

RESUMEN EJECUTIVO

DISEÑO DE LOS TUNELES DE SAN EDUARDO

LAHMEYER INTERNATIONAL – CONYFIS – CONSULSISMICA

1. Generalidades

El proyecto Túneles del Cerro San Eduardo, se circunscribe dentro del Plan de Mejoras de la Infraestructura Vial que lleva a cabo la M. I. Municipalidad de Guayaquil, que incluye una propuesta importante que se requiere para incorporar un nuevo enlace vial de aprox. 3.315 m. que conecte el intercambiador del Km 4.5 que distribuye el tráfico motorizado de las avenidas El Bombero, vía a Daule y Avenida Carlos Julio Arosemena Tola, con la avenida Barcelona. Se estima que este nuevo enlace mejorará substancialmente las condiciones de tráfico de la red vial de la ciudad, a la vez que reducirá los costos operativos de los usuarios, los índices de congestión, accidentes de tránsito, consumo de combustible y demás aspectos socioeconómicos y ambientales de la ciudad, disminuyendo el tiempo de recorrido.

1.1. Descripción del Proyecto

1.1.1. Localización



Fig.1 Ubicación de los túneles

El Proyecto los "Túneles del Cerro de San Eduardo", se ubicará en el noroeste de la Ciudad de Guayaquil, transversalmente en el cerro del mismo nombre. Su longitud será de 1295 m medida en el eje central, esto es en el baricentro de los dos túneles, y 2.42 Km. de vías de acceso. Según el Esquema de la Red Vial Fundamental de la ciudad de Guayaquil para el año 2010, está categorizado como una V4.

El Proyecto del "Túneles del Cerro de San Eduardo", no sólo unirá vialmente el sector suroeste con el noroeste de la ciudad, sino que será un estructurador de la red vial principal de la ciudad; así tenemos que unirá la Av. Assad Bucarám (calle 29-V4) y al suroeste de la ciudad con la Av. Martha Bucarám de Roldós que es una V3, la Av. del Bombero (V3), y la Av. Carlos Julio Arosemena (V4), Av. José Rodríguez Bonin (V3).

1.1.2. Información General

La intención del Proyecto es mejorar substancialmente las condiciones de tráfico de la red vial de la ciudad de Guayaquil dentro del Plan de Mejoras de la Infraestructura Vial que lleva a cabo la M. I. Municipalidad de Guayaquil, a la vez que reducirá los costos operativos de los usuarios, los índices de congestión, accidentes de tránsito, consumo de los combustibles, disminuyendo el tiempo de recorrido y demás aspectos socioeconómicos y ambientales de la ciudad.

Por otro lado, es sumamente importante mencionar que el proyecto es parte integral del Sistema Integrado de Transporte Masivo Urbano de Pasajeros denominado METROVIA, que está siendo desarrollando por la M. I. Municipalidad de Guayaquil que ha de ser implantado por etapas progresivas, abarcando los principales ejes del transporte de la ciudad, con el fin que el transporte público urbano proporcione un buen nivel de servicio y sea accesible a toda la población de la ciudad.

1.1.3. Características generales

- Consta de 7 tramos, dos de los cuales son intersecciones a nivel (de diamante), una es un intercambiador de tres niveles, tres son segmentos viales y uno es de túneles; y además, se han definido sus características funcionales y geométricas.
- Se plantea una serie de obras en el Intercambiador del Km. 4.5, lo que permitirá no solo acceder a este proyecto sino también integrarlo con los otros proyectos municipales vigentes como son la Ampliación de la Av. Del Bombero, la prolongación de la Av. Las Aguas, la Troncal #3, entre otros.

- A la altura del Complejo Ciudad Deportiva, se plantea la incorporación de un intercambiador tipo diamante con paso elevado que pudiera ser implementado en una segunda etapa de intervención (ie., año 2015)
- A la altura de la Av. Barcelona, se plantea la incorporación de un intercambiador igualmente del tipo diamante con paso elevado, que pudiera ser implementado en dos etapas. La primera (ie., año 2005) construir un intercambiador a nivel tipo glorieta con ramales directos de giro a la derecha; y, la segunda, (ie., año 2015) para ubicar un tablero elevado para la conexión directa con los carriles del puente Gómez Rendón.

