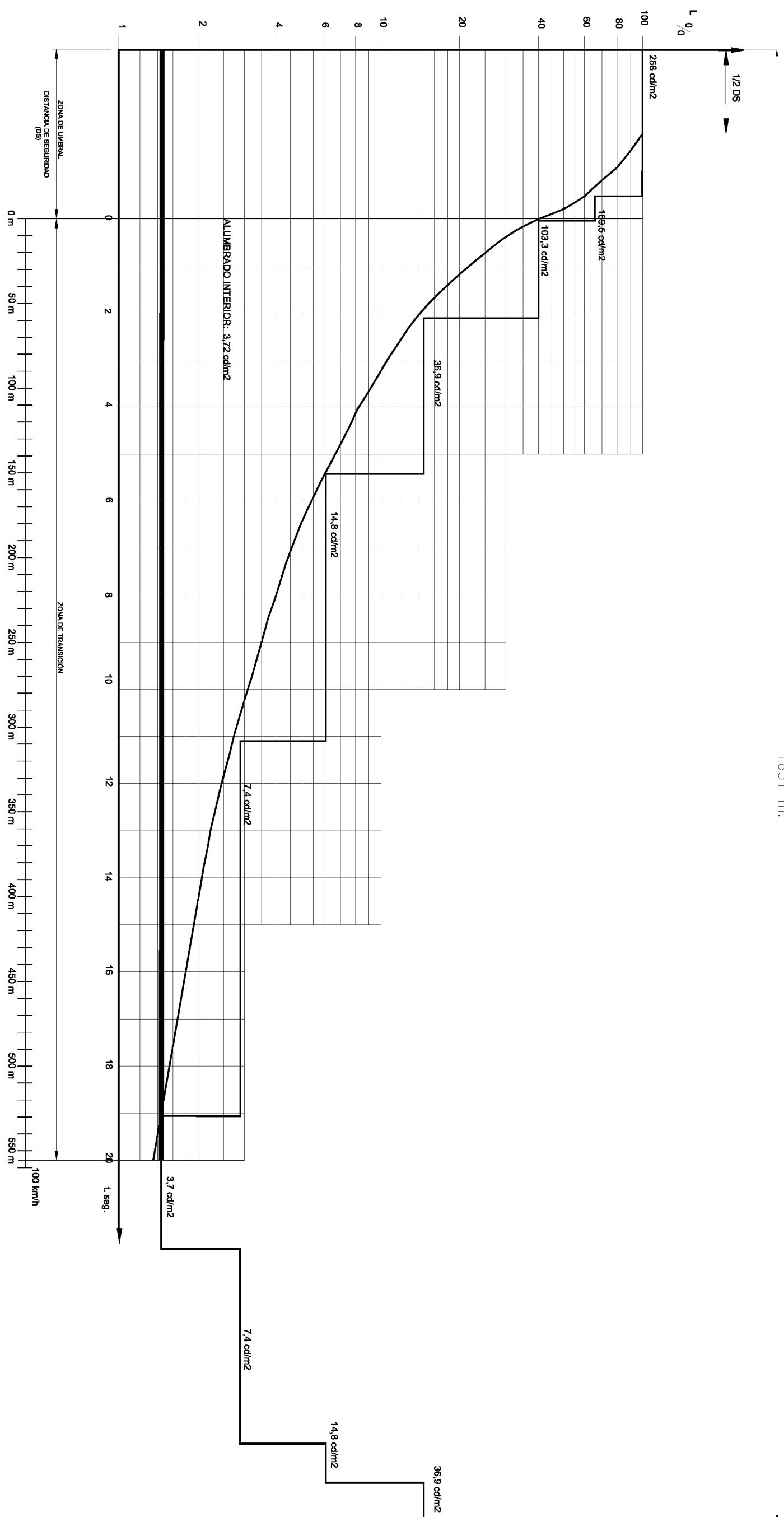
---

*NIVELES DE ILUMINACIÓN*

*TUBO II:*  
*SOLEADO*

$$VELOCIDAD\ DE\ DISEÑO = 100\ km/h$$

## *Esquema de diseño de niveles de iluminación en las distintas zonas*



AUTOR DEL PROYECTO: <b>Luis Alberto López Estrada</b> Ingeniería Industrial	PROYECTO: <b>Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña</b>	ESCALA: <b>Sin escala</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>SUMINISTRO DE ENERGÍA NIVELES DE ALUMBRADO</b>	Nº DE PLANO: <b>2.2</b>
				hoja 3 de 4

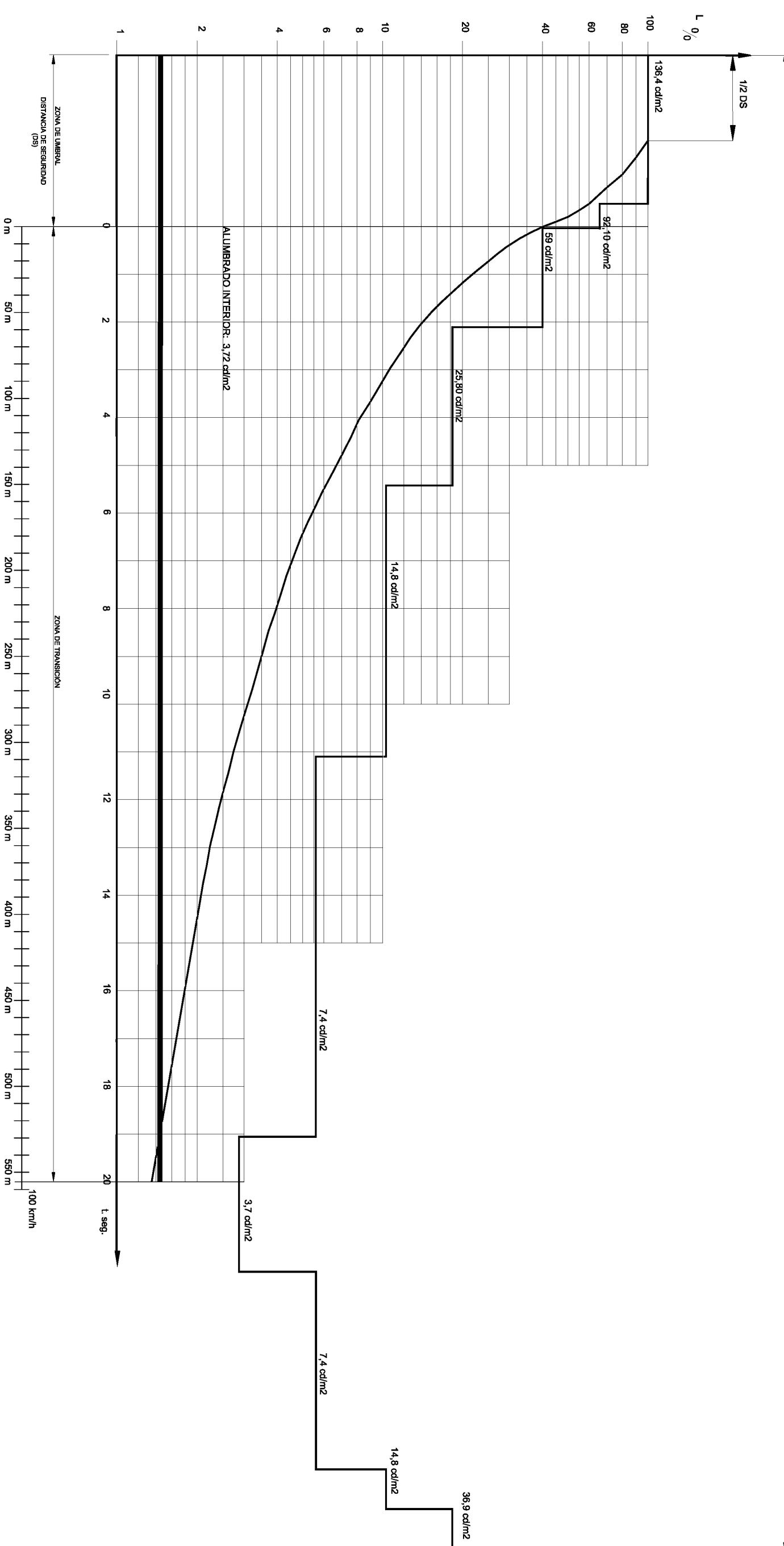
# NIVELES DE ILUMINACIÓN

## TUBO II:

### NUBLADO

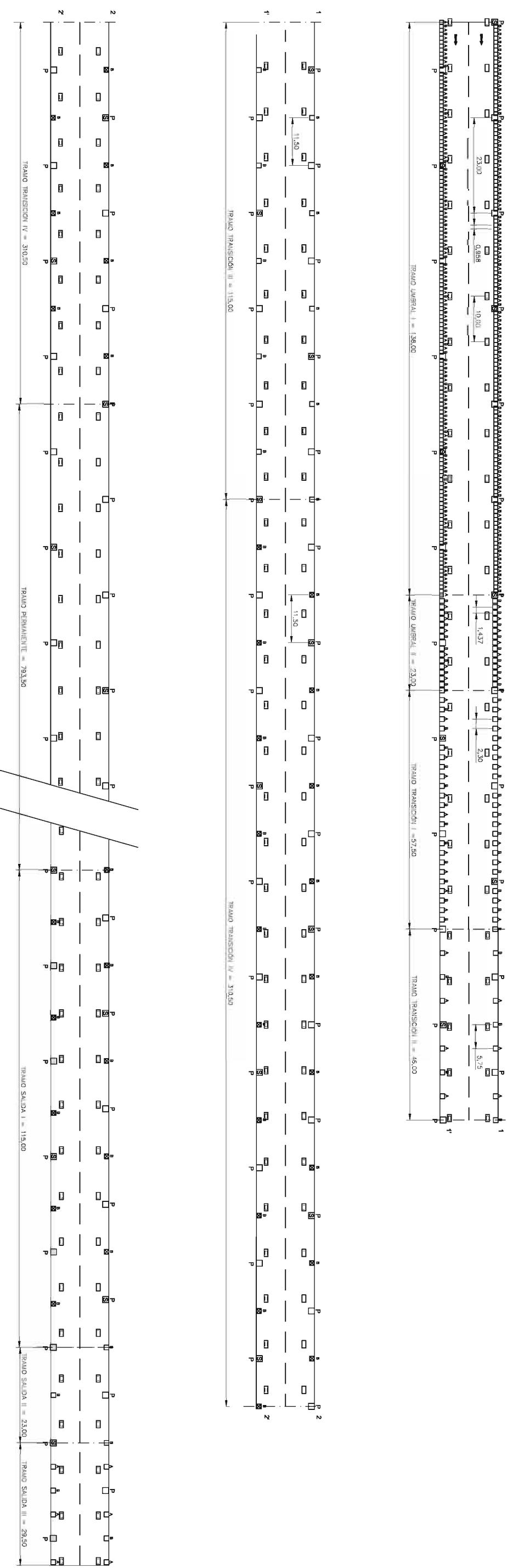
VELOCIDAD DE DISEÑO = 100 km/h

Esquema de diseño de niveles de iluminación en las distintas zonas  
1651 m.



