

PROYECTO

CRITERIOS Y NORMAS DE DISEÑO

ÍNDICE

CAPÍTULO I	6
ESTUDIOS DE CAMPO	6
1 RELEVAMIENTOS TOPOGRÁFICOS	6
2 ESTUDIOS DE SUELOS	7
CAPÍTULO II	10
VIALIDAD	10
1 DISEÑO GEOMETRICO	10
2 PAVIMENTOS	11
3 BARRERAS DE SEGURIDAD	11
4 SALIDAS DE EMERGENCIA Y VÍAS DE EVACUACIÓN	12
4.1 Acceso de los servicios de emergencia	12
CAPÍTULO III	13
ESTRUCTURAS	13
1 ACCIONES – CARGAS	13
1.1 Empujes para Excavaciones a Cielo Abierto	13
2 MODELOS DE CÁLCULO – ESQUEMAS Y SOLICITACIONES	14
2.1 Fundaciones	14
2.2 Túneles	15
3 DIMENSIONAMIENTO	15
4 MUROS DE SOSTENIMIENTO – TERRAPLENES REFORZADOS	15
5 TUNELERÍA	16
5.1 General	16
5.2 Factibilidad de la excavación en túnel	16
5.3 Confortación	17
5.4 Revestimiento Definitivo	18
5.5 Subsistencia	18
5.6 Desplazamientos Horizontales	19
5.7 Verificación de Estructuras afectadas	20
CAPÍTULO IV	21
DESAGÜES PLUVIALES E INTERFERENCIA CON CONDUCCIONES	21
1 NORMAS	21
2 CRITERIOS DE DISEÑO	21
2.1 Obras de desagües pluviales en túneles	21
2.1.1 General	21
2.1.2 Zona de Estudio	22
2.1.3 Recurrencias	22
2.1.4 Método de Cálculo	22
2.2 Interferencias con Obras de desagües pluviales y en superficie	23
2.3 Interferencias con Obras de desagües cloacales	23
2.4 Obras de agua	23
2.5 Estaciones de bombeo	23
3 MATERIALES Y ENSAYOS	23
CAPÍTULO V	24

SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	24
1 SELECCIÓN DEL TIPO DE VENTILACION	24
1.1 Generalidades.....	24
1.2 Ventilación Natural.....	24
1.3 Ventilación Forzada	25
1.4 Instalación de ventilación forzada tipo longitudinal.....	25
2 CRITERIOS DE DISEÑO.....	26
2.1 Criterios para evaluar la cantidad de aire fresco dentro de los túneles.....	26
2.2 Criterio de Dilución del monóxido de Carbono	26
2.3 Criterio de Dilución de los óxidos de nitrógeno (NOx).....	27
2.4 Criterio de Dilución del humo vehicular.	27
2.5 Evaluación de los valores de cálculo	28
2.5.1 Emanaciones de CO y NO producidos por vehículos ligeros.....	28
2.5.2 Valores admisibles de concentración de CO y NO en los túneles	30
2.6 Control de humos en caso de un eventual incendio en el túnel.	31
3 NORMAS DE APLICACIÓN Y REFERENCIAS.....	32
3.1 Normas Generales.....	32
3.2 Normas y referencias particulares	32
CAPÍTULO VI.....	33
INSTALACIONES ELÉCTRICAS E ILUMINACIÓN	33
1 SUMINISTRO DE ENERGÍA	33
1.1 Alcance	33
1.1.1 Alimentación desde la Red Pública	33
1.1.2 Red de Media Tensión.....	33
1.1.3 Alimentación de Emergencia	33
2 SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	34
2.1 Alcance	34
2.2 Criterios de Diseño	34
2.2.1 Zona de Acceso (A).....	34
2.2.2 Zona de Umbral (B).....	36
2.2.3 Zona de Transición (C).....	37
2.2.4 Zona Interior (D)	38
2.2.5 Zona de Egreso (D)	38
2.2.6 Cabeceras del Túnel.....	39
2.2.7 Control de la Iluminación	39
2.3 Normas	39
CAPÍTULO VII.....	41
SISTEMA DE CONTROL Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS	41
1 GENERALIDADES	41
2 SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS.....	41
2.1 Detección de incendios.....	41
2.2 Extinción de incendios.	41
CAPÍTULO VIII.....	42
SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN Y DE CONTROL DE TRÁNSITO	42
1 GENERALIDADES	42
2 SEÑALIZACIÓN.....	42
2.1 Requisitos generales	42
2.2 Descripción de las señales y paneles.....	42
2.2.1 Señal de túnel.....	42
2.2.2 Señalización horizontal.....	43
2.2.3 Señales y paneles para informar de instalaciones.	43
2.2.4 Apartaderos	44
2.2.5 Salidas de emergencia	44
2.2.6 Señalización de los carriles	44

2.2.7	Señales de mensaje variable.....	45
3	CENTRO DE CONTROL	45
3.1	Sistemas de vigilancia	45
3.2	Equipos para el cierre del túnel	45
	CAPÍTULO IX.....	46
	SISTEMA DE COMUNICACIONES	46
1	GENERALIDADES	46
2	PUESTOS DE EMERGENCIA.....	46

El Encargado del Proyecto será el responsable de la ejecución del Proyecto Ejecutivo y de la Ingeniería de Detalle de los cuatro (4) túneles y de todas las obras complementarias y de conexión que se encuentran identificados en los Documentos de Licitación.

Los oferentes deberán aceptar en forma explícita en sus ofertas el anteproyecto con el trazado planialtimétrico de los distintos túneles y sus accesos, como así también las medidas principales de las secciones transversales de los túneles.

El Proyecto a ser preparado por el Encargado del Proyecto incluirá los planos generales correspondientes con el siguiente alcance:

- Planta general del trazado, juntamente con los accesos.
- Perfil general de las obras correspondiente a los distintos túneles de conducción previstos, que incluyan los correspondientes accesos
- Cortes transversales de las distintas secciones que propone construir.

Los planos serán acompañados de las siguientes memorias técnicas:

- Memoria Descriptiva general del proyecto
- Cálculo de verificación del proyecto presentado
- Cálculos con estimaciones de la afectación de estructuras linderas.

Todos los materiales, elementos, instalaciones o procedimientos a aplicar, salvo indicación específica en contrario en cualquier documento del Pliego de Licitación, deberá cumplir con las normas IRAM.

Además, el Encargado del Proyecto se deberá ajustar a las Normas y Criterios de Diseño que para los distintos rubros se establecen a continuación.

APROBACIÓN DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.

El procedimiento para la aprobación de la documentación técnica que el Encargado del Proyecto deberá presentar seguirá la siguiente modalidad:

1.- Se presentará a la Inspección de Obra que la examinará y la calificará en una de las siguientes formas:

- Código 1: Aprobada.
- Código 2: Aprobada con observaciones.
- Código 3: Examinada y devuelta para corrección.
- Código 4: Rechazada (por ser defectuosa o técnicamente inaceptable).

2.- Luego la Inspección la remitirá a la Supervisión para que tome conocimiento y realice las observaciones que pudieran corresponder. Si ésta no se expidiere en un plazo de siete (7) días corridos, implica que no existen observaciones.

3.- Una copia de cada documento calificado será devuelta al Encargado del Proyecto sin observaciones para el caso de aprobación - Código 1 - o con las observaciones que hubiera merecido para los otros casos citados. El Encargado del Proyecto dispondrá de un plazo de veinte (20) días corridos para adecuar la documentación técnica que el Comitente califique con los Códigos 2, 3 y 4. Dicho plazo incluye el período comprendido entre la fecha de devolución de la documentación y la fecha de su nueva presentación, siendo esta última la que se registre como ingreso por el Comitente.

El Encargado del Proyecto no tendrá derecho alguno a solicitar ampliación de los plazos de entrega de la obra o de la documentación a causa de correcciones a la Documentación Técnica que resulte calificada en los Códigos 2, 3, o 4.

El Encargado del Proyecto podrá consultar a la Inspección anticipadamente sobre aspectos y directivas generales con la finalidad de facilitar la aprobación de la documentación técnica.

ORDEN DE APLICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS TÉCNICOS

Se establece que en caso de discrepancia de los documentos del proyecto, primará el orden siguiente:

- 1 Memoria Descriptiva.
- 2 Planos de la obra Licitada incluidos en el Pliego.
- 3 Proyecto – Criterios y Normas de diseño.
- 4 Pliego de Especificaciones Técnicas.

El Encargado del Proyecto deberá contemplar en el desarrollo del Proyecto Ejecutivo e Ingeniería de Detalle la implantación del Monumento al Bicentenario en la intersección de la actual Avenida 9 de Julio y la prolongación del eje de la Diagonal Sur Julio A. Roca. Este monumento al Bicentenario es objeto de un Concurso de Ideas por parte del Gobierno de la Ciudad Autónoma de la Ciudad de Buenos Aires.

CAPÍTULO I

ESTUDIOS DE CAMPO

1 RELEVAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Se desarrollarán los trabajos topográficos necesarios para obtener la modelización del terreno. El número de puntos del terreno a levantar será aquel que permita obtener una aproximación suficientemente buena de la topografía del lugar, no sólo para obtener los cómputos de suelo lo más acotadamente posible, sino también para proyectar con precisión la totalidad de las obras, estructurales y complementarias.

El tramo objeto de la presente encomienda, está esquemáticamente graficada mediante planos.

En el ancho total de la zona de incumbencia del proyecto, además de todo otro dato de interés, se levantarán los siguientes detalles:

- Nombre de los propietarios de la zona afectada, incluyendo los datos de dominio
- Divisiones físicas existentes consignando su estado y características.
- Edificaciones y mejoras existentes ubicadas dentro de la banda de relevamiento.
- Accesos existentes a propiedades privadas.
- Inventario de forestación, sistemas de señalización, sistemas de iluminación, etc.
- Obras de arte existentes, consignando sus características y estado, así como las cotas de entrada y salida.
- Cruces con calles y avenidas incluyendo la señalización existente.
- Cruce con interferencias, señalando ubicación precisa, profundidad y características para elaborar el proyecto de cruce correspondiente que pueda o no requerir obras de protección. Se deberá indicar a quien pertenece cada una de las interferencias y el proyecto de modificación correspondiente.
- Sistema de desagüe existente.

Todo el trabajo se volcará en planimetrías en escala 1:1000, y detalles, las que contendrán además las curvas de nivel cada medio metro.

El relevamiento deberá referenciarse por coordenadas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Las coordenadas "Z" estarán referidas a cotas IGM.

Aprobada la traza deberá quedar materializada en el terreno la red de puntos fijos que permitirá posteriormente el replanteo de las obras. Los puntos fijos de la red deberán cumplir con las siguientes condiciones:

La posición de los PF, con respecto a la traza definitiva, será tal que las obras que se proyecten no los afecten. Se labrará la monografía correspondiente de cada uno de ellos.

Estarán nivelados geoméricamente con nivelación de ida y vuelta, con una precisión de 1 cm entre puntos fijos, y de 2 cm en total.

Cada uno de ellos será intervisible con el inmediato anterior y el siguiente. La distancia entre puntos fijos no será mayor a 100 m. Los puntos fijos estarán coordinados planialtimétricamente y se balizarán convenientemente a propuesta de la Contratista y aceptados por el Comitente.

Estarán materializados mediante mojones de hormigón de dimensiones mínimas 12x12x50 cm o cilíndricos rellenos de hormigón de 10 cm de diámetro y 60 cm de altura, de los cuales emergerá una barra de acero de 10 mm de diámetro en 2 cm. Tendrá una chapa identificatoria que indicará el número de PF. Cuando ello no resulta posible, deberá ser reemplazado el sistema por otro alternativo consensuado con el Comitente.

2 ESTUDIOS DE SUELOS

La Contratista deberá arbitrar todos los medios necesarios a los efectos de lograr un correcto estudio de suelo, que permita contemplar en el proyecto las condiciones reales del terreno, su incidencia en los procesos constructivos y comportamiento de la obra para lograr el diseño óptimo.