Por razones de la M. I. Municipalidad de Guayaquil los Estudios y Diseños Definitivos del proyecto, "TÚNELES DEL CERRO SAN EDUARDO - ENLACE VIAL DEL INTERCAMBIADOR DEL KM 4.5 (AV. DEL BOMBERO, AV. MARTHA DE ROLDOS Y AV CARLOS JULIOS AROSEMENA) CON LA AVENIDA DE BARCELONA, EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL" fue elaborado en dos partes distintas.

Parte 1: El diseño definitivo del Intercambiador del Km. 4.5 que fue entregado en su totalidad el día 09.01.2005 y contempla los siguientes estudios:

- Topografía
- Geología y Geotecnia
- Vial
- Impacto Ambiental
- Actividades y acciones de ejecución y operación del proyecto.
- Estructural
- Estudios complementarios
 - Drenaje
 - Iluminación
 - Costos y Presupuesto

Parte 2: El diseño definitivo de los túneles y los enlaces viales contempla los siguientes estudios:

- Topografía
- Geología y Geotecnia
- Diseño de los túneles
- Diseño enlaces viales
- Impacto ambiental
- Instalaciones en los túneles
- Estudios complementarios

- Estudios complementarios viales
- Drenaje vial
- Iluminación vial
- Costos y presupuesto

A continuación se presentan el diseño definitivo de los túneles y de los enlaces viales

1.2. Características técnicas de los estudios definitivos de los túneles

- Dos túneles paralelos cada uno de 3 carriles.
- La separación entre los dos túneles $\approx 13,5$ m.
- La mayor cobertura sobre el túnel en la parte central ≈ 150 m.
- Longitud de los túneles (natural) \approx es de 1280 m medidos en el eje central
- Longitud total de los túneles (natural y artificial) ≈ 1295 m.
- El área de excavación del túnel ≈ 102 m².
- Longitud de paradas de emergencia central ≈ 49 m.
- El área de excavación en sector de paradas de emergencia central ≈ 132 m².
- Separación entre Galerías de escape 300 m – 350 m
- Revestimiento exterior con hormigón lanzado.
- Revestimiento interior impermeable con hormigón in-situ

Geología y Geotecnia

Los túneles atravesarán el macizo rocoso del cerro San Eduardo, por lo cual es importante el estudio del mismo, su observación ha sido facilitada por el afloramiento de los estratos del mismo en sus laderas. La calidad de la roca observada en las laderas está fuertemente afectada por procesos de meteorización, pero al interior del macizo rocoso, la calidad de la misma mejora de manera substancial.

A través del mapeo geológico se pudo identificar los diferentes tipos de roca; el rumbo, buzamiento de la estratificación, fallas y diaclasas.

Para complementar el estudio geotécnico se realizaron calicatas y perforaciones profundas en diferentes sectores del proyecto, las cuales nos permitieron en algunos casos confirmar los datos obtenidos del mapeo y en otros obtener datos más exactos de la litografía del sector, así mismo fue necesario hacer controles Piezométricos para obtener los niveles freáticos.

Los afloramientos rocosos que existen a lo largo del trazado del eje de los túneles de San Eduardo, por ejemplo: Quebradas, esteros, laderas y zonas aledañas al área del proyecto, sirvieron para realizar un levantamiento estadístico de los diferentes sistemas de discontinuidades y para la ejecución de ensayos in-situ (p.e. con el Martillo de Schmidt). Se desarrolló por medio del método de Red de SCHMIDT una evaluación estadística de los sistemas de discontinuidades.

1.2.1. Clasificación del macizo rocoso

Para clasificar las rocas según su meteorización se empleó el siguiente criterio:

- Grado I: Roca fresca

Sin síntomas visible de meteorización

- Grado II: Roca ligeramente meteorizada

La meteorización penetra ligeramente en la roca por medio de las juntas más importantes presentándose con un cambio de color, generalmente del gris al parduzco o amarillento.