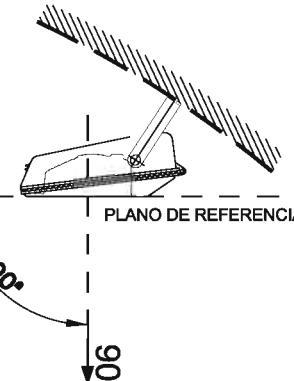
AUTOR DEL PROYECTO: Luis Alberto López Estrada Ingeniería Industrial	PROYECTO: Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña	ESCALA: Sin escala	TÍTULO DEL PLANO: SUMINISTRO DE ENERGÍA NIVELES DE ALUMBRADO	Nº DE PLANO: 2.2 hoja 4 de 4
----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	--------------------------------------------------------------------	------------------------------------





## PLANO DE REFERENCIA CIERRE DE VIDRIO

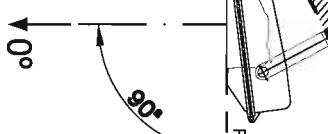
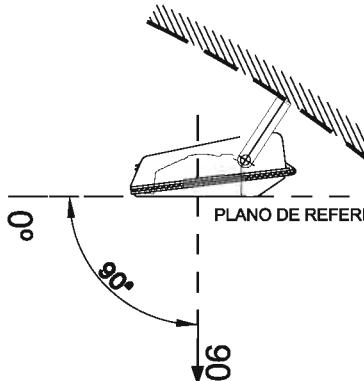
PROYECTOR ORIENTADO 90°



T U B O T T ®

PROYECTOR ORIENTADO 0°

SEGUN PROYECTO



ANGULO INCLINACION  
PROYECTORES

PROYECTOR PFE-400V/F/DA

LEYENDA

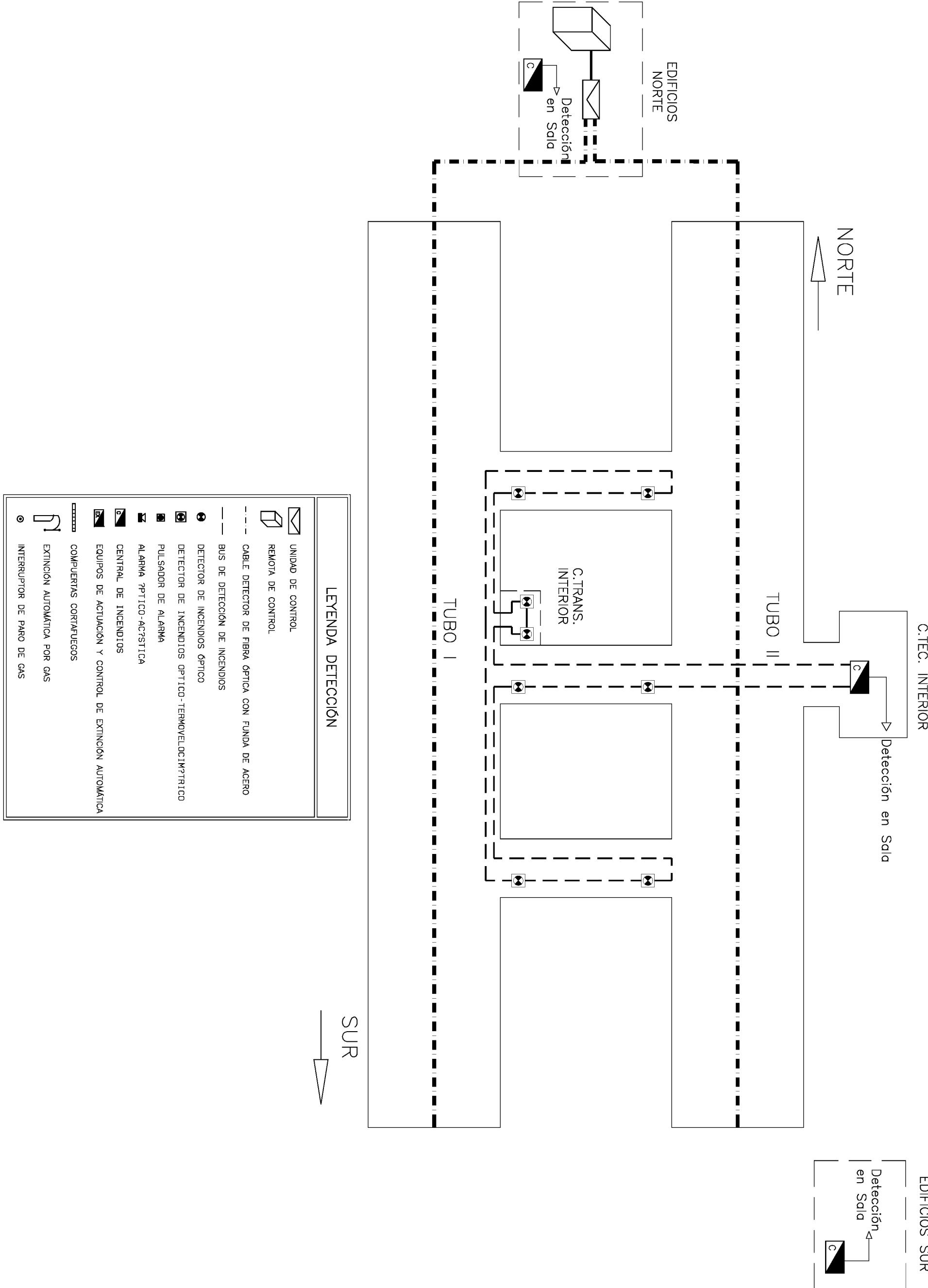
- PROYECTOR PFE-400/IS/RC/SAP-150W.
- PROYECTOR PFE-400/IS/SAP-400W.
- ✖ PROYECTOR PFE-400/IS/SAP-150W.
- ▣ LUMINARIA FLUORESCENTE GE-PLE 42-V

NOTA: LAS LUMINARIAS IDENTIFICADAS CON LA LETRA "S"  
FORMAN PARTE DEL ALUMBRADO DE SEGURIDAD

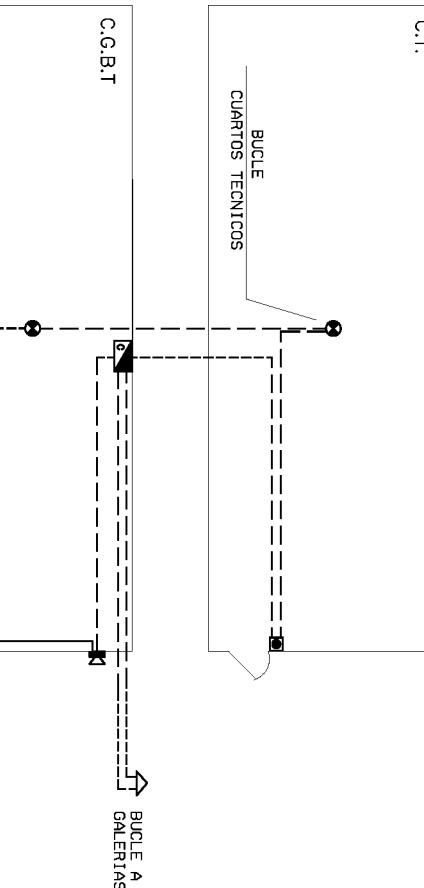
AUTOR DEL PROYECTO:	Luis Alberto López Estrada
PROYECTO:	Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña

ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO:
Sin escala	ALUMBRADO IMPLANTACIÓN DE EQUIPOS

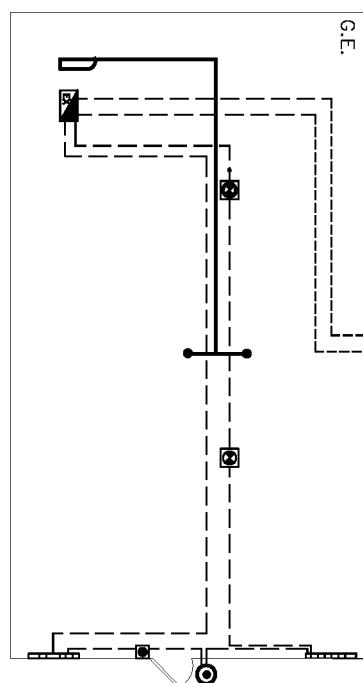
Nº DE PLANO:	hoja 2 de 2
2.3	



**ESQUEMA DE DETECCIÓN EN CUARTOS TÉCNICOS**



NOTA: EL BUCLE QUE VA  
A LAS GALERÍAS SALE  
ÚNICAMENTE DEL C.G.B.T.  
INTERIOR



**LEYENDA DETECCIÓN**

	UNIDAD DE CONTROL
	REMOTA DE CONTROL
	CABLE DETECTOR DE FIBRA ÓPTICA CON FUNDA DE ACERO
	BUS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS
	DETECTOR DE INCENDIOS ÓPTICO
	PULSADOR DE ALARMA
	ALARMA ÓPTICO-ACÚSTICA
	CENTRAL DE INCENDIOS
	EQUIPOS DE ACTUACIÓN Y CONTROL DE EXTINCIÓN AUTOMÁTICA
	COMPUERTAS CORTAFUEGOS
	EXTINCIÓN AUTOMÁTICA POR GAS
	INTERRUPTOR DE PARO DE GAS

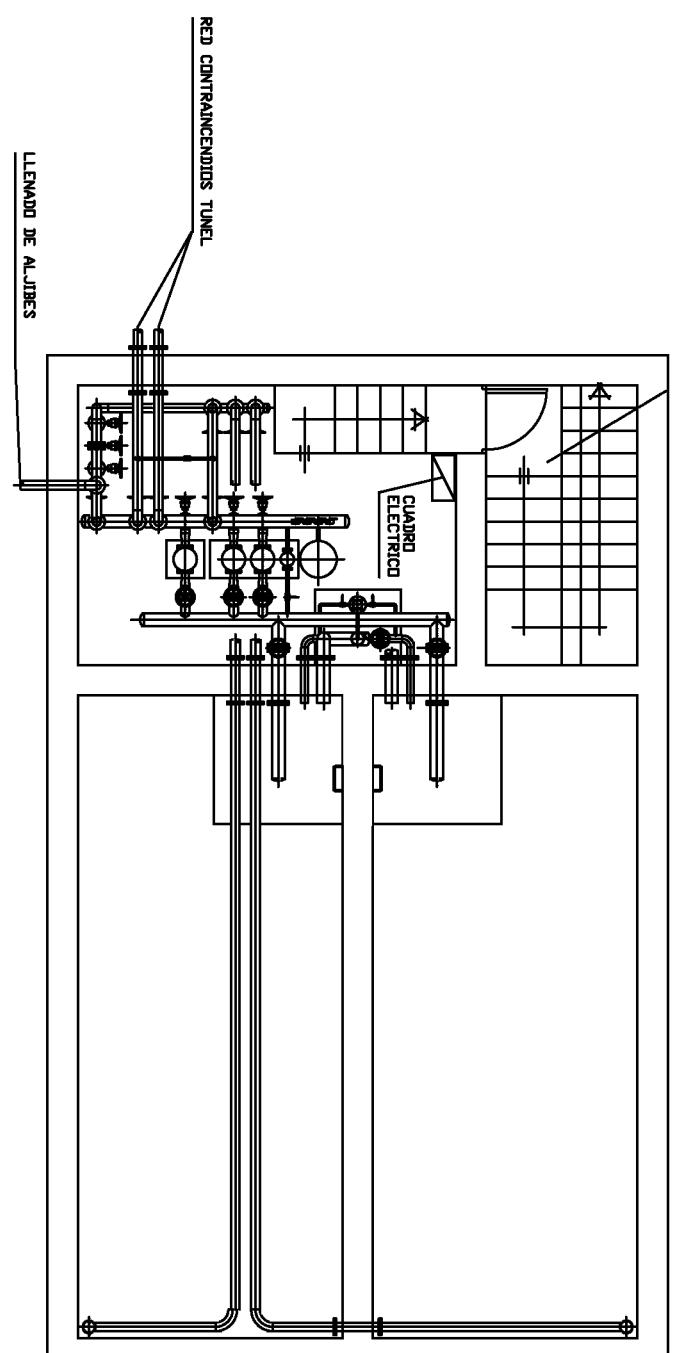
AUTOR DEL PROYECTO:  
**Luis Alberto López Estrada**