Los trabajos principales consistirán en:

- Reconocimiento preliminar de la zona de proyecto para cerciorarse de las condiciones generales de los suelos.
- La Contratista deberá indicar en su oferta la longitud de los sondeos a realizar, como así también la cantidad de los mismos en función de las características del suelo de la zona de implantación del proyecto y de las estructuras previstas proyectar, con las consideraciones, alcance y profundidad que el proyecto requiere.
Asimismo, deberá considerar una longitud como mínimo de 5 m por debajo de la cota de fundación probable más profunda de la construcción.
La cantidad mínima de sondeos a realizar será las que indiquen las especificaciones técnicas.
- Para la extracción de muestras se deberán utilizar saca testigos enterizos de cómo mínimo dos pulgadas de diámetro interior con zapatas intercambiables.
Durante la ejecución de la perforación se realizarán en forma sistemática las siguientes operaciones cada metro de avance:
 1. Ensayos de penetración mediante la hincada de un sacamuestra provisto de zapatas de pared delgada. El número de golpes (N) necesarios para hacer penetrar el sacamuestra en un suelo alterado por el avance de la perforación con una energía de impacto de 49 kilogrametros, constituye una valoración cuantitativa de la compacidad relativa de los diferentes estratos atravesados.
 2. Recuperación de muestras representativas del suelo: su identificación y acondicionamiento en recipientes herméticos, para conservar inalteradas sus condiciones naturales de estructura y humedad.
 3. Delimitación de la secuencia y espesor de los diferentes estratos por reconocimiento tacto-visual de los suelos extraídos.
 4. Medición del nivel del agua libre subterránea.
- Las muestras extraídas se deberán someter a las determinaciones y ensayos estipuladas en las correspondientes especificaciones técnicas. Asimismo, deberá realizar toda otra determinación que sea necesaria para la correcta evaluación de los parámetros e información solicitada.

Todos los resultados de las determinaciones y ensayos deberán ser volcadas en el informe, como así también todas las fórmulas y valores que se utilicen para llegar a los parámetros pedidos.

- Preparación de planillas de cada perforación.
- Los ensayos serán realizados de acuerdo a las Normas de Ensayo de la Dirección Nacional de Vialidad, I.R.A.M, ASTM o Normas Internacionales.
- Confección de las láminas, planos y planillas que correspondan a ensayos y perfil edafológico.
- El perfil geotécnico que se confeccionará deberá incluir, en correspondencia con las progresivas de las perforaciones, una columna con las profundidades de cada suelo detectado y los resultados de los ensayos de identificación, sales y sulfatos, ensayos de compactación, valor soporte, humedad y densidad natural, así como la ubicación de las napas freáticas gravitantes.
- Se confeccionará un informe final detallando la calidad y aptitud de los suelos, para ser considerados en el proyecto estructural y para efectuar las provisiones para la cuantificación del movimiento de suelo, como así también los medios previstos para el movimiento de suelo y manipuleo.
- El informe además incluirá la interpretación de los ensayos y los parámetros que se adopten para el diseño, debidamente justificados.

Asimismo, los conceptos que deberá contener el informe serán:

1. Para bases aisladas o plateas.
Tensiones admisibles de contacto y su variación según la forma de la base o platea para la cotas de fundaciones aconsejadas por el Especialista de Suelos
2. Para Pilotes
Tipo de pilotes recomendado (hincado, perforado).
Cota probable de fundación, indicado claramente cuál es el suelo a alcanzar, tensión admisible de punta, fricción lateral admisible y en que porción de la longitud del pilote debe ser considerada dicha fricción.
Indicar si puede existir fricción negativa y su evaluación.
Se deberá dar asimismo la tensión admisible en la superficie equivalente de fundación que se obtiene para un grupo de pilotes.
3. Incrementos de las tensiones admisibles para solicitaciones de corta duración (por ejemplo viento).
4. Nivel actual de la napa freática y posibles tendencias futuras de acuerdo con los antecedentes disponibles. Presencia de aguas artesianas. Análisis químico del agua para determinar su eventual agresividad a aceros y hormigones.
5. Recomendaciones sobre el sistema de depresión de la napa en caso de haber presencia de agua durante la excavación teniendo especialmente en cuenta eventuales peligros de bombeo de suelo, o rotura de fondo de excavación.
6. Recomendaciones sobre apuntalamientos de excavaciones y sobre las condiciones que deberán cumplir los taludes de tierra sin apuntalamiento.
Diagramas y coeficientes a utilizar para la determinación de los empujes de suelos, incluyendo las fórmulas y criterios a emplear para definir los incrementos de presiones horizontales por la existencia de construcciones vecinas fundadas ya sea por bases aisladas o con muros portantes. Asimismo se deberá indicar la forma en que deberán considerar los empujes de agua en caso de estar en presencia de ella.

- El Especialista de Suelos presentará su asistencia al Ingeniero Estructuralista en las tareas de proyecto de las fundaciones y medios de excavación, contención y submuración que éste tendrá a su cargo, convalidando, desde el punto de vista del comportamiento del suelo, al proyecto final que presente el Estructuralista.
- La cotización deberá incluir todo trabajo de campaña que, aunque no se mencione en la presente cláusula y en las Especificaciones Técnicas, el Especialista de Suelos considere que resulta necesario para la ejecución de su tarea profesional.

Asimismo, deberá cotizar el costo adicional de perforaciones, extracción de muestras y ensayos de laboratorio que eventualmente resulten necesarios si las características del suelo determinadas de acuerdo con lo indicado no permitieran una definición técnicamente aceptable de los parámetros especificados. Esto deberá ser verificado por el Especialista de Suelos en el momento de la ejecución de las perforaciones previstas, es decir, cuando el equipo esté trabajando en el terreno.



CAPÍTULO II

VIALIDAD

1 DISEÑO GEOMETRICO

Se aplicarán las normas de diseño geométrico de carreteras de la Dirección Nacional de Vialidad y las normas AASHTO "A policy on geometric design of highways and streets "(Green Book), justificándose los criterios de diseño adoptados.

Para el sector en túnel regirán las normas internacionales vigentes que resulten de aplicación en este tipo de obras.

Parámetros de diseño geométrico y estructural.

Parámetros	Unidad	Valor / Observaciones
Tipo de calzada túnel		Hormigón o alternativa con mezclas asfálticas
Ancho de carril	m	3,20
Sobrecancho a la izquierda	m	0,60
Defensas de hormigón tipo New Jersey	m	0,45
Ancho Total necesario para un carril	m	6,70 m (s/ancho 0,60m + carril 3,20m + banquina 2,00m + 0,90 New Jersey)
Ancho Total necesario para dos carriles	m	9,50 m (s/ancho 0,60m + 2 carriles 3,20m + banquina 1,60m + 0,90 New Jersey)
Ancho Total necesario para tres carriles	m	12,30 m (s/ancho 0,60m + 3 carriles 3,20m + banquina 1,20m + 0,90 New Jersey)
Ancho Total necesario para cuatro carriles	m	15,50 m (s/ancho 0,60m + 4 carriles 3,20m + banquina 1,20m + 0,90 New Jersey)
Pendiente transversal máxima	%	2
Pendiente transversal mínima	%	1
Pendiente longitudinal máxima	%	4,5
Galibo vertical	m	3.50
Radio de curva horizontal mínimo	m	550
Parámetro mínimo curva vertical cóncava		3.333

Parámetro mínimo curva vertical convexa		5.000
Velocidad directriz	Km/h	80
Ramas de ingreso		
Tipo de calzada		Hormigón o alternativa con mezclas asfálticas
Pendiente transversal máxima	%	2
Pendiente transversal mínima	%	1
Pendiente longitudinal máxima de ingreso	%	7
Pendiente longitudinal máxima de egreso	%	5
Número de carriles		1 o 2 según corresponda
Ancho de carriles	m	3,20 (1 carril) o 6,40 (2 carriles)
Sobrecancho a la izquierda	m	0,60
Defensas de hormigón tipo New Jersey	m	0,45

2 PAVIMENTOS

Los consultores desarrollarán un diseño de pavimento para cada condición de proyecto.

Los diseños estarán basados en los resultados de la investigación de la subrasante, de los materiales disponibles, en los análisis de tránsito, las condiciones locales y en los parámetros de diseño empleados y la memoria de cálculo.

El diseño estructural se calculará por los siguientes métodos:

- Método de Diseño de Pavimentos de Hormigón PCA Simplificado, AASHTO 1993 y Suplemento 1998.
- Propuesta para Proyecto de Firmes y Pavimentos en Túneles de Del Val Melús de la Universidad Politécnica de Madrid, España, 2009.

3 BARRERAS DE SEGURIDAD

Se adoptará para toda la obra, las defensas rígidas de hormigón armado tipo New Jersey, perfil F.

4 SALIDAS DE EMERGENCIA Y VÍAS DE EVACUACIÓN

Las salidas de emergencia deberán permitir a los usuarios del túnel utilizarlas para abandonar el túnel sin sus vehículos y llegar a un lugar seguro en caso de accidente o incendio y también proporcionarán acceso a pie a los servicios de emergencia del túnel. Dichas salidas serán salidas directas del túnel al exterior.

En el diseño de las salidas de emergencia y vías de evacuación se prestará especial atención a la seguridad de las personas con discapacidad.

La distancia entre dos salidas de emergencia consecutivas no superará en ningún caso los 400 metros.

4.1 Acceso de los servicios de emergencia.

En aquellos túneles que se encuentran a similar cota a lo largo de la rasante, las conexiones transversales deberán poder permitir el acceso de los vehículos de emergencia al menos cada 1.200 metros.

Siempre que sea viable técnicamente, se posibilitará el cruce de la mediana en la proximidad de cada boca en el exterior de los túneles de dos o más tubos.

CAPÍTULO III

ESTRUCTURAS

El Proyecto Ejecutivo y la Ingeniería de Detalle de las estructuras se regirán en general por lo indicado en el cuerpo de Reglamentos CIRSOC.

1 ACCIONES – CARGAS

En el caso de las acciones y cargas sobre las estructuras se tendrán en cuenta: el Reglamento C.I.R.S.O.C 101 – Cargas permanentes sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras y las Bases para el Cálculo de Puentes de Hormigón Armado de Vialidad Nacional (DNV).

A tal efecto las obras se clasificarán equivalentes a puentes categoría A-30.

Las evaluaciones de Seguridad y la Superposición de Acciones, se regirán por los Reglamentos CIRSOC 106 Y 105 respectivamente.

1.1 Empujes para Excavaciones a Cielo Abierto

Teniendo en cuenta la presencia a lo largo de prácticamente toda la traza de materiales heterogéneos de relleno en un espesor del orden de 6,00 metros, hasta dicha profundidad las excavaciones deberán contar con sistemas de apuntalamiento provisorio.

Para el dimensionamiento de las estructuras de contención de las paredes de la excavación podrá emplearse el diagrama (4) correspondiente a arenas que propone el Código de Edificación de la Ciudad de Buenos Aires.

Para su implementación podrán emplearse los siguientes parámetros:

- Peso Unitario del Suelo (γ): 2,00 tn/m³
- Coeficiente de Empuje Activo (K_A): 0,50

A partir de la profundidad anteriormente indicada podrá emplearse el diagrama (2) correspondiente a limos y arcillas preconsolidados que propone el Código de Edificación de la Ciudad de Buenos Aires.

Para su implementación podrán emplearse los siguientes parámetros:

- Peso Unitario del Agua (γ_w): 1,00 tn/m³

A los empujes así calculados para este segundo manto, deberá adicionarse un diagrama de valor constante cuya abscisa será la componente horizontal de la carga transmitida al terreno por la sobrecarga representada por los mantos superiores de relleno, la cual surge de considerar la presión vertical al nivel del techo del segundo manto, afectado por un coeficiente de empuje activo (K_a) igual a 0,15.

De igual forma se adicionará la componente horizontal de la carga transmitida al terreno por eventuales sobrecargas distribuidas de cualquier tipo y las correspondientes a fundaciones de edificios linderos apoyadas a niveles menos profundos que el de la excavación.

Deberá, asimismo adicionarse el empuje hidrostático correspondiente, cuando las excavaciones se realicen por debajo del nivel de equilibrio de la Capa Freática.

Estos diagramas serán de aplicación en el caso de verificarse la imposibilidad de experimentar rotaciones de los muros de contención.

En caso contrario el empuje deberá calcularse según la hipótesis de Rankine, empleándose para el cálculo los siguientes parámetros promedio:

- Peso Unitario del Suelo (γ): 2,00 tn/m³
- Cohesión (C): 0,00 kg/cm²
- Angulo de Fricción Interna (ϕ): 30°

A los empujes así calculados también deberá adicionarse la componente horizontal de las sobrecargas que pudieran presentarse, de manera congruente con lo expresado en tal sentido en los párrafos precedentes.

2 MODELOS DE CÁLCULO – ESQUEMAS Y SOLICITACIONES

Para la modelización y determinación de solicitaciones y desplazamientos en las estructuras podrá utilizarse cualquier programa que tenga en cuenta la interacción entre las estructuras y el suelo.

2.1 Fundaciones

Debido a la presencia de los mantos de relleno superior, las fundaciones de las distintas estructuras (muros de sostenimiento, apoyos de viaductos etc.) deberán apoyarse por debajo de dichos mantos.

En el caso de optarse por cimentaciones directas, podrá considerarse un valor de Tensión de Trabajo del orden de 3,00 kg/cm² y un Coeficiente de Balasto Vertical del orden de 4,00 a 6,00 kg/cm³.