- Grado III: Roca moderadamente meteorizada

La meteorización se extiende a través de toda la masa rocosa, pero conserva suficiente resistencia para no ser desmenuzada con la mano, podrían presentarse nódulos de roca desmenuzables con la mano.

- Grado IV: Roca altamente meteorizada

La meteorización se extiende para toda la masa rocosa y puede desmenuzarse fácilmente con la mano.

- Grado V: Roca completamente meteorizada

La información recogida sirvió para confirmar y detallar la secuencia rocosa ya establecida por el mapeo geológico.

Las perforaciones con recuperación de testigos sirvieron también para establecer la secuencia de las diaclasas al interior del macizo, además para realizar los ensayos de laboratorio que incluyen la estimación de la permeabilidad de la roca para precisar el nivel de infiltración de agua que podría afectar a los túneles y finalmente estas perforaciones fueron utilizadas como pozos de control piezométrico del agua subterránea.

1.2.2. Perforaciones ejecutadas

Se ejecutaron nueve perforaciones para el estudio geológico-geotécnico de los túneles, S-1, S-2, S-3 y S-4 en el curso del estudio de factibilidad y la S-5, S-6, S-7, S-8 y S-9 durante la fase de estudios del diseño definitivo.

Las perforaciones fueron realizadas tomando énfasis en las zonas de portales debido a que las mismas son consideradas áreas críticas del proyecto. En el Portal Sur se contó con los resultados de ensayos obtenidos en el sondeo S-1, realizado en fase de factibilidad, además se complementó con la información obtenida de los sondeos, S-6 y S-9.

En el Portal Norte se contó con los resultados de los ensayos obtenidos en el sondeo S-4, realizado en fase de factibilidad, además se complementó con la información de los sondeos S-5 y SIN-03, realizados en la fase de estudio del diseño definitivo, con esta información y conociéndose la disposición de los estratos se pudo identificar las condiciones del subsuelo en este sector.

En el trazado del túnel se ejecutaron perforaciones con recuperaciones de testigos, los sondeos, S-2 y S-3, realizados en etapa de factibilidad, llegaron hasta 10 m por debajo de la solera, los sondeos S-7 y S-8, que fueron ejecutados en etapa de diseño definitivo, también llegaron hasta 10 m por debajo de la solera.

El sondeo S-8 fue ejecutado con la intención de conocer la litología e intersectar una falla inferida que fue detectada por medio de la interpretación de fotografías aéreas.