PROYECTO: **Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña**

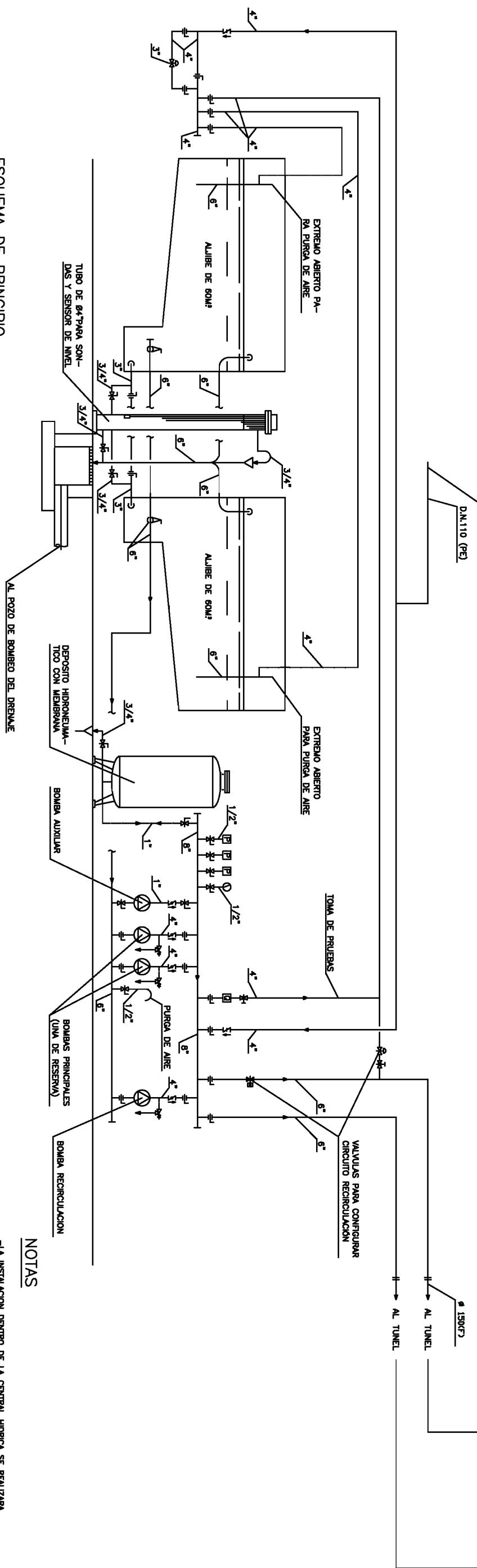
ESCALA: **Sin escala**

TÍTULO DEL PLANO: **SISTEMA CONTRAINCENDIOS**

Nº DE PLANO: **3.1**  
hoja 2 de 2



INSTALACION INTERIOR  
E. 1/100

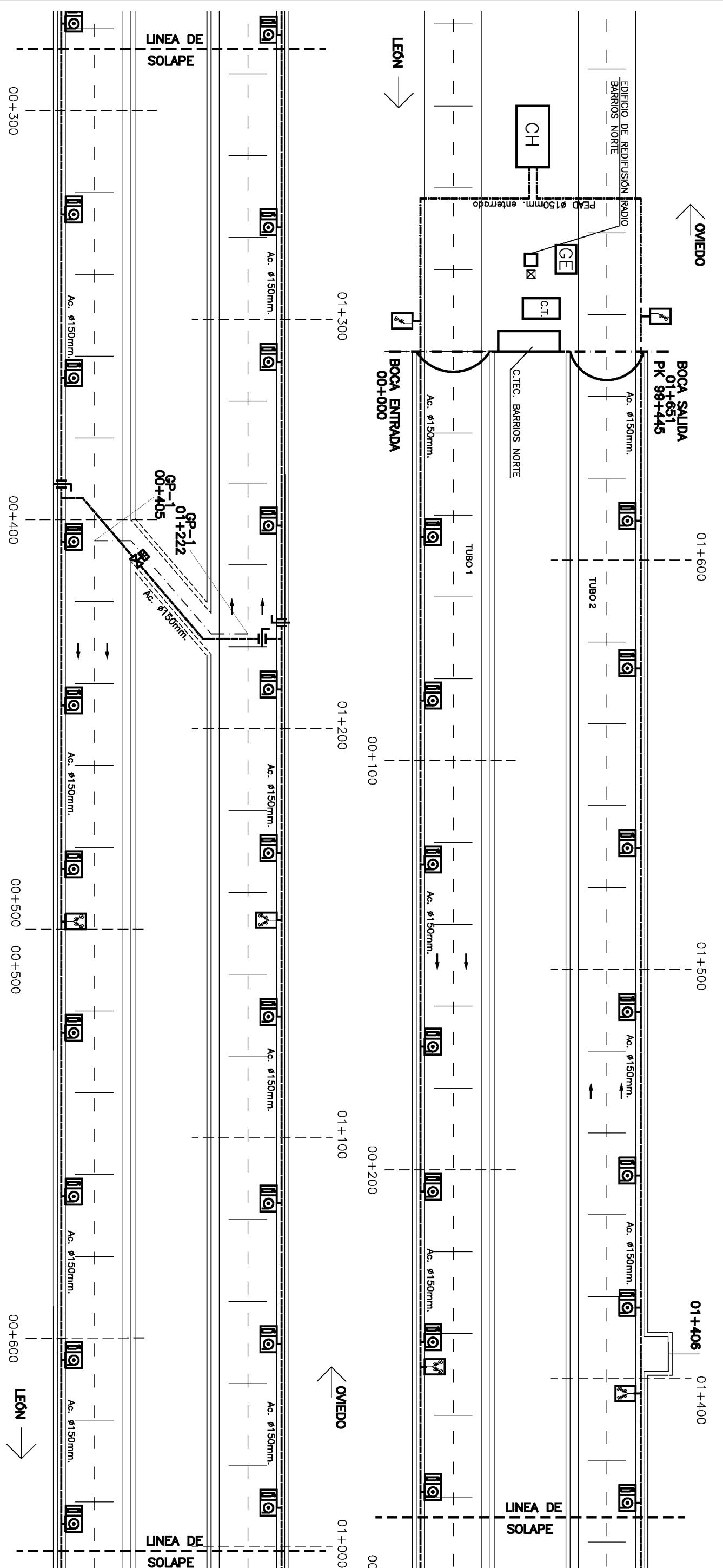


NOTAS

- LA INSTALACION DENTRO DE LA CENTRAL HIDRICA SE REALIZARA CON TUBERIA DE ACERO ELECTROSOLDADO DIN-2440, GALVANIZADA.
- LOS TRAMOS QUE PRECISEN SOLDADURA SE GALVANIZARAN DESPUES DE EFECTUADAS ESTAS.
- SE CANALIZARA EL AGUA DE LAS VALVULAS DE SOBREPRESION HASTA LA ARQUETA DE RECOGIDA (TUBERIAS DE PVC).

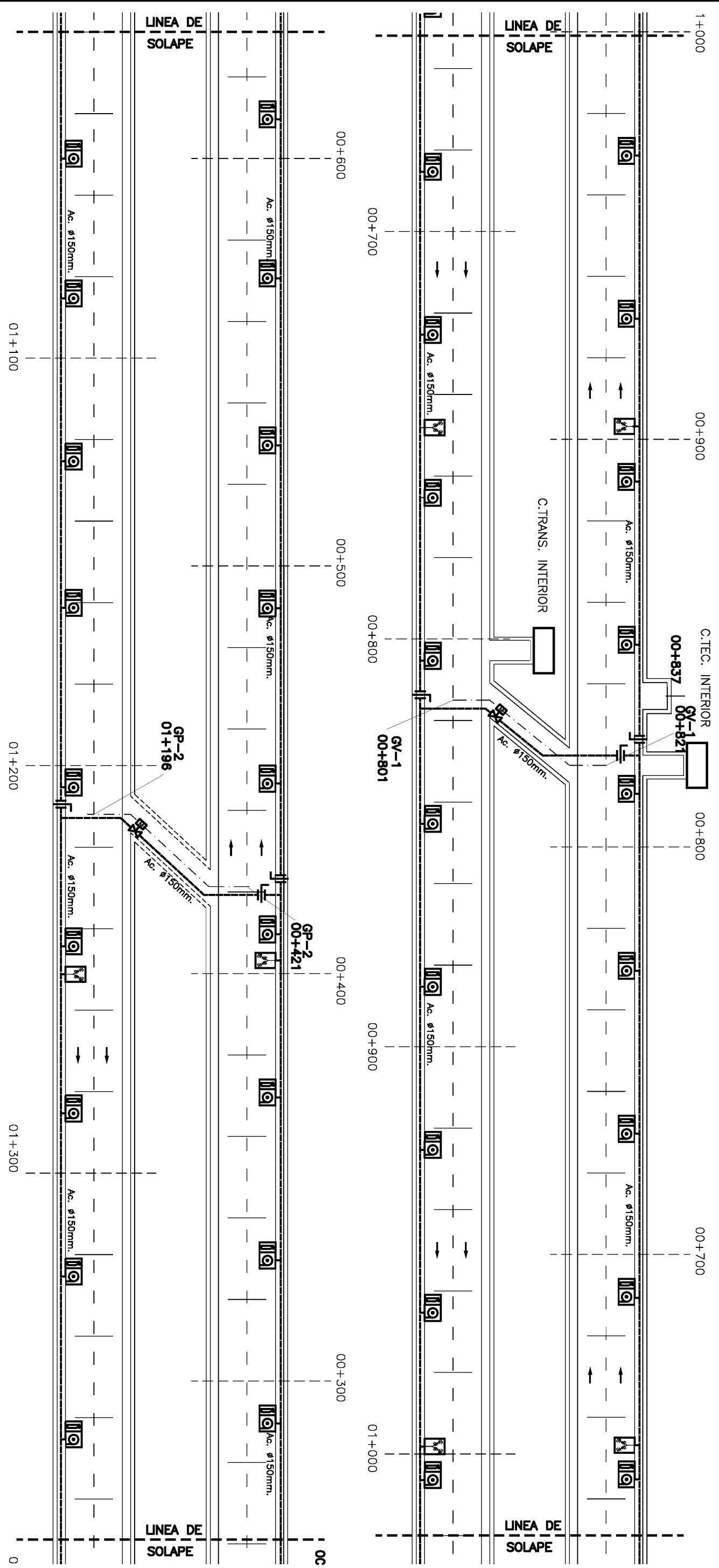
Luis Alberto López Estrada  
AUTOR DEL PROYECTO:  
Ingeniería Industrial  
1m 2m  
PROYECTO: Descripción y cálculo de las instalaciones  
requeridas en un túnel de montaña

ESCALA: 1/100 TÍTULO DEL PLANO: SISTEMA CONTRAINCENDIOS  
ESQUEMA DE PRINCIPIO DE LA C.H.  
Nº DE PLANO: 3.2  
hoja 1 de 1



NOTA. DIFERENCIAS ENTRE LAS TUDAS DE LOS TIRAJES DEDICADA A LA CIUDADURA DE TRAZADO EN VIARIO

AUTOR DEL PROYECTO:	Luis Alberto López Estrada Ingeniería Industrial
PROYECTO:	Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña
ESCALA:	1/1000
TÍTULO DEL PLANO:	SISTEMA CONTRAINCENDIOS INSTALACIÓN SOBRE TÚNEL
Nº DE PLANO:	3.3 hoja 1 de 3



NOTA: PUEDEN APARECER DESFASES ENTRE LOS TUBOS DE LOS TUNELLES DEBIDO A LA CURVATURA DE TRAZADO DEL VIARIO

LEYENDA DE EXTINCIÓN	
— - - - -	TUBERIA DE ACERO DE ø 150 mm
— - - - -	TUBERIA ENTERRADA DE ø 150 mm DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
— - - - -	VALVULA DE MARIPOSA
— - - - -	VALVULA MOTORIZADA
— - - - -	BIES DE 45 mm Y MANGUERA DE 20 m
— - - - -	EXTINTOR
— - - - -	BOCA DE CONEXION DE BOMBEROS DE 2 x 45 mm
— - - - -	BOCA DE CONEXION DE BOMBEROS ENTERRADA DE 1 x 70 mm

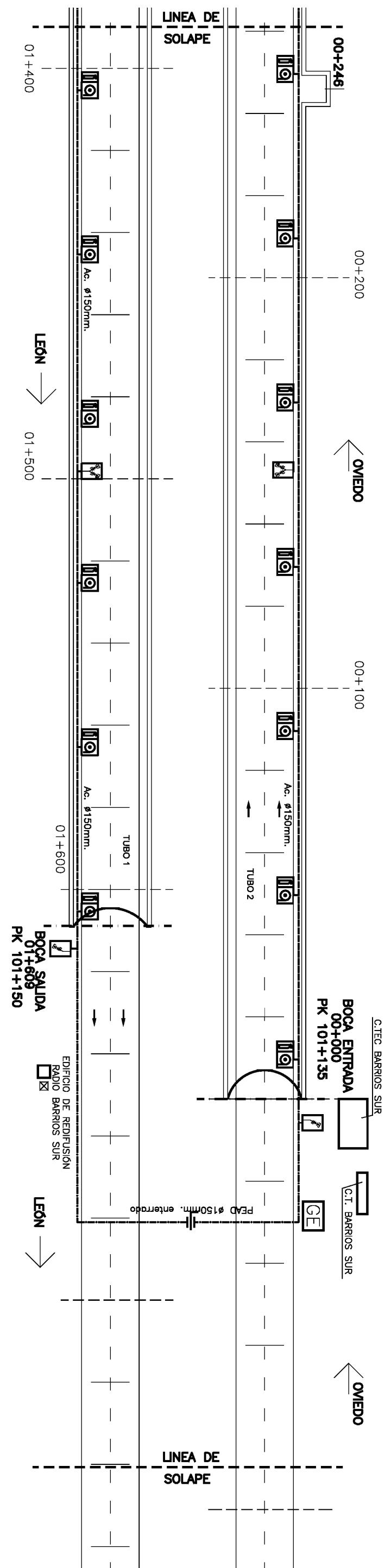
AUTOR DEL PROYECTO:  
Luis Alberto López Estrada  
Ingeniería Industrial

PROYECTO:  
Descripción y cálculo de las instalaciones  
requeridas en un túnel de montaña