En el caso de implementarse fundaciones profundas mediante pilotes excavados y hormigonados "In Situ", cabe efectuar las siguientes diferenciaciones en los correspondientes parámetros de diseño:

- Tensión de Trabajo por Fricción (para todos los casos)

Por debajo del manto de rellenos heterogéneos

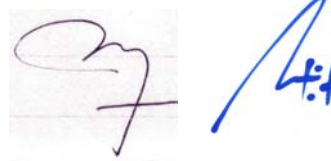
(valor promedio): 3,00 tn/m²

- Coeficiente de balasto horizontal (para todos los casos)

Por debajo del manto de rellenos heterogéneos

(valor constante): 2,50 kg/cm³

a) Pilotes fundados en suelos limo arcillosos preconsolidados



- Tensión de Trabajo por Punta: 150,00 tn/m²

b) Pilotes fundados en suelos arenosos de la Formación Puelchense

- Tensión de Trabajo por Punta: 300,00 tn/m²
(con penetración mínima de 5 diámetros en las arenas densas y sin celda de precarga)

- Tensión de Trabajo por Punta: 500,00 tn/m²
(con penetración mínima de 5 diámetros en las arenas densas y con celda de precarga)

2.2 Túneles

A continuación se indican parámetros ponderados a considerar para la evaluación de las distintas alternativas de la solución en Túnel (estos parámetros resultan de aplicación para túneles a ejecutar íntegramente en los mantos de suelos limosos y limo arcillosos subyacentes a los rellenos heterogéneos superficiales).

Parámetros de Corte				Coeficientes de Balasto		Tensión de Trabajo
Cuu Kg/cm ²	Φuu grados	C' Kg/cm ²	Φ' grados	Kh Kg/cm ³	Kv Kg/cm ³	σ Kg/cm ²
1,00	10°	0,00	30°	1,50 – 2,50	4,00 – 6,00	3,00

3 DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento de las estructuras se realizará de acuerdo con los Reglamentos C.I.R.S.O.C en su versión más reciente.

4 MUROS DE SOSTENIMIENTO – TERRAPLENES REFORZADOS

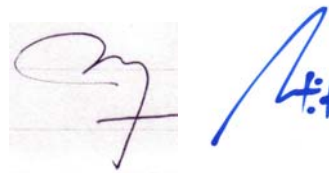
En el caso de muros de sostenimiento, terraplenes reforzados u obras de contención, éstos deberán estar convenientemente justificados desde el punto de vista técnico-económico, debiéndose analizar distintas alternativas estructurales.

La tipología que sea seleccionada como más conveniente, deberá verificarse como mínimo en cuanto a:

- Seguridad al hundimiento de la base.
- Tensiones transmitidas a la base
- Volcamiento
- Deslizamiento
- Estabilidad global de la ladera

Estas verificaciones deberán hacerse considerando estados de carga acorde a normas internacionales reconocidas de acuerdo a la técnica que se proponga y a las condiciones del lugar, se tendrán en cuenta:

- Sobrecarga sin filtración
- Sobrecarga con filtración (si correspondiera)



- o Sismo sin sobrecarga (si correspondiera)

En caso de existir filtraciones, se deberá justificar adecuadamente el sistema de drenaje adoptado.

El Contratista deberá estudiar las condiciones del terreno en el lugar de emplazamiento de la obra mediante los estudios de suelos que permitan determinar certeramente los parámetros necesarios para definir los empujes de suelos y estabilidad de la estructura.

5 TUNELERÍA

5.1 General

Los oferentes, presentarán además de toda otra documentación requerida, una memoria con el procedimiento constructivo que propone aplicar, tal que resulte consistente con la solución anteproyectada, sustentada en esquemas y planos que ilustren el proceso constructivo, los antecedentes en que se haya basado para aplicación del método, y el equipamiento necesario previsto para su ejecución. Los elementos previstos para la confortación deberán ser indicados por los oferentes en planos y deberán contar con el correspondiente análisis estructural.

Los planos, análisis, cálculos y procedimientos constructivos que se presenten deberán quedar respaldados por los datos geotécnicos con que se cuenta actualmente y con los que se agregue con posterioridad, cuyos resultados deberán incluirse en los planos de perfil general de las obras y en las secciones típicas.

La documentación a presentar por los oferentes deberá ser sustento suficiente para garantizar la factibilidad del proyecto presentado, quedando obligado a su profundización a nivel Proyecto Ejecutivo en caso de resultar designado Encargado del Proyecto, lo que incluye la realización de las investigaciones de campo de mayor precisión.

Las tareas de verificación que deberán realizar los oferentes para entregar en sus propuestas y las previstas a elaborar por el Encargado del Proyecto en el Proyecto Ejecutivo serán del mismo tipo, aunque en las primeras el alcance podrá quedar limitado al uso de la información topográfica y geotécnica disponible, a juicio del Oferente, siempre que esta asegure la factibilidad de lo propuesto.

5.2 Factibilidad de la excavación en túnel

Si se propusiera la excavación con frente abierto, se deberá demostrar que la misma resulta estable. Para ello se deberá cumplir con la condición dada por Peck, que viabilizará la excavación en túnel:

$$N_{crit} = (P_z - P_a) / S_u < 5$$

donde: P_z es la carga vertical sobre el frente de excavación
 P_a es la presión interior (0 si no se excava con presión interna)
 S_u es la cohesión no drenada del suelo.

Ello se deberá verificar para todos los tramos que deba atravesar el túnel, considerando los suelos que deban ser excavados y la tapada correspondiente

5.3 Confortación

Se entiende por *confortación* las tareas de sostenimiento de la excavación durante la etapa constructiva.

Los análisis consistirán en determinar la secuencia de excavación y la necesidad de confortación en el frente de excavación, de tal manera que quede justificado el procedimiento constructivo propuesto y el tipo de confortación adoptada. Ello se aplicará ya sea limitado solamente a la bóveda o bien a la sección total del túnel según sea el método constructivo propuesto.

Se indicará la viabilidad de la sección frontal a excavar en túnel, determinando los límites en sección adoptados para el método propuesto, ya sea calculados u obtenidos de antecedentes y demostrando que la sección a excavar resulta segura y que no existirá riesgo durante la construcción.

Se indicará el desfasaje admisible entre el frente de excavación y la colocación de la confortación demostrando que la convergencia de las paredes excavadas del túnel no superará la longitud de tramo que es admisible sin confortar.

Se entiende por *convergencia* al desplazamiento del suelo medido entre dos estados.

Se ha fijado una *convergencia máxima* de la bóveda del túnel de 40 mm a la que se deberá llegar luego de alcanzado el equilibrio entre los suelos y la confortación aplicando los parámetros rápidos de resistencia al corte de los mismos.

El procedimiento para determinar esta convergencia máxima podrá consistir, en un análisis por medio de las *curvas características* (de descarga de la bóveda y de carga de la estructura de confortación), buscando la abscisa de intersección de las curvas correspondientes a la cavidad y al sostenimiento.

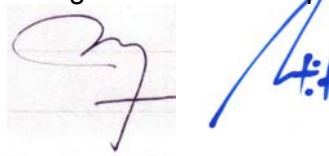
Las sobrecargas actuantes sobre la confortación para la determinación de la curva característica de la cavidad, se determinarán en la hipótesis que el suelo se comporta durante la etapa constructiva con los parámetros rápidos, admitiéndose entonces que parte de la carga de peso propio de la tapada de suelo sobre el túnel, se transfiere a los laterales. Ello permitirá determinar la curva de carga de la cavidad en función del grado de movilización de la resistencia al corte del suelo. Para ello se aplicará el procedimiento indicado en Foundations Retaining and Earth Structures – Cap. 13.2 (ver Bibliografía indicada). La verificación de los apoyos de la confortación se realizará por medio de la Ec 13-2 indicada en esa misma bibliografía.

La curva característica del sostenimiento se determinará utilizando los modelos estructurales usuales para resolución de estructuras formadas por barras. En el caso de no alcanzarse la convergencia máxima de la bóveda para un factor de seguridad 2 en el sostenimiento, se limitará a este valor la carga de trabajo del mismo.

Las confortaciones compuestas por distintos elementos (ej.: hormigón proyectado y cerchas) podrán ser homogeneizadas a un mismo material aplicando el procedimiento descrito en [2]

En este análisis podrá utilizarse la hipótesis de que se trata de un solo túnel con una sección circular equivalente y suponer que la colocación del sostenimiento es simultánea con la excavación.

Posteriormente, el Encargado del Proyecto deberá rehacer para el Proyecto Ejecutivo, este análisis con la mayor información básica que está obligado a obtener para esta etapa, y considerando con mayor detalle lo siguiente:



- Todos los túneles y accesos que se encuentren en cada sección de análisis
- La forma real de los túneles
- Desfasaje en el avance de la construcción de todos los túneles
- El desfasaje que se producirá en los distintos trabajos en el frente de excavación (excavación del frente, confortación, hormigonado de la bóveda excavación en banco, hormigonado de hastiales y de contrabóveda).
- Secuencia de construcción de accesos.

El Encargado del Proyecto deberá realizar este tipo análisis por medio de un modelo de mayor precisión que el utilizado para el anteproyecto, para lo cual deberá aplicar un modelo de elementos finitos que incluya la colaboración estructural de los elementos del contorno de la excavación y que permita la simulación de las distintas fases de excavación, confortación y hormigonado. Para ello se requiere la utilización del programa PLAXIS v6 – 3D u otro similar.

5.4 Revestimiento Definitivo

Si bien se acepta la utilización de parámetros rápidos de suelo para la verificación de la convergencia en la etapa constructiva, se considera que a largo plazo, y luego de haberse finalizado con el revestimiento definitivo, el suelo pasará a trabajar con los parámetros lentos, perdiendo parte de la cohesión. Análogamente sobre los laterales, se establece la condición Ko.

Por lo tanto, la verificación estructural del revestimiento definitivo se realizará considerando la carga total del suelo, admitiendo que el conjunto suelo – confortación admite deformaciones ulteriores a las constructivas, las que serán controladas por el revestimiento definitivo, considerando que su deformación comienza a partir del momento del fraguado del hormigón.

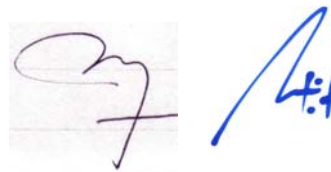
Lo dicho se fundamenta en las mediciones de Housel, [1.-Fig 13-5] realizadas en túneles excavados en suelo, para los cuales se determinó que se establece a largo plazo la carga total de terrenos sobre la bóveda del túnel.

5.5 Subsistencia

La *subsistencia* o desplazamiento vertical del terreno, tanto en superficie como en profundidad por efecto de la excavación y de la construcción del túnel, debe ser evaluada con el fin de determinar los efectos de la excavación del túnel sobre estructuras existentes (Edificios y sus fundaciones, subtes o ferrocarril, cámaras transformadoras, sótanos y conductos pluviales o cloacales).

Los oferentes incluirán en sus ofertas una estimación de la subsistencia del túnel realizada por un método expeditivo para las secciones típicas y las que estime como más comprometidas. El procedimiento podrá realizarse aplicando las correlaciones de la subsistencia con el diámetro del túnel, a través de los parámetros mecánicos del suelo [4.- Cap 20] (Sagaseta y Oteo 1974). Deberá corregirse los resultados considerando el incremento de subsistencia provocado por ambos túneles y la extensión para la determinación de la subsistencia en profundidad respecto de la superficial.

Se analizará la subsistencia obtenida como asentamientos a introducir a cruces con subtes y colectores de agua y cloaca, determinándose que los valores probables obtenidos no afectarán estas estructuras. Además cuando el trazado del túnel resulte próximo a la línea de edificación también se realizará un análisis en particular.



Para los análisis a realizar para la etapa constructiva se deberá utilizar los parámetros rápidos de los suelos mientras que para la estructura se determinará el incremento de subsidencia que ocurrirá utilizando para ello los parámetros drenados.

El valor de la subsidencia total obtenida en superficie sobre la clave del túnel, suma de la ocurrida durante la construcción y posteriormente a la misma, no podrá superar en general los 20 mm independientemente de los valores a que sea necesario limitarla en los cruces con otros servicios y proximidad con otros servicios o edificios. El análisis se realizará para secciones representativas de longitud no mayor que 100 m a lo largo de los túneles.

Durante la realización del Proyecto Ejecutivo, el Encargado del Proyecto reanalizará la subsidencia considerando ambos túneles y las etapas de excavación y cálculo de deformaciones por medio del método de los elementos finitos, utilizando los mismos criterios con el programa PLAXIS v6 – 3D o similar. El estudio se realizará para secciones típicas y para secciones con interferencias importantes, debiendo incluirse las estructuras de las interferencias en las secciones que serán estudiadas.

Los valores calculados se compararán con los obtenidos de la auscultación en los primeros avances de la excavación, con lo cual se podrá calibrar el modelo de elementos finitos y obtener valores de cálculo más confiables para recalcular las secciones próximas a ser excavadas, y que se presenten con las interferencias más importantes.