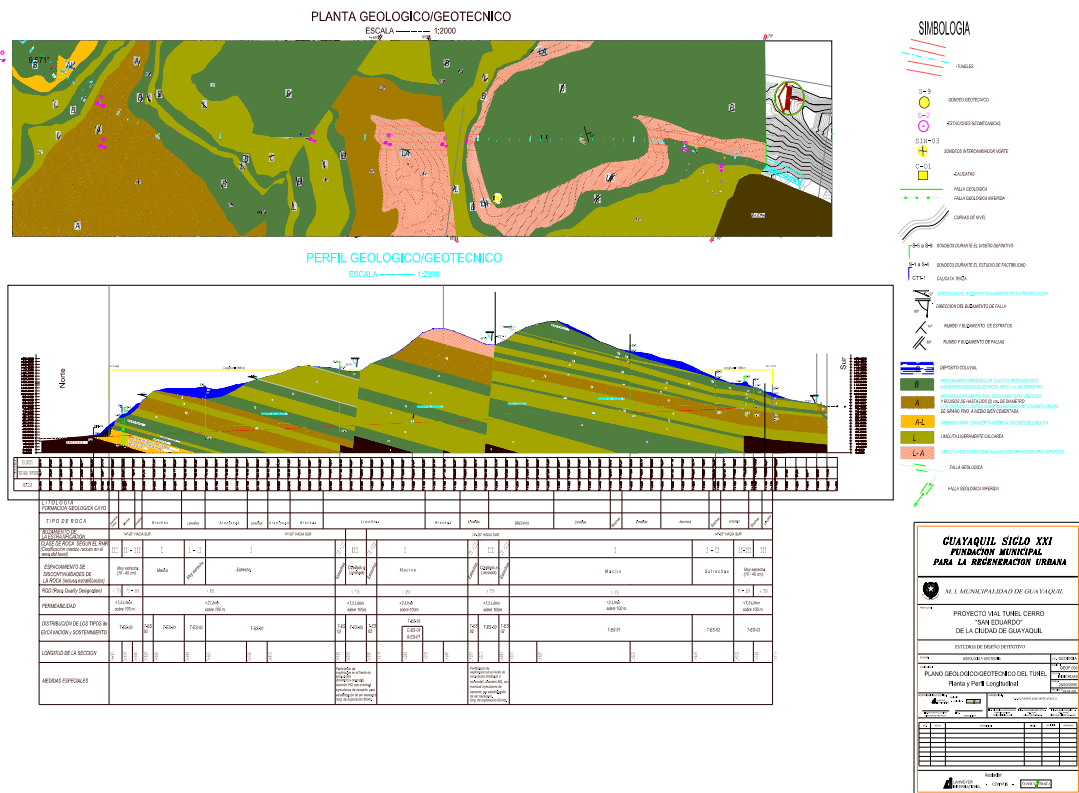


Fig.2 Correlación Estratigráfica

1.2.3. Ensayos ejecutados sobre muestras de recuperación

Adicionalmente a lo largo del trazado del túnel se ejecutaron calicatas con la finalidad de recavar información adicional sobre las fallas inferidas.

Sobre las muestras de los testigos recuperados, en el tramo comprendido entre los 10m por debajo de la solera y 10m por encima del techo de los túneles, se realizaron los siguientes ensayos:

- Ensayo de compresión simple
- Ensayo de carga directa (point load tests)
- Ensayo de corte directo y ángulo de fricción
- Peso Específico, Absorción y Porosidad
- Ensayos del módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson
- Ensayo Brasileo (resistencia a la tensión)
- Ensayo petrográfico de láminas delgadas

Con los datos geológicos/geotécnicos recavados de las fuentes antes mencionadas se efectuaron las clasificaciones geomecánicas del valor RMR de Bieniawski y la Q de Barton. Esta clasificación geomecánica fue la base para la determinación de las diferentes clases de excavación y sostenimiento para los túneles de San Eduardo.

Algunas perforaciones fueron instaladas con piezómetros para la observación del comportamiento del agua subterránea. Con las instalaciones de los piezómetros se controlará el comportamiento del nivel freático en el área del túnel.

Una descripción detallada de las Geología y Geotecnia de los túneles se presenta en el parte 3. de este informe

1.3. Características técnicas de los túneles

El diseño geométrico vial de los segmentos constitutivos de los túneles cerro San Eduardo, se realizó en sujeción al estudio de tráfico, en especial, en cuanto a anchos de calzada, conceptos funcionales de operación y seguridad vial; que permitieran definir su geometría de acuerdo a los estándares internacionales.

Un túnel funcionará para el tránsito vehicular en el sentido Norte-Sur; mientras que el otro funcionará para el tránsito Sur-Norte; ambos con una velocidad de diseño de 70 km/h. El segmento Túneles comienza en el Portal Norte ubicado en la Abs 0+485 (Cota eje: 27.91 msnm) y termina en la Abs 1+780 (Cota eje: 79.07 msnm) donde estará ubicado el Portal Sur. Por lo tanto, este segmento queda definido en 1295 metros con una pendiente longitudinal de 3,95%.