ESCALA:  
1/1000

TÍTULO DEL PLANO:  
SISTEMA CONTRAINCENDIOS  
INSTALACIÓN SOBRE TÚNEL

Nº DE PLANO:  
3.3  
hoja 2 de 3

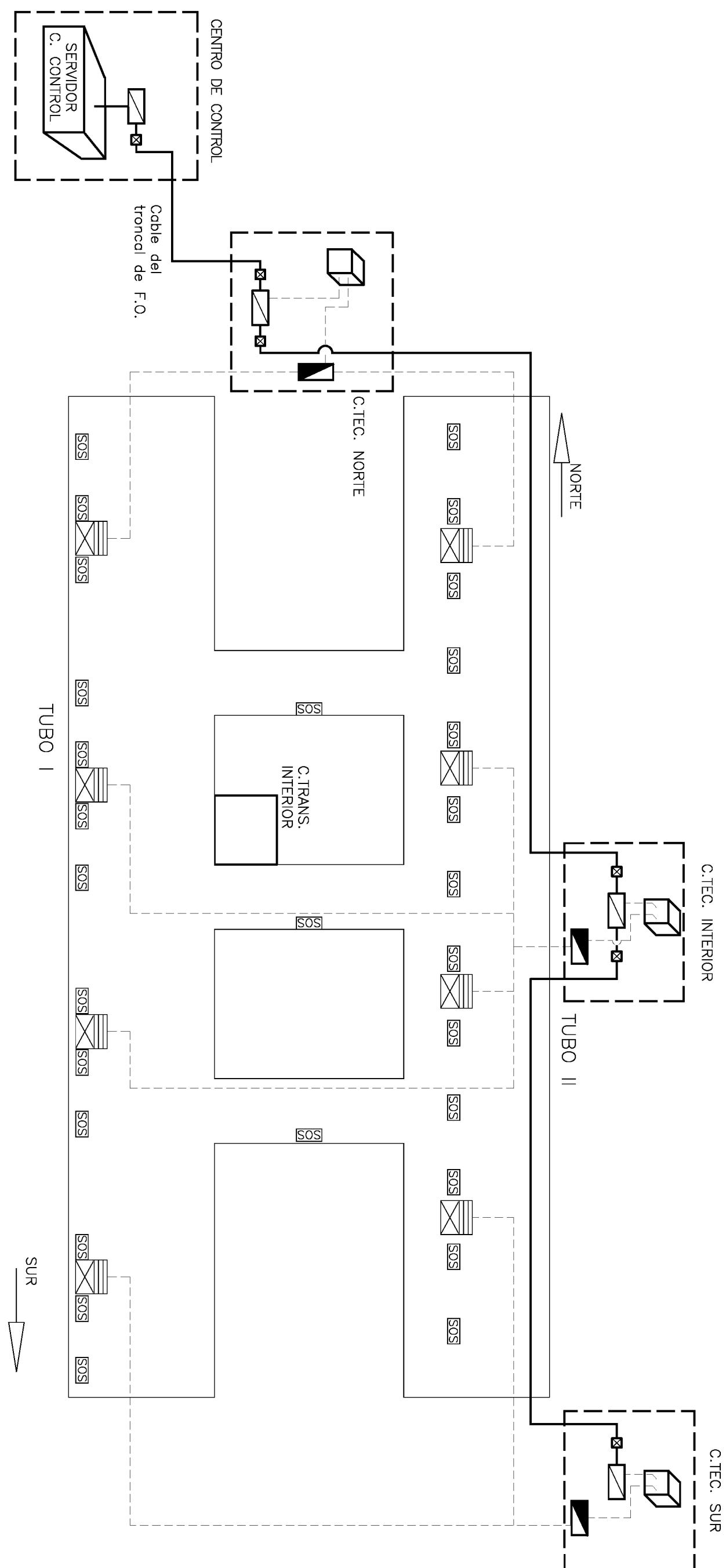
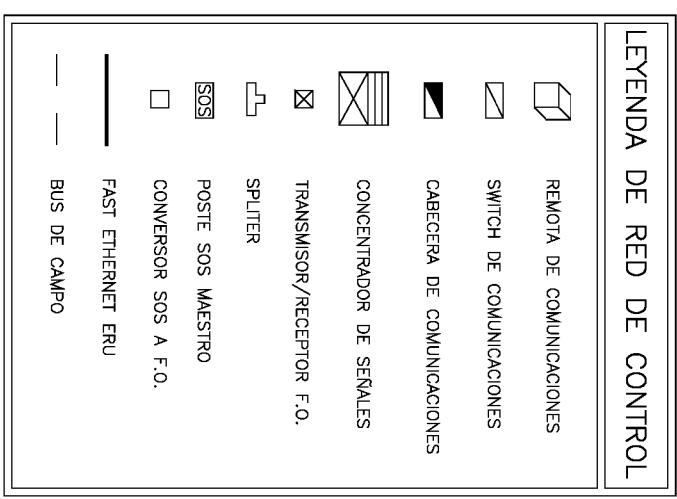


NOTA: PUEDEN APARECER DESFASES ENTRE LOS TUBOS DE LOS TUNELLES DEBIDO A LA CURVATURA DE TRAZADO DEL VIARIO

LEYENDA DE EXTINGUICIÓN	
— — — TUBERIA DE ACERO DE ø 150 mm	
— . — TUBERIA ENTERRADA DE ø 150 mm DE POULETILLO DE ALTA DENSIDAD	
VALVULA DE MARIPOSA	
■■■ VALVULA MOTORIZADA	
— — BIÉS DE 45 mm Y MANGUERA DE 20 m	
□ ■■■ EXTINTOR	
■■■ ■■■ BOCA DE CONEXION DE BOMBEROS DE 2 x 45 mm	
■■■ ■■■ BOCA DE CONEXION DE BOMBEROS ENTERRADA DE 1 x 70 mm	

Luis Alberto López Estrada	AUTOR DEL PROYECTO: PROYECTO:
Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña	

ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO:	SISTEMA CONTRAINCENDIOS	Nº DE PLANO:
1:1000	INSTALACIÓN SOBRE TÚNEL		3.3



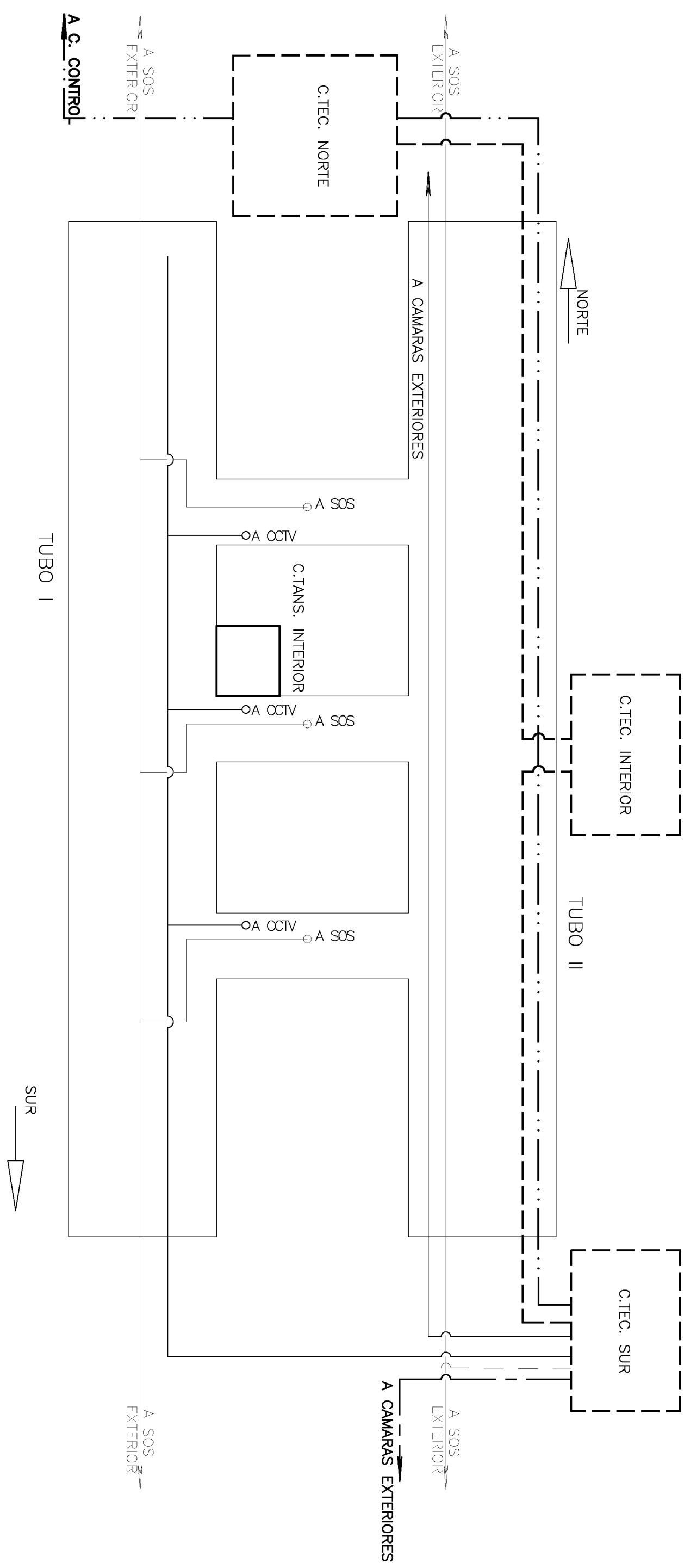
Luis Alberto López Estrada  
AUTOR DEL PROYECTO:  
Ingeniería Industrial

PROYECTO: Descripción y cálculo de las instalaciones  
requeridas en un túnel de montaña

ESCALA:  
Sin escala

TÍTULO DEL PLANO:  
**RED DE CONTROL**  
ESQUEMA DE REDES

Nº DE PLANO:  
**4.1**  
hoja 1 de 1



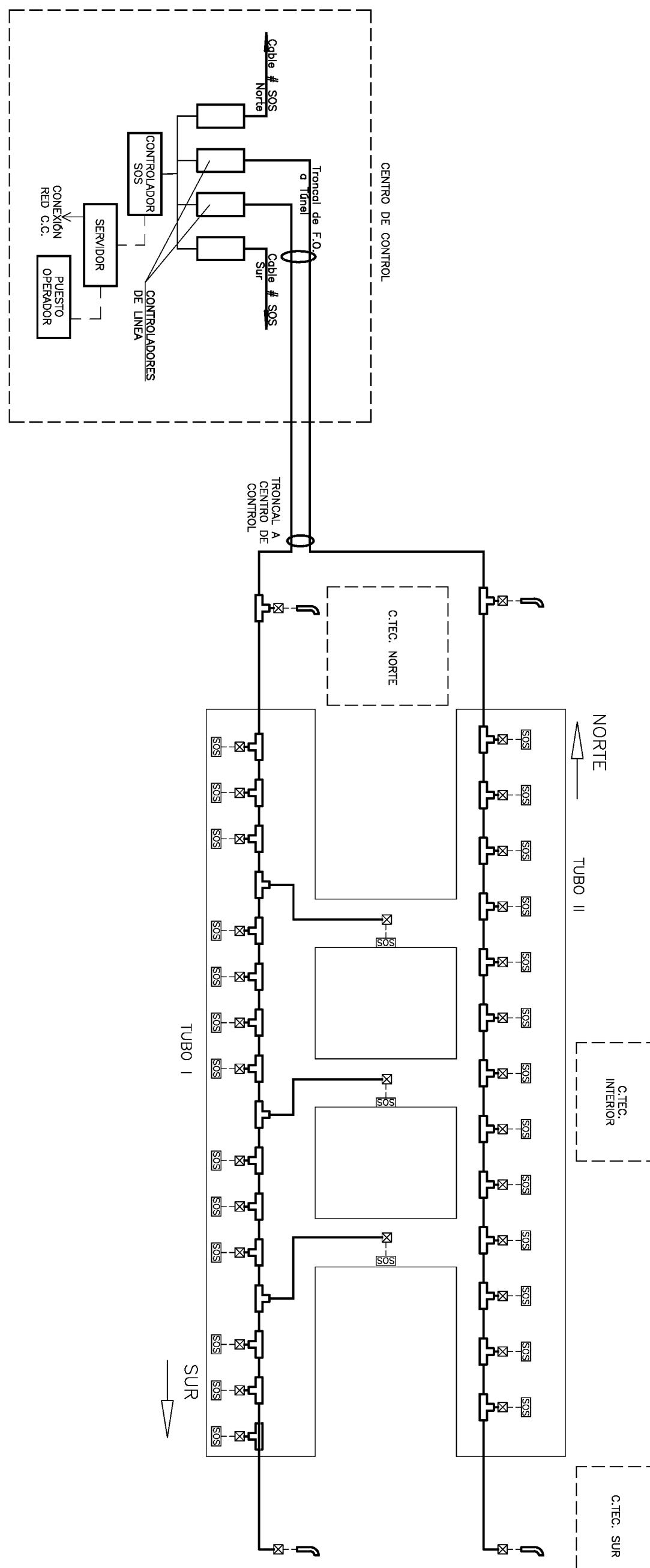
Luis Alberto López Estrada  
AUTOR DEL PROYECTO:  
Ingeniería Industrial

PROYECTO: Descripción y cálculo de las instalaciones  
requeridas en un túnel de montaña

ESCALA:  
Sin escala

TÍTULO DEL PLANO:  
**RED DE CONTROL**  
ESQUEMA DE TENDIDO DE F.O.

