



son de mediana o gran longitud, hay que tener en cuenta los problemas derivados de la continua emanación de gases de los vehículos que por ellos circulan; estos gases, al estar en el aire dentro del túnel semiestacionario, permanecen en él, dando origen a dos tipos de problemas:

Contaminación ambiente debido a los productos tóxicos que lo componen.

Aumento de la opacidad del aire existente, con la consiguiente disminución de la visibilidad dentro del túnel.

El primer problema se plantea debido a la toxicidad del monóxido de carbono, componente básico de las emanaciones de los vehículos, que es elevadamente tóxico y que aumenta su peligrosidad al ser difícil de detectar sin medios especiales puesto que es incoloro e inodoro.

Muy peligrosa resulta asimismo la opacidad producida por humos, polvo, etc., que impidan la visibilidad necesaria dentro del túnel, lo que puede dar lugar a numerosos accidentes dado el tráfico existente dentro de los túneles y a la velocidad a que dichos vehículos circulan.

Por todo ello los sistemas de ventilación han de ser capaces de mantener por debajo de unos mínimos admisibles el porcentaje de CO y la opacidad del aire dentro de los túneles, así como ser capaces de soportar una situación de emergencia.

## 7.2 SISTEMAS DE VENTILACIÓN.

### 7.2.1 VENTILACIÓN NATURAL.

Es la ventilación que como consecuencia de agentes externos al túnel como vientos favorables, condiciones meteorológicas, diferencia de presiones entre las bocas o por el efecto pistón de los vehículos que circulan por él, es suficiente para mantener unas condiciones mínimas aceptables en la atmósfera interior del túnel sin ningún tipo de instalación.

### 7.2.2 VENTILACIÓN LONGITUDINAL.

La masa de aire existente en el interior del túnel se mueve longitudinalmente de una boca a la otra.

Este movimiento es producido por ventiladores axiales (jets) suspendidos en la clave del túnel que lanzan el aire a gran velocidad haciendo que la masa de aire interior se desplace a lo largo del túnel. Generalmente, estos jets, instalados en número necesario, suelen ser reversibles de tal modo que pueden cambiar la dirección del chorro y por tanto la dirección de la masa interior, aún en caso de túneles



unidireccionales, por posibles cambios bruscos de condiciones meteorológicas, incendios, etc.

### 7.2.3 VENTILACIÓN TRANSVERSAL.

El aire en el interior del túnel circula en él transversalmente, es decir, se mueve dentro de la misma sección del túnel, siendo inyectado el aire fresco por una serie de ventanas, con rejillas debidamente graduadas, existentes en el falso techo, de una manera uniforme. Igualmente por otras ventanas con rejilla y a lo largo del túnel el aire viciado se aspira uniformemente. Este sistema tiene como ventaja conseguir un ambiente más confortable a lo largo del túnel. Sin embargo su mayor contrapartida es la mayor inversión necesaria, así como los mayores gastos de explotación que se requieren.

### 7.2.4 VENTILACIÓN SEMI-TRANSVERSAL.

En este sistema de ventilación el aire fresco es inyectado en el túnel de la misma forma que en el sistema transversal puro. El aire viciado no es aspirado sino que sale por las bocas empujado por el aire fresco insuflado.

### 7.2.5 VENTILACIÓN PSEUDO-TRANSVERSAL.

Se diferencia del sistema transversal puro en que el 50 % del aire viciado es absorbido por ventiladores de una forma uniforme a lo largo del túnel a través de unas ventanas con rejillas graduables y el otro 50 % sale por las bocas.

Aunque tiene la ventaja de un ahorro de energía respecto de la ventilación transversal, puesto que al ser el canal de aire viciado más pequeño pueden aumentarse las dimensiones del conducto de aire fresco, con la consiguiente disminución de las pérdidas por rozamiento. Presenta el inconveniente de mayor inversión respecto del sistema semi-transversal, pues en aquel caso no existían ventiladores aspirantes de aire viciado.

Tanto el sistema semi-transversal como el pseudo-transversal son aconsejables para túneles de mediana longitud. También ambos sistemas tienen la limitación de que la salida del aire por las bocas no debe superar los 10 m/seg. (36 Km/h), la cual además de ser molesta al usuario, puede ser peligrosa.



### 7.3 SOLUCIONES ADOPTADAS EN LA AUTOPISTA CAMPOMANES – LEÓN.

Conocidos los datos básicos (geométricos y de tráfico) de los túneles, así como el caudal necesario en cada uno de los mismos, se puede decidir el sistema de ventilación a emplear en cada caso.

Los caudales necesarios para los túneles de esta autopista son los siguientes:

Tubo	Túneles						
	Entrerregueras	Pando	Vegaviesga	Negrón	Oblanca	Cosera	Barrios
I	53	240	42	720	93	17	149
II	27	105	14	530	62	29	280

En el estudio realizado en la fase de proyecto de los túneles de la Autopista Campomanes-León se analizaron los datos de 1.752 túneles existentes en el mundo en aquel momento obteniéndose los resultados siguientes:

Sistema de ventilación	Longitud total (m)	Número de túneles	Longitud media (m)
Natural	534.481	1379	388
Longitudinal (1)	185.684	190	977
Transversal pura	199.653	75	2.662
Semi-transversal	133.289	98	1.360
Pseudo-transversal	49.798	10	4.980

(1).-Se prescindió de los túneles del Gran Sasso debido a la modalidad especial de ventilación longitudinal. En caso de no prescindir de este túnel la media sería de 1.062 m.

De este primer examen ya se pudo obtener como conclusión que los túneles de Entrerregueras, Vegaviesga y Cosera de 272/280, 230/236 y 227/234 m de longitud respectivamente no precisan ventilación forzada dado que sus longitudes son netamente inferiores al valor medio de 388 m; y que los túneles de Oblanca de 650/667 m respectivamente, pueden ser ventilados longitudinalmente.

Por lo que respecta a los túneles de Pando y Barrios ( de 1.220/1.453 m y 1.600/1.614 m ), del estudio anterior (en el que solo consta la longitud media, pero no los valores extremos) no estaba claro que sistema sería el idóneo a emplear.



Prescindiendo de consideraciones económicas, en realidad la limitación por longitud para el sistema longitudinal viene determinada por conveniencia de no sobrepasar la velocidad de circulación de la corriente de aire por motivos de seguridad y confort de los 10 m/seg. Como el caudal que puede circular por el túnel es función de la sección del mismo se obtuvieron resultados respecto a las longitudes máximas que podrían alcanzar estos túneles que nos permitían un margen de holgura suficiente para ventilar estos túneles por el sistema longitudinal.

Un aspecto que podría habernos hecho desistir del sistema longitudinal para estos túneles era la seguridad frente a los incendios.

En la actualidad el peligro resulta muy reducido, debido a que con circulación unidireccional los vehículos huyen del foco del incendio sin problemas.

Basándose en la estadística realizada en el Reino Unido respecto a la frecuencia de incendio observada durante los años 1970 y 1971, se registró un incendio de vehículo por cada  $17 \times 10^6$  veh-km, en todas las carreteras del país.

En función del tráfico que se había previsto para los túneles, en un primer análisis, aplicando ese valor medio de accidentes, resultaba para el túnel de Pando un incendio, y para el de Barrios de 1,3 incendios, ambos referidos al período 1980 1990.

Sin embargo, las estadísticas señalan un riesgo de 1/4 a 1/5 para los túneles respecto a las carreteras abiertas. Se ha demostrado que el valor probable de riesgo de muerte en los túneles sin cruces está por debajo del tráfico aéreo, que a su vez es de 1/3 a 1/4 del tráfico de ferrocarril o carretera. Esto es debido a que los procesos de movimiento en los túneles son más simples (Falta de cruces, mejores condiciones de piso por hielo o nieve, menores salidas de la cola para adelantar, menores colisiones frontales) y la iluminación más regular. También el riesgo en túneles de montaña o campo raso es la mitad que en túneles de ciudad o urbanos.

En estos incendios se trata del total de ellos y no de catástrofes. El incendio de un turismo en un túnel no suele revestir una gravedad considerable. Si se observa la probabilidad de accidentes de camiones cisterna, se puede sacar la conclusión de que se encuentra a un 0,35 % de la probabilidad de accidentes de los demás vehículos.

Suponiendo un coeficiente de 0,8 para la probabilidad de incendio en un túnel de montaña con respecto a la probabilidad de un túnel en general se obtiene que para los túneles de Pando y Barrios unos resultados de que ocurra un incendio de un vehículo ligero de 0,2 y 0,26 respectivamente y para el caso de incendios de cisternas de 0,0007 y 0,0009 respectivamente.

Por tanto, desde el punto de vista de incendio y dado el escaso riesgo que resulta el sistema de ventilación longitudinal fue el adoptado para estos túneles.



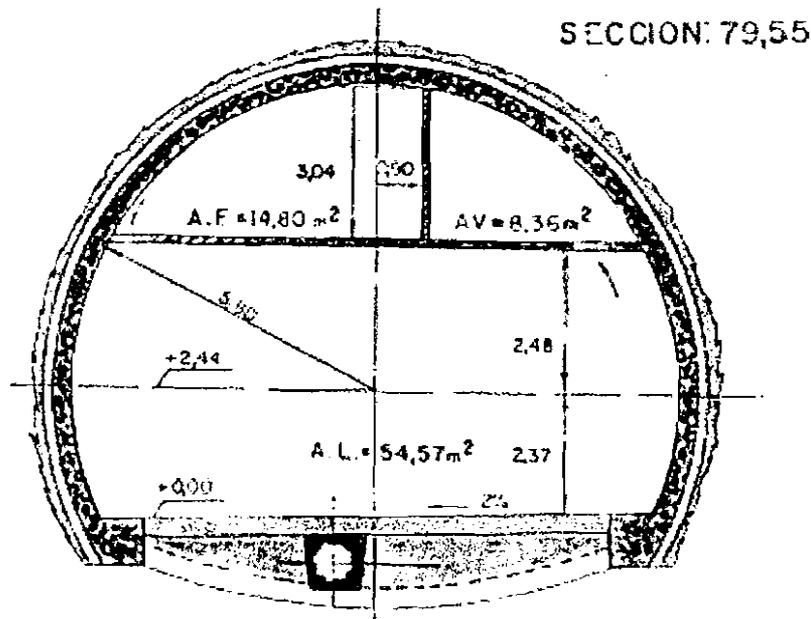
Para el túnel de El Negrón, se descarto el sistema longitudinal en el primer estudio realizado, ya que exigía una elevada velocidad en el espacio de circulación, aparte de la dificultad de mover la gran masa de aire fresco necesaria en tan larga longitud.

El sistema semi-transversal aún daría velocidades de aire altas, por más que fuese expulsado por las dos bocas por lo tanto la opción quedaba reducida a los sistemas transversal puro o pseudo-transversal.

De estos dos sistemas el más confortable y eficaz es el primero pero con un mayor coste, en especial de energía, por lo que se recurrió al segundo para reducir costes. Como ya se citó en la descripción de los distintos sistemas de ventilación, una parte del aire viciado sale por las bocas, por lo que se ha de prever que el aire no alcance en el espacio de tráfico velocidades molestas o peligrosas.

Como en este caso, la elección de la proporción AF/AV viene limitada por la velocidad del aire en el espacio de tráfico, sin necesidad de adoptar una sección transversal para el túnel de forma especial, sino una sección circular cuyo radio viene dado por las necesidades de tráfico (anchura de calzada y arcenes), alojando los conductos de ventilación en la zona de la bóveda y dejando un gálibo tal que se respete el mínimo de 4,50 m más un exceso prudencial para caso de posibles recrecidos de firmes, con lo que la parte inferior del falso techo debe quedar a 4,85 m más alta que la calzada.

En estas condiciones el área de la sección transversal del espacio de tráfico resulta como se puede observar en el croquis adjunto de 54,57 m<sup>2</sup>.



Si consideramos como valor máximo para la velocidad de salida del aire por las bocas 6,5 m/seg. el caudal de aire viciado que podrá salir por las bocas será de 355 m<sup>3</sup>/seg. Como el caudal máximo de aire fresco es de 720 m<sup>3</sup>/seg. la proporción resultante será de 0,49, es decir el 50 % por lo que se adoptó la solución del sistema pseudo-transversal.

En caso de incendio de un vehículo en el túnel de El Negrón, está previsto que, los ventiladores de aire fresco, por medio de un cambio en el ángulo de ataque de los alabes, pasan a trabajar como extractores, si bien el caudal que pueden dar en tal caso es tan solo un 40 % del caudal máximo funcionando como impulsores; es decir si de los resultados del estudio se obtuvieron caudales de 189,79 m<sup>3</sup>/seg. para la boca norte y de 170,21 m<sup>3</sup>/seg. para la boca sur para cada motor, se obtiene un caudal total de 151,83 m<sup>3</sup>/seg. y de 136,17 m<sup>3</sup>/seg. respectivamente.

Si a estos caudales se le suman los que proporcionan sendos ventiladores de aire viciado nos da como resultado un total de caudal para la boca norte de 341,62 m<sup>3</sup>/seg. y para la boca sur de 306,38 m<sup>3</sup>/seg., y como los tramos a ventilar por cada uno de los portales de ventilación tienen una longitud de 1,83125 Km para la boca norte y de 2,27875 Km para la boca sur representan un caudal de 186,55 m<sup>3</sup>/seg./km en la boca norte y 134,45 m<sup>3</sup>/seg./km en la boca sur.

Estos valores son superiores a los usualmente considerados como suficientes para evitar la extensión de los humos en el recinto de tráfico. Par el túnel de Fréjus, se



consideró suficiente un caudal de  $80 \text{ m}^3/\text{seg./km}$  para la eventualidad de incendio, valor que los expertos suizos elevan a  $115 \text{ m}^3/\text{seg./km}$ , siendo ambos valores inferiores a los obtenidos para el túnel de El Negrón.

Dado que los seis ventiladores instalados en el túnel podrán soportar durante dos horas una temperatura de hasta  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  sin ser dañados por ella, y dado que las llamas y gases calientes del incendio al mezclarse con el aire frío aspirado, reducen su temperatura al llegar a los ventiladores a valores inferiores a dichos  $250 \text{ }^\circ\text{C}$ , según experiencias efectuadas en otros túneles, se puede considerar debidamente diseñada la instalación para afrontar un incendio de un vehículo en el interior del túnel, ya que los ventiladores podrán seguir funcionando y los humos serán aspirados y, con ello, la atmósfera reinante permitirá el acceso de los servicios de salvamento, que no se verán, por tanto, obstaculizados por la propagación de los humos.

Desde que se ejecutó el proyecto original hasta el momento actual se han producido una serie de modificaciones de gran importancia cualitativas y cuantitativas en las condiciones iniciales que, a tenor de lo que se explica pormenorizadamente a continuación, resultó no solamente conveniente, sino necesario el reestudio del proyecto Ventilación del Túnel del Negrón en su segunda fase, de desdoblamiento.

En este amplio periodo de tiempo que abarca desde 1980 a 1992, año en el cual se inician las labores de desdoblamiento, se han producido una serie de sucesos que son fundamentalmente:

- El cambio tecnológico
- Experiencia acumulada
- Aspecto de seguridad
- Aspecto subjetivo
- Aspecto económico

Si a esto se le suma que el túnel desdoblado tendría tráfico unidireccional, el proyecto original estaba basado en la normativa y recomendaciones existentes, la más moderna de 1975, y que desde entonces se habían producido en ellas una serie de modificaciones importantes para ir de acuerdo con las innovaciones tecnológicas y la realidad de los tiempos, pareció totalmente razonable volver a realizar el Proyecto de Ventilación del Túnel de Negrón II, ya que cabía la posibilidad de que las soluciones adoptadas quince años atrás no fueran en ese momento las más adecuadas en cuanto a niveles y sistemas de ventilación, así como su implantación y control.

### 7.3.1 CAMBIO TECNOLÓGICO.



Resulta evidente que en el periodo de tiempo transcurrido entre las fechas en que se realizaron los estudios que se aplicaron al cálculo de la ventilación en el proyecto existente y en el momento actual, periodo que es superior a los veinticinco años, el cambio tecnológico ha sido enorme en todos los campos de la ciencia y de la técnica.

En algunos casos, y este de la ventilación de túneles es uno de ellos, se puede afirmar que se ha avanzado mucho más en estos últimos veinticinco años que en el resto de la historia de la construcción y la ventilación de túneles.

Los cambios tecnológicos que más afectan a los cálculos de ventilación de túneles y a sus hipótesis son los que se han producido en los siguientes campos:

- Diseño y terminación de la obra civil.
- \* Cálculo aerodinámico y construcción de los ventiladores.
- \* Emisión de gases de los vehículos.
- \* Prospectiva de fabricación de vehículos.
- Rejuvenecimiento del parque automovilístico.
- \* Normativas del Ministerio de Industria mediante las ITV.

#### **7.3.1.1 Diseño y terminación de la obra civil.**

Cada vez y con más asiduidad hay entre los proyectantes y los constructores, organismos oficiales, etc., una mayor mentalización en la mejora de las características geométricas de un túnel, que pueden influir positiva ó negativamente en el periodo de utilización del mismo.

A continuación se relacionan y comentan, aunque no de forma exhaustiva, los más importantes:

Los radios de curvatura son lo más amplios posibles. Además de mejorar la seguridad en la conducción, disminuyen las pérdidas de presión por rozamiento del aire.

Las pendientes son poco pronunciadas y, en general, en la medida de lo posible, favorables a la dirección del tráfico, lo cual influye en un aumento de la velocidad de circulación de cruceo, y el consiguiente aumento del efecto pistón, proporcional al cuadrado de la velocidad.



También influye positivamente en la emisión de gases los Km. recorridos en descenso ó llano frente a trayectos en ascensión.

Mejor disposición de la infraestructura de las instalaciones. En general se suelen alojar en nichos con puertas a ras con los hastiales de forma que se evitan pérdidas singulares de presión por rozamiento de aire.

Mejor conocimiento y ejecución del hormigón del revestimiento. Gracias a ello se consiguen revestimientos de muy baja rugosidad y exentos de coqueas, etc., lo cual también disminuye las pérdidas de presión por rozamiento.

### **7.3.1.2 Cálculo aerodinámico de los ventiladores.**

Gracias a las enormes ventajas que ofrecen los nuevos túneles aerodinámicos subsónicos, los cuales se han perfeccionado hasta límites insospechados impulsados por la demanda de la industria aeronáutica, se han podido diseñar perfiles de álabe de muy alto rendimiento y de escasas dimensiones de los ventiladores.

Por otro lado el salto tecnológico ha influido en los ventiladores en que sus rendimientos son mucho más próximos cuando funcionan en una u otra dirección.

Aunque no sea cierto de forma absoluta se podría decir que los ventiladores tipo "jet" son de funcionamiento casi simétrico al girar en ambas direcciones.

Todo lo anterior permite construir ventiladores tipo "jet" reversibles con mayores caudales y empujes, con menores consumos, más elásticos y versátiles, y de menores dimensiones.

### **7.3.1.3. Emisión de gases de vehículos.**

La disminución de gases de escape a diluir es uno de los factores que más influye en el cálculo moderno de caudales para ventilar túneles ya que la industria del automóvil, una de las más potentes del mundo, ha experimentado unos avances espectaculares en cuanto a esta disminución influenciados por el alarmante grado de contaminación atmosférica que estaban alcanzando las grandes ciudades. Los catalizadores a los que se hace referencia en el Congreso de la AIPCR de Marraquech 1991, son los grandes responsables de estas mejoras.

Por ello, la cantidad de aire fresco necesario para diluirlos es mucho más pequeña a igualdad de tráfico, disminuyendo por tanto la velocidad del aire en las bocas del túnel, factor del que depende en buen grado la elección de un sistema u otro de ventilación.



#### **7.3.1.4 Prospectiva de fabricación de vehículos.**

Este apartado, que enlaza con el anterior, también tiene su gran importancia, ya que debido a las normativas cada vez más severas de los gobiernos en lo que a contaminación se refiere, se tienen previsiones a medio y largo plazo de descensos muy importantes en la cantidad de gases de escape nocivos.

En el último congreso de la AIPCR del que más adelante se hará mención, se ha tenido esto muy en cuenta, a efectos de cálculo de caudales de aire fresco.

#### **7.3.1.5 Rejuvenecimiento del parque automovilístico.**

Es evidente que en el mundo occidental los usuarios de vehículos los reponen con muchos menos años de uso que hace un par de décadas, tanto en los diesel como en los de gasolina.

Ello redunda en una menor emisión de gases tóxicos pues es bien conocida la relación que hay entre el aumento de estos y la edad del vehículo.

#### **7.3.1.6 Normativa del Ministerio de Industria mediante la ITV.**

En nuestro país se ha puesto, al igual que en Europa Occidental, Usa y Japón, inspecciones obligatorias de vehículos de motor de tal forma que la primera se pasa a los cinco años de antigüedad y posteriormente cada año.

Estas inspecciones, junto a las normativas de los ayuntamientos de grandes ciudades, etc., hacen que el usuario se vea obligado a mantener su vehículo en mejores condiciones, y una de estas es la combustión y emisión de gases de escape.

Debido a esto España puede considerarse incluida en el grupo de países que "sí tienen control" a efectos de cálculo de la emisión base, mediante la metodología recomendada por la AIPCR en su congreso de Marraquech de 1991.

Todo lo anterior colabora a que, en la realidad, la toxicidad de los gases de escape sea mucho menor que hace unos años.

Como resumen de todo lo antes citado, se puede asegurar rotundamente que, en la actualidad, pueden ventilarse o ser susceptibles de serlo, de forma longitudinal, túneles más largos y con más tráfico que hace veinte años.



## 7.4 EXPERIENCIA ACUMULADA.

En el período transcurrido desde el inicio de la explotación de la Autopista se ha ido acumulando una experiencia importante acerca del funcionamiento de los diferentes sistemas de ventilación implantados en los túneles así como de las ventajas, inconvenientes, etc de la ventilación pseudo-transversal del túnel de El Negrón.

No se pone en duda que, quizás para túneles de mayor longitud y con más tráfico dicha ventilación sea la conveniente, al menos hoy en día.

Sin embargo tiene por el contrario, una serie de limitaciones e inconvenientes, sufridos estos años que la hacen poco adecuada.

Por un lado resulta poco flexible, ya que en caso de parada de un motor o ventilador por avería, revisión, mantenimiento, etc, el caudal queda reducido a la mitad, y no solamente eso sino el riesgo que se corre durante ese período al disponer de un solo ventilador operativo.

No obstante cuando se realizó el proyecto de ventilación para el túnel de El Negrón I se contempló esa posibilidad obteniéndose de los cálculos que el ventilador disponible sería capaz de suministrar los 2/3 del caudal necesario sin forzar su funcionamiento. En caso de avería de un ventilador aspirante, no afecta al suministro de aire fresco. Solo afecta a la velocidad longitudinal del aire en el espacio de tráfico, que no debe sobrepasar lo 10 m/seg.