5.6 Desplazamientos Horizontales

Los desplazamientos horizontales del macizo de suelo provocados por la excavación del túnel también deberán ser calculados, especialmente en las secciones donde existen estructuras que potencialmente pueden ser afectadas.

Estos desplazamientos, a diferencia de la subsidencia, son nulos en correspondencia con el eje del túnel y alcanzan su valor máximo lateralmente al mismo. La variación de esta magnitud en superficie y su propagación en profundidad pueden producir distorsiones en las estructuras cercanas al túnel con los consiguientes posibles daños.

Los desplazamientos horizontales superficiales, que se esperen a partir del método constructivo propuesto por parte del oferente para un único túnel, podrán determinarse por medio del mismo procedimiento sugerido para la subsidencia utilizando la misma bibliografía [4.- Cap 20] (Sagaseta y Oteo 1974) considerando los parámetros mecánicos del suelo.

Análogamente a lo planteado anteriormente, se utilizarán parámetros de resistencia al corte no drenados para la etapa constructiva y los parámetros drenados para la condición postconstructiva.

Los resultados finales para verificar efectos sobre otras estructuras e interferencias surgirán de la suma de los antes mencionados.

Se deberá determinar:

- Desplazamiento horizontal máximo
- Ubicación del desplazamiento horizontal máximo
- Alcance de los movimientos horizontales desde la vertical del eje del túnel.

Para la evaluación de los desplazamientos horizontales en profundidad no se dispone de un procedimiento de cálculo desarrollado. Existen, en cambio, algunas mediciones de los desplazamientos horizontales, medidos a la cota del túnel por medio de clinómetros para los

distintos tipos de suelos. [4.- Cap 20] (Rankin 1987). La adopción de alguno de estos valores juntamente con la determinación de los movimientos superficiales por el procedimiento mencionado puede dar una pauta para la evaluación de los desplazamientos en profundidad.

Durante la realización del Proyecto Ejecutivo, se reanalizará en forma más precisa los desplazamientos horizontales y en profundidad, por medio del cálculo de deformaciones por medio del método de los elementos finitos, con el programa PLAXIS v6 – 3D o similar. El estudio se realizará para secciones típicas y para secciones con interferencias importantes, debiendo incluirse las estructuras de las interferencias en las secciones que serán estudiadas.

5.7 Verificación de Estructuras afectadas

Se evaluará el efecto de las distorsiones en las estructuras por los movimientos diferenciales de distinta subsidencia o distinto desplazamiento horizontal del suelo, que puedan ser inducidos por la construcción del túnel en las estructuras existentes.

Se tendrá en cuenta que parte de la distorsión admisible que dichas estructuras sean capaces de resistir, ya puede haber ocurrido previamente a la construcción del túnel, por lo cual, debería realizarse este análisis considerando solamente una fracción de la distorsión disponible.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Foundations Retaining and Earth Structures
Gregory Tsechebotarioff
Mc Graw Hill 1979
- 2.- Modelling Composite sections with FLAC and PHASE2
Carlos Carranza Torres
Turín 2004
- 3.- Phase2
Rocscience
Toronto Canadá
- 4.- Manual de Túneles y Obras Subterráneas
Carlos López Jimeno
Madrid.- 2000

CAPÍTULO IV

DESAGÜES PLUVIALES E INTERFERENCIA CON CONDUCCIONES

1 NORMAS

Las Normas, sobre cuya base se elaborará el Proyecto Ejecutivo, y Diseño de las construcciones civiles y electromecánicas son las siguientes:

- CIRSOC
- Normativa específica del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
- DIPSOH Normas para la presentación de proyectos de desagües – Disposición N° 1170 1995.
- ENOHTA Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento
- OSN Obras Sanitaria de la Nación
- AYSA Aguas y Saneamiento Argentino

Para las instalaciones eléctricas, permanentes o provisorias, regirán las siguientes normas:

- IRAM Instituto Argentino de Racionalización de Materiales
- ASTM American Society for Testing Materials
- AISC American Institute of Steel Construction
- Reglamento para Instalaciones Eléctricas del ENRE.
- Reglamento para la ejecución de Instalaciones que determine la Prestadora del Servicio.
- Código de Edificación de la Ciudad de Buenos Aires.

2 CRITERIOS DE DISEÑO

2.1 Obras de desagües pluviales en túneles

2.1.1 General

El diseño del sistema de desagües deberá estar dimensionado de manera tal de responder a las necesidades propiamente pluviales, como así también deberá ser capaz de evacuar los caudales de agua de incendio, y absorber o coleccionar en los puntos bajos las aguas provenientes del sistema colección de aguas de drenaje del túnel.

El sistema estará diseñado para soportar el caudal de 2 motobombas suministrando agua al mismo tiempo, en un evento de incendio más el caudal aportado por la red de drenaje en los puntos bajos o el caudal aportado por el ingreso de agua de lluvia en los túneles con la recurrencia de diseño, más el caudal aportado por la red de drenaje en los puntos bajos; el que resulte mayor.

El sistema deberá ser planificado de manera tal que en las Etapas constructivas sucesivas las redes se sumen a las redes y Estaciones existentes y no deban generarse nuevas.

Se especificará el método de cálculo utilizado o las fórmulas de cálculo, aclarando el significado de cada uno de los parámetros con sus respectivas unidades. Se realizarán todos los croquis o tablas que conduzcan al total esclarecimiento de los desarrollos teóricos o numéricos, al fin de lograr la comprensión acabada del método.

En el caso de utilización de ábacos o gráficos se completará la documentación a presentar con fotocopias de los mismos.

Se anexarán copias de la bibliografía utilizada en el caso que no sea de uso corriente, de lo contrario se citará la fuente consultada.

Se deberá efectuar una descripción detallada de los criterios seguidos, de la metodología de cálculo utilizada. Para la modulación matemática empleada especificar el tipo de programa utilizado y una descripción del mismo.

2.1.2 Zona de Estudio

La zona de estudio abarcará el área a desaguar, las subcuencas de aporte, los reservorios y conducciones, sean naturales o artificiales, que pudieran existir o generarse como parte del proyecto y el receptor final de las aguas.

Los niveles de estudio del receptor final de las aguas a realizarse comprenderán lo siguiente:

Se deberá definir la capacidad del receptor final e inclusive tipo de obra, material y traza.

2.1.3 Recurrencias.

La recurrencia de diseño será 100 años.

Las ecuaciones de las curvas **Intensidad - Frecuencia - Duración**, serán las de uso común en la práctica, correspondiente con la serie pluviométrica de la Estación Meteorológica Villa Ortuzar.

2.1.4 Método de Cálculo

Como método de cálculo se deberá emplear el Método Racional. En el caso de usar otros métodos de cálculo diferentes a este, se deberán contrastar los resultados generales con este método.

Cualquier sistema que se utilice deberá constar con las planillas de datos de entrada, de resultados y las planimetrías topológicas, de forma de comprender los cálculos efectuados. Se explicitará el proceso de cálculo y las ecuaciones utilizadas.

Se utilizarán en el cálculo coeficientes de escorrentía acordes con el desarrollo urbanístico de la zona, no siendo recomendados coeficientes menores de $C = 0,40$ en zonas sin pavimento y $C = 0,60$ en áreas pavimentadas. En caso de emplear coeficientes menores que los mencionados se deberá justificar debidamente las razones que motivan el uso de dichos coeficientes.

2.2 Interferencias con Obras de desagües pluviales y en superficie.

El criterio que regirá será el de reponer las instalaciones afectadas como mínimo con la misma capacidad y operatividad con la que se desarrollan actualmente.

2.3 Interferencias con Obras de desagües cloacales

Para el tratamiento de interferencias de la obra con desagües cloacales, los criterios de diseño serán los establecidos en las “Recomendaciones para el diseño de redes cloacales de conductos primarios y redes secundarias” de AySA.

2.4 Obras de agua

Para el tratamiento de interferencias de la obra con desagües cloacales, los criterios de diseño serán los establecidos en las “Recomendaciones para el diseño de redes secundarias, cañerías primarias y cañerías de impulsión” de AySA.

2.5 Estaciones de bombeo

Para el diseño de estaciones de bombeo se seguirán como mínimo los criterios guía del ENOHSa en sus “criterios y fundamentaciones” Cap. 9 de criterios y VI de fundamentaciones.

El criterio básico se sostiene sobre la base de dimensionar las Estaciones que sean necesarias con un Caudal $Q = 1.1 Q(\max)$ de llegada a la misma. Las Estaciones se compondrán de 2 equipos de bombeo sumergibles en servicio y 1 en reserva.

3 MATERIALES Y ENSAYOS

IRAM IAS	Instituto Argentino de Racionalización de Materiales
AISI	American Iron and Steel Institute
ANSI	American National Standards Institute
ASE	Association Suisse des Electriciens
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWS	American Welding Society
AWWA	American Water Works Association.
BSI	British Standards Institution
CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano
DIN	Deutsche Industrie Normen
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IEC	International Electrotechnical Commission
IIW	International Institute of Welding
ISO	International Organization for Standardization
JEC	Japanese Electrotechnical Committee
JIS	Japanese Industrial Standards
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
SAE	Society of Automotive Engineers
SEN	Svenska Elektrotekniska Normer
SHF	Société Hydrotechnique de France
SIS	Swedish Standards Organization
UTE	Unión Technique de l'Electricité
VDE	Verein Deutscher Elektrotechniker

CAPÍTULO V

SISTEMA DE VENTILACIÓN

1 SELECCIÓN DEL TIPO DE VENTILACION

1.1 Generalidades

Todo ámbito medianamente confinado, dentro del cual se producen emanaciones, gases y residuos que pueden afectar a la salud de los usuarios, debe contar con la ventilación adecuada y necesaria como para diluir dichos productos no deseados hasta determinados valores aceptados como admisibles, a fin de mantener las condiciones ambientales aptas para la salud y el confort humano.

En el caso específico de los túneles urbanos y/o carreteros, los vehículos que recorren la traza producen emanaciones tóxicas, tales como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, humos, hollín, etc., cuya magnitud depende de la cantidad de vehículos que circulan (tránsito) y del desarrollo tecnológico, la antigüedad y el estado de mantenimiento del parque automotor (volumen de emanaciones que libera cada vehículo).

Para garantizar una adecuada ventilación se debe inyectar dentro del túnel suficiente cantidad de aire fresco como para lograr la dilución de los gases nocivos por debajo de los límites admitidos por las reglamentaciones ambientales.

Los sistemas de ventilación que comúnmente se aplican para el barrido de viaductos subterráneos urbanos y túneles carreteros se clasifican en dos grandes grupos: Ventilación Natural y Ventilación Forzada

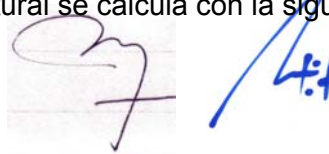
1.2 Ventilación Natural

La experiencia demuestra que en una gran cantidad de túneles, con determinadas características constructivas y de tránsito, sólo con ventilación natural se logra un eficiente barrido de los gases viciados que pudieran aportar los vehículos. Bajo dichas condiciones es indudable que la ventilación natural es un método muy conveniente, dado que no son necesarias instalaciones mecánicas adicionales y no requiere consumo de energía.

No obstante lo dicho, también debe tenerse en cuenta las desventajas del sistema, dado que el caudal de aire que en forma natural ingresa al túnel depende de la diferencia de presión del aire en las bocas de entrada y de salida, las distintas temperaturas de cada zona, la dirección del viento, etc.

Dado que la ventilación natural depende de las condiciones climáticas del momento, el caudal de aire fresco obtenido por este método será aleatorio e ineficaz para garantizar volúmenes ciertos. Sobre la base de lo dicho, la experiencia internacional en la materia, recomienda utilizar este sistema sólo en túneles cortos y de bajo tránsito.

Para evaluar la longitud máxima admisible para que un túnel carretero pueda operar sólo con ventilación natural, se aplican reglas empíricas obtenidas de la experiencia tales como la propuesta por la Asociación Internacional Permanente de Congresos de la Ruta (AIPCR) que dice que la máxima longitud de túnel a ventilar en forma natural se calcula con la siguiente fórmula:



$$L(\text{km}) = C / M_{\text{max}} \text{ (veh/hora)}$$

L es la longitud admisible en km, de túnel ventilado naturalmente.

M_{max} es la intensidad de tránsito de punta dada en vehículos por hora

C (constante adimensional) entre 300 y 600 para túneles bidireccionales y entre 1.500 y 2.000 para túneles unidireccionales.

Otros criterios empíricos indican que no es necesario ventilar mecánicamente túneles de menos de 500 m y con tránsito menor a 4.000 vehículos por día.