Nº DE PLANO:  
**4.2**  
hoja 1 de 1



### LEYENDA

ESQUEMA FUNCIONAL	TÍTULO DEL PLANO	POSTES SOS.
POSTER S.O.S.	POSTER S.O.S.	CONVERSOR SOS A F.O.
CABLE DE COBRE	2 F.O. (TX/RX)	SPLITTER

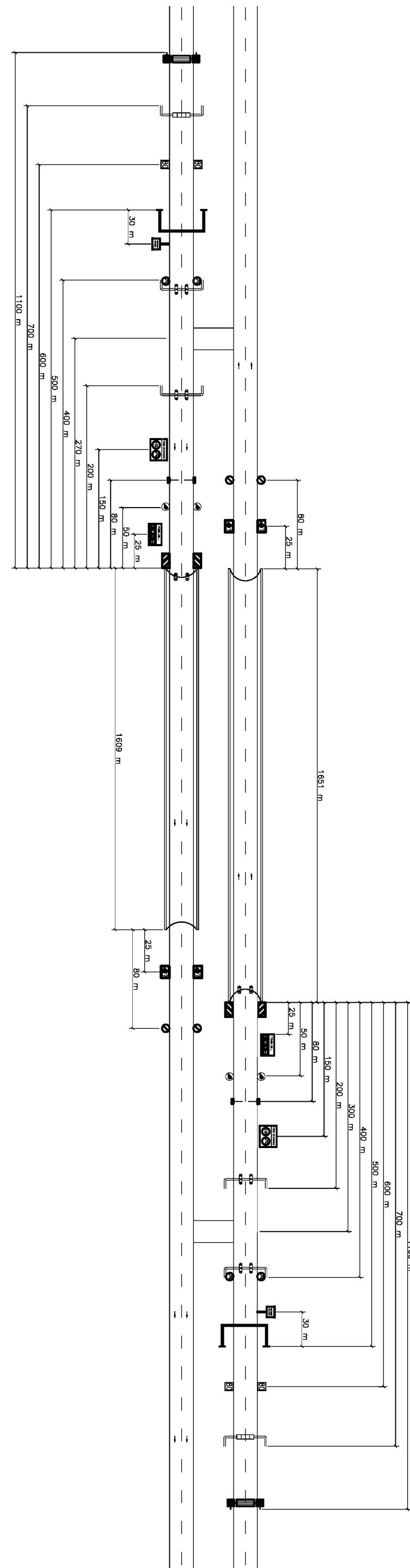
POSTE SOS MAESTRO

Luis Alberto López Estrada  
AUTOR DEL PROYECTO:  
Ingeniería Industrial

PROYECTO: Descripción y cálculo de las instalaciones  
requeridas en un túnel de montaña

ESCALA:  
Sin escala

Nº DE PLANO:  
5  
hoja 1 de 1



## LEYENDA GESTIÓN DE TRÁFICO

LEYENDA GESTIÓN DE TRÁFICO	
	SEMÁFORO ROJO-VERDE EN Dintel.
	SEMÁFORO 3 ASPECTOS EN Dintel.
	SEMÁFORO EXTERIOR ROJO-VERDE-AMARILLO SOBRE CARRIL.
	BARRERAS DE CIERRE.
	PANEL EUROPEO-FULL COLOR.
	ESPIRA DE DETECCION.
	ESTACION DE TOMA DE DATOS.
	LIMITACIÓN DE VELOCIDAD.
	TUNEL DE...
	CARTEL DE AUTOPISTA DE INDICACIÓN DE INSTALACIONES DE SEGURIDAD EN TÚNEL.
	CARTEL DE AUTOPISTA DE INDICACIÓN DE LIMITACIONES EN TÚNEL.
	INDICACIÓN SALIDA.
	FIN DE PROHICIÓN.
	DISTANCIA DE SEGURIDAD A 70 M.
	SEÑALIZACIÓN GRABACION DEL ENCENDIDO DE LUZ A LA ENTRADA DE TÚNEL.
	CONTROL ELECTRÓNICO DE GALIBO.
	PANEL ELECTRÓNICO DE AVISO DE EXCESO DE GALIBO.
	PANEL DE MENSAGE VARIABLE 1G+2X12 EN TÚNEL.
	INDICACIÓN DE FIN DE LUGES.

AUTOR DEL PROYECTO:  
**Luis Alberto López Estrada**  
Ingeniería Industrial

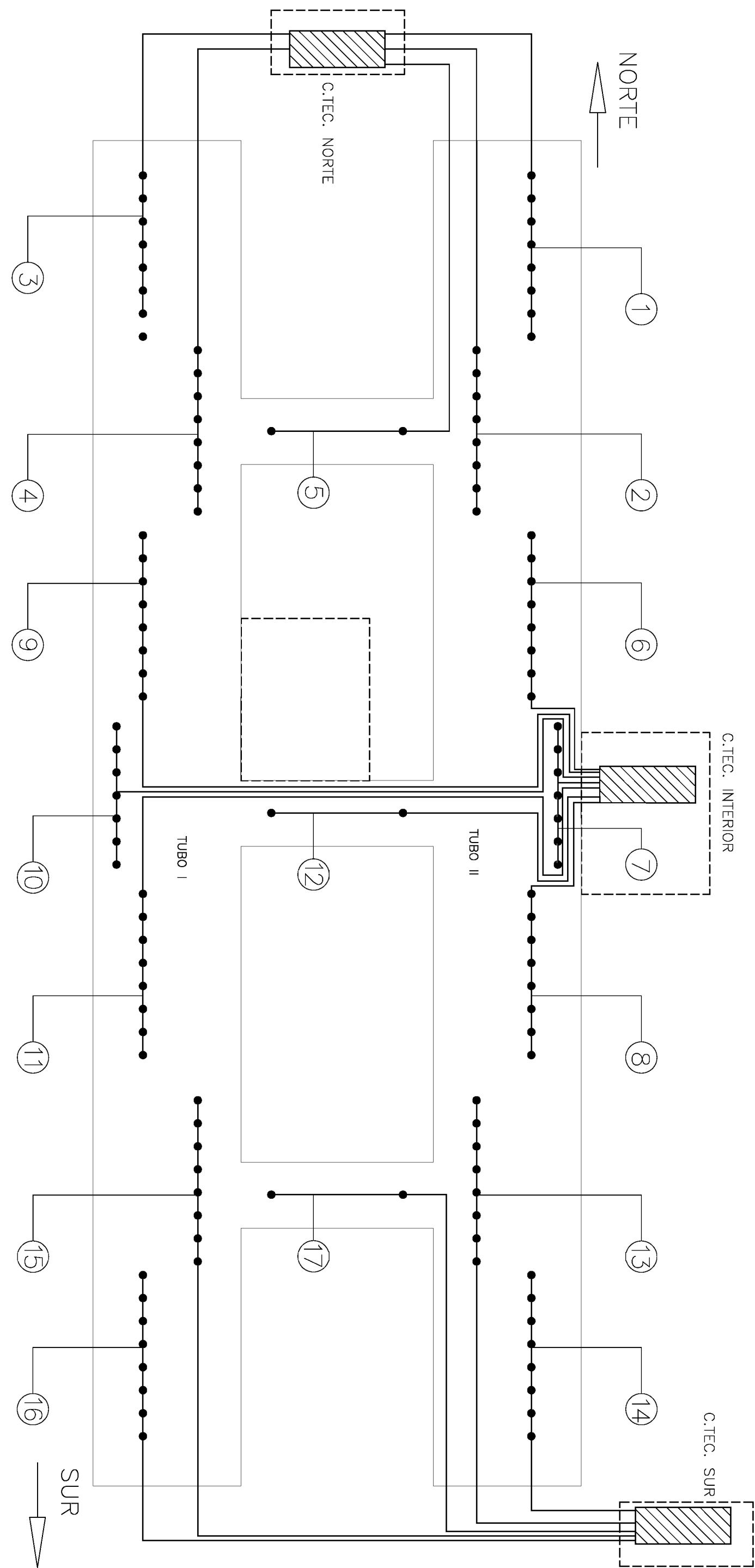
**PROYECTO:** Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña

**ESCALA:**  
**Sin escala**

**TÍTULO DEL PLANO:**  
**GESTIÓN DE TRÁFICO**  
**ESQUEMA SEÑALIZACIÓN EXTERIOR**

**Nº DE PLANO:**  
**6**

**hoja 1 de 1**



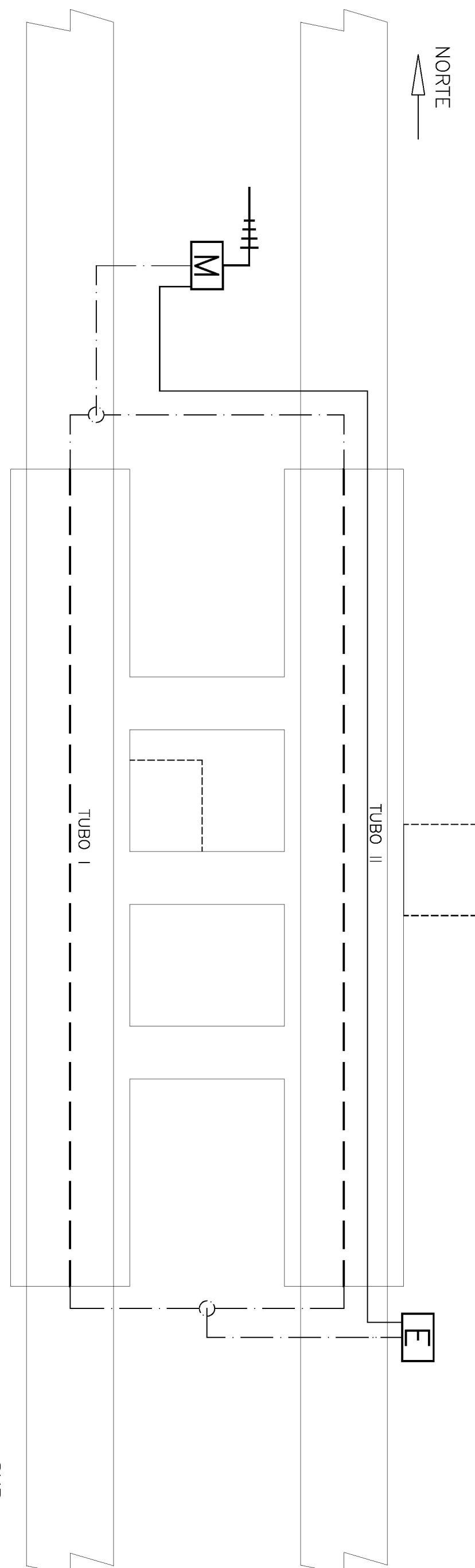
AUTOR DEL PROYECTO:  
Luis Alberto López Estrada  
Ingeniería Industrial

PROYECTO: Descripción y cálculo de las instalaciones  
requeridas en un túnel de montaña

ESCALA: Sin escala

TÍTULO DEL PLANO: MEGAFONÍA  
ESQUEMA FUNCIONAL

Nº DE PLANO: 7  
hoja 1 de 1



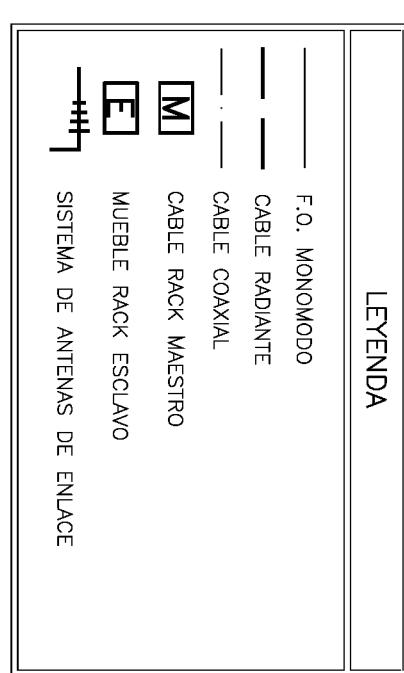
AUTOR DEL PROYECTO:  
Luis Alberto López Estrada  
Ingeniería Industrial