Resulta necesario que los conductos de aire fresco y viciado sean totalmente estancos para evitar pérdidas de aire incontroladas. Se ha podido comprobar a lo largo de los años de explotación la gran dificultad de conseguir dicha estanqueidad.

De otro lado los motores funcionan a 6.000 V y en caso de avería se producen dos problemas importantes: En primer lugar hay pocos talleres en las proximidades de la autopista capaces de reparar este tipo de motores; y en segundo lugar que la duración de las reparaciones es larguísima ya que normalmente la pletina necesaria para el bobinado de los motores ha de ser importada.

Además de lo antes dicho, otra de las limitaciones del sistema pseudo-transversal es la falta de energía eléctrica por parte de la compañía suministradora, no se puede hacer uso de grupos electrógenos, pues los existentes en el mercado son de baja Tensión y los ventiladores funcionan a 6Kv. Para tratar de minimizar en la medida de lo posible esta limitación se recurre a dotar de la instalación de un sistema de doble suministro de energía mediante un anillo redundante que permita dicha alimentación eléctrica como ocurre en nuestro caso. El sistema longitudinal no presenta este problema ya que los motores son de baja tensión y la falta de energía puede ser suplida por grupos electrógenos.

Por último y en lo que es refiere al automatismo y software altamente complicado en el sistema pseudo-transversal debido a la gran cantidad de



enclavamientos necesarios para la puesta en marcha de los ventiladores, resulta una fuente inagotable de problemas técnicos y de averías, sobre todo por extracorrientes, tormentas, etc., tan frecuentes en esta zona. El funcionamiento de los automatismos de los ventiladores yets de un sistema longitudinal es de lo más sencillo y fácil de manejar y mantener como nos lo indica la experiencia en resto de túneles de la Autopista con este sistema.

#### 7.4.1 ASPECTO DE SEGURIDAD.

Es un sistema que trataremos con más extensión a continuación, pero resulta conveniente enfatizar en que, desde el punto de vista de la seguridad fisiológica durante el recorrido del túnel, el organismo se encuentra sometido a peores condiciones, a igualdad de contaminación, en el caso de ventilación pseudo-transversal que en el longitudinal como se puede apreciar en la figura nº 4 y que ha sido avalada y demostrada por autoridades en la materia como son los Sres. Miranda, Larsen Konopinki y Freibauer.

#### 7.4.2 ASPECTO SUBJETIVO.

Es un tema que también trataremos mas adelante pero que parece conveniente enfatizar en dos puntos:

Por un lado es muy frecuente la sensación claustrofóbica de las personas al atravesar un túnel en un vehículo; ese efecto es mayor cuanto menor es el tamaño del recinto en el que se desenvuelven. Por esta razón resulta más confortable el paso por túneles con mayor sección, como es el caso de Negrón II sin falso techo, que por Negrón I que sí dispone de él.

Por otro lado y a efectos de iluminación, los túneles con falso techo tienen el inconveniente de que éste corta el ángulo sólido de luz del proyector o luminaria, creando zonas oscuras en dicho falso techo e iluminando peor el recinto lo que agrava el efecto claustrofóbico antes citado.

Sin embargo, con túneles sin falso techo, es decir con bóveda circular, como es el caso del túnel de Negrón II, no se corta el ángulo sólido del haz de luz sino que, al contrario, esta se dispersa por toda la bóveda dando una gran sensación de amplitud que aumenta el confort del usuario de forma importante.

#### 7.4.3 ASPECTO ECONÓMICO.

También en este punto se pueden distinguir dos apartados: Uno ya conocido desde hace tiempo y otro más reciente fruto de la experiencia de los años de explotación de la Autopista.



El sistema pseudo-transversal resulta mucho más caro que el longitudinal desde el punto de vista de la inversión como el de explotación por lo siguiente: Mientras que en el sistema longitudinal los edificios de las bocas son reducidos, en sistema pseudo-transversal han de ser de gran magnitud para albergar unas máquinas de gran tamaño y a la vez altamente resistentes para aguantar no solamente el peso de varias toneladas de forma estática sino también el efecto dinámico de estas grandes máquinas girando a 1.000 r.p.m.

Por lo que se refiere al falso techo, al no necesitarlo el sistema longitudinal, el ahorro de la inversión en esa partida es total.

El valor de inversión de la maquinaria de ventilación pseudo-transversal es bastante más alto que en el caso de longitudinal.

Hasta aquí lo que respecta a los costes de inversión; pero queda otro apartado, no menos importante, como es el de los gastos de explotación mucho mayores en el sistema pseudo-transversal que en el longitudinal por los siguientes conceptos:

Mayor consumo de energía eléctrica para conseguir iguales parámetros de contaminación de aire ambiente en el interior.

Mucho mayor costo de reparación de motores o ventiladores en caso de avería.

Idem en caso de los elementos auxiliares ya que la ventilación longitudinal no los tiene.

Alto coste de mantenimiento y reposición de rejillas de falso techo, coste que sería nulo en caso de ventilación longitudinal.

Igualmente, alto coste de mantenimiento de la estanqueidad de los conductos de aire fresco y viciado, coste que se reduce a cero en la ventilación longitudinal por no ser necesarios.

Mayor coste de reparación de cuadros de enclavamiento, automatismos, etc., ya que los sistemas de ventilación longitudinal son más sencillos.

Mucha menor dedicación de mano de obra propia en caso de ventilación longitudinal ya que tiene menos puntos que atender y mantenimiento más sencillo lo cual siempre representa un ahorro importante.



## **7.5 CONDICIONES GENERALES QUE DEBE CUMPLIR CUALQUIER SISTEMA DE VENTILACIÓN.**

Las exigencias que se presentan para lograr una ventilación efectiva de un túnel para el tráfico de vehículos con motor de explosión y de combustión son en principio las siguientes:

La instalación debe de estar dimensionada de forma que en ningún lugar del túnel puedan sobrepasarse los valores máximos admitidos para la concentración de CO y de humos.

La instalación debe ser completamente segura en su funcionamiento, es decir: solamente deberán aplicarse construcciones de máxima garantía en los ventiladores, instalaciones de regulación, etc.

Debe procurarse que la inversión sea mínima eligiendo el sistema de ventilación adecuado y en una disposición que ahorre el máximo espacio.

Los gastos de mantenimiento y funcionamiento deben mantenerse lo más bajos posible, eligiendo el sistema de regulación más favorable para cada caso. Debe tenerse la precaución de que los ventiladores trabajen con el máximo rendimiento posible.

Las diferentes partes de los ventiladores deben ser perfectamente accesibles para poder reparar averías con la máxima rapidez y sin tener que interrumpir la circulación. Deben ser resistentes a las altas temperaturas ocasionadas en caso de un incendio como situación de emergencia.

## **7.6 SEGURIDAD FISIOLÓGICA.**

De sobra es conocido el efecto tóxico del monóxido de carbono, componente básico de los gases de escape de los vehículos (CO), sobre las personas.

Su efecto se basa en su afinidad con la hemoglobina (Hb) de la sangre para formar la carboxihemoglobina (COHb), afinidad que es del orden de 230 veces superior a la del oxígeno, y que impide a la hemoglobina el transporte de oxígeno, produciendo un envenenamiento de la sangre.

Su peligrosidad se hace mayor si se tiene en cuenta que el CO es incoloro e inodoro, y prácticamente imposible de detectar por los usuarios.



Varios estudios han determinado las concentraciones de carboxihemoglobina en la sangre en función del tipo de actividad, la concentración de CO, el tiempo sometido a esta concentración y la altura sobre el nivel del mar en que se encuentra la persona.

En la situación actual se ha calculado la evolución de COHb en la sangre de un usuario a una altura similar a la del túnel del Negrón (aproximadamente 1200 msnm), mediante las fórmulas proporcionadas por B. Freibahuer, Miranda y Konopinski y Larsen.

Todo lo anterior se ha calculado para dos atmósferas diferentes:

Atmósfera que proporciona una ventilación semitransversal en la que la concentración ya se sabe que es constante a lo largo de todo el túnel, con un nivel de concentración de CO de 150 ppm.

Atmósfera que proporciona una ventilación longitudinal en la que la concentración varía linealmente de 0 al máximo a lo largo del túnel con un nivel de concentración máximo de CO de 150 ppm.

Ambas distribuciones se muestran en la figura 1.

En las figuras 2 y 3 se muestran en gráfico la evolución del CO para los sistemas longitudinal y semitransversal, respectivamente.

En la figura 4 se muestran los mismos resultados, comparados ambos sistemas de ventilación.

En la figura 5 se indican los efectos que sobre las personas tiene la concentración de COHb en la sangre en función del tiempo de exposición y desde luego de la concentración de CO en la atmósfera.

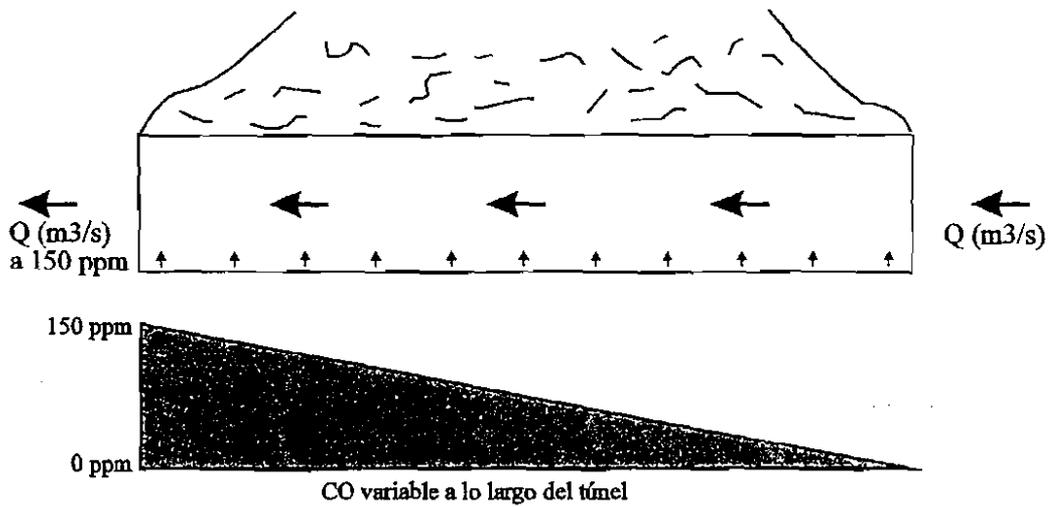
Los gráficos obtenidos se refieren a un nivel de actividad física bajo, que es el de un conductor en conducción normal.

Resulta evidente que a mayores esfuerzos el nivel de concentración de COHb en la sangre será mayor a igualdad del resto de las variables.