Los túneles en estudio no cumplen con los requisitos que los señalarían como aptos para ser ventilados en forma natural por lo que este tipo de ventilación se descarta. Se deben prever sistemas de ventilación forzada.

1.3 Ventilación Forzada

El objetivo de la ventilación a diseñar, operando en funcionamiento normal, es mantener el aire del ambiente interior de cada tramo de túnel, dentro de las condiciones de calidad adoptadas como admisibles.

Admitiendo que dentro del túnel la principal fuente de contaminantes será la combustión interna de los vehículos que circulan a lo largo de la traza, para mantener el aire interior en condiciones aptas y que no pongan en riesgo la salud de los conductores y del personal de mantenimiento se debe inyectar suficiente volumen de aire no contaminado de tal forma que la mezcla de las emanaciones de los vehículos y el aire fresco inyectado den como resultado un aire con un contenido de contaminantes dentro de los rangos admisibles.

Ubicando los equipos de inyección y/o extracción estratégicamente se logra que el aire fresco ingrese por uno de los extremos del túnel y sea expulsado por el otro, con lo que se logra un efecto de barrido que colabora con la dilución de los gases contaminantes, evita zonas con acumulación de gases y expulsa la mezcla diluida desde el ámbito del túnel hacia el exterior.

En el eventual caso de que ocurra un incendio dentro del túnel, el sistema operará en funcionamiento de emergencia, y debe ser apto para imprimir suficiente velocidad a la corriente de aire de ventilación que garantice que no avancen los humos contra el sentido de la ventilación.

Para forzar el ingreso y la circulación del aire fresco (que suponemos no contaminado) a lo largo del túnel, en general se utilizan en viaductos subterráneos y túneles alguno de los siguientes esquemas de ventilación forzada: tipo longitudinal, tipo semitransversal y tipo transversal.

Por las características de los túneles en estudio, se adopta un sistema de ventilación forzado tipo longitudinal.

1.4 Instalación de ventilación forzada tipo longitudinal

El sistema de ventilación longitudinal se logra forzando mecánicamente el flujo de aire de ventilación a lo largo del túnel, de tal modo que el aire fresco entra por una o varias bocas de entrada y el aire viciado se expulsa por una o varias bocas de salida.

En general, el efecto de barrido se logra impulsando el aire con ventiladores axiales distribuidos a lo largo del túnel, normalmente ubicados en la clave del túnel y separados a cierta distancia entre sí.

Este sistema se recomienda para túneles unidireccionales a fin de que el aire de barrido tenga el mismo sentido del tránsito y sumar la eventual ventilación natural producida por el efecto sifón de los vehículos.

No obstante lo dicho, es recomendable que el flujo de la ventilación sea reversible para que, en caso de incendio y dependiendo de la ubicación del siniestro, sea posible orientar los humos hacia el lado más conveniente.

La velocidad del aire dentro del túnel se debe limitar, como máximo, en 10 m/s. Si el caudal de aire de ventilación tiene velocidades mayores se producen efectos perturbadores al tránsito y a los eventuales peatones. Si el túnel es muy largo se deberá insuflar grandes volúmenes de aire y por lo tanto se superará la velocidad límite a menos que se prevean pozos, bocas o galerías intermedias.

El sistema se debe completar con un adecuado sistema de monitoreo para mensurar el volumen de humos y/o de contaminantes a fin de inyectar sólo la cantidad de aire de ventilación necesaria en cada momento y optimizar el consumo de energía. Los ventiladores deben tener la posibilidad de regular su caudal en base a los datos recibidos del sistema de monitoreo.

Entre los sistemas forzados normalmente utilizados y probados para ventilar túneles y galerías subterráneas, el descrito es el más económico porque no requiere instalaciones civiles adicionales.

La ventilación longitudinal será adoptada para ventilar los túneles proyectados, salvo que en las siguientes etapas de estudio se demuestre la necesidad de mejorar las prestaciones obtenidas con este tipo de instalación.

2 CRITERIOS DE DISEÑO

2.1 Criterios para evaluar la cantidad de aire fresco dentro de los túneles

Según recomendaciones internacionales, la cantidad de aire fresco que se debe inyectar dentro del túnel para asegurar una adecuada ventilación se debe evaluar, como mínimo, en base a los siguientes criterios:

- Dilución del monóxido de carbono (CO)
- Dilución de los óxidos de nitrógeno (NOx)
- Dilución del humo vehicular.
- Control de humos en caso de un eventual incendio en el túnel.

Para evaluar el volumen de aire fresco que se debe inyectar en el túnel en base a los criterios de dilución, salvo que se disponga de otros procedimientos más actualizados, se deben aplicar las expresiones recomendadas por la Asociación Internacional Permanente de Congresos de la Ruta (AIPCR), propuestas por la AIPCR - Road Tunnel Committee durante el Congreso XVIII de Bruselas, 1987.

2.2 Criterio de Dilución del monóxido de Carbono

Para evaluar el volumen de aire fresco en base a la dilución del monóxido de carbono, se aplicará la siguiente expresión (AIPCR - Road Tunnel Committee - C XVIII de Bruselas, 1987).

$$Q(\text{CO}) = (q_{\text{CO}} \cdot f_v \cdot f_i \cdot f_h / 3.600) \cdot M_{\text{pt}}/V \cdot (10^6 / \text{CO lim})$$

- Q(CO) en (m³/s.km.carril) es la cantidad de aire fresco requerido para diluir el CO producido por el tránsito en hora pico.
- qCO en (m³/h.veh) es la cantidad de CO emitido por un vehículo en el lapso de una hora de tiempo
- fv es un factor adimensional que corrige la emisión de CO de los vehículos en función de la velocidad (ver gráfico propuesto por AIPCR).
- fi es un factor adimensional que corrige la emisión de CO de los vehículos en función de la inclinación del túnel (ver gráfico propuesto por AIPCR).
- fh es un factor adimensional que corrige la emisión de CO de los vehículos en función de la altitud media del túnel (ver gráfico propuesto por AIPCR).
- Mpt en (veh / h.carril) es el máximo tránsito horario por carril.
- V en (km/h) es la velocidad media de los vehículos.
- COlim en (ppm) es la cantidad máxima de CO que se admite diluido en el aire del túnel

2.3 Criterio de Dilución de los óxidos de nitrógeno (NOx)

Para evaluar el volumen de aire fresco en base a la dilución de los óxidos de nitrógeno, se aplicará la siguiente expresión (AIPCR-Road Tunnel Committee - C XVIII de Bruselas, 1987).

$$Q(\text{NO}) = (q\text{NO} \cdot f_v \cdot f_i \cdot f_h / 3.600) \cdot \text{Mpt}/V \cdot (10^6 / \text{NO lim})$$

- Q (NO) en (m³/s.km.carril) es la cantidad de aire fresco requerido para diluir el NO.
- qNO es la cantidad de NO emitido por un vehículo en el lapso de una hora de tiempo.
Peso específico del NO² = 1.900 g/m³.
- fv es un factor adimensional que corrige la emisión de NO de los vehículos en función de la velocidad (ver gráfico propuesto por AIPCR).
- fi es un factor adimensional que corrige la emisión de NO de los vehículos en función de la inclinación del túnel (ver gráfico propuesto por AIPCR).
- fh es un factor adimensional que corrige la emisión de NO de los vehículos en función de la altitud media del túnel (ver gráfico propuesto por AIPCR).
- Mpt en (veh / h.carril) es el máximo tránsito horario por carril.
- V en (km/h) es la velocidad media de los vehículos.
- NOlim es cantidad de NO admisible diluido en el aire dentro del túnel

2.4 Criterio de Dilución del humo vehicular.

Para evaluar el volumen de aire fresco en base a la dilución de los humos vehiculares, se aplicará la siguiente expresión (AIPCR-Road Tunnel Committee - C XVIII de Bruselas, 1987).

$$Q_h = (q_h \cdot f_{iv} \cdot f_h / 3.600) \cdot \text{Mpt}/V \cdot (10^6 / K \text{ lim})$$

- Qh en (m³/s.km.carril) es la cantidad de aire fresco requerido para diluir los humos vehiculares
- qh es la emisión de humo de los vehículos por unidad de peso y por metro de túnel recorrido. Sólo se deben tener en cuenta los vehículos pesados (camiones y autobuses)
- fiv es un factor adimensional que corrige la emisión de humo de los vehículos pesados en función de la pendiente del túnel y de la velocidad (ver gráfico propuesto por AIPCR).
- fh es un factor adimensional que corrige la emisión de NO de los vehículos en función de la altitud media del túnel (ver gráfico propuesto por AIPCR).
- Mpt en (veh / h.carril) es el máximo tránsito horario por carril.
- V en (km/h) es la velocidad media de los vehículos
- Klim es la concentración máxima admisible de humos en el túnel.

Atención: todos los túneles analizados en el presente proyecto son para vehículos livianos por lo que la cantidad de humos no será significativa. Los volúmenes calculados con este criterio serán menores que los calculados aplicando otros criterios.

2.5 Evaluación de los valores de cálculo

2.5.1 Emanaciones de CO y NO producidos por vehículos ligeros

La experiencia internacional ha comprobado que la cantidad de gases contaminantes que emiten los vehículos durante el tránsito por un túnel depende en primer lugar del desarrollo tecnológico con que han sido fabricados, de la antigüedad de los vehículos y del estado de mantenimiento del parque automotor, y en segundo lugar de la legislación que cada país tiene respecto a la protección del medio y a la voluntad política de aplicar y controlar el cumplimiento de dichas leyes.

La AIPCR-Road Túnel Comité- Congreso XVIII de Bruselas, 1987, al proponer las expresiones para evaluar el caudal de aire necesario para diluir los gases de combustión de los motores, recomendó valores de referencia para ayudar a evaluar la cantidad de gases que emiten los distintos tipos de vehículos.

Para definir valores de referencia realistas, que tengan en cuenta tanto los factores tecnológicos como los factores condicionantes inherentes al estado del parque automotor, la AIPCR distingue cuatro grupos de aplicación:

- **Grupo A** Donde se aplica la norma norteamericana FTP 75 para vehículos ligeros y la US Transient 91 para vehículos pesados. Se hace el control periódico de la emisión de los vehículos. Dentro de este grupo se incluye como referentes a EEUU, Austria, Suiza, Suecia, Canadá y Corea.
- **Grupo B** Donde se aplica la norma europea CEE 89/458 para vehículos ligeros y la norma CEE 88/77 para vehículos pesados. Se hace el control periódico de la emisión de los vehículos. Dentro de este grupo se incluye como referente a la Comunidad Europea.
- **Grupo C** Donde se aplican las normas europeas para vehículos ligeros y pesados pero no se hacen controles periódicos de emisión.
- **Grupo D** Donde no existe normativa ni control de emisión.

Teniendo en cuenta el grupo de aplicación, el alcance de las normas con que se rige cada grupo y la rigurosidad con que se aplican los controles del cumplimiento de las normas, la AIPCR sugiere los valores mostrados en el siguiente cuadro para estimar las emanaciones de CO y NO que producen vehículos ligeros.

Emanaciones de CO y NO que para vehículos ligeros (AIPCR-1987)

Grupo País	qCO (m ³ /h.veh)	qCO * (g/km.veh)	qNO (g/h.veh)	qNO ** (g/km.veh)
-	0,12	2,29	40	0,66
A	0,16	3,00	60	1,00
B	0,70	13,30	120	2,00
D	1 a 1,5	19 a 28	120	2,00

* calculado con densidad de CO = 1.145 g/m³ y V = 60 m/seg

**calculado con densidad de NO = 1.900 g/m³ y V = 60 m/seg

Aunque las estimaciones mostradas son antiguas, como una referencia interesante muestran claramente que la AIPCR atribuyó mucha importancia a los controles periódicos y rigurosos realizados por autoridad competente como factor de disminución de la cantidad de gases que producen los vehículos.

Si se comparan las emanaciones previstas para vehículos de distintos grupos de aplicación se observa que un vehículo del grupo B tendrá emanaciones de CO un 33% mayor que un vehículo del grupo A. Este mayor valor tiene en cuenta que las normas aplicadas en B son menos rigurosas respecto a las emanaciones que las aplicadas en A, suponiendo que en A y en B se realizan controles rigurosos y periódicos similares.

Pero si se comparan vehículos del grupo C y del grupo A vemos que las emanaciones de CO previstas para el vehículo del grupo C son 583% mayores que las previstas para el vehículo del grupo A. Dado que se supone que en C se aplican las mismas normas que en B, este mayor valor tiene en cuenta la diferencia de normas aplicadas (33%), pero el factor que más pesa es la falta de controles rigurosos y periódicos que se estima en un aumento de 450% respecto del valor estimado para A .

En principio la evaluación es correcta dado que al hacer más laxos los sistemas de control de emanaciones, los propietarios y empresarios del transporte no se sienten obligados a gastar en el recambio del parque automotor, en repuestos y en el mantenimiento de los motores y de los sistemas catalíticos.