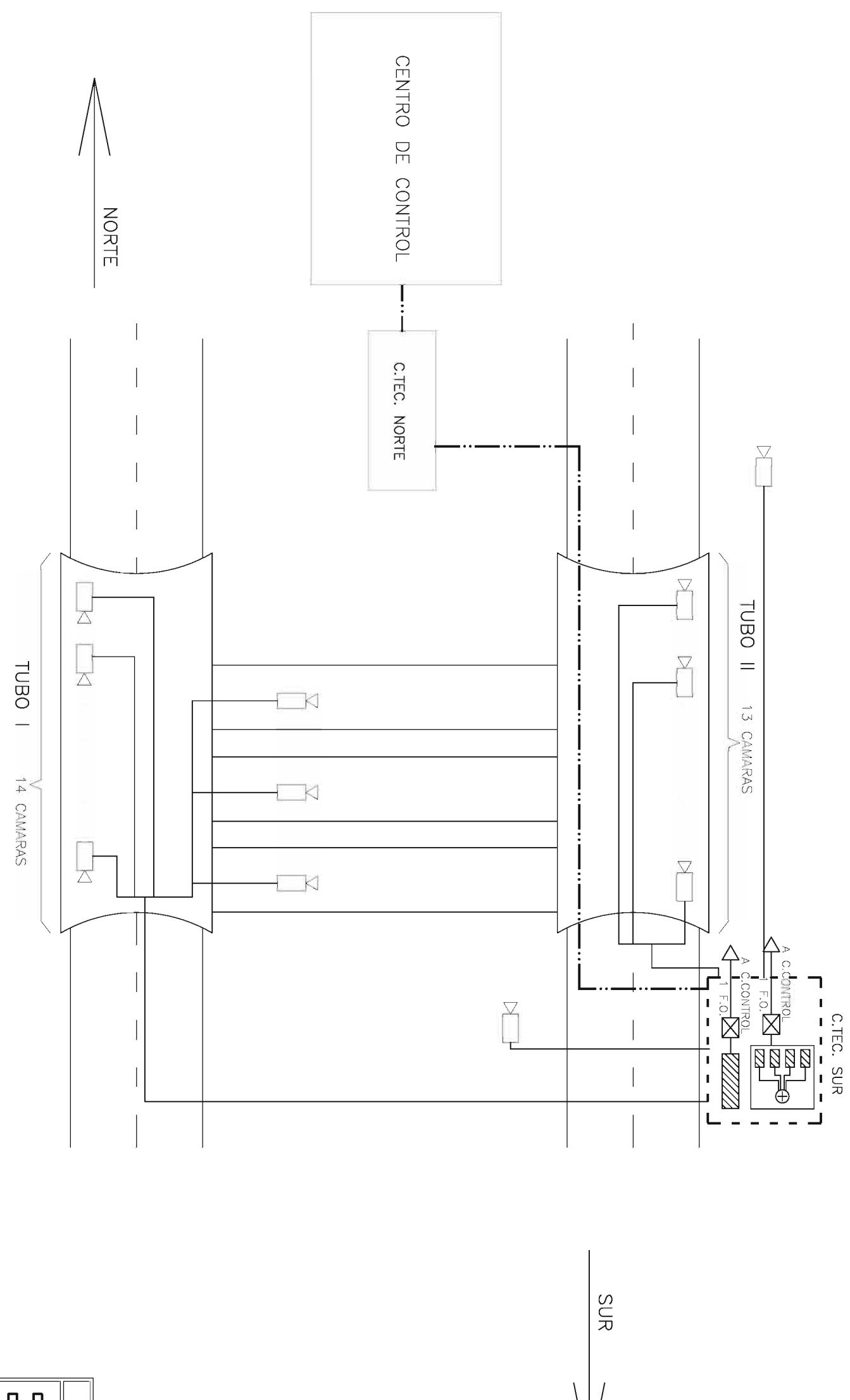
PROYECTO: Descripción y cálculo de las instalaciones  
requeridas en un túnel de montaña

ESCALA: Sin escala

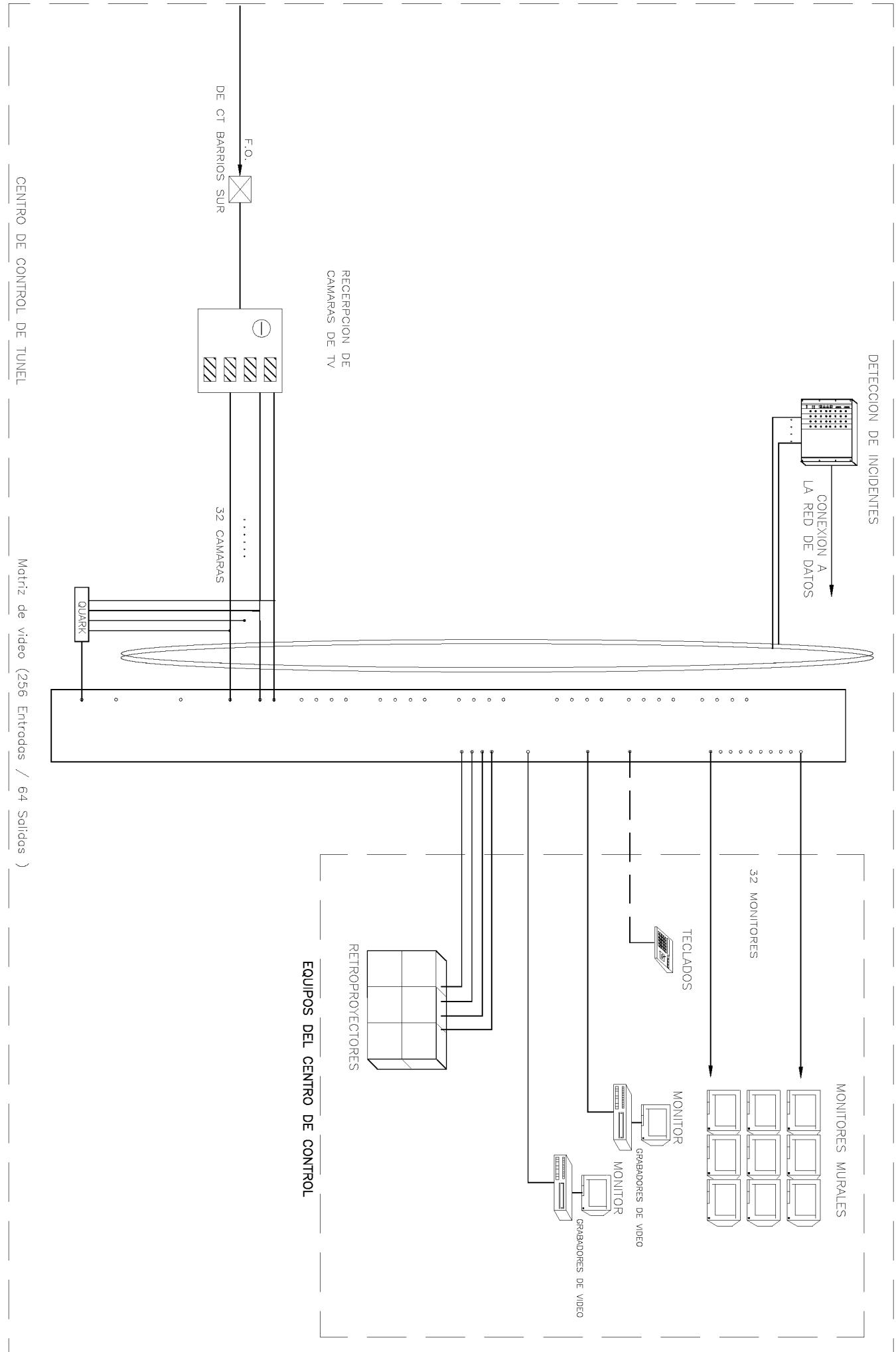
TÍTULO DEL PLANO:  
**REDIFUSIÓN RÁDIO**

Nº DE PLANO:  
**8**  
hoja 1 de 1





Luis Alberto López Estrada Ingeniería Industrial	AUTOR DEL PROYECTO: PROYECTO: Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña	ESCALA: Sin escala	TÍTULO DEL PLANO: VIGILANCIA POR C.C.T.V. ESQUEMA CONEXIÓN DE CÁMARAS	Nº DE PLANO: 9 hoja 1 de 1
-----------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	-----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------



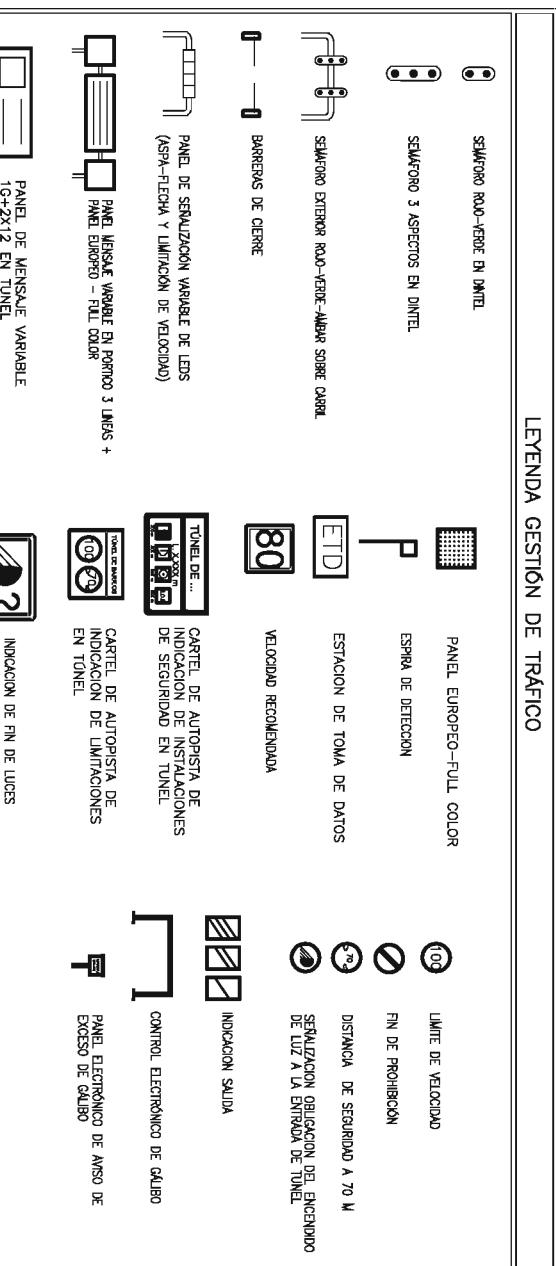
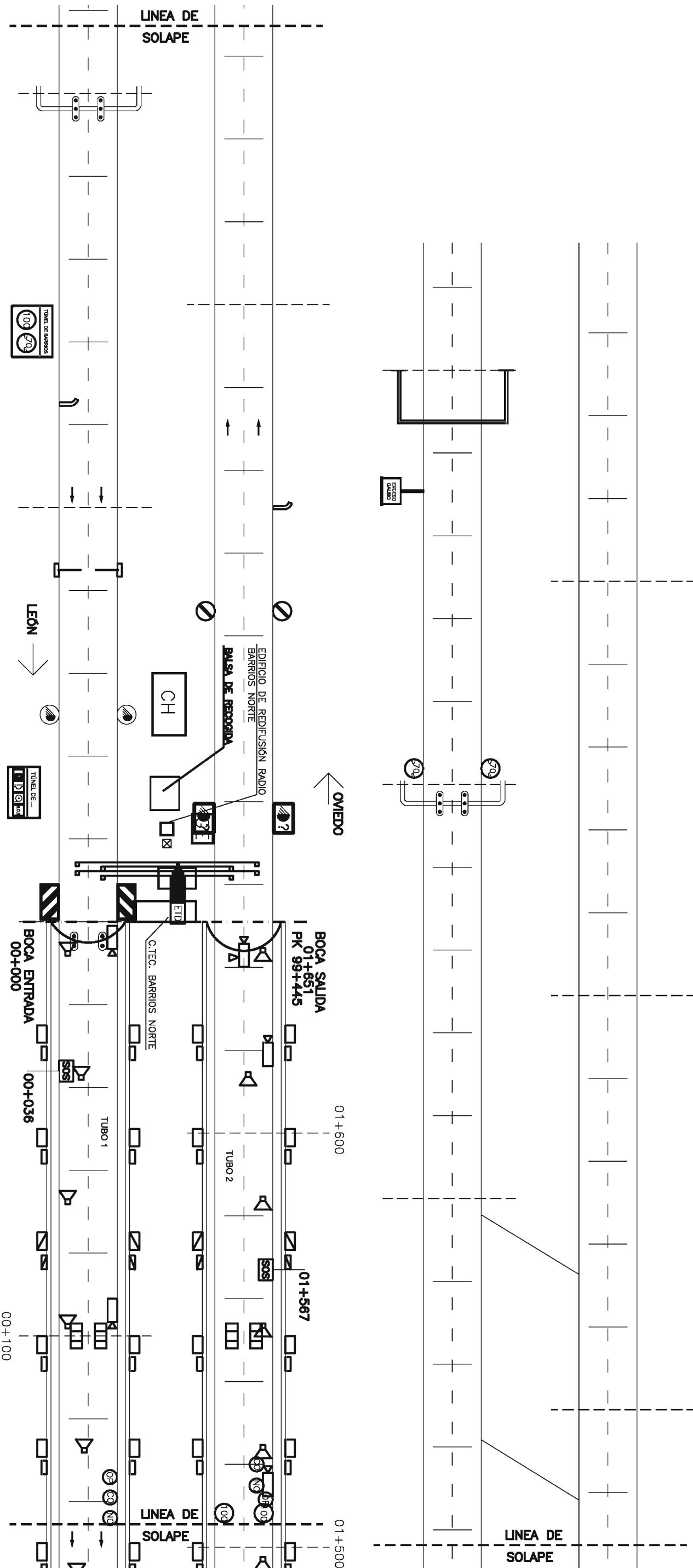
Luis Alberto López Estrada  
AUTOR DEL PROYECTO:  
Ingeniería Industrial