# DISTRIBUCIÓN DE CO A LO LARGO DEL TÚNEL

## VENTILACIÓN LONGITUDINAL



## VENTILACIÓN SEMITRANSVERSAL

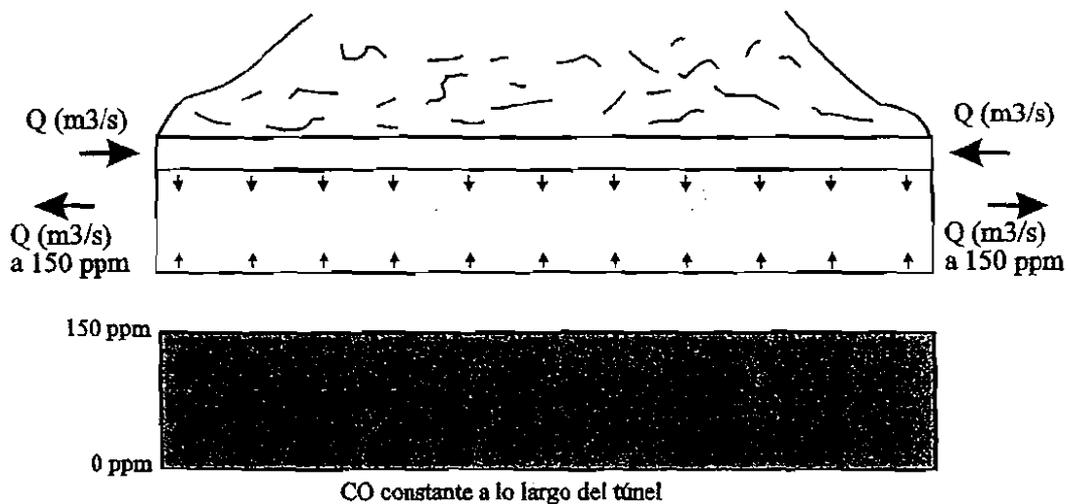


Figura 1



# EVOLUCIÓN DE COHb EN EL USUARIO

% COHb VENTILACIÓN LONGITUDINAL

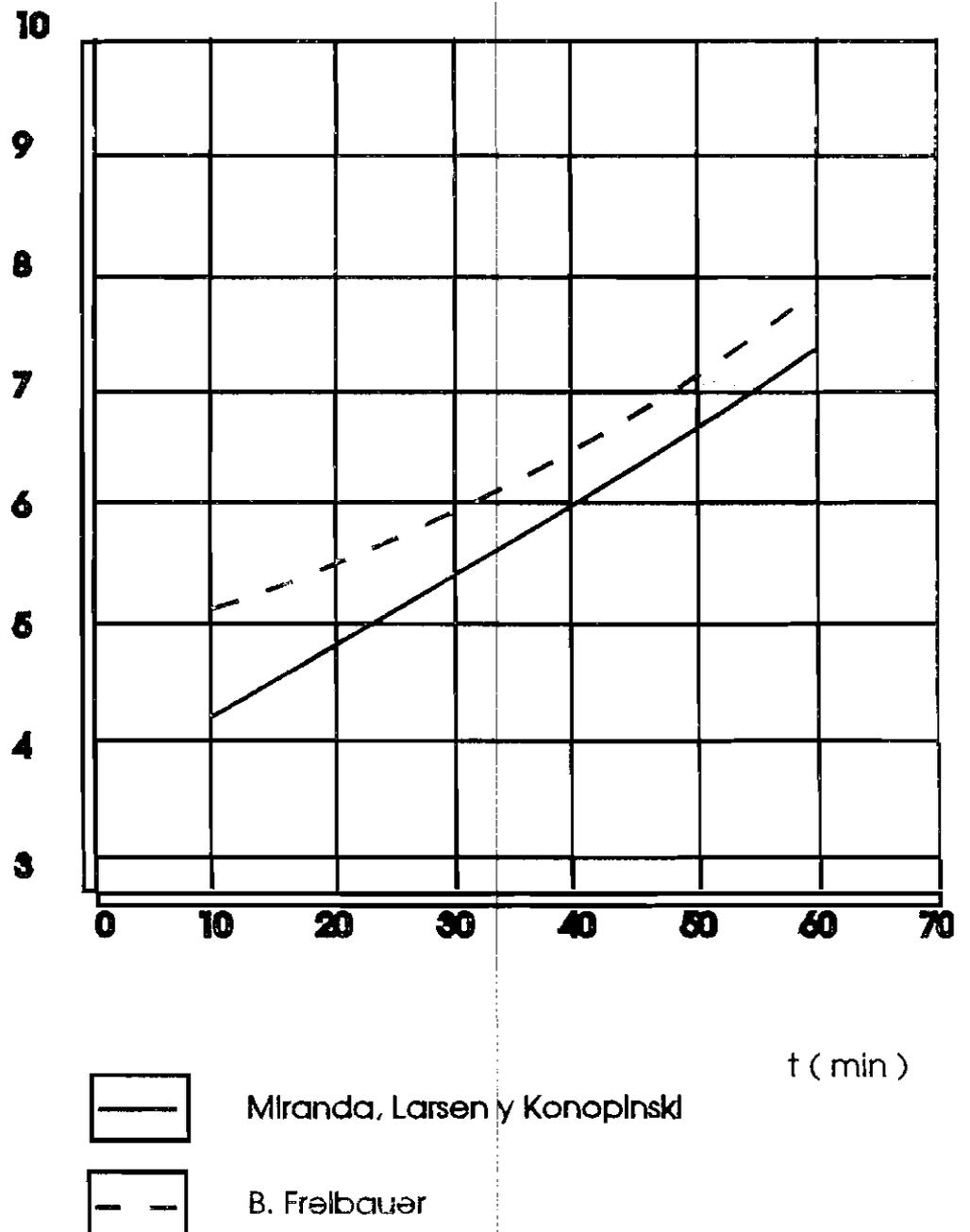


Figura 2



# EVOLUCIÓN DE COHb EN EL USUARIO

% COHb

VENTILACIÓN SEMI-TRANSVERSAL

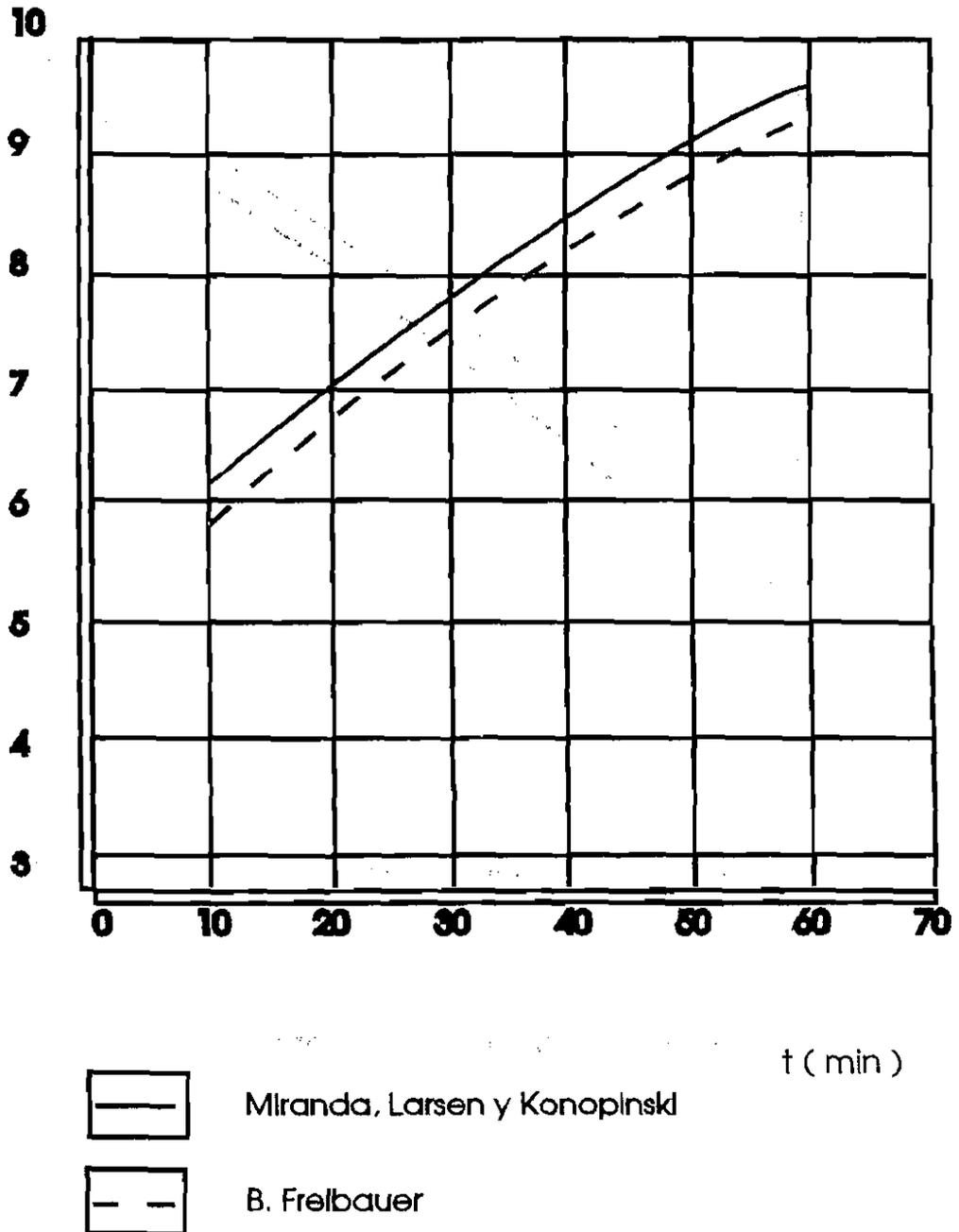


Figura 3



# EVOLUCIONES COMPARADAS DE COHb EN EL USUARIO

% COHb

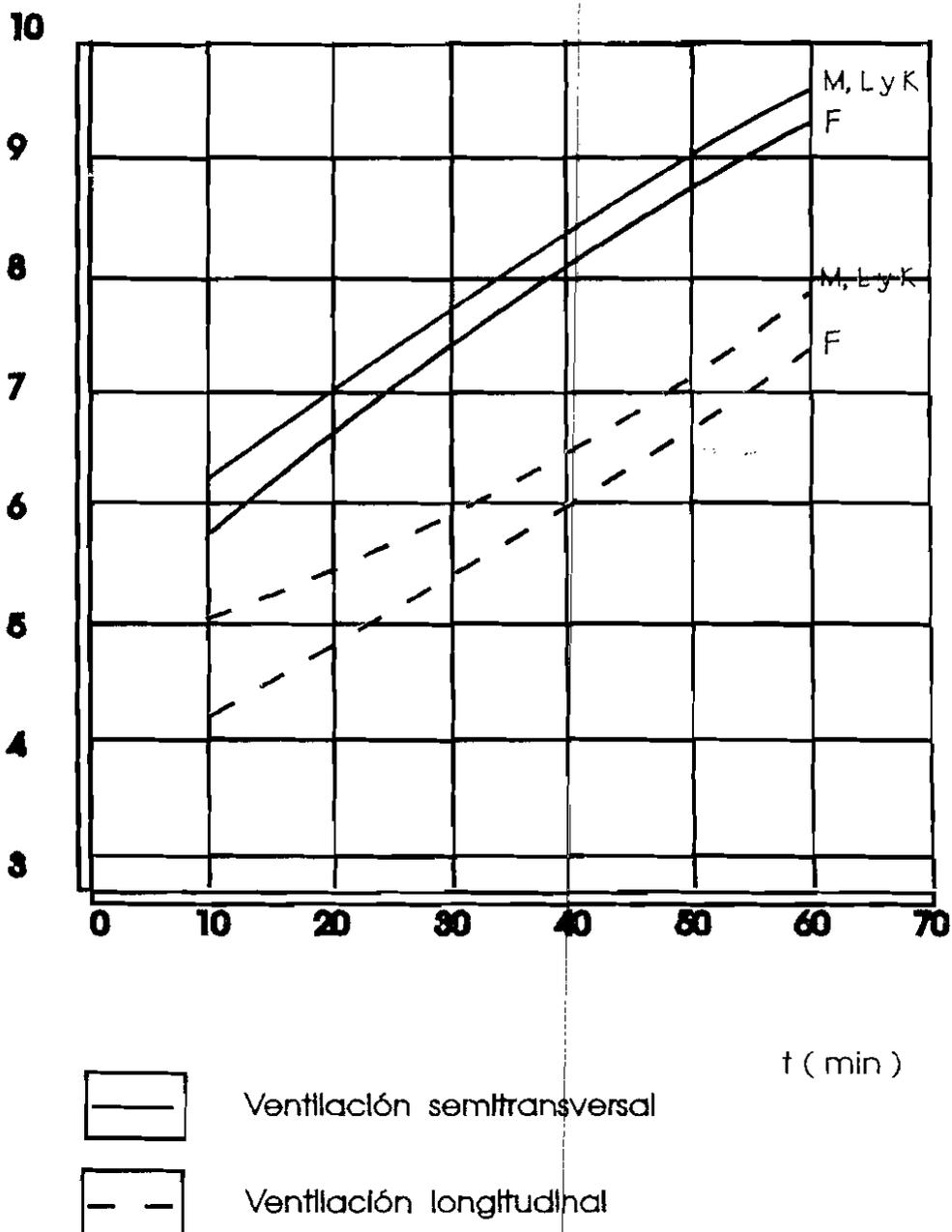


Figura 4



# EFFECTOS DE LA CONCENTRACIÓN DE COHb SOBRE EL HOMBRE

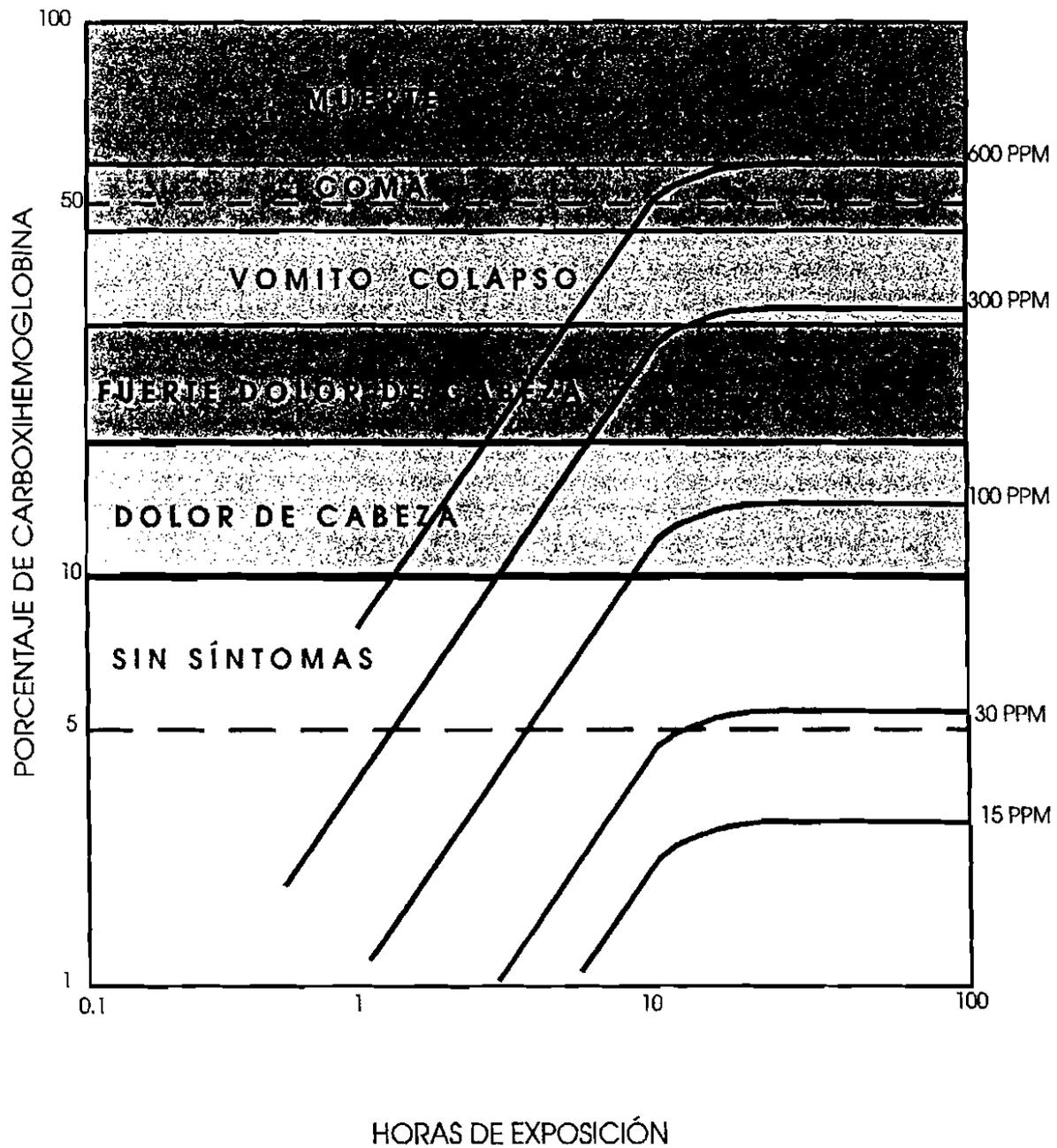


Figura 5



De los anteriores gráficos se deduce fácilmente que la proporción de COHb de un usuario después de pasar un túnel es mucho menor en el caso de ventilación longitudinal que en el caso de semitransversal, para igualdad de valores máximos de CO en el aire ambiente del interior.

Se deduce por tanto desde el punto de vista fisiológico, resulta más segura la ventilación longitudinal que la semitransversal, por lo cual aquel resulta más recomendable que éste.

Lo que se acaba de indicar no resulta nuevo ya que la AIPCR, entre sus recomendaciones del XV Congreso indica:

" Otra ventaja del sistema longitudinal es que, a régimen establecido, la tasa de polución crece linealmente desde el valor cero a la entrada hasta el valor máximo a la salida... Este valor máximo puede fijarse... en un valor superior en un 50% al admitido para otros sistemas de ventilación. "

Aún concreta más la propia AIPCR en su siguiente congreso con la siguiente recomendación:

" En ventilación longitudinal, la concentración  $\delta$  de CO podrá alcanzar 250 ppm a la salida en explotación normal." (Frente a  $\delta$  igual a 150 ppm en los otros sistemas).

## 7.7 SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO.

Cuando el tráfico es bidireccional, la ventilación transversal ó pseudo-transversal tiene ciertas ventajas frente a otro tipo de ventilación.

Sin embargo, cuando el tráfico es unidireccional estas ventajas prácticamente desaparecen ya que la ventilación longitudinal y tráfico unidireccional se consigue de hecho, un alto nivel de seguridad.

Cuando se produce un incendio en el interior del túnel, en las condiciones antes citadas, el sentido del tráfico coincidirá con el de la ventilación en la gran mayoría de los casos. En esa situación, los vehículos que estén después del incendio saldrán sin ningún problema siguiendo su marcha. Los que se encuentran antes del incendio, al igual que tendrían que hacer con la ventilación transversal ó pseudo-transversal deberán dar la vuelta en el túnel.

Como en este caso, tal y como se dijo, la dirección del tráfico y de la circulación suelen ser coincidentes, la maniobra podrá realizarse sin humos ni alarmas de mayor importancia.



Si se tienen en cuenta que los túneles de El Negrón dispondrán de tres conductos o galerías de comunicación entre ambos, uno en el centro y otros dos situados a un kilómetro aproximadamente de las bocas, por el que podrían pasar los usuarios en caso de emergencia, la seguridad en caso de incendio alcanza niveles de alto rango.

Lo mismo acontece en los túneles de Barrios con una galería de comunicación en la zona central del túnel.

En este apartado se puede decir que se están cumpliendo las recomendaciones dadas en un estudio sobre incendios en túneles publicado por la revista Forschung&Praxis (nº 32) relativas a galerías de comunicación.

## **7.8 LA SEGURIDAD EN LOS PARÁMETROS.**

### **7.8.1 LÍMITE DE CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO.**

Por las recomendaciones ya citadas de la AIPCR, se podría considerar que resulta equivalente el efecto del monóxido de carbono en un túnel de ventilación semitransversal y 150 ppm de concentración de CO, que otro con ventilación longitudinal y concentraciones de 225 ppm, es decir, un 50% más.

Por otro lado existe la tendencia a fijar este nivel de concentración de CO independiente de la ventilación, con relación a la altura del túnel sobre el nivel del mar.

Siguiendo los criterios dados al respecto por las autoridades austríacas que recomiendan 298 ppm a nivel del mar y 21 ppm a túneles que estén a 3000 metros de altura, para el túnel del Negrón se tendría una concentración admisible de 175 ppm.

Para estar del lado de la seguridad se calculará el caudal necesario tomando como valor límite de concentración de CO 150 ppm, que es el mínimo recomendado por la AIPCR en su XVIII Congreso Mundial de Bruselas, donde reconoce un rango de 150-250 ppm para túneles de Autopista.

### **7.8.2 LÍMITE DE OPACIDAD.**

Este límite es función de la visibilidad exigible, así pues, el coeficiente de extinción K también será función de dicha visibilidad y se elegirá según la deseada.

La norma federal austríaca proporciona el siguiente dato: la distancia de visibilidad de parada a 60 Km/h y en rampa descendente del 1,5% (similar a la mayoría del recorrido del túnel del Negrón II) es de 60 metros, lo que exigirá un coeficiente de extinción de  $K=9 \times 10^{-3}$  para una luminancia de 1cd por metro cuadrado.



Sin embargo, como la luminancia en el túnel estará entre 2 y 3 cd por m<sup>2</sup> también se está del lado de la seguridad en este sentido, máxime cuando el K utilizado es de  $7 \times 10^{-3}$ .

### 7.8.3 SEGURIDAD SUBJETIVA.

Resulta importante destacar el alto número de usuarios de vías de comunicación que padecen, en mayor o menor medida, efectos claustrofóbicos al pasar por un túnel.

Este dato está contrastado por la experiencia que da la explotación durante once años de una autopista en la que, en el momento de redactar el presente proyecto tiene trece túneles con cerca de doce kilómetros de longitud total.

Sabido es que el efecto de claustrofobia es mayor cuanto menor es el recinto en el que la persona se desenvuelve.

Desde este punto de vista, los túneles sin falso techo con ventilación longitudinal dan una mayor sensación de confort y alivian la claustrofobia de conductor y/o acompañantes, lo cual redundará en una conducción menos tensa, más segura, y por consiguiente con menor riesgo de accidentes.

## 7.9 MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LOS TÚNELES DE LA AUTOPISTA CAMPOMANES-LEÓN.

Por la situación geográfica, climatología, orografía, etc., era necesario dotar a la autopista de unas instalaciones que colaboraran de forma definitiva a la seguridad del tráfico.

Todas las medidas de seguridad o instalaciones que contribuyen a ella e instaladas en los túneles, se encuentran centralizadas en el Centro de Control ubicado en el Área de Mantenimiento de La Ablaneda. Dichas instalaciones son las siguientes:

Sistema informatizado de Postes de Auxilio

Sistema informatizado para el control de las instalaciones: iluminación, ventilación, red semafórica, paneles de señalización variable y distribución de energía eléctrica mediante estaciones remotas de control.

Sistema informatizado para el control del circuito cerrado de televisión.

Radiotelefonía.



Telefonía móvil.

Grupos electrógenos.

## **7.10 SISTEMA DE POSTES DE AUXILIO.**

El sistema de postes S.O.S. permite la comunicación oral del usuario con el coordinador de comunicaciones del Centro de Control en todo momento, permitiendo de este modo recabar toda la información posible en caso de producirse cualquier tipo de incidencia. Los postes de socorro están situados cada 120 m y disponen de extintor.

### **7.10.1 SISTEMA DE CONTROL DE INSTALACIONES.**

En el Centro de Control se encuentran instalados dos ordenadores que mediante las estaciones remotas de control instaladas en los distintos centros de transformación de la autopista permiten estar visualizando el estado de las instalaciones de iluminación, ventilación, etc. y recibir las alarmas que se puedan producir en ellas en tiempo real. Una de las múltiples alarmas enviadas corresponden a los equipos de control de ambiente, opacímetros (visibilidad) y los detectores de CO, utilizados para que los sistemas de ventilación funcionen en automático. Si se sobrepasan los umbrales determinados para las alarmas de primer y segundo nivel y la ventilación está en funcionamiento indicará la existencia de algún tipo de incidencia.

### **7.10.2 RED SEMAFÓRICA.**

La autopista cuenta entre sus instalaciones de una Red Semafórica y que en función de la longitud de cada túnel estará compuesta por semáforos en las bocas o dispondrá además de semáforos interiores.

El conjunto de semáforos de boca lo componen un semáforo de aproximación a 450 m de la boca, colores verde-ámbar, un panel de señalización de fibra óptica ubicado a 300 m con posibilidad de dos mensajes, precaución o túnel cerrado y un semáforo a 150 m de la entrada tircolor, rojo-ámbar-verde. Los semáforos interiores son bicolores rojo-ámbar.

Esta instalación esta integrada en los ordenadores del centro de control indicados en el apartado anterior.

### **7.10.3 CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN.**

El circuito cerrado de televisión nos permite visualizar el interior de los túneles y comprobar el estado de los mismos así como controlar sus accesos.



Las cámaras instaladas en los túneles son fijas, están enfocadas al sentido de la circulación e intercaladas con los Postes de Socorro por lo que su separación es de 120 metros.

El sistema permite a su vez la grabación de vídeo.

#### **7.10.4 RADIOTELEFONÍA.**

Con el objeto de permitir la comunicación interna entre todos los equipos que tuvieran que intervenir en una posible emergencia en los túneles de la autopista, se dispone de un sistema de comunicaciones vía radio (emisoras y repetidores) que dan cobertura a toda ella, incluido el interior de los túneles mediante un cable radiante instalado al efecto.

#### **7.10.5 TELEFONÍA MÓVIL.**

En la actualidad en todos los túneles de esta autopista existe cobertura para la telefonía móvil, lo cual permite, en caso de emergencia, disponer de otra vía de comunicación altamente fiable.

#### **7.10.6 GRUPOS ELECTRÓGENOS.**

Con el objeto de disponer de energía eléctrica en el caso de fallo de suministro por parte de la compañía correspondiente, se dispone de grupos electrógenos en todos los túneles capaces de suministrar energía de emergencia para las instalaciones de iluminación y de ventilación en los túneles con ventilación longitudinal.



### **7.10.7 MEDIDAS DE SEGURIDAD ADICIONALES EN LOS TÚNELES DE EL NEGRÓN.**

En el caso de los Túneles de Negrón y como medidas de seguridad adicionales se han instalado dos sistemas de control, uno para la detección automática de incendios y otro para la detección automática de incidencias (vehículo parado).

## **7.11 SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS INFORMATIZADO.**

El funcionamiento de dicho sistema esta basado en un cable sensor que nos indicará la existencia del fuego en el caso de que se detecte una temperatura superior a 60° C.. En la pantalla del ordenador se nos indica, en caso de fuego, la zona y el túnel a que corresponde el evento. En cada uno de los centros de transformación interiores del Negrón 2 se han instalado detectores iónicos para la detección del fuego y en el centro de transformación de la boca sur, para los transformadores de la ventilación, se ha instalado un sistema de extinción automática a base de CO<sub>2</sub> y cuya detección se realiza con dos cables sensores de distinta temperatura.

En los nichos de los postes S.O.S. se instalaron unos microrruptores que en caso de extracción del extintor correspondiente envía una señal al ordenador dando la señal de fuego en la zona de extracción del extintor y la leyenda de EXTINTOR EXTRAIDO.

## **7.12 SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCIDENCIAS POR VISIÓN.**

Tiene como objetivo proporcionar al coordinador del Centro de Control información del tráfico y alarmas de los incidentes que se producen en el interior de los túneles. Para la detección utiliza las imágenes que le facilita el sistema de televisión por circuito cerrado que analizadas por los distintos módulos de detección son enviadas al servidor de comunicaciones y a su vez al procesador central que interpreta la información recibida enviando señales acústicas y visuales del incidente. En el mismo instante que se produce el incidente se envía un comando de conmutación a la matriz de vídeo para que redireccione a los monitores las imágenes de las cámaras asociadas con el incidente.



## **7.13 OTRAS MEDIDAS DE SEGURIDAD.**

### **7.13.1 GALERÍAS DE COMUNICACIÓN Y PASOS DE MEDIANA.**

Múltiples tipos de accidentes traen como consecuencia la difícil accesibilidad hasta el lugar en el cual se ha producido la situación de emergencia. Por este motivo en los túneles de mayor longitud se han construido galerías de comunicación entre los túneles paralelos (uno para cada sentido de circulación) con el objeto de evacuar a los usuarios y disponer de más accesos al lugar en el que se ha producido la incidencia. Estos túneles dotados de galerías de comunicación para personas son: Barrios I con Barrios II (de 1.597m. de media) con 1 paso en su mitad y Negrón I con Negrón II (de 4.157m. de media) con 3 pasos, creando cuatro zonas, cada una de ellas de aproximadamente un cuarto de la longitud total (1.050). Así mismo en todas las bocas de los túneles existen pasos de mediana.

### **7.13.2 PANELES DE SEÑALIZACIÓN VARIABLE.**

Se dispone en la actualidad de Paneles de Señalización Variable que permiten, a través de las estaciones remotas de control, enviar información a los usuarios del estado de la vía por la cual van a transitar y de las posibles incidencias que se pueden encontrar a lo largo de la misma.

### **7.13.3 ACOMETIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

La autopista tiene en la actualidad siete túneles desdoblados en su totalidad pero por sus características, los de mayor riesgo son los túneles del Negrón. Con el fin de impedir que dichos túneles se encuentren sin energía eléctrica, se dispone de doble alimentación, con interconexión entre dos compañías suministradoras y de un anillo para poder suministrar energía a todo el túnel por diferentes caminos. También se dispone de Grupos Electrógenos en todas las bocas de los túneles para paliar la falta de energía.

### **7.13.4 OTRAS MEDIDAS DE CONTROL.**

Como en el caso de producirse una incidencia grave en la autopista y más concretamente en uno de los túneles, esta puede ser provocada por un vehículo pesado conteniendo mercancía peligrosa, se realiza un control del tránsito de las mismas por los dos peajes, Campomanes y La Magdalena, con datos de hora de entrada, hora de salida, placa referente a la materia que transporta, empresa transportista y si el vehículo en cuestión circula cargado o vacío. A la vista de estos datos se han extraído las Fichas de Intervención correspondientes del soporte informático facilitado por la Dirección General de Protección Civil.



### 7.13.5 EQUIPAMIENTO.

Como equipamiento antiincendios la autopista cuenta en la actualidad con un camión bombero, dos equipos de respiración autónoma para 15 minutos y dos carros de extinción de polvo para ser remolcados a cualquier lugar de la autopista por personal del Departamento de Conservación y Vialidad.

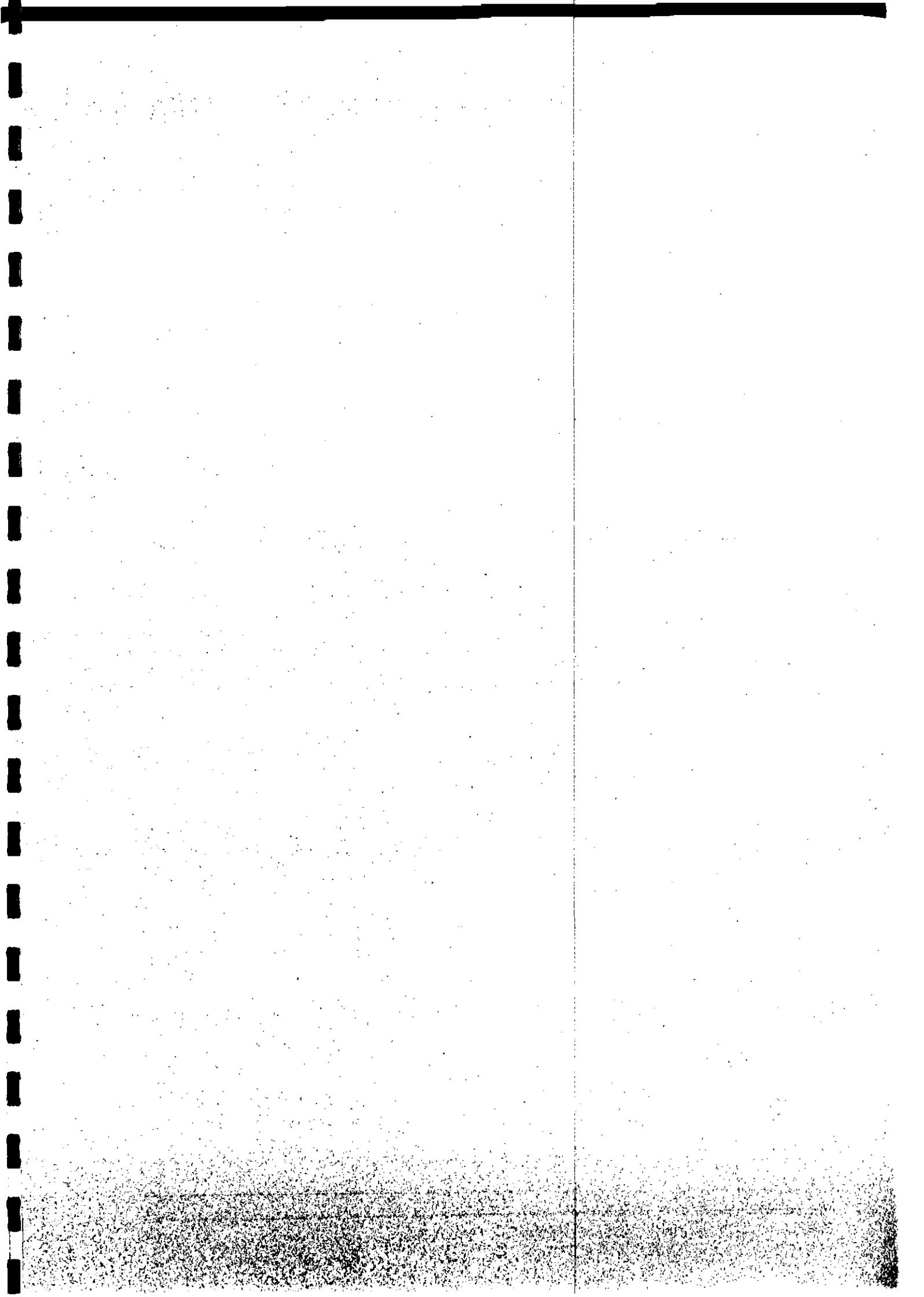
Dicho personal realiza labores de patrullaje y sus vehiculos están dotados de medios de excarcelación tales como cizallas y separadores neumáticos, extintores portátiles, material para la absorción de aceites y equipos de señalización de emergencia. También se dispone de personal para el mantenimiento eléctrico que puede colaborar con los equipos de vialidad caso de producirse una emergencia de mayor cuantía. Estos equipos prestan sus servicios las 24 horas, todos los días del año.





