

INSTALACIONES DE LOS TÚNELES DE LA FASE 1A DE LA VARIANTE SUR METROPOLITANA DE BILBAO

D^a Elena Massalleras Vidal
INTERBIAK, S.A.

D. Enrique R. Gómez Cristóbal
SENER INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A.

Resumen

La Fase IA de la Variante Sur Metropolitana de Bilbao, nueva autopista de circunvalación del área metropolitana destinada a los tráficos de largo recorrido, e integrada en la Red Transeuropea de Carreteras, cuenta con cinco túneles bitubo, de longitudes comprendidas entre 680 m y 2.300 m.

El diseño de los túneles se ha realizado de acuerdo con la Directiva 2004/54/CE y con la Norma Foral de Seguridad de Túneles en Carreteras de la Diputación Foral de Bizkaia. Las instalaciones han sido objeto de un proyecto independiente, si bien todos los componentes de la seguridad de los túneles -infraestructura, instalaciones y explotación- han sido tenidos en consideración a lo largo de todo el proceso de concepción, desde el planeamiento al diseño constructivo.

En el presente artículo se describen brevemente las instalaciones proyectadas y los criterios de diseño considerados para los principales sistemas: instalaciones eléctricas, de alumbrado, de ventilación, de protección contra incendios, de gestión de tráfico, de seguridad, vigilancia y control y de gestión centralizada.

Las obras de ejecución de las instalaciones se iniciaron en septiembre de 2009, estando prevista la puesta en servicio de la autopista para el mes de marzo de 2011.

1. Introducción. La variante sur metropolitana

La Variante Sur Metropolitana de Bilbao se plantea como una autopista regulada por un canon por el uso alternativa a la Autovía A-8 del Cantábrico a su paso por el área metropolitana de Bilbao.

Debido al efecto de discriminación de la demanda ejercido por el canon, la Variante Sur y la A-8 funcionarán como un sistema dentro de una solución integral, regulada por el propio canon, que hará que los tráficos de paso y de penetración circulen preferentemente por la Variante Sur, manteniéndose los internos en la A-8. Como vía preferente para los tráficos de paso, la Variante Sur Metropolitana se integrará dentro del itinerario internacional de referencia Oeste-Este E70, así como en las Redes Transeuropeas de Carreteras y de Transporte.

La ejecución de la Variante Sur Metropolitana está prevista en cuatro fases:

- Fase IA: Variante a la A-8 entre Trapagaran y Larraskitu (12,5 km), con conexión intermedia con el Corredor del Cadagua BI-636, y remodelación de los enlaces de la A-8 de Portugalete-Ortuella, Santurtzi y Santurtzi-Puerto.
- Fase IB: Prolongación hasta la conexión con la AP-68 en Venta Alta (3,5 km).
- Fase II: Ampliación por el lado este hasta el límite entre Galdakao y Amorebieta (10 km).
- Fase III: Prolongación de la Variante del lado occidental hasta Muskiz (7,5 km).



Figura 1. Configuración de la Variante Sur Metropolitana y fases de actuación

La Variante Sur Metropolitana es una actuación promovida por la Diputación Foral de Bizkaia, dentro del Plan Especial de Accesibilidad Bizkaia 2003, cuya gestión tiene encomendada la Sociedad Pública Unipersonal INTERBIAK, S.A.

En la actualidad se encuentra en ejecución la Fase IA de la Variante, cuya puesta en servicio está programada para el año 2011.

2. Los túneles de la fase 1A de la variante sur metropolitana

La difícil orografía del entorno del Bilbao metropolitano, conjuntamente con la voluntad de reducir al mínimo posible los impactos medioambientales, han conducido a que el trazado de la Variante Sur discurra en túnel en una proporción muy importante de su recorrido.

Dentro de la primera fase de la actuación existen cinco túneles bitubo, cuyas características básicas se resumen en la Tabla 1.

Túnel	Sentido	Longitud (m)	Nº Carriles	Pendiente	IMD 2011 (% Pesados)
Argalario	Gipuzkoa	1.852,2	3	- 0,9%	20.900 (30%)
	Cantabria	1.870,4	3	+ 0,9%	
Mesperuza	Gipuzkoa	709,6	3	- 0,9%	
	Cantabria	680,5	3	+ 0,9%	
Santa Águeda	Gipuzkoa	2.067,2	3 / 4	+ 0,5%	
	Cantabria	2.025,1	3	- 0,5%	
Arraiz	Gipuzkoa	2.292,1	3	+ 3,3%	22.600 (30%)
	Cantabria	2.296,5	3 / 4	- 3,8%	
Larraskitu		909,7	2	- 5%	
	Cantabria	977,7	2	+ 3,3%	

Tabla 1. Características básicas de los túneles de la Fase 1A

Los cinco túneles se encuentran muy próximos unos a otros, por lo que el conjunto ha de considerarse realmente como una sucesión de túneles, y además los tramos a cielo abierto entre ellos discurren mayoritariamente en estructura, quedando muy limitado el terreno disponible para la ubicación de elementos auxiliares de la autopista.



Figura 2. Planta general de la Fase 1A de la Variante Sur Metropolitana

Los túneles de Santa Águeda sentido Gipuzkoa y Arraiz sentido Cantabria están afectados por los ramales del enlace del Cadagua, cuyos carriles de cambio de velocidad empiezan a generarse en su interior. En el caso de Arraiz, el ramal llega a segregarse del tronco dentro del túnel, discurriendo en túnel independiente en una longitud de 250 m.