A partir del año 1995, la Argentina cuenta con la Ley N° 24.449 de Tránsito y Seguridad Vial y con su Decreto Reglamentario N° 779/ 95. En el Artículo 33 de dicha Ley se determinan los límites máximos admitidos de las emisiones contaminantes producidas por vehículos automotores.

En el cuadro siguiente se han extractado los valores máximos permitidos por la citada ley:

Límite de emisión de contaminantes para vehículos livianos, nuevos, ciclo Otto ó Diesel:

Año de fabricación	antes 1994	1996	1998	1999
Monóxido de Carbono (CO)	24,0 g/km	12,0 g/km	6,2 g/km	2,0 g/km
Hidrocarburos (HC)	2,1 g/km	1,2 g/km	0,5 g/km	0,3 g/km
Oxido Nitrógeno (NO)	2,0 g/km	1,4 g/km	1,43 g/km	0,6 g/km
Material Particulado (PM) **		0,373 g/km	0,16 / 0,31 g/km	0,124 g/km
CO en marcha lenta*	3%	2,5%	0,5%	0,5%
HC en marcha lenta	600 ppm	400 ppm	250 ppm	250 ppm

Exigencias aplicables para vehículos nacionales e importados.

En la misma ley se determina claramente que el Procedimiento de Ensayo y Medición, los sistemas de toma de muestra, el análisis y la medición de emisiones de gases contaminantes por el escape de los vehículos livianos, deberán estar de acuerdo con el CFR ("Code of Federal Regulations" de los Estados Unidos de América), Título 40 - Protección del Ambiente, Parte 86 - Control de la Contaminación del Aire por Vehículos Automotores Nuevos y Motores para Vehículos Nuevos. De la letra de la ley se desprende que hay intención de hacer controles correspondientes en forma rigurosa y periódica.

La autoridad competente para la aplicación, la actualización y el control es la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Unidad Técnico Operativa de Emisiones Vehiculares.

Comparando los valores de CO admisibles en la normativa local con los recomendados por la AIPCR en el año 1987 se puede ubicar a la Argentina dentro de un Grupo de Aplicación, según se muestra en el siguiente cuadro:

Año de fabricación	1987	antes 1994	1996	1998	1999
CO s/Ley 24 449		24,0 g/km	12,0 g/km	6,2 g/km	2,0 g/km
CO (AIPCR – Grupo A)	2,29 g/km				A
CO (AIPCR – Grupo B)	3,00 g/km				
CO (AIPCR – Grupo C)	13,3 g/km		C	entre C y B	
CO (AIPCR – Grupo D)	19 a 28 g/km	D			

Comparando los valores de NO admisibles en la normativa local con los recomendados por la AIPCR en el año 1987 se puede ubicar a la Argentina dentro de un Grupo de Aplicación, según se muestra en el siguiente cuadro:

Año de fabricación	1987	antes 1994	1996	1998	1999
NO s/Ley 24 449		2,0 g/km	1,40 g/km	1,43 g/km	0,6 g/km
NO (AIPCR – Grupo A)	0,66 g/km				A
NO (AIPCR – Grupo B)	1,00 g/km				
NO (AIPCR – Grupo C)	2,0 g/km		C / B	entre C y B	
NO (AIPCR – Grupo D)	2,0 g/km	D			

Sobre la base de la normativa actualmente vigente en la Argentina y la expresa intención de la ley de hacer rigurosos controles periódicos en el parque automotor nos podríamos encasillar en el grupo A ó en el grupo B para estimar un valor de las emanaciones gaseosas del parque automotor local, pero la experiencia nos muestra que por distintas circunstancias y por largos períodos de tiempo se dejan de hacer los controles de emisión en forma eficiente y en esos casos deberíamos encasillarnos en el grupo C adoptando valores mucho más altos.

Parece razonable adoptar un valor intermedio

Por la Legislación	Grupo A	CO 2 g/km	NO 0,60 g/km
Aceptando falta de control	Grupo C	10 g/km	1,09 g/km

Valores adoptados $6 \text{ g/km} = 0,32 \text{ m}^3/\text{h}$ $0,84 \text{ g/km} = 50,4 \text{ g/h} = 0,026 \text{ m}^3/\text{h}$

Valores de cálculo adoptados para estimar la emisión de CO y NO, que deberán respetarse, como mínimo, en la etapa de diseño definitivo:

$$q_{CO} = 6 \text{ g/km} = 0,32 \text{ m}^3/\text{h.veh}$$

$$q_{NO} = 0,84 \text{ g/km} = 50,4 \text{ g/h.veh} = 0,026 \text{ m}^3/\text{h.veh}$$

2.5.2 Valores admisibles de concentración de CO y NO en los túneles

En España se suele utilizar $CO_{lim} = 150 \text{ ppm}$. Aunque no está fijado por ninguna reglamentación los valores adoptados para distintos proyectos, según los casos varían entre 50 y 250 ppm.

Se debe tener en cuenta que en los túneles con ventilación longitudinal la concentración es máxima en las proximidades de la boca de salida. Se entiende que en esa, la zona más crítica, la concentración límite no se debe superar.

De acuerdo con los valores límites recomendados por AIPCR, para túneles urbanos, congestionados diariamente, con tránsito fluido o congestionado (Grupo A) se adopta:

- $CO_{lim} = 125 \text{ ppm}$

Por otra parte se debe considerar la concentración base en el aire fresco que se introduce al túnel desde el exterior y que varía entre 0,5 y 5 ppm dependiendo de la contaminación del entorno.

En caso de que se supere el límite CO lim establecido por más de 15 minutos, el túnel deberá ser cerrado al tránsito.

$NO_{lim} =$ se fija entre 15 y 25 ppm.

2.6 Control de humos en caso de un eventual incendio en el túnel.

El último criterio para el dimensionamiento de la ventilación de un túnel es el estudio de un eventual incendio en su interior.

Los túneles en estudio se han diseñado para tránsito liviano y por lo tanto el riesgo de un eventual incendio con gran carga de fuego y con altos contenidos de gases tóxicos es bastante improbable.

La experiencia indica que la vida de los conductores involucrados en incendios dentro de túneles corre mayor peligro debido a las partículas tóxicas que se encuentran en los humos no diluidos que en el calor emitido por el incendio. Por este motivo es necesario dimensionar las instalaciones de tal forma que en ningún caso los usuarios estén sometidos a concentraciones peligrosas de gases tóxicos.

Teniendo en cuenta que los túneles son unidireccionales, que el sistema de ventilación a instalar es del tipo longitudinal y que el sentido del flujo de la ventilación será igual que el sentido del tránsito, en el caso de un eventual incendio en algún punto de la traza, todos los conductores ubicados entre el foco del incendio y la salida, podrán salir del túnel manejando sus vehículos normalmente y todos los conductores que hayan quedado bloqueados del otro lado, del foco de incendio deberán abandonar sus vehículos y pasar a otro túnel o a la salida al exterior más próxima a través de puertas de emergencia especialmente previstas para ese uso.

El sistema de ventilación debe ser apto para lograr que la corriente de aire dentro del túnel tenga suficiente velocidad como para evitar el retroceso de los humos y que dichos humos solamente se propaguen hacia la boca aguas abajo del incendio. Por ello se fija como velocidad mínima para el establecimiento de la potencia del sistema de ventilación 3 m/s.

La AIPCR, indica valores de referencia de velocidad de humos en función del tamaño del fuego y de velocidad mínima necesaria del flujo de ventilación evitar el retroceso de humos y orientándolos hacia una de las bocas.

Los ventiladores de impulsión deberán ser reversibles a fin de barrer los humos hacia el extremo más conveniente y así posibilitar la tarea de los bomberos con menores riesgos. Además todo el sistema deberá ser apto para trabajar con temperaturas de 250 °C.



El sistema de ventilación deberá impedir la propagación de humo y de calor a las vías de evacuación situadas tras las salidas de emergencia, de forma que los usuarios del túnel puedan llegar al exterior y los servicios de emergencia puedan acceder al túnel con seguridad.

3 NORMAS DE APLICACIÓN Y REFERENCIAS

3.1 Normas Generales

Para el dimensionamiento, la fabricación y los ensayos de los materiales, equipos e instalaciones a incorporar en las obras, se deben aplicar las reglamentaciones y/o normas vigentes fijadas por las siguientes empresas y/o organismos, según corresponda:

- IRAM Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- Código de Edificación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- AEA Asociación Electrotécnica Argentina. Edición 2002
- AADL Asociación Argentina de Luminotecnia.
- Ley N° 24.449 de “Tránsito y Seguridad Vial” y Decreto Reglamentario N° 779/ 95
- Ley N° 19 587 “Higiene y Seguridad en el Trabajo” y Decreto Reglamentario 351/79
- Leyes de orden nacional, provincial y/o municipal que correspondan

Las instalaciones o los materiales no cubiertos por las Reglamentaciones y las Normas citadas, responderán según corresponda, a las recomendaciones de los siguientes organismos: ASTM, ANSI, ASHRAE, NFPA, IEC, DIN.

3.2 Normas y referencias particulares

AIPCR “Asociación Internacional Permanente de Congresos de la Ruta” Informes del Comité de Túneles para los Congresos Mundiales de la Carretera de Bruselas (1987).

AIPCR “Asociación Internacional Permanente de Congresos de la Ruta” . Comité de Túneles “Pollution – Ventilation. Versión Final (1987).

PIARC-1999 (AIPCR). “Fire and Smoke control in road tunnels”. PIARC Committee in Road Tunnels (C5). Ed. PIARC.

Circulaire Interministerielle N° 2000-63 du 25 août 2000 relative a la securité dans les tunnels du réseau routier national. Ministère de l'Équipement des transports et du Logement. París. Francia. NOR:EQUR 00 10 142 C

NFPA 502 (1998). “Standard for road tunnels, bridges and other limited access highways”, National Fire Protection Association. Quircy Ma.

CAPÍTULO VI

INSTALACIONES ELÉCTRICAS E ILUMINACIÓN

1 SUMINISTRO DE ENERGÍA

1.1 Alcance

Según lo previsto en los Términos de Referencia, deberá preverse la alimentación normal desde la red de servicio público y un suministro de emergencia para servicios esenciales mediante grupos generadores.

1.1.1 Alimentación desde la Red Pública

La traza de la Av. 9 de Julio se encuentra en su totalidad dentro del área de concesión de EDESUR. De acuerdo con lo establecido en el artículo 25 del Contrato de Concesión, esa empresa debe “prestar el servicio público dentro del área, conforme a los niveles de calidad detallados en el Subanexo 4” y “satisfacer toda demanda de suministro del servicio público en el área, atendiendo todo nuevo requerimiento”.

Si bien la existencia de redes del servicio público a lo largo de la traza permitiría la realización de alimentaciones múltiples desde ellas, se ha previsto la instalación de una red de 13,2 kV propia del proyecto, que permitirá la compra en bloque de energía y potencia en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM).

1.1.2 Red de Media Tensión

En principio se deberá prever redundancia en toda la red de media tensión (cables, celdas y transformadores), de manera de hacer frente a fallas intempestivas y a trabajos de mantenimiento sin disminuir la calidad del servicio.

1.1.3 Alimentación de Emergencia

Se deberá prever la instalación de grupos generadores de arranque automático para alimentación de los servicios esenciales durante restricciones en el suministro de EDESUR. Los servicios a contemplar serán, en principio, el alumbrado vial reducido (con eventual reducción de velocidad), la ventilación, el bombeo, la señalización y la iluminación de escape.

Se deberá evaluar la factibilidad de centralizar la generación en correspondencia con él o los puntos de suministro desde la red pública o bien distribuirla en las distintas subestaciones. La primera alternativa obligará a instalar equipos de mayor potencia que generen en 13,2 kV pero minimizará los costos de obras civiles e instalaciones auxiliares (combustible, arranque, control, etc.).

A fin de evitar la interrupción abrupta de la iluminación y de la señalización mientras dura el arranque de los grupos generadores y la conmutación de alimentación, se evaluará la posibilidad de instalar fuentes ininterrumpibles de energía (UPS).