**EXPLOTACIÓN DE TÚNELES  
EN AUTOPISTAS T-4 Y A-32**

UGO JALIASSE





<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. ENCADREMENT GÉNÉRAL .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. CARACTÉRISTIQUES TYPOLOGIQUE DE LA NAISON .....</b>	<b>3</b>
2.2.1. DIMENSIONS .....	3
2.2.2. STRUCTURES ET TECHNIQUES DE PROJECT.....	3
2.2.3. LE TRAFIC.....	3
2.2.4. ADESSES GÉNÉRALES DE GESTION TECNIQUE .....	3
2.2.4.1. <i>Iniroduction</i> .....	3
2.2.4.2. <i>Compétences dans les interventions d'urgences</i> .....	4
2.2.4.3. <i>Planification des secours</i> .....	4
2.2.4.4. <i>Les procédures d'intervention</i> .....	4
<b>2.3. PROPOSITIONS ET PREMIÈRES MESURES POUR L'AMÉLIORATION DU NIVEAU DE SECOURS DANS LES GALERIES.....</b>	<b>5</b>





## SOMMAIRE

### 2.1. ENCADREMENT GÉNÉRAL

L'autoroute A-32 Turin-Bardonnèche et le routier du Fréjus T-4, reliant les réseaux autoritaires nationaux italiens et français, sont stratégiques pour les échanges entre l'Europe du Sud-Est et du Nord-Ouest, en particulier en raison de la fermeture actuelle du tunnel du Mont Blanc.

### 2.2. CARACTÉRISTIQUES TYPOLOGIQUE DE LA NAISON

#### 2.2.1. DIMENSIONS

L'A-3 est une artère autoritaire de 73 km. Elle comporte sept galeries de 2 tubes directionnels de longueur entre 1,1 km et 5,3 km.

Le T-4 est un tunnel alpin international, constitué d'un mono tube d'une longueur d'environ.

#### 2.2.2. STRUCTURES ET TECHNIQUES DE PROJET.

Les installations sont gérées à partir d'un unique poste de contrôle appelé PCC.

Elles sont dotées de toutes les installations techniques et structurelles habituellement nécessaires.

#### 2.2.3. LE TRAFIC

#### 2.2.4. ADESSES GÉNÉRALES DE GESTION TECHNIQUE.

##### 2.2.4.1. Introduction.

A-32: gérée exclusivement par la SITAF avec charge ordinaires.

T-4: gestion commune par la SITAF et la SFTRF.



Outre les charges ordinaires d'entretien et d'assistance, les concessionnaires ont l'obligation de se doter d'équipes intervention incendie propre à la société qui assure la première intervention en cas d'incident ou d'incendie.

#### **2.2.4.2. Compétences dans les interventions d'urgences.**

Sur l'A-32 on fait appel principalement à des intervenants externes.

Au T-4, ces interventions sont réalisées simultanément, coordonnées par un unique salle de contrôle.

1° Intervention-équipes de la société.

2° Intervention-intervenants externes.

#### **2.2.4.3. Planification des secours:**

A-32 : actuellement en application.

au niveau de la société : prescriptions et consignes d'exploitation A-32.

au niveau général : plan d'urgence autoroutier.

T-4 : actuellement en application.

au niveau de la société : prescriptions et consignes d'exploitation T-4.

Au niveau général : plan d'urgence tunnel.

Ce dernier plan a été défini conjointement par les Préfets de Turin et de Chambéry.

#### **2.2.4.4. Les procédures d'intervention.**

Scénarios:

Incidents avec absence de fumée.

Incidents avec présence de fumée ou matières dangereuses.



Incendie sur les installations.

Procédures:

T-4 = 1<sup>o</sup> intervention = équipe de la société.

2<sup>o</sup> intervention = intervenants externes

A-32 = intervention internes et externes.

Efficacité de l'organisation des interventions sur le T-4 :

Organisation

Modalités d'intervention

Efficacité

## **2.3. PROPOSITIONS ET PREMIÈRES MESURES POUR L'AMÉLIORATION DU NIVEAU DE SECOURS DANS LES GALERIES.**

Activités nécessaires:

Controle de la température des véhicules

Controle vitesse et distance de sécurité

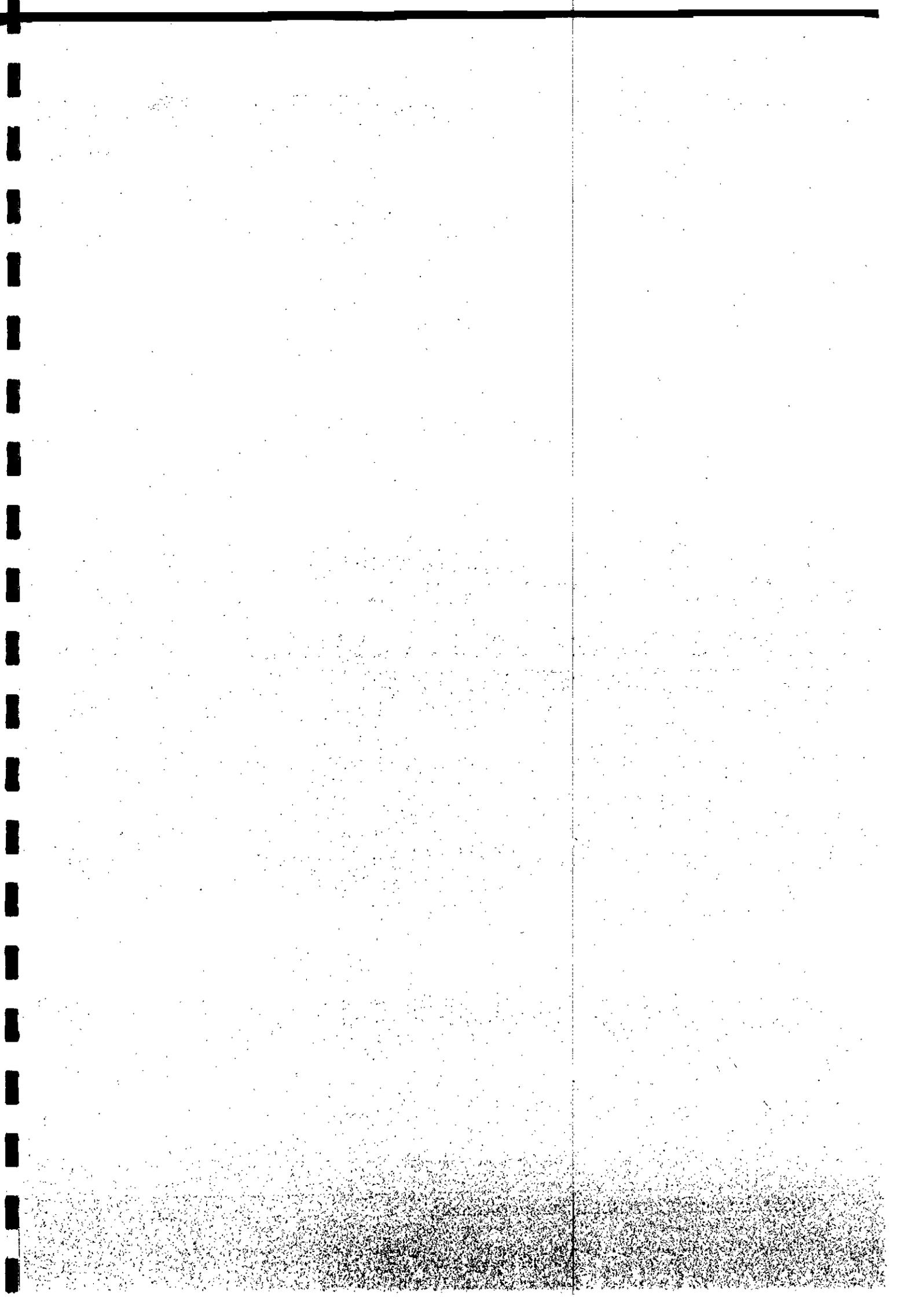
Rapidité des secours

Interventions d'amélioration au T-4 :

Système de relevé thermographique de la température

Achèvement du système d'extraction des fumées volets télécommandés

Adaptation ressources humaines et des véhicules de sécurité





## **SEGURIDAD EN TUNELES FERROVIARIOS**

**PONENTE: D. RAFAEL ALBERICH NISTAL**

RENFE contempla, a través de la GERENCIA DE PROTECCION CIVIL, los túneles urbanos conjuntamente con las estaciones subterráneas.

Las actuaciones se centran en los siguientes puntos:

- 1) Prevención de accidentes.
- 2) Cuando se producen accidentes.
- 3) Medidas de seguridad en túneles.
- 4) Mantenimiento.



### **1º- PREVENCIÓN DE ACCIDENTES**

El objetivo principal de RENFE es que no se produzcan accidentes. Considerando accidente, cuando se genera un gasto de más de 300.000 pesetas. El índice de frecuencia, es decir, los accidentes de circulación partido por los millones de kilómetros recorridos es menor de 2.

Nuestra meta es alcanzar el índice de frecuencia 1, al que nos acercamos asintóticamente.

### **2º- CUANDO SE PRODUCEN ACCIDENTES**

Cuando se producen accidentes el maquinista avisa al Puesto de Mando, que son centros de 24 horas, con implantación en toda la Red.

La resolución de la incidencia además del restablecimiento de la normalidad, incluye la información al público en caso de accidentes con víctimas y la investigación de los accidentes como aprendizaje dentro de la gestión proactiva de la seguridad.



### **3º- MEDIDAS DE SEGURIDAD EN TUNELES**

En caso de accidente un túnel bien construido posibilita la resolución de la incidencia.

Las actuaciones de Protección Civil en las obras singulares de nueva construcción, especialmente en las vías y estaciones subterráneas, tienen dos objetivos primordiales:

- Garantizar la evacuación en caso de incidencia.
- Facilitar el acceso de los servicios de intervención.

Nosotros consideramos que un túnel ferroviario es más seguro que una vía al aire libre.

Para la consecución de los mismos es necesario actuar sobre cada uno de los siguientes aspectos:

- Salidas de emergencia.
- Accesos, personas y vehículos, para intervención en emergencias.
- Túneles paralelos interconexionados en todos los casos que no se pueden efectuar salidas de emergencia al exterior.
- Señalización.
- Iluminación permanente, de reemplazamiento y de emergencia.
- Pasillos laterales en túneles.
- Comunicaciones.
- Ventilación.
- Protección Contra Incendios en estaciones.
- Estaciones de bombeo de achique de agua, en su caso.

Estas medidas irán reflejadas en el Plan de Emergencia, que estará implantado antes de la puesta en servicio.



#### **4º - MANTENIMIENTO**

No hay que olvidar la importancia del mantenimiento de los túneles.

Protección Civil de RENFE realiza inspecciones de mantenimiento mediante un procedimiento de calidad certificado por AENOR cumpliendo con la norma ISO 9002.

En resumen, el objetivo que se persigue es evitar el mayor número de accidentes, pero cuando se producen RENFE dispone de medios técnicos y humanos para la resolución de las incidencias que se produzcan.

Además, un túnel debe ser diseñado a nivel de anteproyecto, contemplando las medidas de protección civil y ser inspeccionado mediante un procedimiento homologado.



## PUESTOS DE MANDO (CENTROS 24 h) DE LA UN DE CIRCULACION

Los Puestos de Mando son centros 24 h que cubren toda la Red:

GERENCIAS OPERATIVAS	PUESTOS DE MANDO
MADRID	AVE Chamartin Manzanares Mérida Aranda de Duero
LEON	León Oviedo Ourense Monforte de Lemos
SEVILLA	Sevilla Córdoba Granada Málaga
VALENCIA	Valencia
BARCELONA	Barcelona Tarragona LLeida Zaragoza
MIRANDA DE EBRO	Miranda de Ebro Bilbao Santander

Los límites de las Gerencias Operativas y la ubicación de los Puestos de Mando quedan reflejados en los mapas siguientes:

**TELEFONOS 24 HORAS****CENTRO OPERATIVO**

91/314.33.56

91/314.03.66

Los Puestos de Mando son centros 24 h que cubren toda la Red:

<b>GERENCIAS OPERATIVAS</b>	<b>PUESTOS DE MANDO</b>	<b>Nº TELEFONOS</b>
MADRID	AVE Chamartin Manzanares Aranda de Duero	91/4688254 91/3159550 926/611113 947/500485
LEON	León Oviedo Ourense	987/842241 985/981221 988/369211
SEVILLA	Sevilla Córdoba Granada Málaga	95/4485418 957/402110 958/202834 95/2326230
VALENCIA	Valencia	96/3357124
BARCELONA	Barcelona Tarragona LLeida Zaragoza	93/3192788 977/239825 973/241574 976/281559
MIRANDA DE EBRO	Miranda de Ebro Bilbao Santander	947/348268 94/4233534 942/211726

1

1401.- RIAZA-BURGOS

1402.- TORRALBA-CASTEJON

1403.- VALLADOLID-ARIZA



## ANEJO 1

### **MEDIOS TÉCNICOS Y HUMANOS DE LOS PUESTOS DE MANDO (CENTROS 24 h) DE LA UN DE CIRCULACION**





Cada Puesto de Mando está dividido en bandas de regulación, atendidas por los operadores de banda. Los puestos de operadores de banda asociados a las bandas de regulación son los siguientes:

## GERENCIA OPERATIVA DE MADRID

### **P.M. AVE**

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	0101.- CAMB. ATOCHA-CIUDAD REAL
2	0102.- CIUDAD REAL-STA JUSTA

### **P.M. DE CHAMARTIN**

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	1101.- MEDIODIA-PINAR ROZAS 1103.- DELICIAS-STA CATALINA 1104.- PINAR ROZAS-CERCEDILLA
2	1102.- ESCORIAL-CORCOS
3	1111.- CHAMARTIN-RIAZA
4	1107.- MEDIODIA-PITIS-PINAR ROZAS 1110.- S.FERNANDO-PITIS
5	1105.- CERCEDILLA-MEDINA DEL CAMPO 1106.- CERCEDILLA-COTOS
6	1109.- GUADALAJARA-CALATAYUD
7	1113.- CASTILLEJO-ALCAZAR S.J.
8	1116.- FUENLABRADA-V.ALCANTARA-MARVAO B.
9	1108.- MEDIODIA-GUADALAJARA
10	1112.- MEDIODIA-TOLEDO
11	1114.- MEDIODIA-PARLA
12	1115.- MOSTOLES-FUENLABRADA

### **P.M. DE MANZANARES**

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	1201.- ALCAZAR-STA. CRUZ DE MUDELA
2	1202.- STA. CRUZ DE MUDELA-LINARES B.
3	1203.- MANZANARES-PUERTOLLANO-REFINERIA

### **P.M. DE MERIDA**

<u>Puesto</u>	<u>Banda</u>
1	1301.- PUERTOLLANO-BADAJOS-ELVAS

### **P.M. DE ARANDA**

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	1401.- RIAZA-BURGOS 1402.- TORRALBA-CASTEJON 1403.- VALLADOLID-ARIZA



## GERENCIA OPERATIVA DE LEON

### P.M. DE LEON

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	2101.- PALENCIA-LEON
2	2102.- LEON-MONFORTE DE LEMOS
3	2104.- TORAL VADOS-VILLAFRANCA B.
	2105.- MEDINA-PUEBLA DE SANABRIA
	2106.- MEDINA-VILAR FORMOSO
	2107.- AVILA-SALAMANCA

### P.M. DE OVIEDO

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	2201.- LEON-OVIEDO
	2203.- SOTO DEL REY-EL ENTREGO
2	2202.- OVIEDO-TRUBIA
	2204.- OVIEDO-GIJON CERCANIAS
	2205.- VILLABONA DE A.-S. JUAN DE N.
	2206.- SERIN-PTO. GIJON
	2207.- T. VEGUIN-LUGO LLANERA

### P. M. DE OURENSE

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	2301.- PUEBLA DE S.-OURENSE
	2302.- OURENSE-A CORUÑA
2	2303.- OURENSE-VIGO GUIXAR
	2304.- VIGO-SANTIAGO DE C.
	2305.- GUILLAREI-VALENÇA DO MINHO

### P.M. DE MONFORTE

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	2404.- BETANZOS I.-FERROL
	2403.- MONFORTE-A CORUÑA
2	2402.- MONFORTE-OURENSE



## GERENCIA OPERATIVA DE SEVILLA

### P.M. DE SEVILLA

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	3101.- LORA-MAJARABIQUE 3103.- ZAFRA-LOS ROSALES
2	3104.- LA SALUD - CADIZ
3	3108.- MAJARABIQUE-LA SALUD 3106.- BIF.TAMARGUILLO-LA SALUD 1302.- MERIDA-ZAFRA
4	3107.- ZAFRA-HUELVA MERCANCIAS 3102.- MAJARABIQUE-CAMAS 3105.- EL SORBITO-FTE PIEDRA 3109.- CAMAS-HUELVA TERMINO

### P.M. DE CORDOBA

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	3204.- LINARES B.-LORA
2	3201.- CORDOBA HIGUERON-MALAGA
3	3205.- GRANADA-BOBADILLA 3202.- BOBADILLA-ALGECIRAS 3203.- ESPELUY-JAEN

### P.M. DE GRANADA

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	3301.- LINARES B.-GRANADA
2	3302.- MOREDA-ALMERIA

### P.M. DE MALAGA

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	3401.- MALAGA ALAMEDA-FUENGIROLA
2	3206.- MALAGA-LOS PRADOS



## GERENCIA OPERATIVA DE VALENCIA

### P.M. DE VALENCIA

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	4101.- VALENCIA NORD-VANDELLOS 4105.- ALFAFAR-GRAO DE VALENCIA
2	4102.- VALENCIA NORD-FORD 4104.- SILLA-LA ENCINA 4106.- L'ALDEA-TORTOSA 4107.- XATIVA-ALCOY
3	4118.- ARANJUEZ-BUÑOL 4111.- BUÑOL-VALENCIA NORD 4112.- VARA DE Q.-RIBARROJA
4	4108.- ZARAGOZA-PUÇOL 4109.- ESTIVELLA-SAGUNTO
5	4115.- CHINCHILLA-MURCIA CARGAS 4116.- ALQUERIAS-CARTAGENA
6	4117.- ALACANT TERMINO-AGUILAS
7	4103.- SILLA-GANDIA VIAJEROS
8	4110.- ALACANT TERMINO-ALCAZAR DE S.J.



## GERENCIA OPERATIVA DE BARCELONA

### P.M. DE BARCELONA

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	5101.- BARNA SANTS-MONTCADA BIF.
2	5115.- EL PRAT-BARNA C. TUNIS 5114.- L'HOSPITALET-BARNA MORROT 5116.- BARNA SANTS-AEROPUERTO
3	5107.- BARNA SANTS-L'HOSPITALET 5104.- L'HOSPITALET-SAN VICENT DE C. 5112.- CASTELLBISBAL-MOLLET S. FOST
4	5105.- BARNA SANTS-SITGES-S.P. 5106.- SITGES-S.P.-TARRAGONA
5	5103.- BARNA SANTS-MONTCADA Y REIX
6	5113.- BARNA SAGRERA-MASSANET M.
7	5111.- MASSANET M.-CERBERE
8	5108.- MONTCADA BIF.-VIC
9	5102.- MONTCADA BIF.-LLEIDA 5109.- VIC-LA TOUR DE CAROL

### P.M. DE TARRAGONA

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	5201.- TARRAGONA-MORA LA NOVA 5201.- TARRAGONA-VANDELLOS 5203.- TARRAGONA-CONSTANTI

### P.M. DE LLEIDA

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	5301.- S.J. MOZARRIFAR-LLEIDA
2	5302.- LLEIDA- S. VICENT CALDERS 5303.- PLANA PICAMOIX-REUS 5304.- LLEIDA-LA POBLA DE SEGUR 5305.- S.J. MOZARRIFAR-SAN GREGORIO

### P.M. DE ZARAGOZA

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	2401.- MIRAFLORES-MORA LA NOVA 5405.- TARDIENTA-CANFRANC
2	5402.- CALATAYUD-RICLA 5403.- RICLA-ZARAGOZA PORTILLO
3	5404.- S.J.M.-ZARAGOZA PORTILLO



## GERENCIA OPERATIVA DE MIRANDA DE EBRO

### **P.M. DE MIRANDA**

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	6103.- CASETAS-ALTSASU
2	6107.- ALTSASU-HENDAYA
3	6101.- MIRANDA-BILBAO ABANDO 6109.- OLLARGAN-OLABEAGA
4	6104.- CORCOS-VENTA DE BAÑOS 6105.- VENTA DE BAÑOS-VITORIA 6106.- VITORIA-ALTSASU 6108.- MAGAZ-PALENCIA
5	6102.- CASTEJON-MIRANDA

### **P.M. DE BILBAO**

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	6201.- BILBAO LA NAJA-SANTURTZI 6202.- DESERTU BARAKALDO-S. J. MUSQUES

### **P. M. DE SANTANDER**

<u>Puesto</u>	<u>Bandas</u>
1	6301.- VENTA DE BAÑOS-MATAPORQUERA 6302.- MATAPORQUERA-SANTANDER



Que se resume en:

	BANDAS	PUESTOS
P.M. AVE	2	2
P.M. CHAMARTIN	16	12
P.M. MANZANARES	3	3
P.M. MERIDA	1	1
P.M. ARANDA	3	1
<b>TOTAL: G.O. MADRID</b>	<b>25</b>	<b>19</b>
P.M. LEON	6	3
P.M. OVIEDO	7	2
P.M. OURENSE	5	2
P.M. MONFORTE	3	2
<b>TOTAL: G.O. LEON</b>	<b>21</b>	<b>9</b>
P.M. SEVILLA	10	4
P.M. CORDOBA	5	3
P.M. GRANADA	2	2
P.M. MALAGA	2	2
<b>TOTAL: G.O. SEVILLA</b>	<b>19</b>	<b>11</b>
P.M. VALENCIA	16	8
<b>TOTAL: G.O. VALENCIA</b>	<b>16</b>	<b>8</b>
P.M. BARCELONA	15	9
P.M. TARRAGONA	3	1
P.M. LLEIDA	5	2
P.M. ZARAGOZA	5	3
<b>TOTAL: G.O. BARNA</b>	<b>28</b>	<b>15</b>
P.M. MIRANDA	9	5
P.M. BILBAO	2	1
P.M. SANTANDER	2	1
<b>TOTAL: G.O. MIRANDA</b>	<b>13</b>	<b>7</b>
<b>TOTAL RED:</b>	<b>122</b>	<b>69</b>



Las 122 bandas de regulación son atendidas en 69 puestos, la estructura tipo comprende los puestos de operador de banda, supervisados por los reguladores y estos a su vez por el técnico y/o Jefe de regulación. Se puede afirmar que RENFE es una de las pocas organizaciones españolas con capacidad de respuesta ante incidencias o accidentes las 24 h, todos los días del año.