PROYECTO: Descripción y cálculo de las instalaciones  
requeridas en un túnel de montaña

ESCALA: Sin escala

TÍTULO DEL PLANO: CENTRO DE CONTROL  
ESQUEMA C.C.T.V.Y.D.A.I.

Nº DE PLANO: 10  
hoja 1 de 1



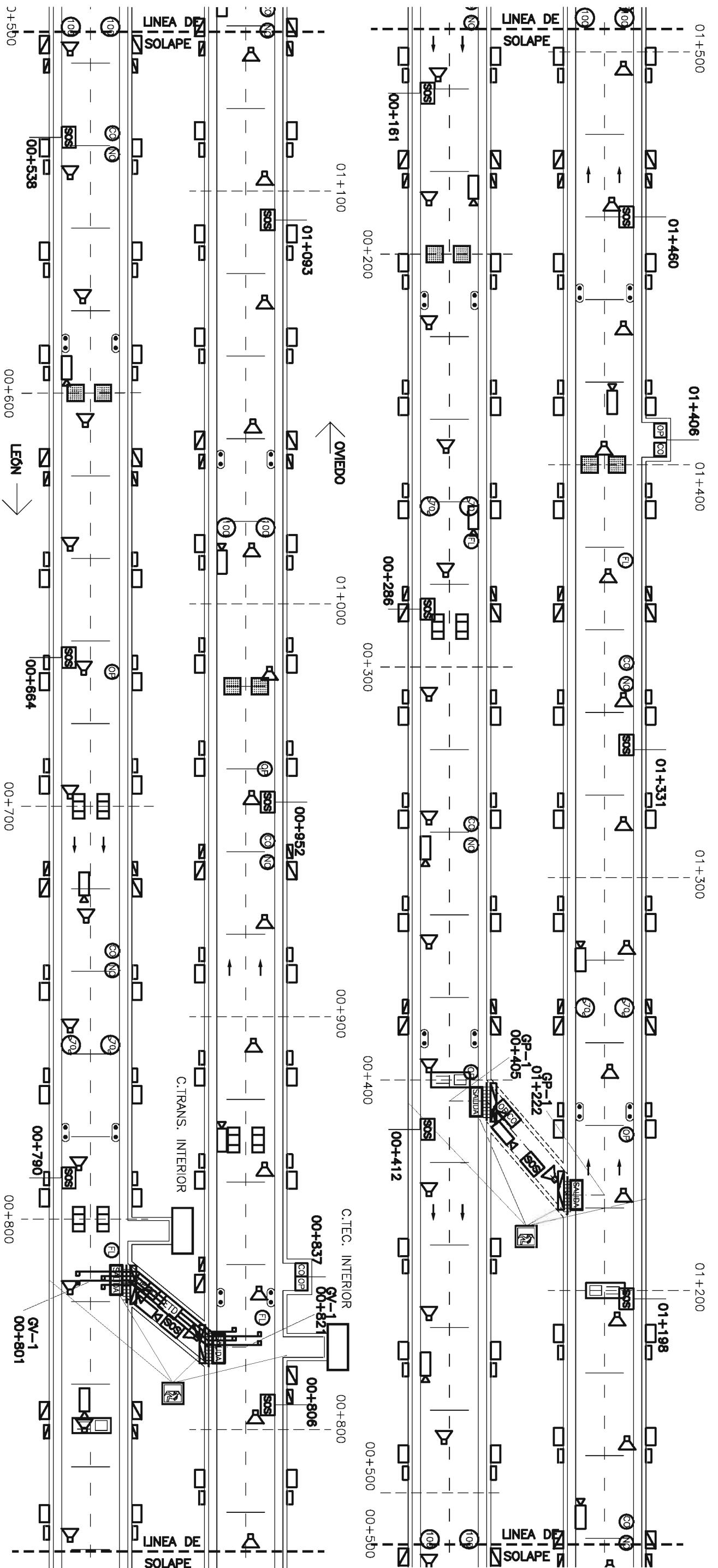
AUTOR DEL PROYECTO:  
Luis Alberto López Estrada  
Ingeniería Industrial

PROYECTO:  
**Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña**

ESCALA:  
1:1000

TÍTULO DEL PLANO:  
**PLANO DE COORDINACIÓN**

Nº DE PLANO:  
11,1  
hoja 1 de 4



AUTOR DEL PROYECTO:  
Luis Alberto López Estrada  
Ingeniería Industrial

PROYECTO:  
**Descripción y cálculo de las instalaciones**

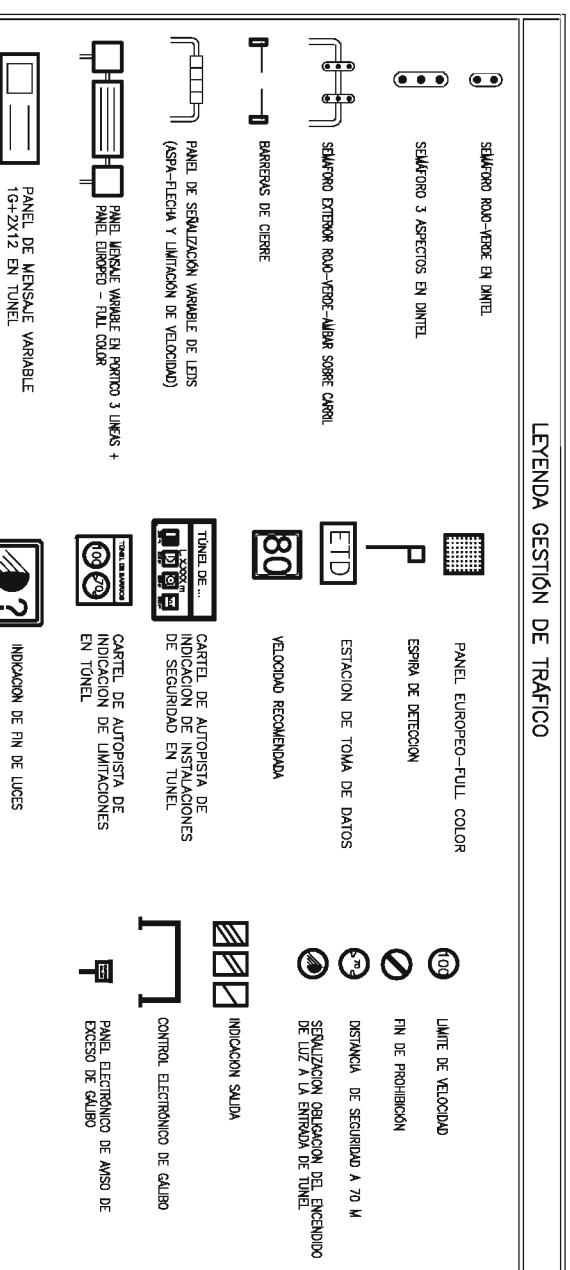
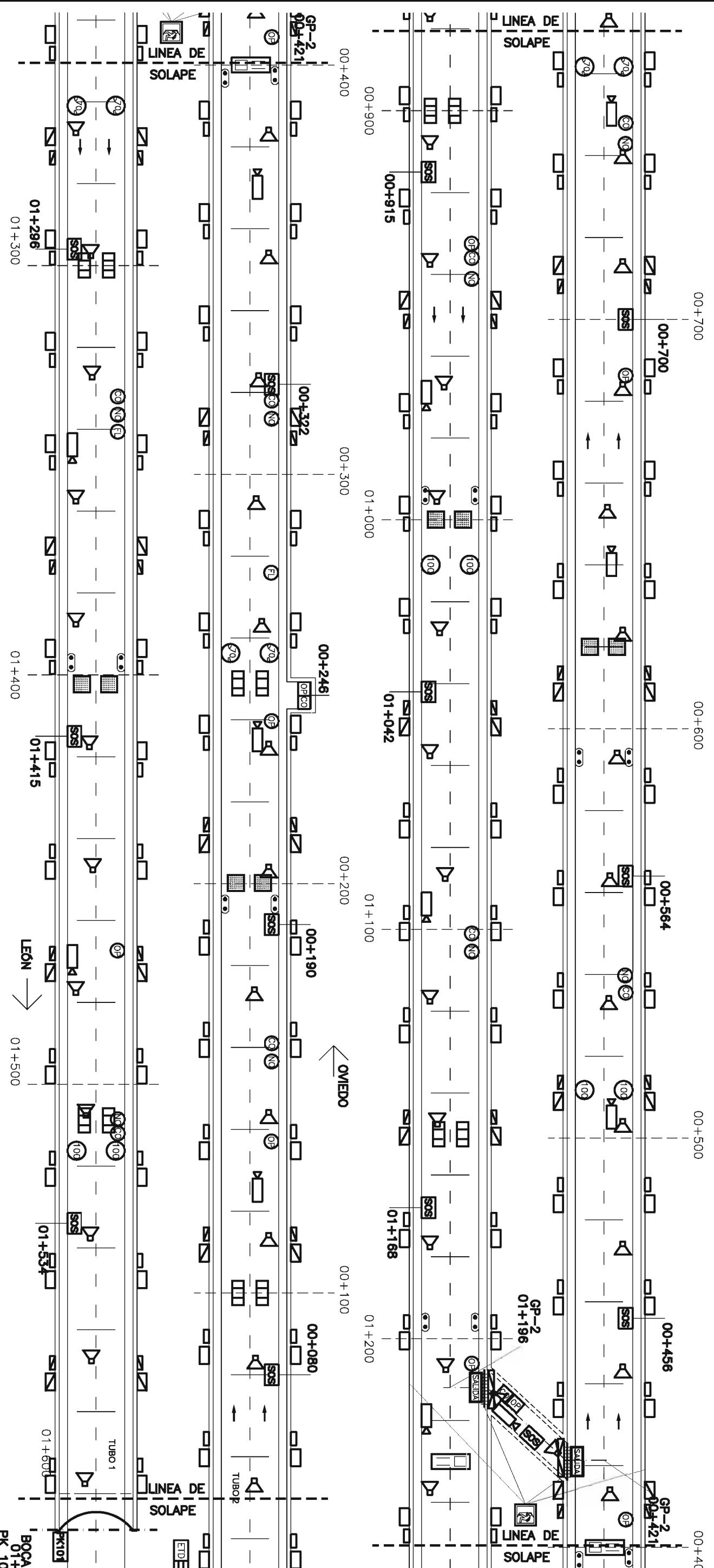
ESCALA:  
1:1000