La sección tipo de los túneles, en función del número de carriles, es la que se recoge de manera resumida en la Tabla 2.

Nº Carriles	Carriles	Arcenes	Aceras	Total plataforma
3	3 x 3,5 m	1 m / 1 m	2 x 0,75 m	12,50 m
2	2 x 3,5 m	1 m / 2,5 m	2 x 0,75 m	10,50 m
1	4 m	1 m / 2,5 m	2 x 0,75 m	9,00 m

Tabla 2. Secciones tipo de túneles

La velocidad de proyecto es de 120 km/h en todos los túneles, aunque está previsto que la máxima autorizada sea de 80 km/h.

Como característica particular de los túneles hay que señalar que estará permitido el paso por los mismos de mercancías peligrosas, que se derivarán de la A-8 a la Variante Sur, a la vista de los resultados del pertinente estudio de riesgos.

3. Normativa de aplicación. Clasificación de los túneles

La norma básica de aplicación para el proyecto, construcción, puesta en servicio y explotación de los túneles de carretera del Territorio Histórico de Bizkaia es la Norma Foral de Seguridad de túneles en carreteras, aprobada mediante Decreto Foral 135/2006. Esta norma se complementa con las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras, aprobadas mediante Decreto Foral 134/2008, que establecen los requisitos técnicos sobre la Infraestructura, la Superestructura y la Explotación de los túneles.

Al integrarse la Variante Sur Metropolitana en la Red Transeuropea de Carreteras es también de aplicación directa la Directiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la Red Transeuropea de Carreteras.

Aunque no es de aplicación directa, se ha considerado también a título de referencia el Real Decreto 635/2006 sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.

Todos los túneles de la Fase IA de la Variante Sur Metropolitana superan los 500 m de longitud, por lo que de acuerdo con los criterios del Decreto Foral 135/2006 se clasifican como Clase I, la más restrictiva. En la Tabla 3 se refleja la clasificación de cada uno de los túneles de acuerdo con los criterios de las tres normas citadas.

TÚNEL	DECRETO FORAL 135/2006	DIRECTIVA 2004/54/CE		REAL DECRETO 635/2006		
		Vol. tráfico (veh/día/carril)	Longitud (m)	Unidirec/ Bidirec	Longitud (m)	Vol. tráfico (veh/día/carril)
Argalarío	Clase I	> 2.000	1.000-3.000	Unidireccional	> 1.000	-
Mesperuza			500-1.000		500 – 1.000	> 2.000
Santa Águeda			1.000-3.000		> 1.000	-
Arraiz			1.000-3.000		> 1.000	-
Larraskitu			500-1.000		500 – 1.000	> 2.000

Tabla 3. Clasificación de los túneles

4. Objetivos y procesos de diseño de las instalaciones de los túneles. El proyecto de construcción de las instalaciones

En línea con el espíritu del Decreto Foral 135/2006, la seguridad en los túneles ha sido el aspecto esencial considerado a lo largo de todo el proceso de diseño de la Variante Sur Metropolitana, desde la fase inicial de planeamiento a la de diseño constructivo, y ello desde la perspectiva de los tres pilares básicos sobre los que se asienta la seguridad del túnel: la infraestructura, las instalaciones o superestructura y la explotación.

Para los túneles de Clase I, como es el caso de todos los de la Fase IA de la Variante, es obligada la redacción de un proyecto independiente para cada uno de los tres elementos citados. Esta medida exige por una parte un importante esfuerzo de coordinación para asegurar la coherencia del conjunto, pero por otro lado permite garantizar una atención específica y especializada a cada uno de ellos, tanto en fase de diseño como de ejecución. En la Figura 2 se reseñan los estudios y proyectos desarrollados en cada fase dentro de cada uno de los tres campos referidos.

Infraestructura	Instalaciones	Explotación
Plan Especial de Accesibilidad Bizkaia 2003 (2003)		
Proyecto de Planificación para modificación del Plan Territorial Sectorial de Carreteras (2005)	Anteproyecto de Instalaciones (2005)	Estimación inicial de recursos de explotación (2005) Estudio de riesgos del paso de mercancías peligrosas (2005)
Plan Especial Viario (2006) Proyectos de Trazado (2006-2007) Proyectos de Construcción Infraestructura (2006-2008)	Proyecto de Instalaciones (2008)	Proyecto de Explotación (2008)
		Manual de Explotación (2010)

Figura 3. Proceso de diseño

Dentro del área de las instalaciones, el Proyecto de Construcción de las Instalaciones y del Centro de Control de la Variante Sur Metropolitana, Fase IA, fue redactado para INTERBIAK por SENER, INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A., con la colaboración de TEKIA CONSULTORES, S.A. y del CENTRO DE MODELADO EN INGENIERÍA MECÁNICA (CEMIM), con fecha diciembre 2008.