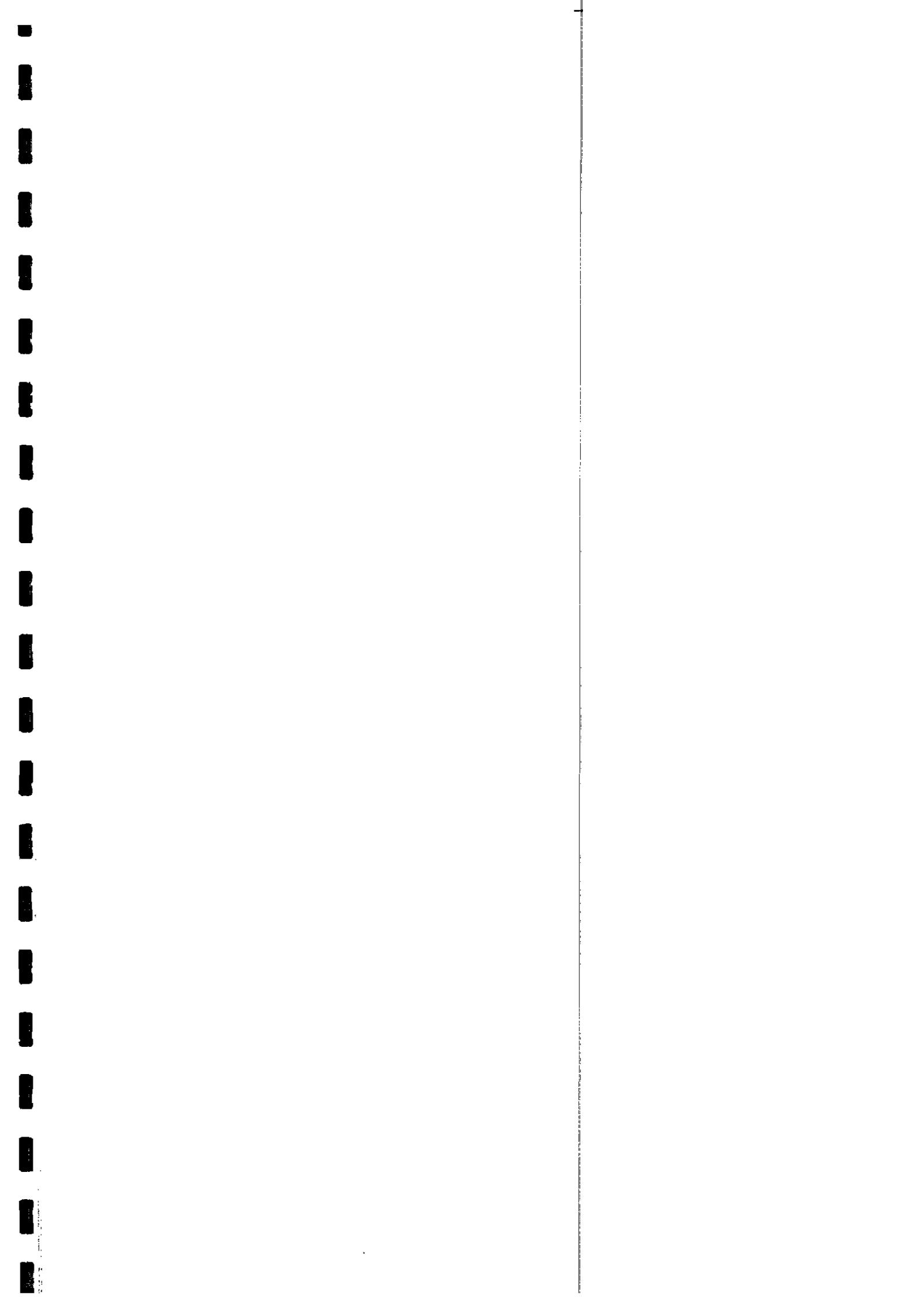
La UN de Circulación además de sus propios medios descritos anteriormente, cuenta con el apoyo de personal de otras UN's ubicados en el P.M., del Centro de Seguridad Corporativa 24 h, y de los puntos permanentes de la UN de Largo Recorrido.



## **ANEJO 2**

### **MEDIDAS DE PROTECCION CIVIL EN :**

- **TUNELES URBANOS Y ASIMILADOS**
- **ESTACIONES SUBTERRANEAS Y ASIMILADAS**





## MEDIDAS DE PROTECCION CIVIL EN TUNELES URBANOS Y ASIMILADOS

### TUNELES URBANOS Y ASIMILADOS

Las medidas de seguridad tienen dos objetivos primordiales:

- \* Garantizar la evacuación en caso de accidente o incidencia.
- \* Facilitar la intervención de los servicios públicos.

Para la consecución de los mismos es necesario actuar, acorde al Plan de Autoprotección de la Red (PAR) que se adjunta, sobre cada uno de los siguientes aspectos:

- \* **EVACUACION:**
  - Alumbrado General  
Proyectores de aluminio, con lámparas de vapor de sodio de baja presión de 35 W, cada 40 m en la misma alineación (cada 20 m en hastiales opuestos).  
Caracter de alumbrado permanente.
  - Alumbrado de reemplazamiento:  
Grupo electrógeno (con reserva de potencia para la estación).
  - Alumbrado autónomo:  
Luminarias con equipos fluorescentes de 36 W y 1 hora de autonomía, con 40 A/h de capacidad de baterías.
  - Señalización de emergencia:  
Carteles de de 700 x 500 mm., debajo de cada proyector de vapor de sodio (cada 20 m en hastiales opuestos) con sujeción especial para paso de trenes y antivandálica.
  - Pasillos de emergencia:  
Pasillos a lo largo de todo el túnel para vehículos automóviles o personas. Diseñado según la sección del túnel. Las solución de acera es una a cada lado del túnel de un ancho el menos de 0,90 m.
  - Salidas de emergencia:  
Entre 500 y 800 m. Estudio de detalle de las Estaciones intermedidas y bocas del túnel.
  - Ventilación caso incendio  
Ventilación forzada, debe funcionar mediante control remoto y manual.



\* INTERVENCION:

- Grupo de bombeo achique de agua, en su caso.  
Diseño considerando inundaciones, filtraciones, nivel freático, agua de protección contra incendios, etc.

\* INTERVENCION:

- Acceso de vehículos  
Mediante galería de acceso al túnel y acondicionamiento de las bocas del túnel.
- Plan de emergencia

Las condiciones anteriores no contemplan.

- \* Instalaciones ferroviarias (señalización, comunicaciones)
- \* Impacto de trenes a la estructura (pilares de apoyo), en su caso.
- \* Las solicitudes de los servicios públicos de extinción
- \* La problemática de las personas discapacitadas
- \* La reacción al fuego (materiales MO) y resistencia al fuego (2 horas para la curva temperatura-tiempo normalizada ISO 834).
- \* Los Riesgos Antisociales (comunicaciones, medidas contra atentados, robo, intrusión, etc.).
- \* La Prevención de Riesgos Laborales (refugios, etc.)
- \* El Transporte de Mercancías Peligrosas, (estudio de riesgos específicos, resistencia al fuego 4 h con la curva ISO 834, etc.)

Por lo cual los requisitos de construcción pueden incrementarse.

Lo citado establece los niveles mínimos de seguridad, admitiéndose por tanto características superiores, pudiendo el proyectista justificar técnica y documentalmente soluciones diferentes, cuando se juzgue su necesidad dada la singularidad del proyecto.



## MEDIDAS DE PROTECCION CIVIL EN ESTACIONES SUBTERRANEAS Y ASIMILADAS

### ESTACIONES SUBTERRANEAS Y ASIMILADAS

Las medidas de seguridad tienen dos objetivos primordiales:

- \* Garantizar la evacuación en caso de accidente o incidencia.
- \* Facilitar la intervención de los servicios públicos.

Para la consecución de los mismos es necesario actuar, acorde al Plan de Autoprotección de la Red (PAR) que se adjunta, sobre cada uno de los siguientes aspectos:

\* EVACUACION:

- Alumbrado General  
Alumbrado permanente con nivel mínimo de 5 lux y medio de 10 lux en los caminos de evacuación
- Alumbrado de reemplazamiento  
Grupo electrógeno
- Alumbrado de emergencia  
Equipos con 1 h de autonomía.
- Señalización de emergencia.
- Detección automática  
Analógica, punto a punto
- Alarma o megafonía.  
En todos los ambientes.
- Pasillos de emergencia:
- Salidas de emergencia:  
Distancia máxima a zona segura de 250 m.
- Ventilación caso incendio  
Ventilación forzada, debe funcionar mediante control remoto y manual.
- Grupo de bombeo achique de agua, en su caso.  
Diseño considerando inundaciones, filtraciones, nivel freático, agua de protección contra incendios, etc.



\* INTERVENCION:

- Acceso de vehículos
- Extintores  
De presión adosada con botellín interior, eficacia 27 A y 233 B.  
Distancia máxima a extintor de 25 m.
- Hidrantes/Bocas de Incendios Equipadas.  
Hidrantes de columna seca, dos bocas de 70 mm y una de 100 mm en su caso, cuerpo de fundición dúctil, mecanismo de accionamiento protegido contra la corrosión y tapas de seguridad roscadas.  
Bocas de Incendio Equipadas (BIE's) con manguera de 25 mm de diámetro y longitud de 20 m, y una toma de agua para conexión de una manguera de 45 mm de diámetro.  
Todo punto de la estación estará protegido por dos puntos de Hidrante y/o Boca de Incendio Equipada.
- Plan de emergencia.

Las condiciones anteriores no contemplan.

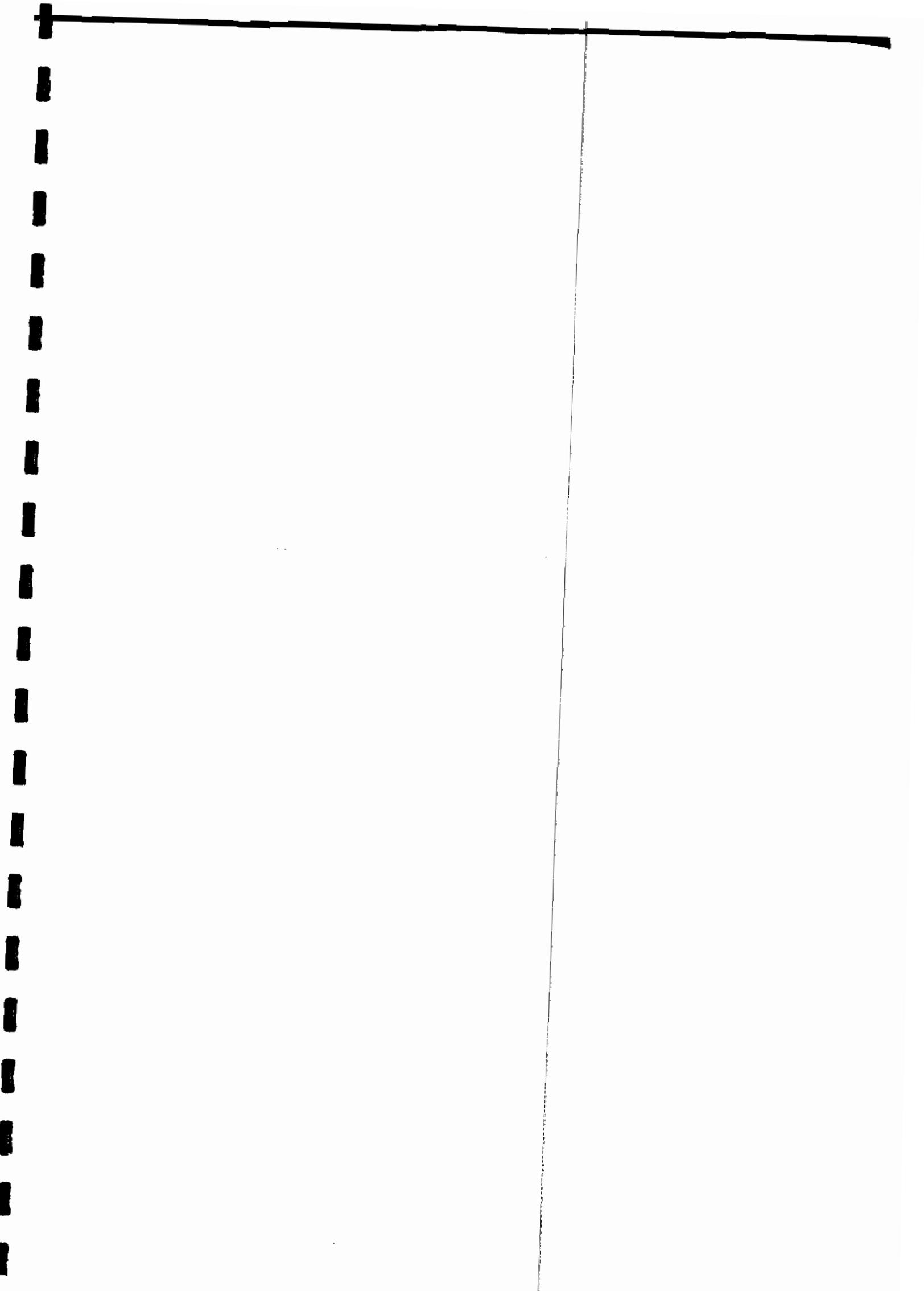
- \* Instalaciones ferroviarias, (señalización, comunicaciones)
- \* Impacto de trenes a la estructura (pilares de apoyo).
- \* Las solicitudes de los servicios públicos de extinción.
- \* La problemática de las personas discapacitadas.
- \* La reacción al fuego (materiales MO) y resistencia al fuego (2 horas para la curva temperatura-tiempo normalizada ISO 834).
- \* Los Riesgos Antisociales (comunicaciones, medidas contra atentados, robo, intrusión, etc.).
- \* La Prevención de Riesgos Laborales (refugios, etc.)
- \* El Transporte de Mercancías Peligrosas, (estudio de riesgos específicos, resistencia al fuego 4 h con la curva ISO 834, etc.)

Por lo cual los requisitos de construcción pueden incrementarse.

Lo citado establece los niveles mínimos de seguridad, admitiéndose por tanto características superiores, pudiendo el proyectista justificar técnica y documentalmente soluciones diferentes, cuando se juzgue su necesidad dada la singularidad del proyecto.

## **ANEJO 3**

### **PROCEDIMIENTO DE INSPECCION DE EVACUACION**



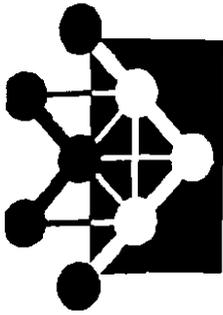


## INDICE

- 1.- OBJETO
- 2.- CAMPO DE APLICACIÓN
- 3.- PROGRAMACION
  - 3.1.- Elaboración del Programa Anual de Inspecciones
  - 3.2.- Visitas fuera de programa
- 4.- SELECCION DE TUNELES
- 5.- PREPARACION DE LA INSPECCION
  - 5.1.- Designación del inspector
  - 5.2.- Medios y útiles de inspección
  - 5.3.- Comunicación de la visita de inspección
- 6.- DESARROLLO DE LA INSPECCION
  - 6.1.- Inspección de elementos e instalaciones de evacuación de túneles
  - 6.2.- Resultados de la inspección
- 7.- TRATAMIENTO DE RESULTADOS
  - 7.1.- Tramitación de anomalías
  - 7.2.- Seguimiento de correcciones de anomalías
  - 7.3.- Documentación

### ANEXOS:

- A1: Modelo de inspección de elementos e instalaciones de evacuación de túneles
- A2: Modelo de anexo a inspección de elementos e instalaciones de evacuación de túneles
- A3: Modelo de comunicación de anomalías



**CIRCULACION  
RENFE**



*Dirección de Protección Civil  
y Seguridad en la Circulación*

**PLAN DE ACCION  
DE  
SEGURIDAD EN LA CIRCULACION**

**PROCEDIMIENTO  
DE  
INSPECCION  
DE EVACUACION DE TUNELES**



## **1.- OBJETO**

Este procedimiento recoge los requisitos para llevar a cabo las visitas de inspección a los elementos e instalaciones de evacuación de túneles de la Red, a fin de comprobar su estado de mantenimiento y eficacia operativa.

## **2.- CAMPO DE APLICACIÓN**

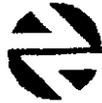
Será de aplicación en todas las visitas de inspección realizadas a los túneles, en el ámbito de cada una de las Gerencias Operativas.

## **3.- PROGRAMACION**

### **3.1. Elaboración del Programa Anual de Inspección.**

Anualmente, la Dirección de Protección Civil y Seguridad en la Circulación establecerá para el siguiente año, entre las propuestas presentadas por las Jefaturas de Protección Civil y Seguridad en la Circulación, un número mínimo de inspecciones a realizar por cada Gerencia Operativa.

Las Jefaturas de Protección Civil y Seguridad en la Circulación procurarán distribuir las inspecciones de forma uniforme a lo largo del año, evitando la concentración de un período determinado. Estas Jefaturas establecerán los programas de ejecución siguiendo las directrices marcadas en la reunión anual, convocada a tal efecto por la Dirección de Protección Civil y Seguridad en la Circulación.



### **3.2. Visitas fuera de programa**

Además de las visitas incluidas en el programa Anual de Inspecciones, los Jefes de Protección Civil y Seguridad en la Circulación podrán realizar inspecciones cuando:

- Se hayan producido acciones o modificaciones en los elementos e instalaciones de evacuación, o que las circunstancias así lo requieran.
- Para verificar la implantación de acciones correctoras, consecuencia de denuncias anteriores.

### **4.- SELECCIÓN DE TUNELES**

Durante la primera quincena del mes de Octubre, los Jefes de Protección Civil y Seguridad en la Circulación seleccionarán y propondrán los túneles a inspeccionar, siguiendo las directrices marcadas y sus propios criterios, fundamentados en obtener el conocimiento más completo de la situación operativa de los elementos e instalaciones de evacuación de los mismos.

Como criterios preferentes en la selección, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Naturaleza e importancia del túnel a inspeccionar y elementos e instalaciones de evacuación con los que cuenta.
- Tiempo transcurrido desde la última inspección.



- Resultado de la inspección anterior.
- Respuesta de la UN responsable del mantenimiento, a las anomalías detectadas en inspecciones anteriores.
- Directrices de la Dirección de Protección Civil y Seguridad en la Circulación.

Los túneles a inspeccionar estarán definidos por su nombre o tramos entre estaciones consecutivas, es decir a los efectos de este procedimiento, la longitud máxima del túnel será la comprendida entre dos estaciones. La inspección se referirá al conjunto de los elementos e instalaciones de evacuación del mismo, aunque la duración de aquella se prorrogue durante varios días consecutivos.

## **5.- PREPARACION DE LA INSPECCION**

### **5.1. Designación del Inspector**

Se realizará a criterio del Jefe de Protección Civil y Seguridad en la Circulación correspondiente. Se tendrán en cuenta la especialización y experiencia de los distintos agentes para designar el más indicado, siendo indispensable para la realización de esta acción, el adecuado conocimiento de las disposiciones aplicables al estado de los elementos e instalaciones de evacuación, objeto de inspección.

Entre los requisitos, es aconsejable que posean los siguientes:

- Experiencia personal:
  - Un año en actividades relacionadas con Protección Civil.



- Conocimientos específicos en:
  - Haber asistido como mínimo a un curso específico sobre elementos e instalaciones de evacuación de túneles
- Perfil personal:
  - Objetividad
  - Imparcialidad
  - Capacidad y rigor de análisis

## 5.2. Medios y útiles de inspección

El inspector seleccionará los medios de previsible aplicación en el desarrollo de la inspección, comprobando el correcto estado y funcionalidad de los mismos, prestando atención en los casos que proceda, a normativa.

Asimismo, se deberá recoger y analizar la información previa necesaria, entre la que cabe destacar:

- Listado de elementos e instalaciones que el túnel tiene en dotación.
- Informes de la inspección anterior.
- Informe de comunicación de anomalías de la última inspección.
- Si lo hubiere, informe de la previsión de corrección de anomalías detectadas en la inspección anterior.



### 6.1. Inspección de elementos e instalaciones de evacuación de túneles

El modelo de inspección del anexo 1, consta de dos apartados relativos a cada uno de los siguientes elementos e instalaciones objeto de inspección:

- I. Accesos de emergencia
- II. Alumbrado

Cada uno de estos apartados está recogido de forma independiente, de manera que en cada visita se utilizarán tan solo aquellas hojas que se correspondan con los elementos e instalaciones de evacuación existentes en el túnel inspeccionado.

En ningún caso el modelo de inspección, en todas sus fórmulas, será modificado o manipulado, debiéndose seguir para su cumplimentación las instrucciones siguientes:

- Los resultados del examen de los distintos puntos de inspección debe consignarse con un cuadro en negro (■), debajo de la letra correspondiente, con arreglo al siguiente código:
  - C: Correcto para su uso
  - I: Incorrecto para su uso
- Cuando el punto de inspección, dentro del mismo apartado, no sea aplicable al túnel visitado, el inspector consignará un cuadro en negro (■), debajo de la letra N.



### 5.3. Comunicación de la visita de inspección

Siempre que sea posible, la visita de inspección a un túnel deberá realizarse en presencia de personal de la UN responsable.

## 6.- DESARROLLO DE LA INSPECCION

Para la toma de datos durante la visita de inspección de elementos e instalaciones de evacuación de túneles, se utilizarán las hojas que corresponda del MODELO DE INSPECCION DE ELEMENTOS E INSTALACIONES DE EVACUACION DE TUNELES, recogidas en el anexo 1.

Durante la inspección se tendrán en cuenta los aspectos siguientes:

- Aunque sea evidente, es necesario advertir que la relación explícita de conceptos recogidos en el informe, no tiene carácter restrictivo respecto del conjunto de prescripciones que establecen la norma en vigor, y solo pretende servir de ayuda al inspector, por lo que éste podrá ampliar cualquier área tanto como considere oportuno.
- Se considerarán solamente evidencias objetivas y contrastadas, evitando dar explicaciones dudosas o subjetivas.
- Excepcionalmente y tan solo en los casos en que el número de elementos homogéneos a inspeccionar sea elevado, (mayor de 10), se podrá, a juicio del inspector, realizar la inspección por muestreo del 20% de los elementos de la dotación.