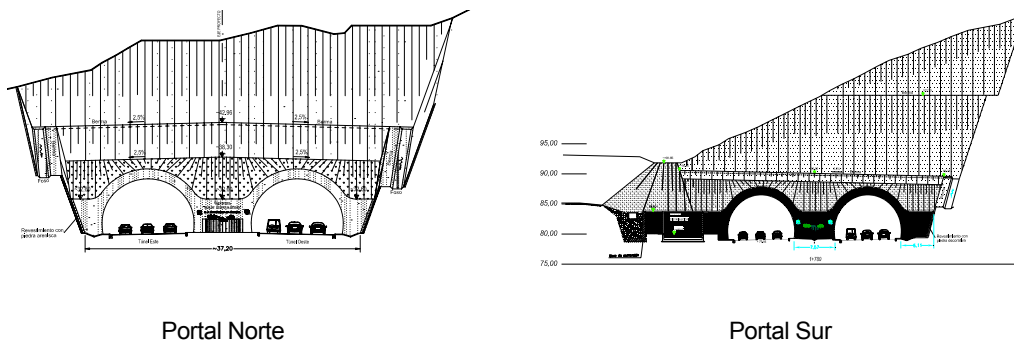


Fig.3 Vista frontal de los portales

De esta manera, el alineamiento ha sido definido para este segmento, el mismo que estará compuesto por tramos rectos y por tramos curvos (ie., curvas horizontales de 500, 815.11 y 828.58 metros de radio). Respecto al perfil longitudinal, este segmento está compuesto por una tangente con 3,95% de pendiente longitudinal y por dos curvas verticales, una cóncava y una convexa en sus extremos para empalmar a las tangentes de los otros segmentos viales que son a cielo abierto.

La clasificación funcional asignada a este segmento es de "vía arterial" con velocidad de diseño de 70 Km/h, (ie., acceso controlado, prohibido el cruce de peatones y paraderos, etc.).

En síntesis, la sección de cada túnel será distribuida de la siguiente manera: (1) Dos veredas de seguridad de 1,0 metros de ancho, una a c/lado del túnel; (2) Una cuneta de 0,20 metros a cada lado, y (3) Tres carriles de 3,25 metros cada uno.

Se ha establecido en los diseños la necesidad de tener un gálibo libre no menor a 4.75m metros. Además, en el arranque, de los portales Norte y Sur, los túneles estarán separados aproximadamente 7 metros, y aumentando progresivamente esta separación a 15 metros a partir de los 100 primeros metros de túneles para evitar cualquier interferencia entre ellos durante su construcción.

La siguiente figura muestra detalles de la sección transversal típica utilizada en los diseños viales de cada túnel.