En la línea establecida por el Decreto Foral 135/2006, el objetivo primordial del Proyecto es la seguridad de las personas, y de forma más concreta los recogidos específicamente en aquél:

- Prevenir situaciones de riesgo que puedan poner en peligro la vida de las personas, el medio ambiente o la propia infraestructura e instalaciones del túnel.
- Mitigar las posibles consecuencias de una situación de riesgo, fundamentalmente derivada de un incendio en un túnel, proporcionando las condiciones necesarias para permitir que las personas puedan ponerse a salvo por sí mismas, posibilitar la intervención inmediata de los propios usuarios de la carretera, asegurar una acción eficaz por parte de los servicios de emergencia, proteger el medio ambiente y limitar los daños materiales.

Adicionalmente, y en la línea de coordinación entre áreas anteriormente indicada, el Proyecto de las Instalaciones ha tenido como objetivo complementario pero igualmente básico la optimización de las condiciones de explotación de la autopista, y de los túneles en particular, limitadas hasta cierto punto por las restricciones que la orografía impone sobre el diseño de la infraestructura.

El Proyecto define la totalidad de las instalaciones de la autopista, con la excepción

del alumbrado exterior. En los capítulos siguientes se describen brevemente las instalaciones proyectadas en cada uno de los campos con incidencia sobre los túneles.

5. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas constituyen la base sobre la que sustenta el funcionamiento de todo el resto de instalaciones de la autopista y de los túneles, por lo que el diseño de las mismas se ha realizado bajo la premisa fundamental de la seguridad de su funcionamiento.

Distribución en alta tensión

La alimentación eléctrica se realiza por medio de dos acometidas independientes desde líneas de IBERDROLA, S.A. a sendos centros de acometida propios, ubicados en los extremos del tramo de túneles de la Variante, en Ugarte y Larraskitu. Las dos acometidas son en 30 kV y de doble circuito, uno de servicio normal o preferente y el otro de reserva, cada uno con una capacidad de suministro del 100% de la potencia total demandada por la instalación, que asciende a 6.000 kW.

Entre los dos centros de acometida se tienden dos anillos abiertos de distribución en 30 kV, canalizados bajo rasante para protegerlos en caso de incendio. Esta red de distribución cuenta con un centro complementario de maniobra y reparto en el entorno del Centro de Control y Mantenimiento de Peñascal, que posibilita la continuidad futura de la misma hacia la Fase IB, permitiendo adicionalmente la alimentación del área logística con igual fiabilidad que el resto de las instalaciones.

A lo largo del trazado de la Variante se distribuyen 17 centros de transformación, ubicados tanto en las bocas de los túneles como, en los de mayor longitud, en el interior de los mismos, a fin de obtener la máxima economía posible en líneas de baja tensión.

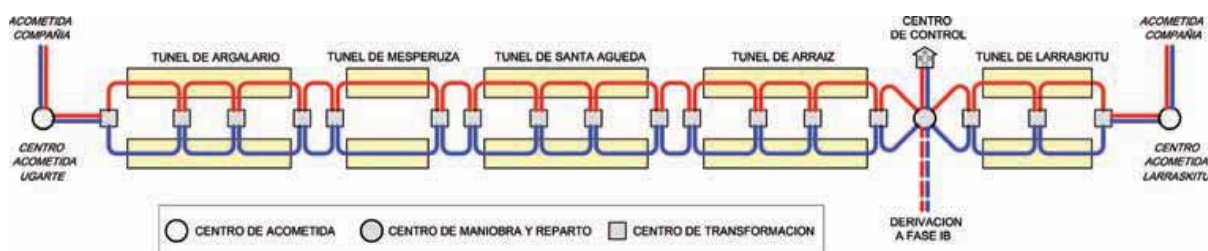


Figura 4. Esquema de distribución en alta tensión

El diseño de los centros de transformación de túnel ofrece una redundancia máxima:

- Doble acometida desde los dos anillos de 30 kV, cada una con capacidad del 100% de las cargas que dependen del CT.
- Dos transformadores, cada uno con potencia suficiente para alimentar el 100% de las cargas correspondientes al sector de túnel correspondiente al CT.
- Cada grupo de celdas de 30 kV, con su transformador asociado, se ubica en una sala independiente, obteniéndose de este modo una redundancia física además de la puramente eléctrica.

Los transformadores proyectados son secos y con doble devanado, uno a 400/230 V para alimentación de las instalaciones de fuerza y alumbrado y otro a 690 V para alimentación de la ventilación, con el consiguiente ahorro en cableado de baja tensión.

Instalaciones eléctricas de baja tensión

Cada centro de transformación de túnel cuenta con tres cuadros para la alimentación diferenciada de tres grupos de sistemas:

- Centro de Control de Motores (CCM), para alimentación de los ventiladores del tramo de túnel asociado, a 690 V. Su configuración es de doble barra con interruptor de acoplamiento, alimentadas cada una de ellas desde un transformador, y con transferencia automática entre los interruptores de acometidas y acoplamiento, de forma que en caso de pérdida de tensión en una acometida se produce automáticamente la transferencia a la otra. Cada CCM cuenta con un arrancador por ventilador, del tipo arranque directo (Direct on line, DOL), sobre carro extraíble.
- Cuadro eléctrico de fuerza y alumbrado, para alimentación de equipos no esenciales (alumbrado, tomas de corriente...) a 400 V, con configuración análoga a la de los CCM.
- Cuadro eléctrico de servicios esenciales (CSE), para alimentación de los sistemas de túnel considerados como esenciales (control, protección contra incendios, señalización variable, CCTV, comunicaciones, alumbrado de seguridad...), también a 400 V. La configuración de los CSE es de simple barra con un interruptor de acometida alimentado desde SAI.