2 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

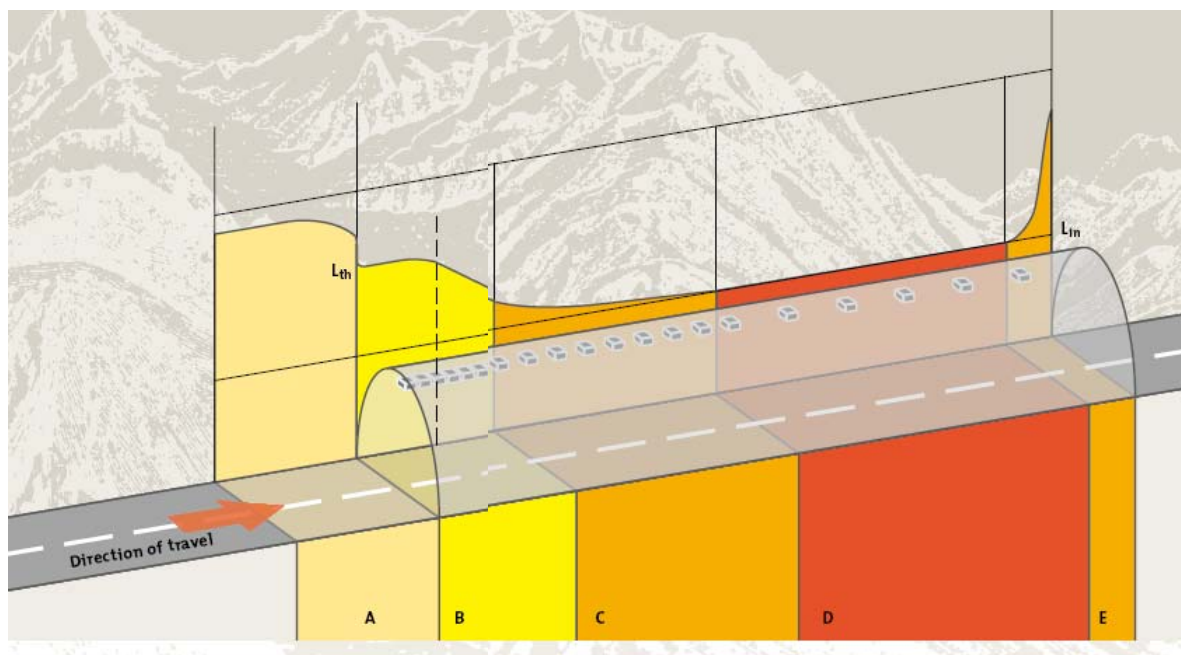
2.1 Alcance

El Proyecto de la iluminación del túnel y de las ramas de ingreso y egreso, se elaborará sobre la base de las Normas y criterios que se estipulan seguidamente.

2.2 Criterios de Diseño

El túnel deberá tener alumbrado diurno y nocturno, siguiendo las recomendaciones del Informe Técnico CIE 88:2004 – Guía para la Iluminación de Túneles Carreteros y Pasos Bajo Nivel, publicado por la Comisión Internacional del Alumbrado. En tal sentido se prevén las siguientes zonas sucesivas, según se muestra en la figura:

- ◆ A – Zona de acceso
- ◆ B – Zona de ingreso
- ◆ C – Zona de transición
- ◆ D – Interior
- ◆ E – Zona de egreso



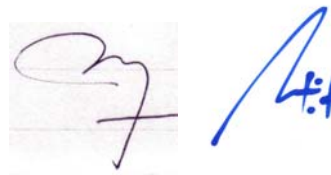
Fuente: SITECO

2.2.1 Zona de Acceso (A)

En la zona de acceso deben generarse condiciones de contorno tendientes a minimizar el efecto de “agujero negro” que produce el túnel al automovilista que va a ingresar.

En tal sentido debe procurarse minimizar la luminancia equivalente de velo (L_{seq}) producida en el ojo por la luz dispersada por los siguientes elementos:

- ◆ atmósfera en la línea de visión,



- ◆ parabrisas y torpedo,
- ◆ fuentes fuera de la línea de visión.

La luz dispersada por la atmósfera en la línea de visión es particularmente importante en la Ciudad de Buenos Aires debido a su latitud subtropical y a la diafanidad de su atmósfera. Por otra parte el ancho de la Av. 9 de Julio y la ausencia de obstáculos visibles contribuye a este efecto. Como medidas de control se preverán la plantación de cortinas de árboles sobre el portal de cada acceso y la elección de un color oscuro para los portales.

La luz dispersada por el parabrisas y reflejada por el torpedo bajo él está fuera del control del proyectista.

La luz dispersada por fuentes fuera de la línea de visión será controlada parcialmente mediante la elección de colores oscuros para la terminación de las paredes de las rampas de acceso.

Para evaluar la luminancia equivalente de velo se seguirán los lineamientos del Informe Técnico 88:2004 – Guía para el Alumbrado de Túneles Carreteros y Pasos Bajo Nivel de la Comisión Internacional del Alumbrado (CIE):

$$L_{seq} = 5,1 \cdot 10^{-4} \cdot \sum L_{ije}$$
$$L_{ije} = (T_{ws} \cdot L_{ij})$$

donde:

- L_{seq} : luminancia equivalente de velo (cd/m^2)
 L_{ij} : luminancia de cada sector circular en el campo visual del conductor, medida fuera del vehículo (cd/m^2)
 L_{ije} : luminancia percibida por el conductor en cada sector circular de su campo visual (cd/m^2)
 T_{ws} : coeficiente de transmisión del parabrisas

Dado que no se dispone de las mediciones reales de luminancias en el campo visual del conductor (L_{ij}) requeridas, se adopta un valor de luminancia equivalente de velo del mismo orden de magnitud que el calculado como ejemplo en la publicación mencionada:

$$L_{seq} = 200 \text{ cd/m}^2$$

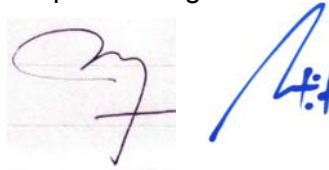
Considerando además la luminancia de la atmósfera y del parabrisas puede calcularse la luminancia de velo general con la expresión:

$$L_m = (T_{ws} \cdot L_{atm} + L_{ws} + L_{seq}) / (T_{ws} \cdot T_{atm})$$

donde:

- L_m : luminancia de velo general (cd/m^2)
 L_{atm} : luminancia de velo de la atmósfera (cd/m^2)
 L_{ws} : luminancia de velo del parabrisas (cd/m^2)
 T_{ws} : coeficiente de transmisión del parabrisas
 T_{atm} : coeficiente de transmisión de la atmósfera

Sobre la base de lo indicado en la publicación antes mencionada y considerando la luminosidad atmosférica reinante en la Ciudad de Buenos Aires, se adoptan los siguientes valores:



$$\begin{aligned}L_{atm} &= 300 \text{ cd/m}^2 \\L_{ws} &= 100 \text{ cd/m}^2 \text{ (valor medio)} \\T_{ws} &= 0,8 \\T_{atm} &= 1,0\end{aligned}$$

$$L_m = (0,8 \cdot 300 + 100 + 200) / (0,8 \cdot 1,0)$$

$$\boxed{L_m = 675 \text{ cd/m}^2}$$

2.2.2 Zona de Umbral (B)

Longitud

Esta zona se desarrolla a partir del portal de acceso, en una longitud igual a la distancia de frenado para la velocidad directriz.

De acuerdo con lo establecido en el Anexo 3 del Informe Técnico antes mencionado, la distancia de frenado (SD) puede calcularse con la expresión:

$$SD = u \cdot t_0 + u^2 / 2 \cdot g \cdot (f \pm s)$$

donde:

- u: velocidad (m/s)
- t₀: tiempo de reacción del conductor (adoptado de 1 s)
- g: aceleración de la gravedad (9,8 m/s²)
- f: coeficiente de fricción neumáticos – pavimento
- s: pendiente de la calzada

El coeficiente de fricción depende, entre otros factores, de la velocidad y de las condiciones del pavimento, particularmente su grado de humedad. A los fines del cálculo se adoptarán los siguientes valores típicos, extraídos de la curva incluida en el documento antes mencionado para pavimento húmedo:

- ◆ u = 60 km/h: f = 0,37
- ◆ u = 80 km/h: f = 0,35

Considerando una pendiente de la calzada de 3,0 %, la distancia de frenado resulta:

- ◆ u = 60 km/h: SD = 58,4 m
- ◆ u = 80 km/h: SD = 101,0 m

En consecuencia se adoptan las siguientes longitudes de la zona de umbral:

- ◆ Ingreso desde Autopista Illia: 100 m
- ◆ Restantes ingresos: 60 m

Luminancia Media

El valor de luminancia media en la primera mitad de la zona de umbral está relacionado con la luminancia equivalente de velo calculada para la zona de acceso y con el contraste mínimo necesario para poder visualizar un obstáculo en el interior del túnel mientras el conductor está aún en la zona de acceso.

La expresión propuesta en la publicación CIE mencionada es la siguiente:

$$L_{th} = L_m / \{ (1/C_m) \cdot [\rho / (\pi \cdot q_c) - 1] - 1 \}$$

$$q_c = L / E_v$$

donde:

- L_{th} : luminancia mínima en la zona de umbral (cd/m^2)
- L_m : luminancia de velo general (cd/m^2)
- C_m : contraste mínimo percibido
- ρ : coeficiente de reflexión del obstáculo de referencia
- q_c : coeficiente de revelación de contraste
- L : luminancia de la calzada (cd/m^2)
- E_v : iluminancia vertical sobre el obstáculo de referencia (lux)

Sobre la base de lo indicado en la publicación antes mencionada se adoptarán los siguientes valores:

$$\begin{aligned} C_m &= -0,28 \\ q_c &= 0,6 \text{ (luminarias asimétricas)} \\ \rho &= 0,2 \end{aligned}$$

El valor mínimo de luminancia de umbral resulta:

$$L_{th} = 675 / \{ [1/(-0,28)] \cdot [0,2/(\pi \cdot 0,6) - 1] - 1 \}$$

$$\boxed{L_{th} = 308 \text{ cd/m}^2}$$

A partir del 50 % de la longitud de esta zona la luminancia podrá decrecer gradualmente hasta llegar al 40 % del valor anterior:

$$\boxed{L_{th2} = 123 \text{ cd/m}^2}$$

2.2.3 Zona de Transición (C)

A partir de la finalización de la zona de umbral se inicia la zona de transición, de luminancia decreciente, destinada a lograr la adaptación del ojo a menores niveles de iluminación, hasta alcanzar el valor correspondiente al interior del túnel (zona D).

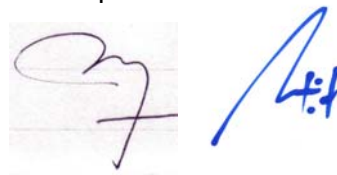
Debido a que responde a un proceso fisiológico de adaptación, el decrecimiento de luminancia se define en función del tiempo. Por lo tanto su longitud depende de la velocidad directriz del túnel, de manera que la zona sea atravesada en 20 segundos.

Para una velocidad directriz de 80 km/h la longitud resulta:

$$l_{tr} = (u/3,6) \cdot t_{tr} = (80/3,6) \cdot 20$$

$$\boxed{l_{tr} = 450 \text{ m}}$$

La expresión propuesta por la publicación antes mencionada para el decrecimiento de luminancia es la siguiente:



$$L_{tr} = L_{th} \cdot (1,9 + t)^{-1,4}$$

Puede observarse que, para $t = 0$, el coeficiente que afecta a la luminancia de umbral L_{th} es 0,4, coincidente con la disminución mencionada en el punto anterior.

El valor final mínimo a alcanzar al cabo de 20 s es:

$$L_{trf} = 308 \cdot (1,9 + 20)^{-1,4}$$

$$\boxed{L_{trf} = 4,1 \text{ cd/m}^2}$$

Cabe destacar que el valor anterior es mínimo y no necesariamente se alcanzará si la zona interior requiere una luminancia media superior en función de las características del tránsito en el túnel.

2.2.4 Zona Interior (D)

Finalizada la adaptación del ojo en la zona de transición se inicia la zona interior, cuyo nivel de luminancia media es función de la distancia de frenado y del volumen de tránsito. Dado que subsiste la necesidad de adaptación del ojo, en túneles largos esta zona se divide en dos subzonas. La segunda sólo existirá cuando la zona interior requiere más de 30 s para atravesarla, viajando a la velocidad directriz.

Considerando la velocidad de 80 km/h, la subzona 1 tendrá como máximo la siguiente longitud:

$$l_{i1} = (u/3,6) \cdot t_{i1} = (80/3,6) \cdot 30$$

$$\boxed{l_{i1} = 670 \text{ m}}$$

Siguiendo la metodología planteada en la publicación antes mencionada, se requiere establecer los siguientes parámetros del proyecto:

- ◆ Flujo vehicular: siendo superior a 1.500 vehículos por carril por hora, debe considerarse alto.
- ◆ Distancia de frenado: usando la expresión indicada en el punto 0 y considerando pendiente nula y calzada seca, resulta, para 80 km/h:

$$SD = u \cdot t_0 + u^2/2 \cdot g \cdot (f \pm s)$$

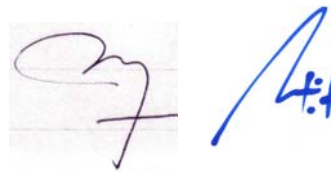
$$SD = 63 \text{ m}$$

Con los parámetros anteriores los valores de luminancia media en esta zona deben ser los siguientes:

- ◆ Subzona 1: 6 cd/m^2
- ◆ Subzona 2: 2 cd/m^2

2.2.5 Zona de Egreso (D)

En esta zona debe asegurarse una correcta visualización desde el interior del túnel de vehículos pequeños que salen de él y una visión adecuada por el espejo retrovisor desde vehículos que estén en la rampa de egreso.