La inspección por muestreo se llevará a cabo para conocer la situación del conjunto de elementos, examinando un determinado número de éstos, escogidos de forma aleatoria.



Necesario reforzar el proceso de acciones correctoras con la comunicación de anomalías a las Jefaturas afectadas.

En caso afirmativo, establecerá el documento denominado COMUNICACIÓN DE ANOMALIAS del anexo 3. La Jefatura de Protección Civil y Seguridad en la Circulación trasladará al apartado "Anomalías detectadas" las que estime oportunas de las recogidas en los apartados de inspección, relacionando las Jefaturas afectadas y los datos de identificación de la inspección. Acto seguido firmará los 3 ejemplares del modelo COMUNICACIÓN DE ANOMALIAS, remitiendo los números 1 y 2 a las Jefaturas afectadas y conservando el número 3 como copia de seguridad.

Las Jefaturas afectadas deberán acusar recibo de la comunicación de anomalías, devolviendo el ejemplar número 1 a la Jefatura de Protección Civil y Seguridad en la Circulación, haciendo constar en el apartado "Corrección de anomalías", las medidas correctoras previstas por dichas Jefaturas. No se aceptarán como correctos, aquellos informes tan solo firmados o sellados

## **7.2. Seguimiento de las correcciones de anomalías**

Los Jefes de Protección Civil y Seguridad en la Circulación llevarán a cabo el seguimiento del cierre de las acciones correctoras que podrán realizar expresamente o en próximas inspecciones, debiendo dejar constancia de esta acción en los modelos correspondientes, tal y como si de una nueva inspección se tratara, señalando expresamente las anomalías repetitivas por falta de corrección.



- En aquellos puntos en los que la inspección conlleve una referencia o descripción del elemento o su emplazamiento, se expondrá de la forma más concisa y precisa posible. Cada capítulo consta de un espacio de observaciones, destinado a recoger cualquier información adicional que el inspector estimase oportuno añadir, para una mejor descripción de la anomalía detectada.
- Si el inspector lo estima conveniente, en función de las anomalías detectadas, complementará la toma de datos con el informe o información gráfica, fotográfica, croquis, etc., que ayude a describir y precisar las anomalías apreciadas. Para incorporar esta información a los apartados de inspección, se ha previsto un MODELO DE ANEXO A INSPECCION PARA LA "INFORMACION SOBRE ANOMALIAS", que se incluye en el anexo 2.

## 6.2. Resultados de la inspección

Concluida la visita, el inspector o inspectores procederán a formalizar los modelos de inspección, consignando sus nombres y firmando en las casillas, al pie de las páginas utilizadas. Estos modelos y anexos, si lo hubiere, se entregarán debidamente cumplimentados a la Jefatura de Protección Civil y Seguridad en la Circulación

## 7.- TRATAMIENTO DE RESULTADOS

### 7.1. Tramitación de anomalías.

A la vista de los resultados de la inspección, la Jefatura de Protección Civil y Seguridad en la Circulación determinará si es conveniente o



### 7.3. Documentación

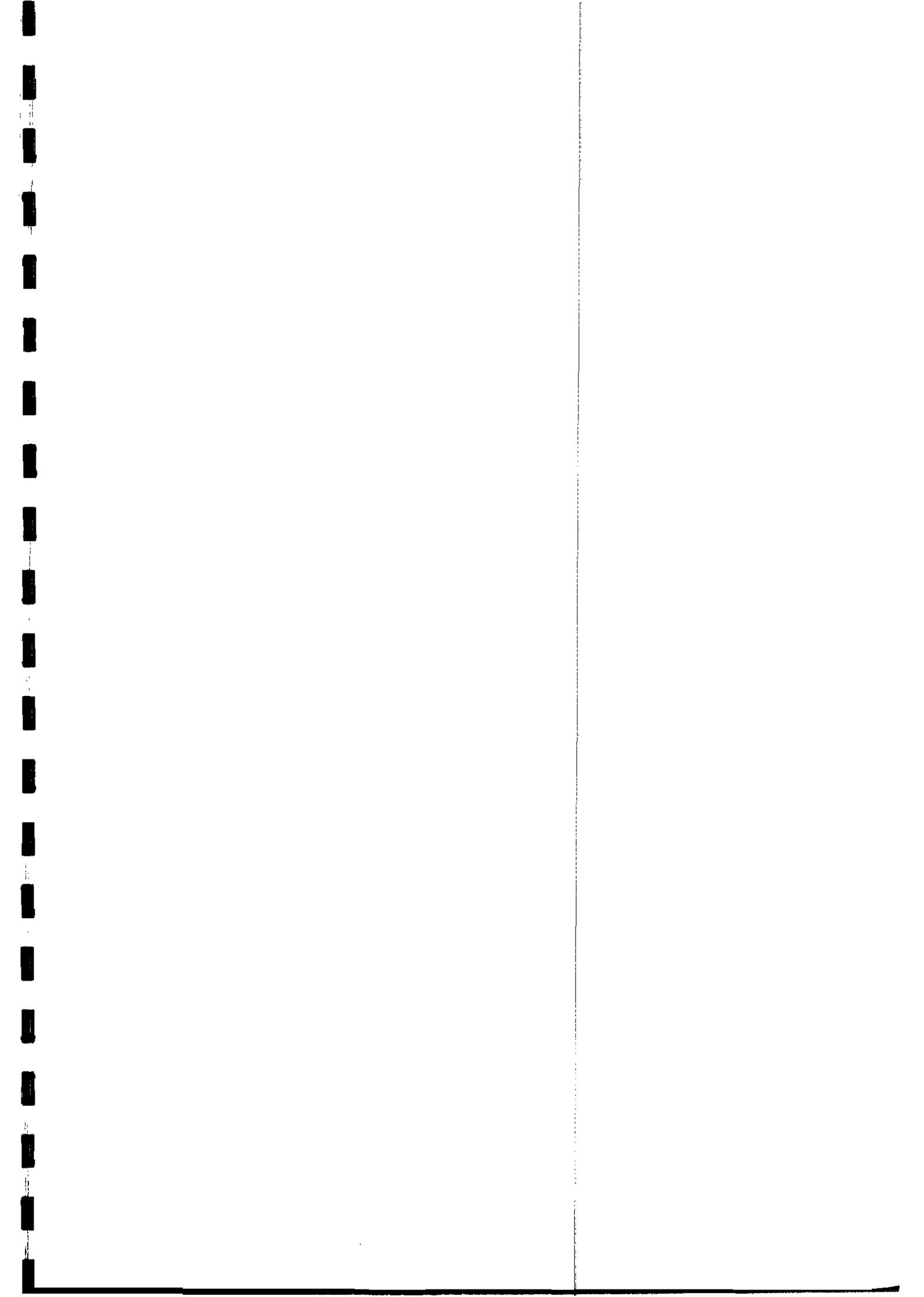
Cada Jefatura de Protección Civil y Seguridad en la Circulación enviará a la Jefatura afectada los originales de los modelos siguientes:

- Modelo de inspección (apartados I a II, según correspondan). Anexo 1.
- Anexo a inspección para la información de anomalías (si se establece). Anexo 2.
- Comunicación de anomalías (ejemplares 1,2,). Anexo 3.

Y copia a:

- Vocal de la Comisión de Protección Civil de la UN afectada.
- Gerencia de Protección Civil

Las Jefaturas de Protección Civil y Seguridad en la Circulación serán los responsables de mantener archivo por un periodo mínimo de tres años, de los documentos utilizados en cada visita y definidos en el presente procedimiento. Estos documentos deberán tener firma original de los responsables indicados en los mismos





**CIRCULACION  
RENFE**



*Dirección de Protección Civil  
y Seguridad en la Circulación*

**PLAN DE ACCION DE  
SEGURIDAD EN LA CIRCULACION**

**PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE  
EVACUACION DE TUNELES**

**Referencia: PAPC/MP/ET**

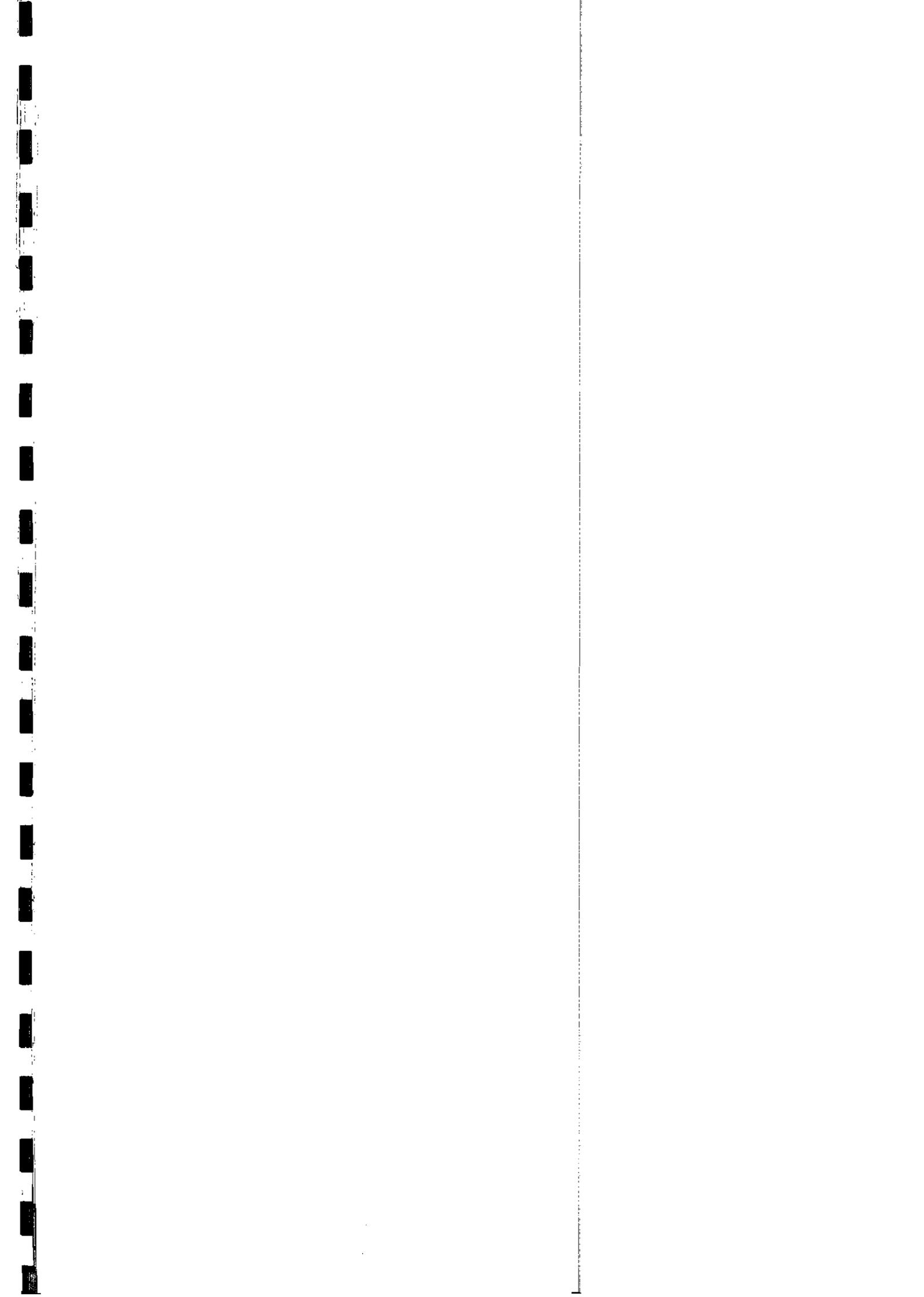
**Edición: B**

**Revisión: 0**

**Página 11/19**

## **ANEXO 1**

### **MODELO DE INSPECCION DE ELEMENTOS E INSTALACIONES DE EVACUACION DE TUNELES**





**CIRCULACION  
RENFE**



**INSPECCION DE EVACUACION  
DE TUNELES**

*Dirección de Protección Civil  
Y Seguridad en la Circulación*

**JEFATURA DE PROTECCION CIVIL Y SEGURIDAD EN  
LA CIRCULACION DE \_\_\_\_\_**

**Túnel visitado:**

**Fecha:**

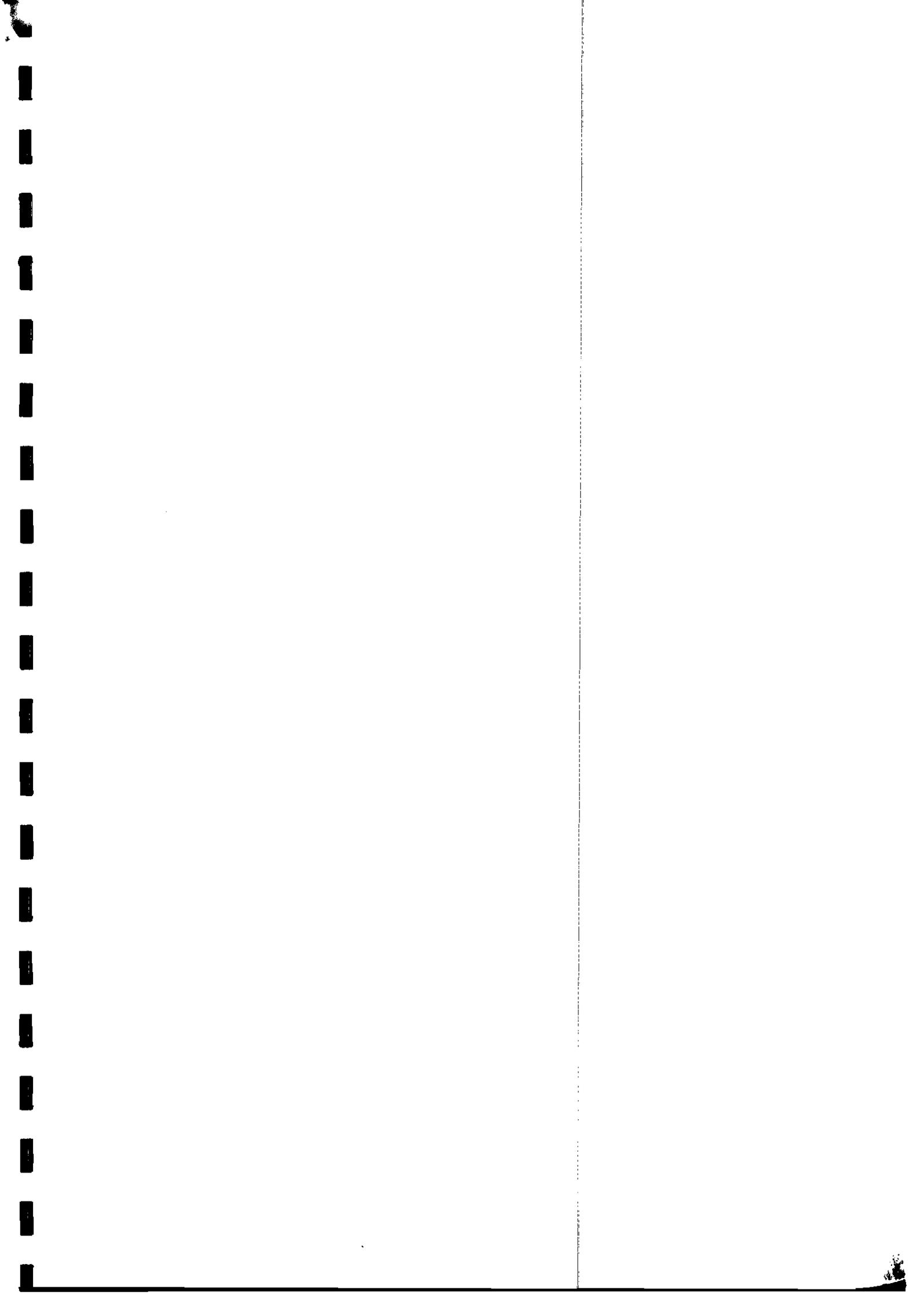
**I. ACCESOS DE EMERGENCIA**

	Nº	C	I	N
<b>I.1. Número de salidas/entradas de emergencia en el túnel:</b>				
<b>I.2. Señalización:</b>				
I.2.1. Indicadas en su totalidad		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.2.2. La indicación es adecuada		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>I.3. Comprobación del correcto funcionamiento de las puertas de emergencia :</b>				
I.3.1. Exteriores		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.3.2. Interiores		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.3.3. Especificar, en su caso, número y situación de puertas de Emergencia con funcionamiento incorrecto	---			<input type="checkbox"/>
<b>I.4. Teléfonos cabeza-cola</b>				
I.4.1. Funcionan todos correctamente		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.4.2. Se observa la falta de elementos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.4.3. Especificar en su caso, número y situación de averías o faltas	---			<input type="checkbox"/>
<b>I.5. Estado general de las salidas/entradas de emergencia:</b>				
I.5.1. Despejadas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.5.2. Estado de conservación		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.5.3. Barandillas y protecciones		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.5.4. Conexiones eléctricas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.5.5. Montacargas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**OBSERVACIONES:**

**Inspector/es:**

**Firmas:**





**CIRCULACION  
RENFE**



**INSPECCION DE EVACUACION  
DE TUNELES URBANOS**

*Dirección de Protección Civil  
Y Seguridad en la Circulación*

**JEFATURA DE PROTECCION CIVIL Y SEGURIDAD EN  
LA CIRCULACION DE \_\_\_\_\_**

Túnel visitado:

Fecha:

**II. ALUMBRADO**

N° C I N

**II.1. Alumbrado en el túnel**

**II.1.1. Alumbrado permanente:**

- II.1.1.1. Número de luminarias de la instalación ---
- II.1.1.2. Número de luminarias averiadas ---
- II.1.1.3. Número de luminarias que faltan ---
- II.1.1.4. Iluminación alternativa

**II.1.2. Alumbrado de emergencia:**

- II.1.2.1. Funcionamiento al faltar el alumbrado permanente y en su caso, el alternativo
- II.1.2.2. Número de puntos de luz de la instalación ---
- II.1.2.3. Número de puntos de luz averiados ---
- II.1.2.4. Número de focos averiados ---
- II.1.2.5. Número de focos que faltan ---
- II.1.2.6. Permite la localización de salidas de emergencia

**II.1.3. Alumbrado alternativo (si existe)**

- II.1.3.1. Actuación

**II.2. Alumbrado en Accesos de Emergencia:**

- II.2.1. Comprobación de todos los puntos de luz
- II.2.2. Número de focos averiados ---
- II.2.3. Número de focos que faltan ---
- II.2.4. Permiten la utilización de la salida/entrada de emergencia sin Peligro

**II.3. Estado general de la instalación:**

- 

**OBSERVACIONES:**

Inspector/es:

Firmas:





**CIRCULACION  
RENFE**



*Dirección de Protección Civil  
y Seguridad en la Circulación*

**PLAN DE ACCION DE  
SEGURIDAD EN LA CIRCULACION**

**PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN  
DE EVACUACION DE TUNELES**

Referencia: PAPC/MP/ET

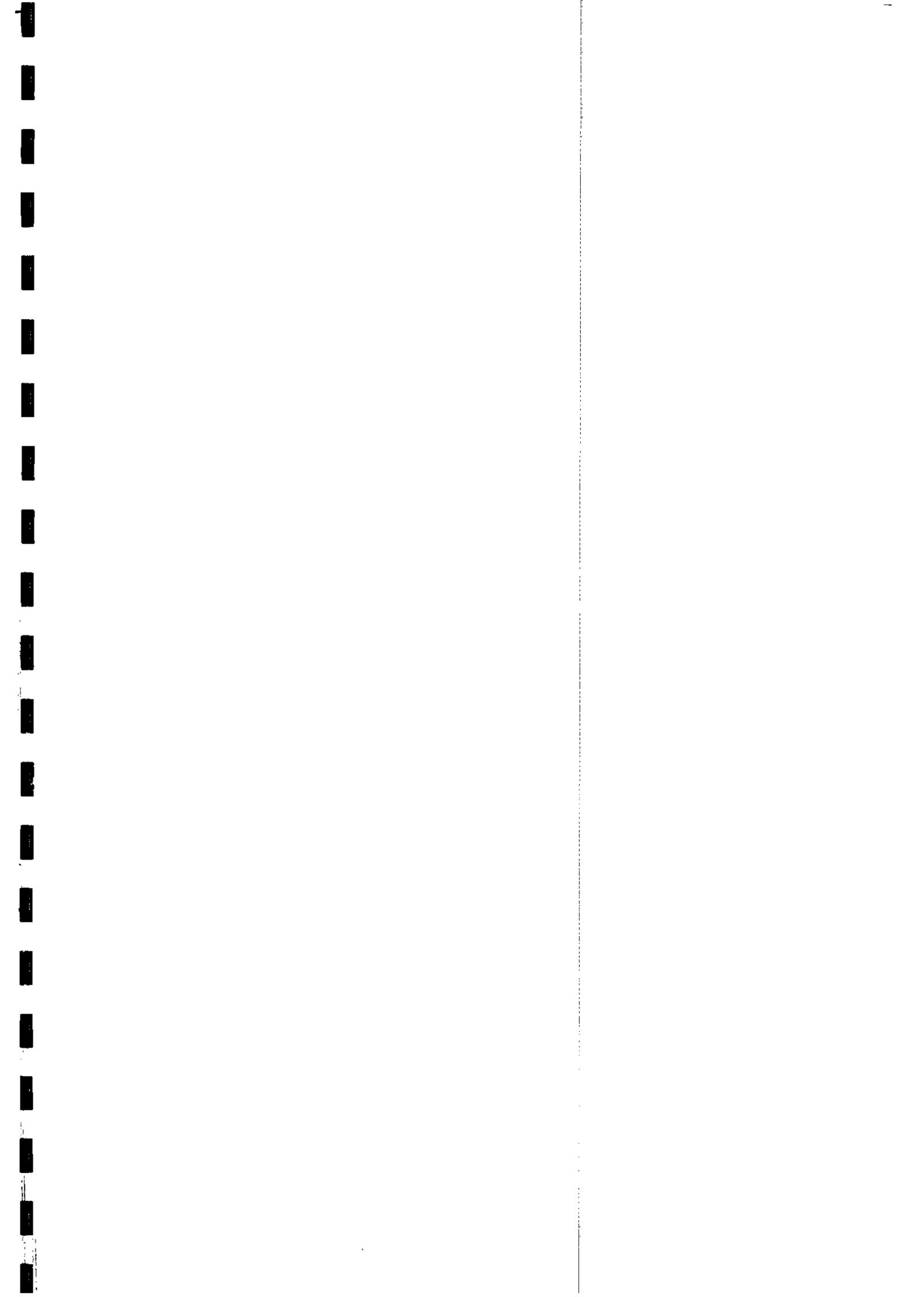
Edición: B

Revisión: 0

Página: 14/19

## **ANEXO 2**

**MODELO DE ANEXO A INSPECCION PARA LA  
"INFORMACION SOBRE ANOMALIAS"**





CIRCULACION  
RENFE



ANEXO A INSPECCION DE  
EVACUACION DE TUNELES

Hoja:

--- de ---

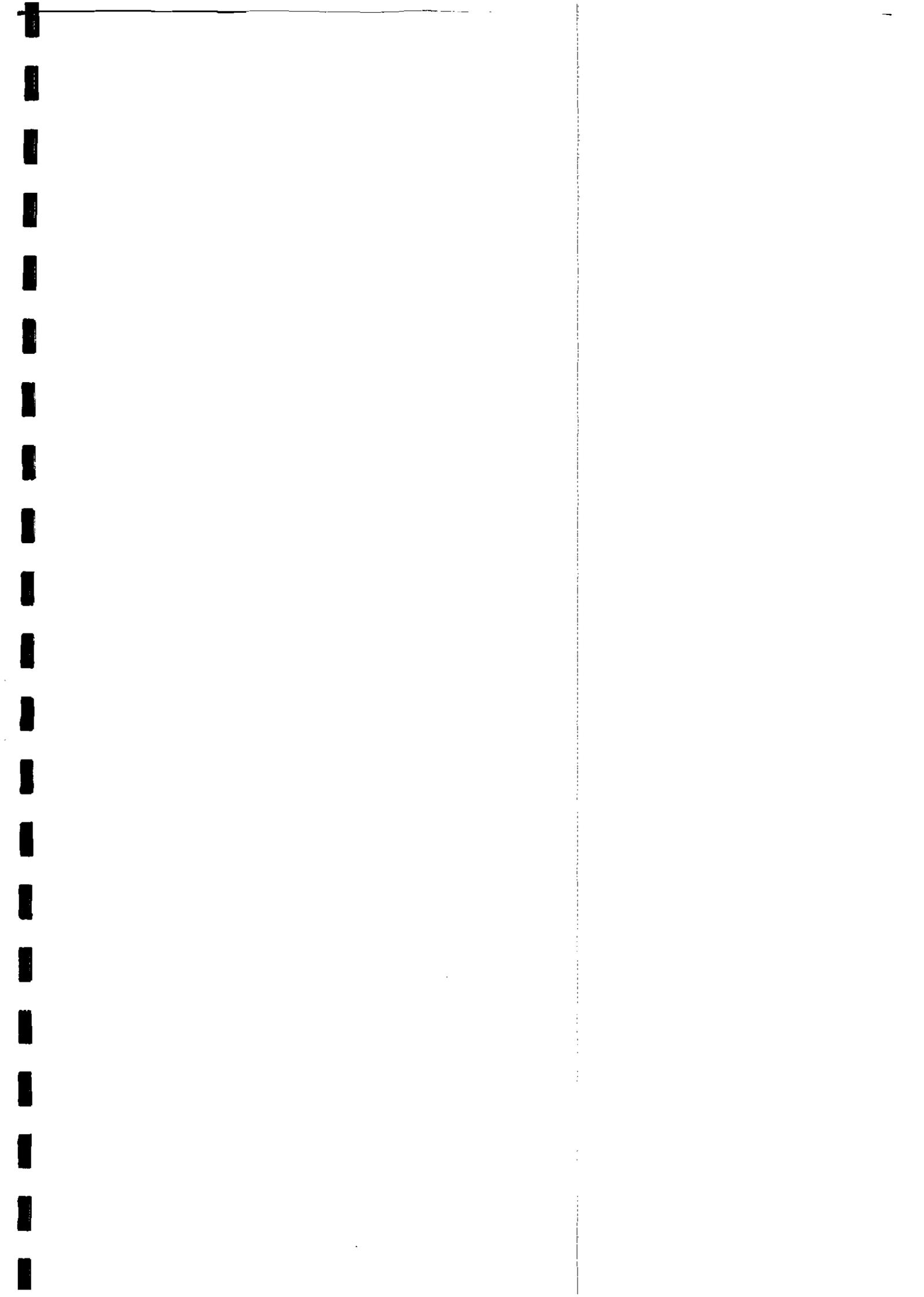
*Dirección de Protección Civil  
y Seguridad en la Circulación*

JEFATURA DE PROTECCION CIVIL Y SEGURIDAD EN  
LA CIRCULACION DE \_\_\_\_\_

Lugar de la Inspección:

Fecha:

**INFORMACION SOBRE ANOMALIAS**





**CIRCULACION  
RENFE**



*Dirección de Protección Civil  
y Seguridad en la Circulación*

**PLAN DE ACCION DE  
SEGURIDAD EN LA CIRCULACION**

**PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN  
DE EVACUACION DE TUNELES**

Referencia: PAPC/MP/ET

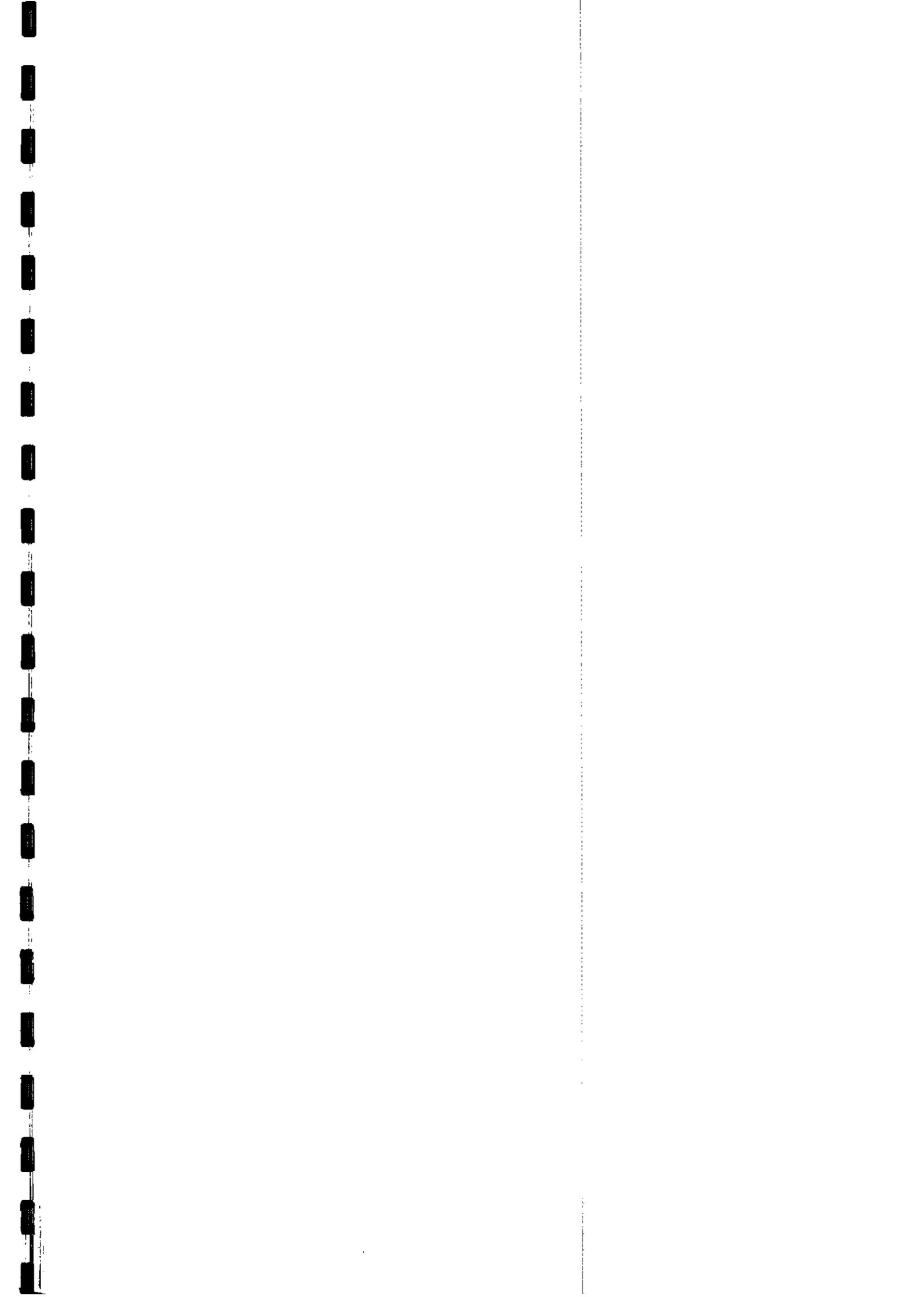
Edición: 8

Revisión: 0

Página: 16/19

### **ANEXO 3**

## **MODELO DE COMUNICACIÓN DE ANOMALIAS**





CIRCULACION  
RENFE



*Dirección de Protección Civil  
y Seguridad en la Circulación*

VISITAS DE INSPECCION

Ejemplar  
Nº: 1

COMUNICACION DE ANOMALIAS

JEFATURA DE PROTECCION CIVIL Y SEGURIDAD EN  
LA CIRCULACION DE \_\_\_\_\_

EJEMPLAR PARA DEVOLVER A LA JEFATURA DE PROTECCION CIVIL Y SEGURIDAD EN LA CIRCULACION

**IDENTIFICACION DE LA INSPECCION**

Lugar de la Inspección:

Fecha:

**JEFATURAS AFECTADAS**

**COMUNICADO**

De acuerdo con el Procedimiento establecido por la Dirección de Protección Civil y Seguridad en la Circulación, le relaciono las anomalías detectadas durante la inspección referenciada, que dan lugar a una situación cuya incidencia en la Seguridad, precisa de acciones correctoras por su parte. Deberá devolver el ejemplar nº 1 con las medidas correctivas previstas y el "enterado" de esta Comunicación.

**ANOMALIAS DETECTADAS**

**CORRECCION DE ANOMALIAS (a cumplimentar por la Jefatura afectada)**

JEFATURA DE P.C. Y S.C.

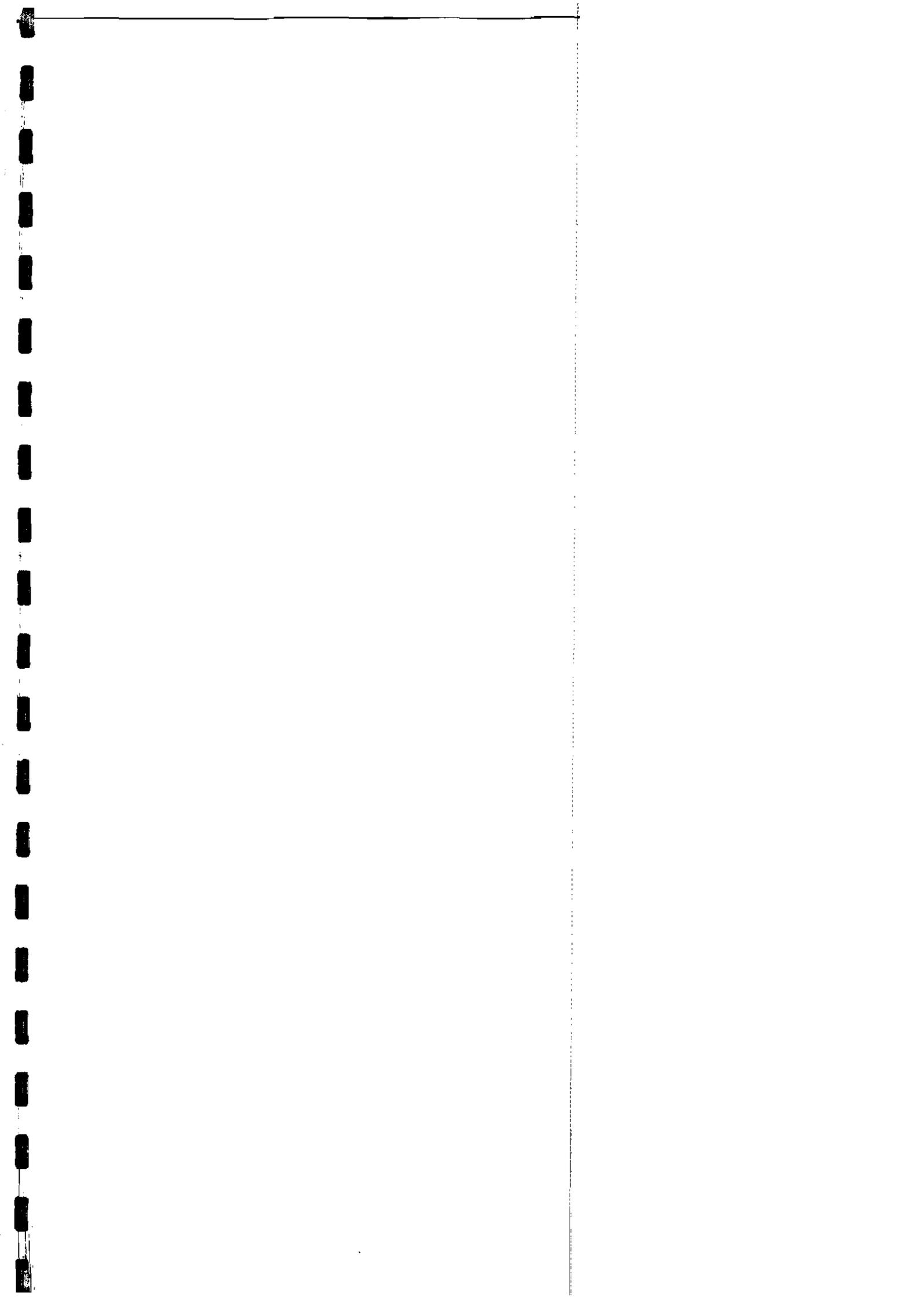
JEFATURA AFECTADA

Firma:

Enterado:

Fecha:

Fecha:





CIRCULACION  
RENFE



*Dirección de Protección Civil  
y Seguridad en la Circulación*

VISITAS DE INSPECCION

Ejemplar  
Nº: 2

COMUNICACION DE ANOMALIAS

JEFATURA DE PROTECCION CIVIL Y SEGURIDAD EN  
LA CIRCULACION DE \_\_\_\_\_

**IDENTIFICACION DE LA INSPECCION**

Lugar de la Inspección:

Fecha:

**JEFATURAS AFECTADAS**

**COMUNICADO**

De acuerdo con el Procedimiento establecido por la Dirección de y Protección Civil y Seguridad en la Circulación, le relaciono las anomalías detectadas durante la inspección referenciada, que dan lugar a una situación cuya incidencia en la Seguridad, precisa de acciones correctoras por su parte. Deberá devolver el ejemplar nº 1 con las medidas correctivas previstas y el "enterado" de esta Comunicación.

**ANOMALIAS DETECTADAS**

**CORRECCION DE ANOMALIAS (a cumplimentar por la Jefatura afectada)**

JEFATURA DE P.C. Y S.C.

JEFATURA AFECTADA

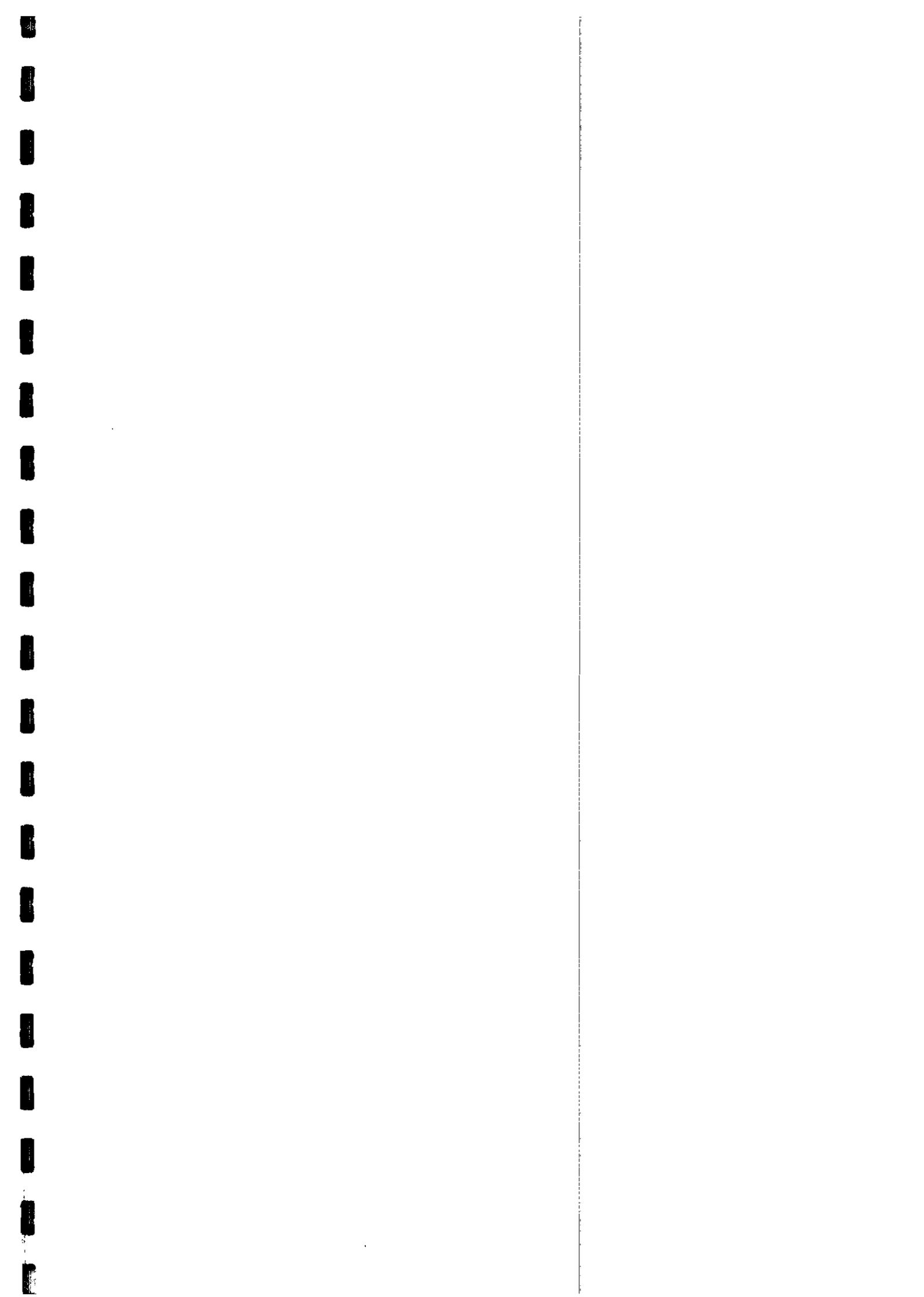
Firma:

Enterado:

Fecha:

Fecha:

EJEMPLAR PARA LA JEFATURA AFECTADA





CIRCULACION  
RENFE



*Dirección de Protección Civil  
y Seguridad en la Circulación*

VISITAS DE INSPECCION

Ejemplar  
Nº: 3

COMUNICACION DE ANOMALIAS

JEFATURA DE PROTECCION CIVIL Y SEGURIDAD EN  
LA CIRCULACION DE \_\_\_\_\_

**IDENTIFICACION DE LA INSPECCION**

Lugar de la Inspección:

Fecha:

**JEFATURAS AFECTADAS**

**COMUNICADO**

De acuerdo con el Procedimiento establecido por la Dirección de Protección Civil y Seguridad en la Circulación, le relaciono las anomalías detectadas durante la inspección de referenciada, que dan lugar a una situación cuya incidencia en la Seguridad, precisa de acciones correctoras por su parte. Deberá devolver el ejemplar nº 1 con las medidas correctivas previstas y el "enterado" de esta Comunicación.