TÍTULO DEL PLANO:  
**PLANO DE COORDINACIÓN**

Nº DE PLANO:  
1.1

INSTALACIONES

hoja 2 de 4



NOTA: PUEDEN APARECER DESFASES ENTRE LOS TUBOS DE LOS TÚNELES DEBIDO A LA CURVATURA DE TRAZADO DEL VIARIO

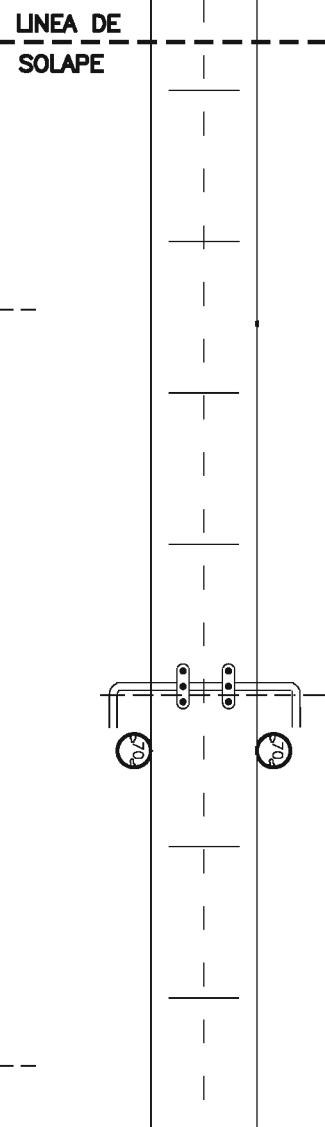
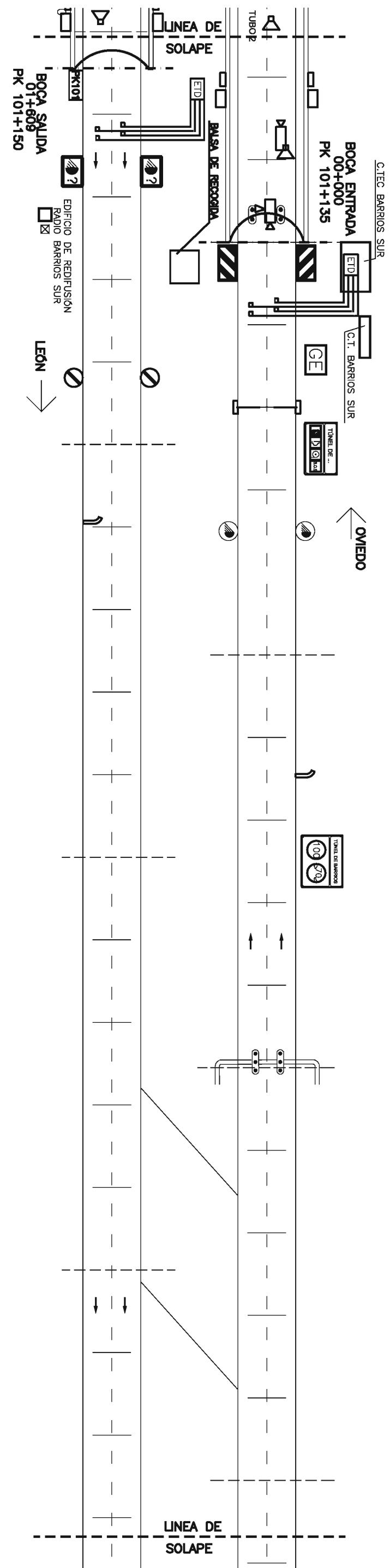
Luis Alberto López Estrada  
Ingeniería Industrial

PROYECTO:  
**Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña**

TÍTULO DEL PLANO:  
**PLANO DE COORDINACIÓN INSTALACIONES**

Nº DE PLANO:  
**11.1**

hoja 3 de 4



LINEA DE SOLAPE

**LEYENDA GESTIÓN DE TRÁFICO**

SEMÁFORO ROJO-VERDE EN Dintel.	OPACÍMETRO
SEMÁFORO 3 ASPECTOS EN Dintel.	DETECTOR DE CO/NOx
SEMÁFORO EXTERIOR ROJO-VERDE-AMARILLO SOBRE CARRIL.	TOMA DETECCIÓN OPACIDAD
BARRERAS DE CIERRE	ESPIRA DE DETECCIÓN
PANEL DE SERIALIZACIÓN VARIABLE DE LEDS (ASPA-FLECHA Y LIMITACIÓN DE VELOCIDAD)	LÍMITE DE VELOCIDAD
PANEL MENSAJE VARIABLE EN PANTALLA 3 LÍNEAS + PANEL EUROPEO - FULL COLOR	FIN DE PROHIBICIÓN
CARTEL DE AUTOPISTA DE INDICACIÓN DE INSTALACIONES DE SEGURIDAD EN TÚNEL	DISTANCIA DE SEGURIDAD A 70 M
CARTEL DE AUTOPISTA DE INDICACIÓN DE LIMITACIONES EN TÚNEL	SERIALIZACIÓN OBLIGATORIA DEL ENCENDIDO DE LUZ A LA ENTRADA DE TÚNEL
PANEL ELECTRÓNICO DE AVISO DE EXCESO DE GALIBO	INDICACIÓN SALIDA
PANEL DE MENSAJE VARIABLE 1G+2X12 EN TÚNEL.	INDICACIÓN FIN DE LUCES

**LEYENDA DE DETECCIÓN AMBIENTAL**

OPACÍMETRO	SÉNAL FOTOLUMINISCENTE DISTANCIA DE EVACUACIÓN 500x200
DETECTOR DE CO/NOx	SÉNAL FOTOLUMINISCENTE DISTANCIA DE EVACUACIÓN 500x400
TOMA DETECCIÓN OPACIDAD	SÉNAL LUMINOSA DISTANCIA DE EVACUACIÓN 500x200
ESPIRA DE DETECCIÓN	SÉNAL LUMINOSA DISTANCIA DE EVACUACIÓN 1000x400
LÍMITE DE VELOCIDAD	SÉNAL LUMINOSA DISTANCIA DE EVACUACIÓN 1000x400
FIN DE PROHIBICIÓN	SÉNALIZACIÓN SALIDAS DE EMERGENCIA
DISTANCIA DE SEGURIDAD A 70 M	SÉNALIZACIÓN SALIDAS DE EMERGENCIA
SERIALIZACIÓN OBLIGATORIA DEL ENCENDIDO DE LUZ A LA ENTRADA DE TÚNEL	SALIDA
INDICACIÓN SALIDA	SERIALIZACIÓN DE SALIDA

**LEYENDA DE SEÑALIZACIÓN DE EVACUACIÓN**

OPACÍMETRO	SÉNAL FOTOLUMINISCENTE DISTANCIA DE EVACUACIÓN 500x200
DETECTOR DE CO/NOx	SÉNAL FOTOLUMINISCENTE DISTANCIA DE EVACUACIÓN 500x400
TOMA DETECCIÓN CO	SÉNAL LUMINOSA DISTANCIA DE EVACUACIÓN 500x200
ESPIRA DE DETECCIÓN NO	SÉNAL LUMINOSA DISTANCIA DE EVACUACIÓN 1000x400
ANEMÓMETRO INTERIOR	SÉNALIZACIÓN SALIDAS DE EMERGENCIA

**LEYENDA DE VENTILACIÓN**

VENTILADOR DE SOBREPRESIÓN EN GALERIAS	REJILLA 102x52 625 m <sup>2</sup>
REJILLA MOTORIZADA 102x52x265 m <sup>2</sup>	COMPUESTA CORRIENTES MOTORIZADA
MOTORIZADA 102x52x265 m <sup>2</sup>	VENTILADOR MEDIUSIÓN/EXTRACCIÓN
VENTILADOR AXIAL/INTERIOR TÚNEL	CANTÓN
CANTÓN	DIVISIÓN EN CONDUCTO

**LEYENDA DE CCTV**

CÁMARA CCTV EN BACULO DE 15 m	CÁMARA FLUO CCTV
CÁMARA FLUO CCTV	

**LEYENDA DE MEGAFONIA**

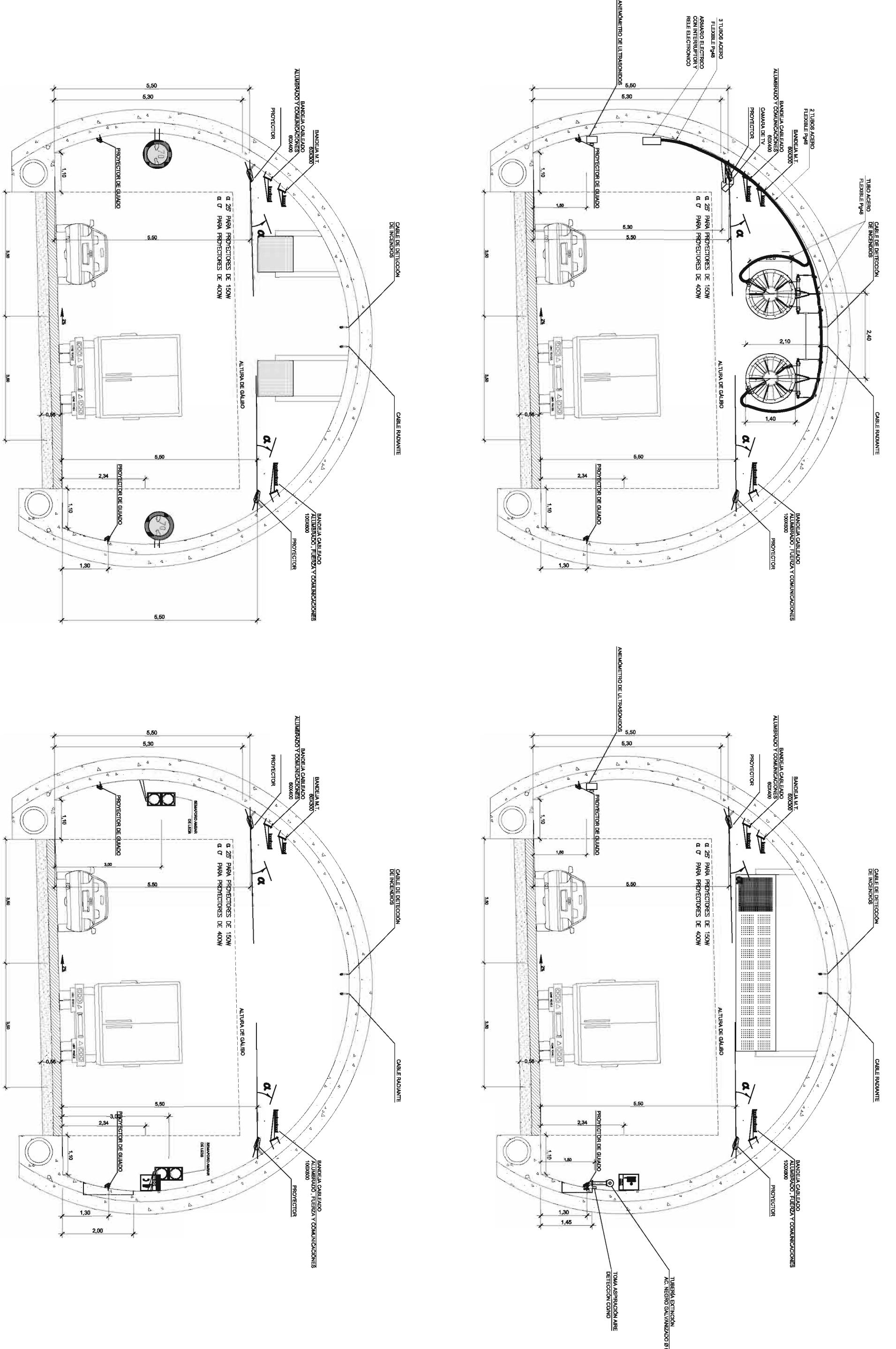
ALTAVOCES EXPONENCIAL 30W
---------------------------

**LEYENDA S.O.S.**

POSTES SOS EXTERIOR
NICHO-S.O.S.-2 EXTINTORES +SÉNAL LUMINOSA

NOTA: PUEDEN APARECER DESFASES ENTRE LOS TUBOS DE LOS TÚNELES DEBIDO A LA CURVATURA DE TRAZADO DEL VIARIO

PROYECTO:	Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña	ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO:	PLANO DE COORDINACIÓN
Luis Alberto López Estrada		1:1000	PLANO DE COORDINACIÓN	Nº DE PLANO: 11.1 hoja 4 de 4



<b>Luis Alberto López Estrada</b> Ingeniería Industrial	<b>AUTOR DEL PROYECTO:</b> <b>PROYECTO:</b> <b>Descripción y cálculo de las instalaciones requeridas en un túnel de montaña</b>	<b>ESCALA:</b> <b>1/100</b>	<b>TÍTULO DEL PLANO:</b> <b>PLANO DE COORDINACIÓN SECCIONES TIPO</b>	<b>Nº DE PLANO:</b> <b>11.2</b> <b>hoja 1 de 1</b>
------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------