En cada centro de transformación y de acometida se dispone de un doble SAI, de configuración paralelo redundante (dos sistemas del 100% trabajando normalmente en paralelo cada uno al 50%), con autonomía de baterías de 1 h cada uno.

Todo el cableado es de Cu 0,6/1kV y libre de halógenos. El cableado de alimentación y control de los motores de los ventiladores, así como el de alimentación de servicios esenciales, es además resistente al fuego y con armadura metálica, y mayoritariamente discurre enterrado bajo acera, con subidas localizadas a cada punto de consumo.

Sistema de puesta a tierra

A la vista de las condiciones técnicas de suministro, y con objeto de que las tensiones de paso y contacto se encuentren en todo momento por debajo de los valores máximos admisibles, garantizando así la seguridad de las personas, ha sido preciso establecer una puesta a tierra común para las instalaciones de alta y baja tensión. El sistema consiste en una malla única realizada a base de un conductor de cobre desnudo de 70 mm² de sección que discurre enterrado bajo la calzada entre los dos centros de acometida.

6. Instalaciones de alumbrado

El alumbrado de los túneles se ha proyectado con base en una distribución de luminarias fluorescentes estancas dispuestas con una configuración cenital a lo largo de todo el túnel, las cuales proporcionan el nivel mínimo de luminancia interior requerido, proporcionando simultáneamente un guiado visual al conductor. En las zonas de acceso, umbral y transición se añaden refuerzos mediante proyectores de Vapor de Sodio de Alta Presión (VSAP) en los hastiales, con objeto de obtener los niveles de luminancia más elevados precisos en estas zonas. Aun cuando no viene exigido por normativa, se disponen también refuerzos a base de proyectores de VSAP en la zona de salida de los túneles, con objeto de aumentar el confort en la circulación y de disponer de una iluminación mínima a la entrada en situaciones extraordinarias de funcionamiento bidireccional de los túneles.

Una de cada siete luminarias fluorescentes se alimenta desde SAI, constituyendo el alumbrado de seguridad.

Adicionalmente al alumbrado normal se prevé un alumbrado de emergencia para situaciones de evacuación, a base de equipos autónomos con kit de baterías incorporado, situados en los hastiales con una interdistancia de 50 m y a una altura de aproximadamente 0,7 m. Para la monitorización de estos equipos, que normalmente permanecen apagados, se ha previsto un sistema de chequeo continuo centralizado.

La regulación de los niveles de luminancia dentro de los túneles se lleva a cabo mediante luminancímetros situados a la entrada de cada túnel, que miden de manera continuada la luminancia exterior L20, tal y como preconiza la Instrucción Técnica de la Norma Foral. En función de los valores medidos y con las secuencias preestablecidas se van encendiendo y apagando automáticamente los diferentes circuitos de alumbrado: día soleado, día nublado, refuerzo salida, nocturno y nocturno reducido. De cara a mantenimiento y para controlar el estado de luminarias y lámparas se instalan también luxómetros en el interior del túnel, mediante los cuales se controlan los niveles de alumbrado obtenidos.

Adicionalmente, el alumbrado base fluorescente lleva asociado un sistema de regulación basado en reactancias electrónicas regulables tipo DALI (Digital Addressable Lighting Interface), con el objetivo de mejorar la eficiencia energética mediante la reducción del flujo en horario nocturno y la adecuación del mismo a las necesidades reales durante el periodo diurno.

7. Instalaciones de ventilación

Ventilación de túneles

Teniendo en cuenta las características de los túneles de la Variante Sur Metropolitana y las condiciones de circulación previstas en los mismos se ha proyectado un sistema de ventilación de tipo longitudinal, a base de ventiladores tipo jet reversibles de 45 kW de potencia, resistentes a 400°C durante 2 horas, agrupados en baterías de dos o tres equipos. En la medida de lo posible, las secciones de ventiladores se han tratado de agrupar en las proximidades de los centros de transformación, con el objetivo de minimizar el coste del cableado de alimentación y control, tratando de respetar en todo caso un límite inferior para la interdistancia entre secciones de ventiladores de 100 m.

El sistema se ha dimensionado para cubrir los escenarios de ventilación tanto en caso de incendio como en servicio (ventilación sanitaria).

Respecto al primer caso, el sistema se ha dimensionado para una potencia de incendio de 100 MW (que correspondería a un incendio de un vehículo pesado con una importante carga de mercancías) en condiciones extremas de tiro natural, longitud de cola de vehículos, etc. Adicionalmente, el sistema permite conseguir un control adecuado de los humos durante la fase de evacuación para potencias superiores, de hasta 200 MW -que corresponderían ya a una mercancía peligrosa-, en condiciones no tan extremas. En este sentido, hay que tener en cuenta que el efecto

del crecimiento progresivo del incendio representa un factor adicional de seguridad para la evacuación de los usuarios, incluso para potencias de incendio superiores a la de diseño.