Para ello, teniendo en cuenta que los túneles de la Av. 9 de Julio estarán categorizados como largos según la definición de la CIE, debe preverse que la luminancia de la zona de egreso, cuya longitud es igual a la distancia de frenado, sea creciente hasta un valor igual a cinco (5) veces el de la luminancia interior. Este nivel deberá alcanzarse 20 m antes del portal de salida.

2.2.6 Cabeceras del Túnel

Se incluyen aquí las rampas de acceso y egreso del túnel.

Para su iluminación, exclusivamente nocturna, se preverá un sistema convencional mediante luminarias montadas sobre columnas laterales. Sus características cumplirán con la norma IRAM-AADL J 2022-2.

2.2.7 Control de la Iluminación

Se preverá el control automático de la luminancia interior en función de la iluminación exterior. Dicho control podrá efectuarse en forma discreta siempre que el efecto de parpadeo (*flickering*), función de la distancia entre luminarias, se mantenga dentro de límites aceptables para la velocidad directriz. Cuando ello no resulte posible, se recurrirá a la regulación continua mediante *dimmer*.

A tal efecto deberán instalarse luminancímetros en las entradas desde la Autopista Illia y desde la Autopista 25 de Mayo. Cada uno de ellos controlará la iluminación de los túneles que tengan el mismo sentido de tránsito.

El alumbrado nocturno, que utilizará en forma parcial la instalación del alumbrado diurno, tendrá características acordes con las prescripciones de la norma IRAM-AADL J 2022-2.

2.3 Normas

Las normas y recomendaciones a utilizar serán, en principio, las siguientes:

IRAM-AADL J 2022-2	Alumbrado Público. Vías de Tránsito. Clasificación y Niveles de Iluminación
IRAM-AADL J 2022-4	Alumbrado Público. Pautas para el Diseño y Guía de Cálculo
IRAM-AADL J 2005	Luminotecnia. Iluminación Artificial de Interiores. Características
IRAM-AADL J 2015	Luminotecnia. Iluminación Artificial en Interiores. Métodos de Cálculo
IRAM 2619	Columnas para Alumbrado. Características Generales
IRAM 2620	Columnas Tubulares de Acero para Alumbrado
BS 5489-2	Código de Práctica para el Diseño de Alumbrado Vial. Parte 2 – Iluminación de Túneles
CIE 23	Recomendaciones Internacionales para Alumbrado Vial
CIE 31	Deslumbramiento y Uniformidad en Instalaciones de Alumbrado Vial
CIE 32	Puntos Especiales en Alumbrado Público
CIE 47	Alumbrado Vial en Condiciones de Humedad

- CIE 61 Alumbrado de Accesos a Túneles. Investigación sobre las bases para la determinación de la luminancia en la zona de umbral
- CIE 88 Guía para el Alumbrado de Túneles y Pasos Bajo Nivel en Vías de Tránsito
- CIE 93 El Alumbrado Vial como Medida para la Prevención de Accidentes
- CIE 115 Recomendaciones para el Alumbrado Público para Tránsito Automotor y de Peatones (reemplaza a CIE 12.2)
- CIE 132 Métodos de Diseño del Alumbrado Vial
- CIE 140 Cálculos de Alumbrado Vial (reemplaza a CIE 30.2)
- Asoc. Arg. de Luminotecnia Recomendaciones para el Alumbrado de Emergencia en Interiores de Establecimiento

CAPÍTULO VII

SISTEMA DE CONTROL Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS

1 GENERALIDADES

Todo lo que no se encuentre específicamente establecido en este capítulo en relación con el Sistema de Control y de Extinción de Incendios, se regirá por lo establecido en el Capítulo IV - Desagües pluviales, desagües cloacales y redes de agua

2 SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS

2.1 Detección de incendios.

Para la detección de incendios el contratista someterá a la aprobación por parte de la Inspección de Obra, instalará y pondrá en funcionamiento un cable fibrolaser de marca reconocida y aprobada mundialmente, en la clave del túnel y a lo largo de cada uno de los mismos. Este cable se completará con todos los sistemas eléctricos, civiles y de datos necesaria para su correcto funcionamiento.

2.2 Extinción de incendios.

Cada 100 m el Contratista instalará gabinetes que cuenten con tomas para motobombas de diámetro mínimo 110 mm, a la vez que dispondrá de extintores suficientes y acordes a los distintos tipos de clase de fuegos (Clase A, B y C) según establezca la Cámara de aseguradoras contra incendios y las normas internacionales como ser IOS 98, Circular Interministerial 2005-63 de Francia, y la norma alemana RABT como mínimo.

Como elementos extintores mínimos deberán estimarse:

- Matafuegos de agua a presión para fuego clase A.
- Matafuegos de polvo químico para fuegos clase B y C.

CAPÍTULO VIII

SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN Y DE CONTROL DE TRÁNSITO

1 GENERALIDADES

Respecto del equipamiento, para que el mismo sea homogéneo con todas las instalaciones de la red de AUSA, se requiere que posean protocolo homologado por la Dirección General de Tránsito (DGT) de España, a fin de que se integre a lo existente y permita intercambiar tecnología con cualquiera de los proveedores que fabrican bajo ese protocolo.

2 SEÑALIZACIÓN

Los túneles y las obras complementarias deberán contar con la señalización horizontal y vertical adecuada para facilitar la tarea visual y la orientación de los automovilistas.

2.1 Requisitos generales

Se indican las señales y símbolos que han de utilizarse en los túneles.

Se utilizarán señales viales para identificar los siguientes equipos de seguridad de los túneles:

Salidas de emergencia: se utilizará la misma señal para todos los tipos de salidas de emergencia.

Vías de evacuación: las dos salidas de emergencia más próximas estarán señalizadas en las paredes a distancias no superiores a 25 m, y a una altura de entre 1,0 y 1,5 metros por encima del nivel de la vía de evacuación, con indicación de las distancias que hay hasta las salidas.

Puestos de emergencia: señales que indiquen la presencia de teléfonos de emergencia y extintores.

Las señales e indicaciones se diseñarán y situarán de modo que sean claramente visibles.

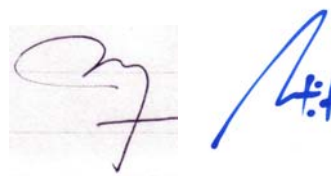
La señalización vertical se implementará con carteles con lámina reflectora.

2.2 Descripción de las señales y paneles

Se utilizarán las señales adecuadas en la zona de advertencia anterior al túnel, dentro de éste y después del final del mismo:

2.2.1 Señal de túnel

Se situará la siguiente señal en cada entrada del túnel:

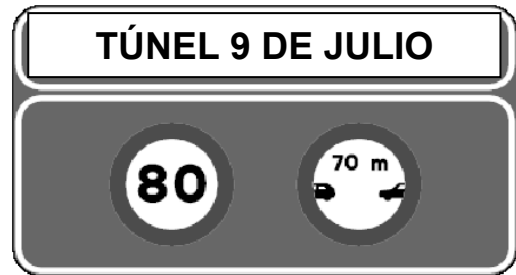




La longitud se indicará en el panel. Asimismo se indicarán las instalaciones de seguridad del túnel y las obligaciones específicas de circulación dentro del mismo (velocidad máxima, separación entre vehículos, etc.) en la forma siguiente:



CARTEL AUTOPISTA 1A



CARTEL AUTOPISTA 2A

Se indicará el nombre del túnel y su orientación (N-S ó S-N).

2.2.2 Señalización horizontal

Deberá haber líneas horizontales en el borde de la carretera.

La demarcación horizontal se deberá proyectar con pintura termoplástico combinada con tachas reflectoras.

2.2.3 Señales y paneles para informar de instalaciones.

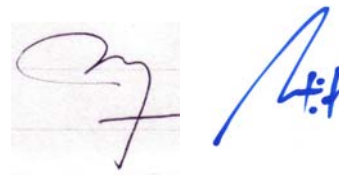
Estaciones de emergencia – En las estaciones de emergencia se situarán señales de información, que serán señales acordes con la normativa vigente e indicarán los equipos disponibles para los usuarios de los túneles, como las siguientes:



Teléfono



Extintor



En las estaciones de emergencia que estén separadas del túnel por una puerta, se indicará mediante un texto, claramente legible y escrito en varias lenguas, que la estación de emergencia no garantiza protección en caso de incendio. Un ejemplo sería el siguiente:

**«ESTA ZONA NO PROTEGE DEL FUEGO
Siga las señales hacia las salidas de emergencia»**

2.2.4 Apartaderos

Las señales que indiquen los apartaderos deben ser señales acordes con los modelos siguientes.

Los teléfonos y extintores se indicarán mediante un panel adicional o incorporado a la propia señal.



2.2.5 Salidas de emergencia

Las señales que indiquen las salidas de emergencia deben ser señales como los modelos siguientes:



También se señalizará en las paredes las dos salidas más próximas.



2.2.6 Señalización de los carriles

Estas señales podrán ser circulares o rectangulares.



2.2.7 Señales de mensaje variable

Estas señales mostrarán indicaciones claras que informen a los usuarios del túnel de las eventuales congestiones, averías, accidentes, incendios u otros peligros.

3 CENTRO DE CONTROL

Todos los túneles deberán estar dotados de un mismo Centro de Control que recogerá toda la información procedente de las instalaciones fijas.

Los equipamientos tales como ventilación, semáforos, detectores de CO u opácímetros, postes SOS, etc. se conectarán al Centro de Control desde el cual deberá ser posible actuar sobre los mismos. Deberá instalarse un sistema que garantice las funciones de ventilación, extinción de incendios y suministro de emergencia en el caso de que fallara el sistema de control. El sistema de control deberá ser permanente con mando automático y/o manual, según los casos.

3.1 Sistemas de vigilancia

En todos los túneles se instalarán sistemas de vigilancia por vídeo, con orientación y zoom para las cámaras externas, y un sistema capaz de detectar de forma automática incidentes e incendios, todo ello de conformidad con los requisitos establecidos en la normativa vigente para este tipo de instalaciones.

En todos los túneles, se dispondrán sensores que permitan el registro automático del tráfico en todos los carriles del túnel.

3.2 Equipos para el cierre del túnel

En todos los túneles, se instalarán semáforos y barreras antes de las entradas, con los pertinentes preavisos, a suficiente distancia para que la detención se efectúe sin riesgo para la seguridad y sin obstaculizar el acceso de los vehículos de emergencia y de forma que el túnel pueda cerrarse al tráfico en caso de emergencia.

Deberán utilizarse además otros medios adicionales, tales como señales de mensaje variable, para garantizar la efectividad de dicha medida.

Dentro de los túneles, se deberán situar equipos para detener los vehículos en caso de emergencia. Dichos equipos, separados a una distancia máxima de 1.000 metros, consistirán en semáforos u otros medios, tales como altavoces, señales de mensaje variable y barreras.

CAPÍTULO IX

SISTEMA DE COMUNICACIONES

1 GENERALIDADES

Los túneles deberán contar con un sistema telefónico para emergencias que deberá permitir la comunicación desde cualquier aparato con el Centro de Control.

Respecto del equipamiento, para que el mismo sea homogéneo con todas las instalaciones de la red de AUSA, se requiere que posean protocolo homologado por la Dirección General de Tránsito (DGT) de España, a fin de que se integre a lo existente y permita intercambiar tecnología con cualquiera de los proveedores que fabrican bajo ese protocolo.

En todos los túneles se instalarán equipos de transmisión por radio para su utilización por los servicios de emergencia.

Desde el Centro de Control, deberá ser posible interferir la transmisión por radio de los canales destinados a los usuarios del túnel, con objeto de emitir mensajes de emergencia.

Los refugios y otras instalaciones en las que los usuarios del túnel puedan esperar antes de su evacuación al exterior estarán equipados con altavoces.

2 PUESTOS DE EMERGENCIA

El objeto de los puestos de emergencia es proporcionar diversos equipos de seguridad, en particular teléfonos de emergencia y extintores, pero no tendrán la finalidad de proteger a los usuarios de la carretera de los efectos de un incendio.

Estos puestos podrán consistir en una cabina junto a la pared o, preferentemente, un nicho vaciado en ella. Deberán estar equipados como mínimo con un teléfono de emergencia y dos extintores. En el caso de cabinas, éstas no deberán obstaculizar la libre circulación de los vehículos de emergencia.

Deberán preverse puestos de emergencia cerca de las bocas y en el interior, situadas a intervalos no superiores a 150 metros.