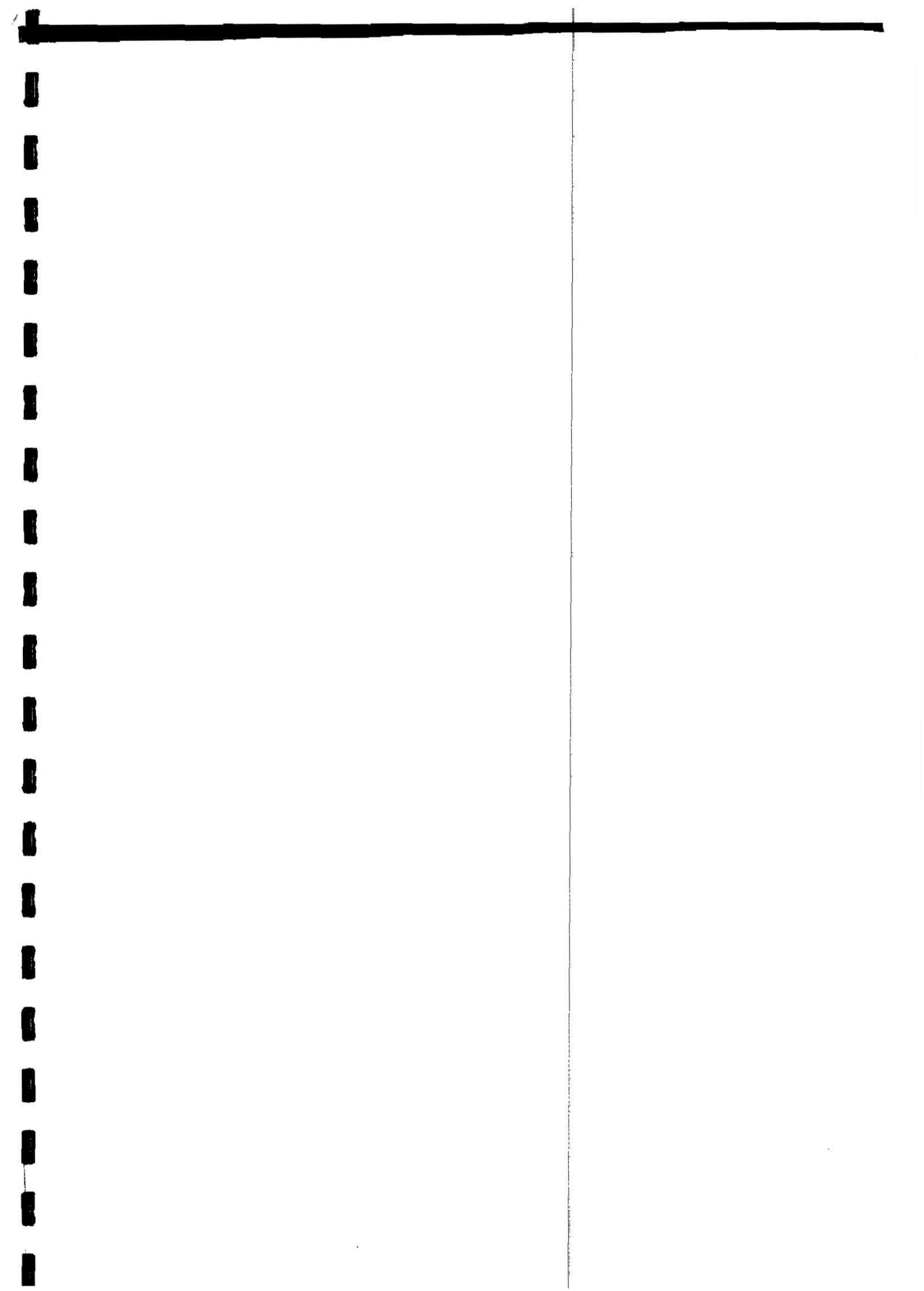
**ANOMALIAS DETECTADAS**

**JEFATURA DE P.C. Y S.C.**

Firma:

Fecha:

RESGUARDO PARA LA JEFATURA DE PROTECCION CIVIL Y SEGURIDAD EN LA CIRCULACION

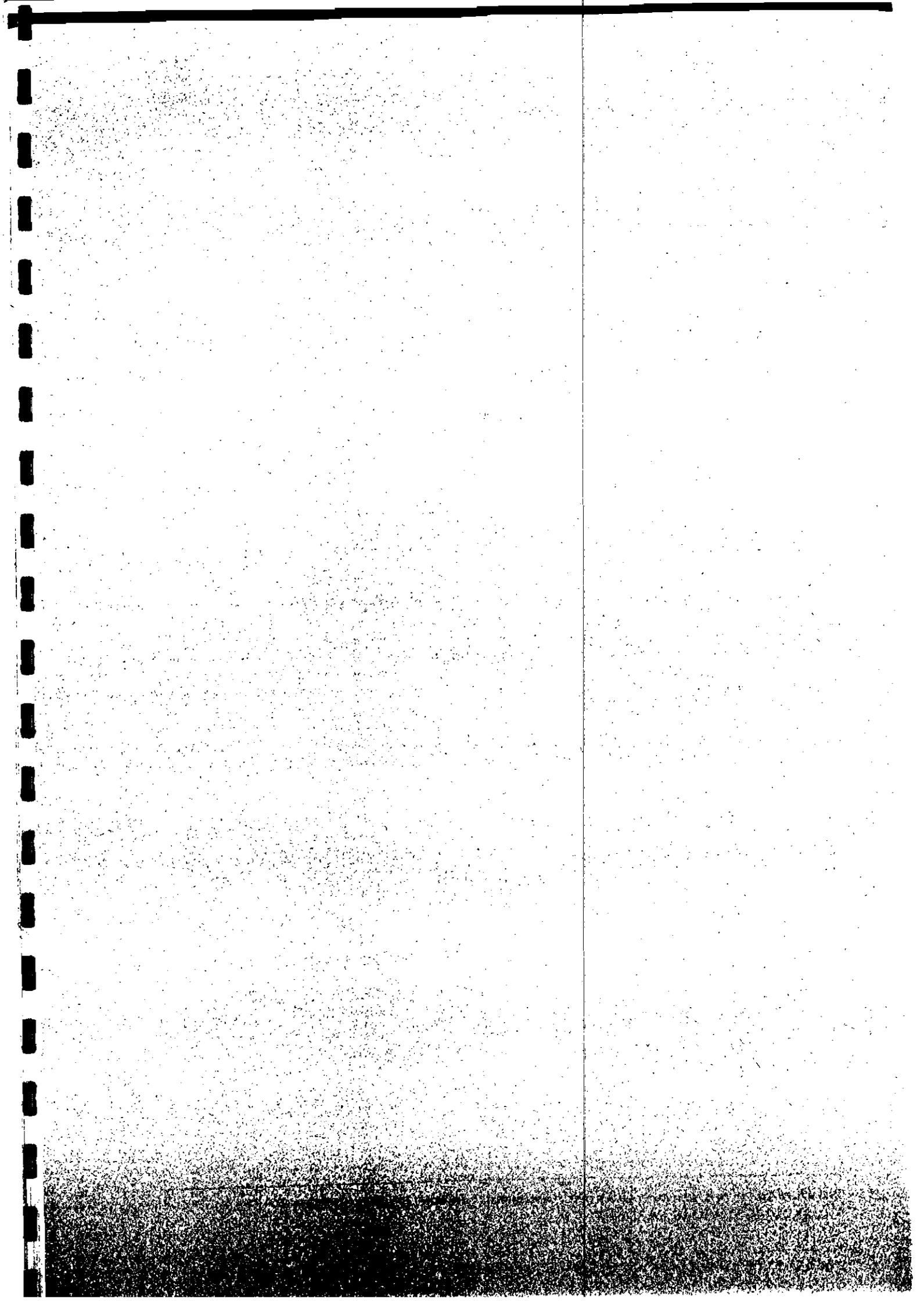




**PROBLEMÁTICA EN LAS  
INTERVENCIONES DEL  
CUERPO DE BOMBEROS DE  
LA COMUNIDAD DE MADRID  
EN LOS TÚNELES DE LA  
REGIÓN**

ANDRES VIEITEZ MARTIN

OFICIAL DEL CUERPO DE BOMBEROS  
COMUNIDAD DE MADRID





<b>10.1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>10.2. ANÁLISIS DEL RIESGO</b> .....	<b>2</b>
<b>10.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES</b> .....	<b>4</b>
10.3.1. SITUACIÓN.....	4
10.3.2. DIMENSIONES.....	4
10.3.3. VENTILACIÓN.....	4
10.3.4. SEGURIDAD ACTIVA Y PASIVA.....	4
<b>10.4. PLAN DE AUTOPROTECCIÓN</b> .....	<b>5</b>
10.4.1. MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	5
10.4.2. EQUIPOS DE PRIMERA INTERVENCIÓN.....	6
10.4.3. AYUDA EXTERNA.....	6
10.4.4. CENTRO DE CONTROL.....	6
<b>10.5. PROCEDIMIENTOS DE INTERVENCIÓN</b> .....	<b>6</b>
10.5.1. CONTROL DEL TRÁFICO.....	7
10.5.2. EQUIPOS DE PRIMERA INTERVENCIÓN.....	8
10.5.3. PROTECCIÓN ACTIVA.....	8
10.5.4. PROCEDIMIENTOS DE INTERVENCIÓN - SERVICIOS EXTERNOS.....	8
<b>10.6. DIRECCIÓN Y COORDINACIÓN</b> .....	<b>9</b>
10.6.1. EL CENTRO DE COORDINACIÓN OPERATIVA.....	9
10.6.2. GRUPOS INTERVINIENTE.....	10
10.6.2.1. <i>Puesto de Mando Avanzado:</i> .....	10
10.6.2.2. <i>Grupo de Seguridad:</i> .....	11
10.6.2.3. <i>Grupo Sanitario:</i> .....	12
10.6.2.4. <i>Grupo de Intervención:</i> .....	12
10.6.2.5. <i>Grupos de Apoyo Logístico:</i> .....	13
10.6.2.6. <i>Grupo de Apoyo Técnico:</i> .....	13
<b>10.7. MANTENIMIENTO OPERATIVO</b> .....	<b>13</b>
<b>10.8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>15</b>



## 10.1. INTRODUCCIÓN

Los túneles, debido a sus características constructivas, añaden una serie de dificultades a siniestros que en otras circunstancias serían fácilmente controlables, así el incendio de un simple turismo puede convertirse en una tragedia si se produce en el interior de un túnel.

En esta ponencia trataré de exponer las dificultades que suponen los túneles de cara a la intervención de los bomberos, el procedimiento de trabajo en caso de siniestro mayor y las posibles mejoras en materia de seguridad que nos gustaría encontrarlos en los túneles.

Es necesario que nos veamos implicados, administración, técnicos, empresas y servicios de emergencia para poder establecer las medidas de prevención y la necesaria coordinación, antes de la construcción, durante y en la posterior vida de la obra.

Para la realización de este trabajo se ha tomado como referencia el documento: "PROTOCOLO DE INTERVENCIÓN PARA SINIESTROS MAYORES EN LOS TÚNELES DE GUADARRAMA", es un documento todavía en estudio y que si bien se centra en la problemática concreta de los túneles de Guadarrama, los resultados pueden hacerse extensivos en mayor o menor medida a otros túneles carreteros.

## 10.2. ANÁLISIS DEL RIESGO

La dificultad en la actuación en el interior de los túneles viene motivada por los siguientes aspectos:

a) Constituyen espacios aislados con dos únicos puntos de entrada y salida.

La única posibilidad de entrada en los túneles es por las bocas de entrada y salida, siempre habrá una boca de penetración más favorable, por proximidad al siniestro o por "limpieza" del recorrido ya sea de humo o de obstáculos; lo que no siempre será fácil es decidir la boca de penetración más apropiada.

Existe la posibilidad, en el caso de los Túneles de Guadarrama, de penetrar con personal entrenado a lo largo del falso techo hasta el foco del siniestro, pero no podemos utilizar este recorrido como vía de evacuación del público ya que no reúne garantía de seguridad para ello.

b) Presenta unas longitudes máximas de aproximación considerables.



Una persona andando tarda unos treinta minutos en recorrer 2 Km de túnel, la penetración de bomberos en condiciones adversas y arrastrando material hacen que esta tarea resulte mucho más laboriosa y arriesgada; igualmente la evacuación del público en caso de incendio o fuga de MM.PP. puede ser una decisión difícil, ya que el riesgo que supone abandonar los vehículos para recorrer una distancia de evacuación tan larga, puede implicar un riesgo mayor que permanecer en el interior de los mismos.

c) La densidad de tráfico es elevada durante todo el año.

Debido a este tráfico es fácil que los Túneles se vean rápidamente colapsados dificultando o imposibilitando la penetración con los vehículos de rescate y haciendo muy difícil el retroceso de los vehículos atrapados en el interior.

d) La ventilación presenta importantes limitaciones.

El hecho de constituir espacios aislados con un recorrido longitudinal muy grande y a pesar de disponer de ventilación forzada, en el caso de un incendio bien desarrollado buena parte del Túnel o todo el recorrido puede verse afectado por una atmósfera irrespirable.

e) El aislamiento térmico del exterior eleva las temperaturas.

Al verse dificultada la disipación del calor por el hecho del aislamiento de la atmósfera exterior, hace que se alcancen elevadas temperaturas, pudiendo esta onda térmica transmitirse longitudinalmente en cualquiera de los dos sentidos posibles.

Efectos psicológicos en el público y los intervinientes.

Al ser unas estructuras cerradas con limitación de visibilidad o si la luz de emergencia falla, produce en el público que se ve atrapado en el interior una sensación de amenaza mayor incluso que la que pueda existir realmente, en los intervinientes puede causar un efecto similar aunque sea personal adiestrado.

g) Constituyen recipientes de líquidos peligrosos.

Como sucede con los gases, en el caso de líquidos peligrosos los Túneles constituyen recipientes, en el caso de líquidos su comportamiento es más previsible ya que siempre circularán a favor de la pendiente

h) El colapso de parte de la estructura de un Túnel.



Esta es una posibilidad remota ya que están contruidos en macizos rocosos consolidados y asentados, no obstante podría producirse el colapso de parte de la estructura por efecto del calor, de una explosión en el interior del Túnel o debido a un fuerte sismo.

### **10.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Dentro de la descripción de un túnel, existen una serie de características extraídas del conjunto de especificaciones del túnel que son las que necesitamos conocer los bomberos para poder intervenir con una mayor eficiencia, estas características son:

#### **10.3.1. SITUACIÓN**

Es necesario adjuntar mapas detallados y croquis de la situación, accesos y distribución de las instalaciones principales con el fin de determinar los tiempos de respuesta y la ubicación de los medios para el ataque por el punto o puntos más favorables.

#### **10.3.2. DIMENSIONES**

Datos concretos de longitud, anchura, gálibo y pendiente, son indispensables para determinar las acciones en el interior así como para establecer el nivel de riesgo potencial y por tanto la primera respuesta al siniestro.

#### **10.3.3. VENTILACIÓN**

Conocer el tipo de ventilación con que cuenta el túnel y las posibilidades de manipulación que se pueden ejercer sobre la misma con el fin de conducir la nube tóxica en el sentido más favorable. Esta característica merece un estudio aparte y en profundidad, es de vital importancia de cara a la intervención de bomberos, conocer en la medida de lo posible el comportamiento que van a tener los gases en caso de incendio o fugas

#### **10.3.4. SEGURIDAD ACTIVA Y PASIVA**

Detallar todas aquellas medidas que posea la instalación de forma específica para el control del siniestro o que puedan emplearse para ello, todas estas medidas se relacionarán en detalle dentro del plan de autoprotección.



## 10.4. PLAN DE AUTOPROTECCIÓN

Una obra de las proporciones de un gran túnel, debería contar con unos recursos y un plan propio de autoprotección, ya sea público o privado. La mayoría de los siniestros se atajarán sin dificultad en los primeros diez minutos de producirse.

El plan de autoprotección lo constituye en primer lugar las medidas de seguridad activa y pasiva de la obra, en segundo lugar los medios propios de intervención y el personal disponible y finalmente la activación de la ayuda externa, todo ello coordinado desde un centro y de acuerdo a unos protocolos.

### 10.4.1. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Detección y alarma:

Detectores de humo y gases, de calor, de movimiento y de fallos en sistemas.

Sistemas de niveles de alarma correspondientes.

Circuito cerrado de televisión.

Señalización e información:

Sistemas de iluminación y señalización de emergencia.

Paneles de control del tráfico, semáforos, etc.

Postes de comunicación, y megafonía.

Extinción y ventilación:

Red de hidrantes, columnas secas y bocas de incendio equipadas.

Procedimiento de ventilación de emergencia.

Red de drenaje y arquetas de retención de líquidos.

Evacuación y accesos:



Carril de vehículos de emergencia.

Túnel de servicios y pasillos de evacuación.

Apartaderos y refugios.

#### **10.4.2. EQUIPOS DE PRIMERA INTERVENCIÓN**

De pendiendo de las características del túnel, deberá contar con unos medios propios de ataque proporcionales al riesgo y que permitan la intervención en los primeros diez minutos de iniciarse el siniestro.

Según las posibilidades, este personal podrá ser profesional, voluntario o mixto, público o privado pero en cualquier caso su eficacia está condicionada por su nivel de formación y por la inmediatez de la intervención. La activación a de producirse en cuanto se tenga conocimiento del incidente, sin esperar confirmación.

#### **10.4.3. AYUDA EXTERNA**

Por muy eficaces que sean las medidas de autoprotección y muy desarrollado que estén los equipos de primera intervención, el siniestro puede alcanzar unas proporciones difícilmente controlables si no se recibe una ayuda exterior, por ello es esencial la coordinación con los servicios de bomberos.

En el plan de autoprotección se establecerá el procedimiento de activación de esta ayuda exterior y los servicios de bomberos han de tener un plan previo de intervención en el que se contemplen unos medios específicos (tren de salida y sistemática de intervención).

#### **10.4.4. CENTRO DE CONTROL**

Todo el sistema de alarmas, señalización y activación, han de estar dirigidos desde un Centro de Control, que ha de ser la referencia para las ayudas externas y pueda constituir el Puesto de Mando Integrado en caso de siniestro mayor.

Este centro ha de regirse por unos protocolos de actuación estrictos y evidentemente ha de estar atendido permanentemente por personal cualificado y ha de contar con sistemas de comunicación fiables.

### **10.5. PROCEDIMIENTOS DE INTERVENCIÓN**

Una vez detectado el incidente y de acuerdo a la información disponible, han de activarse los procedimientos de intervención estipulados. Estos procedimientos



han de ser proporcionados al incidente esperado pero teniendo en cuenta que una sobre respuesta es preferible a quedarnos "cortos".

Los procedimientos de intervención han de considerar los siguientes aspectos: el control del tráfico y accesos al túnel, la activación del EPI, el manejo de la ventilación y el resto de medidas de protección activas y las ayudas externas.

### 10.5.1. CONTROL DEL TRÁFICO

Se considera de vital importancia para evitar que se agrave la situación en el caso de accidentes en el interior, impedir que penetren más vehículos en los Túneles, para ello han de activarse de inmediato las señales luminosas, acústicas e incluso barreras físicas de retención.

Evidentemente estas medidas de control del tráfico han de hacerse extensivas al resto de la vía, de forma que evitemos accidentes en puntos distantes y colapso de tráfico.

El control del tráfico ha de contemplar el acceso de la ayuda externa y la recepción de medios adicionales, ubicación del PMA, etc.

Para el procedimiento de control de tráfico se actuará en tres fases según la gravedad del siniestro:

- a) Fase I: "PRECAUCIÓN, RETENCIONES" en incidente menor y túnel parcialmente cortado, se producirá una circulación lenta durante cierto tiempo.
- b) Fase II: "TÚNEL CORTADO", en caso de accidente y sin esperar más confirmación, se producirán grandes retenciones un tiempo indeterminado.
- c) Fase III: "TÚNEL FUERA DE SERVICIO", se activará en caso de siniestro mayor, implica el desvío del tráfico hacia vías alternativas.

El corte de un gran túnel es siempre una decisión grave por el efecto "acordeón" que puede causar accidentes en puntos alejados al de corte y por los trastornos económicos y molestias que se puede causar a un gran número de usuarios de las distintas vías de comunicación, no obstante no hemos de tener dudas en la activación de la Fase I, la activación de la Fase II requiere de una información más precisa, pero la demora en su activación ha de ser cuestión de pocos segundos.

En cuanto a la aproximación de las ayudas externas, dependerá especialmente del tipo de siniestro y de cual será la boca de penetración más



idónea, para lo cual recibirán la información pertinente del Centro de Control y el Mando de la intervención decidirá el acceso.

Todos los equipos intervinientes han de tener muy claro cuales son las distintas posibilidades y cual es la opción decidida por el Mando.

### 10.5.2. EQUIPOS DE PRIMERA INTERVENCIÓN

La eficacia de estos equipos radica en su inmediatez de intervención, por ello es importante que se activen en cuanto se tenga conocimiento del más mínimo incidente, probablemente en la mayoría de los casos se produzcan falsas alarmas, pero conseguimos tres cosas en estas activaciones: mantener a estos equipos ágiles y entrenados, dar mayor seguridad a una zona de incidente y controlar de inmediato un conato evitando que progrese.

### 10.5.3. PROTECCIÓN ACTIVA

Dependiendo de las medidas con las que cuente el túnel se iniciarán una serie de procedimientos de activación de estas, especialmente en lo que se refiere a ventilación forzada, a medidas de evacuación y a protocolos de comunicación a las personas afectadas.

En el caso de la ventilación, hemos de tener claro cual es el efecto que va a producir en la situación para conducir los gases hacia la zona más favorable o al menos para evitar que la actuación sobre esta sea contraproducente.

Tomar medidas de evacuación depende de si el túnel cuenta con estructuras propias para este fin, en cuyo caso la decisión no es crítica o si esta evacuación ha de realizarse por la propia calzada de vehículos en cuyo caso puede ser una decisión crítica a tomar por un responsable de mayor nivel y por tanto no contemplada en un procedimiento.

De cara a los usuarios afectados, han de existir protocolos de comunicación claros para cada situación y la señalización se ha de "exagerar" en su tamaño e insistencia para que sea claramente reconocida.

### 10.5.4. PROCEDIMIENTOS DE INTERVENCIÓN - SERVICIOS EXTERNOS

Los procedimientos de intervención están constituidos por los medios humanos y materiales (tren de salida) y las técnicas que se aplican (sistemática de intervención) en cada siniestro tipo.



Cada servicio interviniente ha de tener sus procedimientos que deberán ser conocidos por el resto de equipos para una mejor coordinación, los procedimientos de intervención han de contemplar todos los siniestros posibles y a diferentes escalas de gravedad:

Accidentes de tráfico

Incendios y explosiones.

Fugas de gas tóxico.

Fuga de gas inflamable.

Derrame de líquidos peligrosos.

Cuando se notifique la existencia de un siniestro, se activarán de inmediato los recursos previstos en el procedimiento, el resto de recursos que puedan precisarse se irán incorporando escalonadamente a petición del mando de la intervención

## **10.6. DIRECCIÓN Y COORDINACIÓN**

La dirección del siniestro depende de la gravedad del mismo y está sujeta a un convenio de colaboración entre las distintas Administraciones implicadas dependiendo del marco normativo existente.

Inicialmente cada grupo interviniente está sujeto a su mando natural y depende de una Administración o Empresa concreta, los principales grupos intervinientes son el G. de Seguridad, el G. Sanitario, G. de Intervención, G. de Apoyo y G. Técnico.

Todos estos Grupos han de estar coordinados por un Centro de Coordinación Operativa Integrado en el caso de un siniestro mayor y han de responder a sus mandos naturales y al mando que determine la normativa como responsable del Puesto de Mando Avanzado.

### **10.6.1. EL CENTRO DE COORDINACIÓN OPERATIVA**

El CECOPI se establecerá físicamente en el Centro de Control, en donde existen los medios de detección del siniestro cámaras para visualizar el incidente y la infraestructura idónea para hacer el seguimiento de las operaciones.



El CECOPI ha de constituirse en el caso de un siniestro mayor y debe estar formado por responsables de las Administraciones y los Grupos participantes, con capacidad de decisión y en un número limitado de participantes.

Podrán existir uno o más PMA a cargo del responsable del siniestro, normalmente será el mando de bomberos de mayor graduación. El PMA se ubicará en las proximidades del punto de penetración en una zona amplia y segura.

Por cada PMA se establece un Punto de Encuentro en el que se ubicarán los medios que vayan llegando y que funcionará como punto de descanso, relevo, etc.

Podrá disponerse de un Puesto Sanitario Avanzado en el caso de desastre con un gran número de víctimas afectadas sin posibilidad de traslado y atención inmediata a centros hospitalarios próximos.

Cada Administración determinará el responsable que formará parte del CECOPI y la forma de activarlo, igualmente cada Administración elaborará un catálogo de los recursos que puede aportar al Plan y su localización.

#### **10.6.2. GRUPOS INTERVINIENTE**

Están formados por el personal y medios que participan directamente en la resolución del siniestro y por aquellos otros que, desde una segunda línea, apoyan las acciones de los primeros.

##### **10.6.2.1 Puesto de Mando Avanzado:**

En todos los siniestros ha de establecerse un PMA, ahora bien el grado de complejidad que adquiera este, depende de la magnitud del siniestro y pasa desde un mando de la dotación de bomberos sin mayores implicaciones, hasta un PMA en el que se integran mandos de distintos servicios para coordinarse.

Se ubica en una zona segura en las proximidades del punto de penetración al siniestro, es el encargado de la dirección y control de los grupos intervinientes. El responsable será el Mando de Bomberos de mayor graduación y en él podrá figurar un responsable de cada grupo interviniente.

En el caso de existir dos PMA, el Mando de bomberos de mayor graduación se encargará de coordinar ambos Puestos que estarán dirigidos por Mandos de graduación inferior.