El dimensionamiento para el escenario de incendio se ha realizado mediante cálculos en régimen permanente, por comparación para cada posible posición del incendio del empuje disponible -considerando la influencia de la temperatura en el rendimiento de los ventiladores- con el empuje requerido para lograr la velocidad crítica, teniendo en cuenta los efectos de fricción y singularidades, efecto émbolo, efecto chimenea, tiro natural... Adicionalmente se han realizado estudios en régimen transitorio teniendo en cuenta la curva temporal de incendio, analizando la influencia de factores como la potencia de incendio, anteriormente apuntado, el efecto de parada de vehículos, el momento de activación de la ventilación, el tiro natural o la posición del incendio, así como el modo degradado por caída de un centro de transformación.

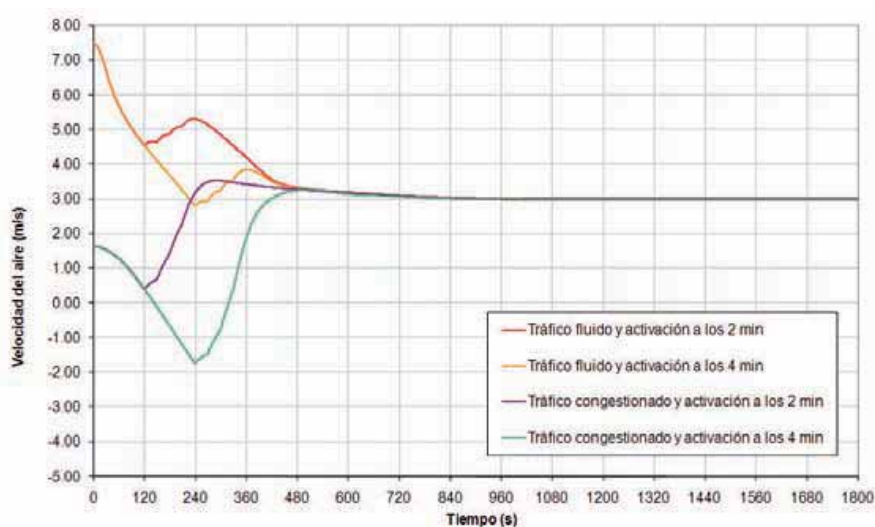


Figura 5. Influencia del tiempo de activación de la ventilación (Túnel de Argalarío sentido Gipuzkoa)

En relación con la situación de servicio (ventilación sanitaria), el dimensionamiento se realiza asimismo en régimen permanente, considerando las diferentes situaciones de tráfico fluido y tráfico denso, así como las excepcionales de tráfico detenido y tráfico bidireccional.

El número de ventiladores requerido finalmente en cada túnel es el que se refleja en la Tabla 4.

Túnel	Sentido		
	Cantabria	Gipuzkoa	Total
Argalario	18	21	39
Mesperuza	9	12	21
Santa Águeda	26	24	50
Arraiz	37	23	60
Ramal Arraiz	2	-	2
Larraskitu	13	27	40
TOTAL	105	107	212

Tabla 4. Número de ventiladores por túnel

El sistema de control de la ventilación está compuesto por anemómetros, opacímetros, sensores de CO y sensores de NO₂, contaminante éste cuyo control resulta cada vez más necesario, como consecuencia de la progresiva reducción de las emisiones de partículas y CO y del incremento de la proporción de vehículos ligeros diesel.

El diseño de la ventilación ha resultado particularmente complejo en el túnel de Larraskitu sentido Gipuzkoa, cuya elevada pendiente descendente (5%) requiere una potencia de ventilación muy importante, que ha obligado a forzar los límites de interdistancia entre equipos.

Otro aspecto singular a considerar en el análisis ha sido el comportamiento de la ventilación en la caverna que se genera en el Túnel de Arraiz sentido Cantabria, en el punto donde se bifurca el ramal del Enlace del Cadagua, cuyas dimensiones alcanzan los 28 m de anchura por 17 m de altura. El incremento de la sección en esta zona hace que las velocidades del aire en la caverna sean inferiores a las del resto del túnel, aunque suficientes en todo caso, teniendo en cuenta que la gran altura de la caverna facilita el mantenimiento de la altura libre de humos necesaria para la evacuación, incluso en condiciones de cierto retroceso de la capa de humos. Respecto a la situación de servicio, aunque en principio no se prevén problemas particulares, se ha previsto la implantación en la clave de la caverna de detectores de CO₂, CO y NO₂, para la realización de ensayos de verificación y para la monitorización continua en fase de explotación.

Presurización de galerías de emergencia

Las galerías de emergencia, tanto peatonales como de vehículos, que comunican los dos tubos de cada túnel están dotadas de un sistema de presurización, cuyo objetivo es mantener en su interior un ambiente libre de humos en caso de incendio. El sistema funciona mediante el cierre de las compuertas cortafuegos que comunican con el tubo incendiado y la aspiración de aire desde el tubo libre de incendio.

Ventilación y climatización de cuartos técnicos

Los cuartos técnicos de interior de túnel están dotados de un sistema de ventilación, más otro de climatización en las salas electrónicas. Debido a la configuración final de los cuartos, la toma y la salida de aire del sistema de ventilación han tenido que realizarse en el mismo tubo del túnel, lo que impide su uso en caso de incendio en el mismo. En este tipo de situaciones está prevista la parada de la ventilación y el cierre de las compuertas cortafuegos, manteniéndose en funcionamiento la climatización de las salas electrónicas. El muro de cierre de los cuartos técnicos se protege contra el fuego mediante mortero aislante, habiéndose comprobado que incluso en el caso de un incendio situado frente a la puerta del cuarto técnico éste se mantendría operativo durante un tiempo muy superior al necesario para la evacuación de los usuarios y para la llegada e intervención de los servicios de emergencia.

Los cuartos técnicos de exterior están dotados asimismo de sistemas de climatización y de ventilación, previéndose que en periodos de bajas temperaturas funcionarán únicamente estos últimos, con el objetivo de minimizar el consumo eléctrico.

8. Protección contra incendios

Los medios dispuestos para la extinción de incendios en los túneles son los siguientes:

- Hidrantes, en bocas de túnel, y en el interior de los mismos a interdistancias no superiores a 250 m, normalmente coincidiendo con las galerías de evacuación.
- Estaciones de emergencia, integradas por boca de incendio equipada (BIE) de 30 m de longitud de manguera y extintor manual, situadas a interdistancias de 50 m en el hastial derecho en el sentido de la marcha. Una de cada dos estaciones, en coincidencia con poste SOS, se dota adicionalmente de pulsador de alarma. Asimismo se disponen extintores en el interior de todas las galerías de evacuación.
- Instalaciones de columna seca para conexión de camión autobomba en galerías de vehículos.

El suministro de agua a hidrantes y BIES se realiza por medio de dos redes de tuberías en anillo, una para los túneles de Argalario, Mesperuza y Santa Águeda y otra para Arraiz y Larraskitu. Cada anillo se abastece desde dos acometidas independientes de la red pública, contando en una de las dos con un depósito propio de regulación de 240 m³ de capacidad. La presión necesaria se consigue mediante grupos de bombeo en todas las acometidas, cada uno de ellos compuesto por una bomba principal eléctrica y otra diesel de reserva, más una bomba jockey para mantenimiento de la presión. Los dos anillos se encuentran mallados en las bocas de los túneles y en las galerías de vehículos, sectorizándose mediante válvulas motorizadas. La red está constituida por tubería de fundición dúctil DN 150 mm, enterrada bajo acera para garantizar su protección.

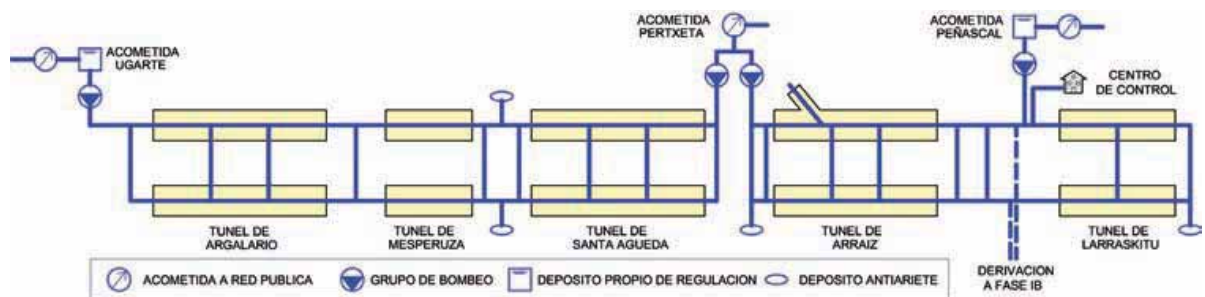


Figura 6. Esquema de distribución de la red de protección contra incendios

Con objeto de facilitar la detección de fugas se disponen manómetros a lo largo de toda la red, monitorizados desde el centro de control con un protocolo específico.

La detección de incendios en los túneles es de tipo lineal, mediante cable sensor. En galerías de evacuación y cuartos técnicos se disponen detectores ópticos de humos.

La extinción de incendios en cuartos técnicos se realiza mediante sistemas automáticos a base de gas FE-13. En las salas de control y de servidores del centro de control se dispone de sistema de extinción por agua nebulizada.

9. Instalaciones de gestión de tráfico

Dentro de las instalaciones de gestión de tráfico se distinguen los subsistemas siguientes:

- Señalización dinámica:
 - Equipamiento en accesos a túneles, a base de secciones de aspa-flechas, barreras, semáforos y paneles de mensajes variables (PMV). La gran proxi

midad entre túneles obliga a adecuar los diseños tipo previstos en la normativa, considerando el conjunto como una sucesión de túneles.

Se disponen también PMV en todos los accesos a la autopista, en coordinación con el Departamento de Tráfico del Gobierno Vasco.

- Equipamiento en interior de túneles: Señales aspa-flecha y de límite de velocidad, y paneles de mensajes variables cada 400-800 m.
- Señalización fija luminosa en las bifurcaciones de los túneles de Santa Águeda y Arraiz, a base de paneles internamente iluminados con diodos led.
- Señales radar informativas de velocidad en los puntos más críticos.
- Controles de gálibo en los accesos a la autopista, a base de pórticos con detección electrónica y mecánica de altura, señales ocultas de leds para vehículos con exceso de gálibo y pórticos de control más severos para impedir físicamente la entrada de los mismos a los túneles.
- Detección, clasificación y conteo de vehículos, a base de espiras y estaciones de toma de datos (ETD), en bocas de entrada y salida de los túneles y en su interior, con objeto de monitorizar el estado del tráfico en los mismos, así como en enlaces e incorporaciones a la autopista, y en apartaderos.
- Control ambiental: Sensores de variables atmosféricas en carretera (SEVAC) en todos los valles, y anemómetros en bocas de túnel. Adicionalmente se disponen sensores de hielo en calzada en las zonas más proclives a la helada.
- Pesaje dinámico, con sistema de reconocimiento de matrículas y envío de mensajes a PMV y/o a dispositivo electrónico portátil de agente de policía.

10. Instalaciones de seguridad, vigilancia y control

Dentro de este capítulo se encuentran los subsistemas siguientes:

- Circuito cerrado de televisión (CCTV): Cámaras fijas en túnel cada 80-90 m, más cámaras DOMO en bocas, galerías y puntos estratégicos, así como en enlaces, áreas de cobro y cada 500 m en los tramos a cielo abierto. El vídeo se codifica en MPEG4 sobre redes Ethernet TCP/IP.
- Detección automática de incidentes (DAI), asociado al anterior.
- Postes SOS, basados en tecnología IP, situados en el hastial derecho a interdistancias de 100 m. Para mejorar las condiciones de seguridad de uso y de audición se disponen en nichos cerrados.
- Megafonía, basada también en tecnología IP. La ubicación de los altavoces en la sección se determinará en base a criterios de inteligibilidad y uniformidad, mediante la realización de pruebas in situ en fase de obra.

- Radiocomunicaciones: Dos radiocanales de la red TETRA para servicios de emergencia y explotación de la autopista y 12 canales de FM comercial.

La arquitectura de radio consta de dos estaciones base TETRA, dos estaciones maestras y 13 estaciones esclavas, todas ellas conectadas en anillo sobre fibra óptica.

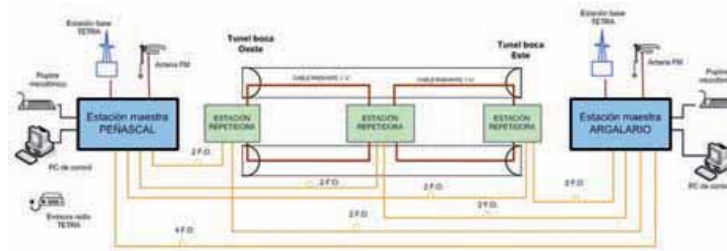


Figura 7. Esquema de la arquitectura del sistema de radiocomunicaciones para un túnel tipo

El sistema de radiocomunicaciones está interconectado con el de megafonía, posibilitando la transmisión de mensajes SOS en las frecuencias comerciales de FM.

Por último, se ha previsto la dotación en los túneles de la infraestructura necesaria para la radiación de telefonía móvil en su interior. Esta infraestructura será compartida por los diferentes operadores, de manera que se pueda disponer de cobertura de todos ellos.

- Señalización de emergencia:
 - Señalización de evacuación y de ubicación de equipamiento de emergencia, a base de señales fotoluminiscentes y rótulos luminosos.
 - Señalización de referencia para localización de usuarios, mediante rótulos identificativos en el revestimiento estético cada 25 m. Los mismos códigos se utilizan para la referenciación de equipos en explotación.

11. Centro de control y sistema de gestión centralizada

El Sistema de Gestión Centralizada presenta una arquitectura dividida en cuatro niveles.

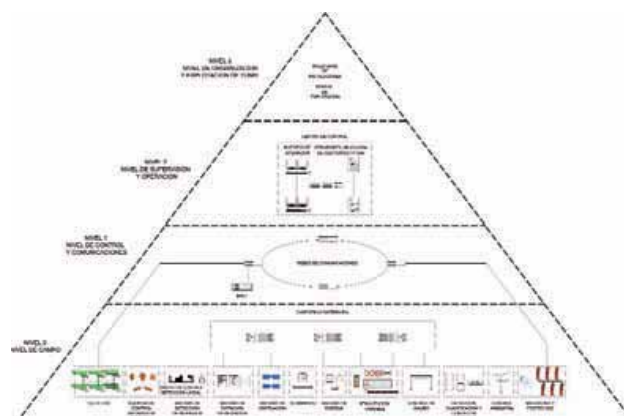


Figura 8. Arquitectura del sistema de gestión centralizada

En el **Nivel 0 o de Campo** se lleva a cabo el conexionado de los equipos de campo a cabeceras distribuidas.

El **Nivel 1 o de Control y Comunicaciones** está formado por dos elementos fundamentales:

- Estaciones Remotas Universales (ERU) y Estaciones Remotas Universales de Túnel (ERUT), todas ellas con doble máquina redundante.
- Redes de comunicaciones: Red troncal, tipo 10 Gigabit Ethernet con arquitectura mallada, y redes de interconexión de equipos de campo (redes de túnel, red de equipos ITS y control de energía/alumbrado y red de cobro), de tipo Gigabit Ethernet con arquitectura en anillo.

El **Nivel 2 o de Supervisión y Operación** comprende los puestos de operación del Centro de Control de Peñascal y el Centro de Respaldo de Iurreta.

La aplicación de gestión centralizada proyectada se configura en tres niveles (Supervisión y control de las instalaciones / Gestión de planes / Gestión de procedimientos), integrándose en ella la práctica totalidad de los sistemas de campo. Como elemento singular a destacar, dispondrá de un módulo de simulación y entrenamiento.

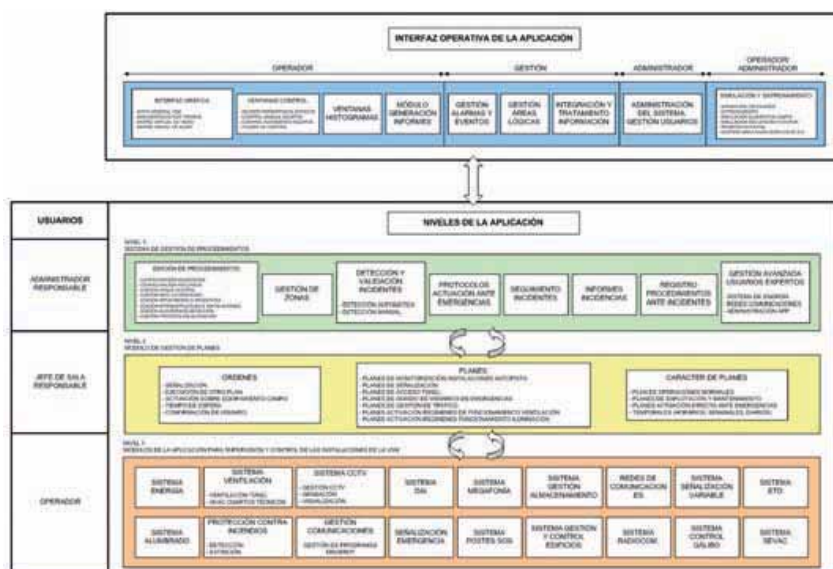


Figura 9. Arquitectura software de la aplicación de gestión centralizada

Adicionalmente se dispone de una aplicación de seguridad redundante, para caso de fallo de la principal, con funcionalidades mínimas de cierre de túnel, control de ventilación por zonas y control del alumbrado.

Los servidores dedicados para las aplicaciones principales (gestión centralizada, del sistema de almacenamiento y de gestión de vídeo) se configuran en arquitecturas tipo cluster. Por otro lado, todos los sistemas de audio (postes SOS, megafonía y radiocomunicaciones) se integran en una matriz de audio. En cuanto al sistema de almacenamiento, la seguridad se garantiza mediante una red SAN iSCSI con cabinas de discos y sistemas de backup.

El último nivel del sistema de gestión, **Nivel 3 o de Organización y Explotación**, está constituido por los diferentes procedimientos y planes de mantenimiento y actuación de gestión de la autopista, de modo que el Manual de Explotación quedará integrado en la aplicación de gestión centralizada.

12. Organización de las obras y pruebas

Las obras objeto del Proyecto de Instalaciones de la Fase IA de la Variante Sur Metropolitana se han dividido a efectos de ejecución en cuatro lotes, con los alcances y presupuestos de licitación que se recogen en la Tabla 5.

Lote	Presupuesto licitación (sin IVA)
Lote 1. Instalaciones eléctricas y mecánicas. Tramo: Santurtzi-Cadagua	23.066.267,22 €
Lote 2. Instalaciones eléctricas y mecánicas. Tramo: Cadagua-Larraskitu-Buia	19.230.180,00 €
Lote 3. Instalaciones telemáticas, integración y centro de control	27.123.361,59 €
Lote 4. Instalaciones de cobro de canon	7.741.110,74 €
TOTAL	77.160.919,55 €

Tabla 5. Características de lotes

Tabla 5. Características de lotes

El funcionamiento adecuado de las diferentes instalaciones, subsistemas y sistemas se va comprobando de manera gradual, mediante cinco niveles de pruebas diferenciados: pruebas en fábrica (Nivel 0), pruebas de equipos en campo (Nivel 1), pruebas de conjunto electromecánicas (Nivel 2a), pruebas locales (Nivel 2b) y pruebas integradas desde el centro de control (Nivel 3). Los tres primeros niveles de pruebas los realiza cada instalador sobre las instalaciones correspondientes a su lote, mientras que los dos últimos los realiza el integrador sobre las instalaciones correspondientes a todos los lotes, una vez integradas las mismas en el sistema de gestión centralizada. Por último se realizan por el explotador las pruebas finales de explotación, previamente a los simulacros y a la puesta en servicio de la autopista.

Todo el proceso de ejecución y pruebas es verificado por el Organismo de Inspección de Túneles de Bizkaia (OITB) -que de hecho participa desde la fase de Proyecto, el cual ha sido sometido a su validación-, culminando con la obtención de la certificación de final de obra y de la autorización para la puesta en servicio por parte de la Autoridad Administrativa, conforme a lo establecido en el Decreto Foral 135/2006.

Adicionalmente a la propia ejecución de las obras, se ha previsto para los Lotes 3 y 4 la permanencia de los contratistas para apoyo a la explotación durante un periodo de tres meses desde la puesta en servicio. Posteriormente se cuenta con una partida para adecuación y mejoras del software de gestión durante un periodo de seis meses adicionales en cada uno de estos dos lotes.

Las obras correspondientes a los cuatro lotes se iniciaron en septiembre de 2009, previéndose la puesta en servicio de la autopista para el mes de marzo de 2011.