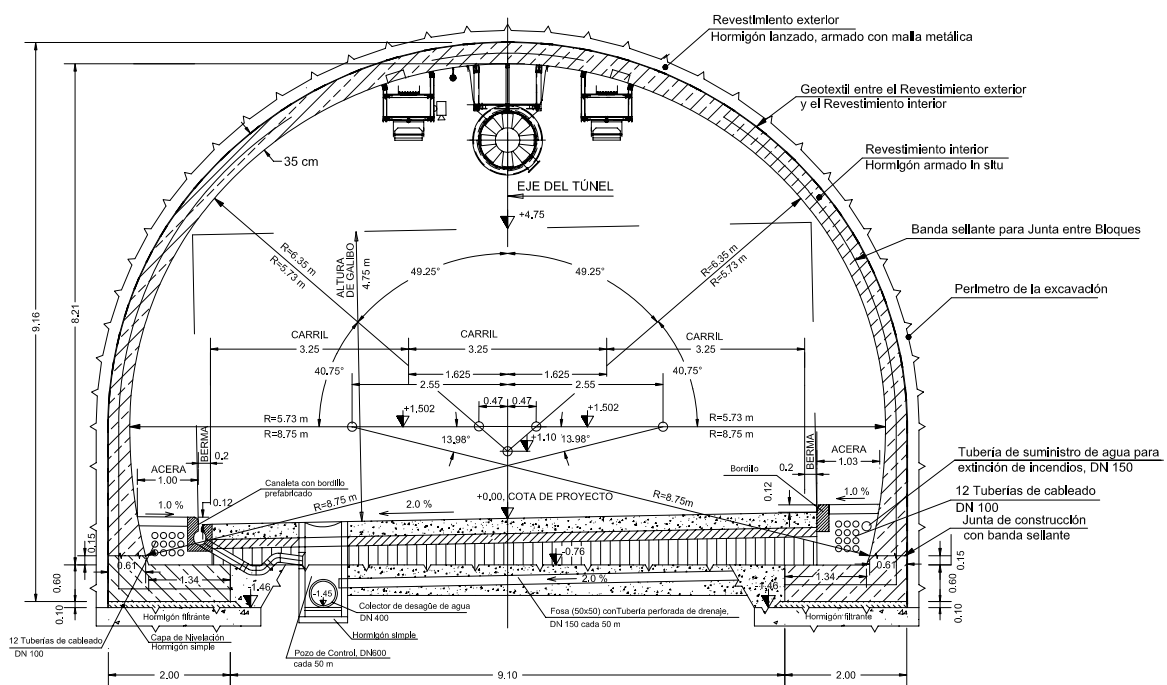


Fig.4 Sección transversal de los túneles

1.3.1. Detalles de la Sección Transversal de los Túneles

Por conveniencia, se trazaron dos ejes, uno para cada túnel, aunque se especificó que ambos tendrían las mismas cotas y pendientes.

En cuanto al bombeo, en los diseños se ha establecido el uso de gradientes transversales que fluctuarán juiciosamente entre el -3% y el +3%, que representan los peraltes requeridos en las curvas horizontales dispuestas a lo largo de su alineamiento.

Una descripción detallada de las características técnicas de los túneles se presenta en la parte 4. de este informe

1.4. Características técnicas de los enlaces viales

La M. I. Municipalidad de Guayaquil consciente de la problemática vial que experimenta Guayaquil, ha encaminado sus acciones a ejecutar una serie de proyectos tendientes a mejorar la fluidez vehicular, tal es el caso de la vía a Daule, y la Avenida El Bombero. Ambas arterias principales confluyen al distribuidor de tráfico ubicado en el km 4.5 de la vía a Daule, distribuidor considerado como el nudo de tráfico más conflictivo de la ciudad.

La problemática se acrecienta en la medida que el tráfico y la congestión aumenta, y que los usuarios del transporte público y privado tienen que transitar alrededor del cerro San Eduardo, para cruzar de las zonas Norte a las zonas Sur la ciudad. Al respecto, el Plan Municipal incluye la propuesta de incorporar un nuevo enlace vial con características de vía arterial que conecte en forma directa el intercambiador del km 4.5 con la avenida Barcelona a través del cerro San Eduardo.

Por definición, una vía arterial debe ofrecer prioritariamente movilidad a los usuarios sobre la necesidad de accesibilidad a los predios. En una vía arterial, los giros a nivel, los cruces de peatones, las paradas de buses y de vehículos se restringen con el fin de evitar los conflictos, las reducciones de las velocidades de operación y los accidentes de tránsito. Por ello, los detalles geométricos de esta clase de vía y los detalles de sus conexiones son mucho más delicados y más trascendentales que los diseños que exige una calle o una vía de barrio.

El nuevo enlace vial constituirá el componente vial urbano que faltaba para la conformación de un nuevo eje Norte-Sur de Guayaquil formado por la Av. Martha Bucaram-Nuevo Enlace (túneles de San Eduardo)-Av. Assad Bucaram.

Debido a la topografía del cerro, el nuevo enlace vial demandó de un diseño detallado de los siguientes componentes: (1) readecuaciones estructurales y geométricas al intercambiador del Km 4.5; (2) un tramo de túneles, uno por sentido de circulación que atraviese el cerro San Eduardo; (3) un tramo vial independiente de la vía de ingreso a las Cooperativas del sector que conecte el Portal Sur del tramo túneles con un intercambiador a nivel que permita la distribución adecuada del tráfico y la conexión con las vías de ingreso al Complejo Ciudad Deportiva Carlos Pérez Perasso, a la Cantera Municipal y a las Cooperativas del Sector; y finalmente (4) un tramo vial que conecte el intercambiador de Ciudad Deportiva con otro similar a construirse sobre la Av.

Barcelona que estará alineado al eje del nuevo puente sobre el Estero Salado y que conectará con la calle Gómez Rendón en el sector Suroeste de la ciudad.

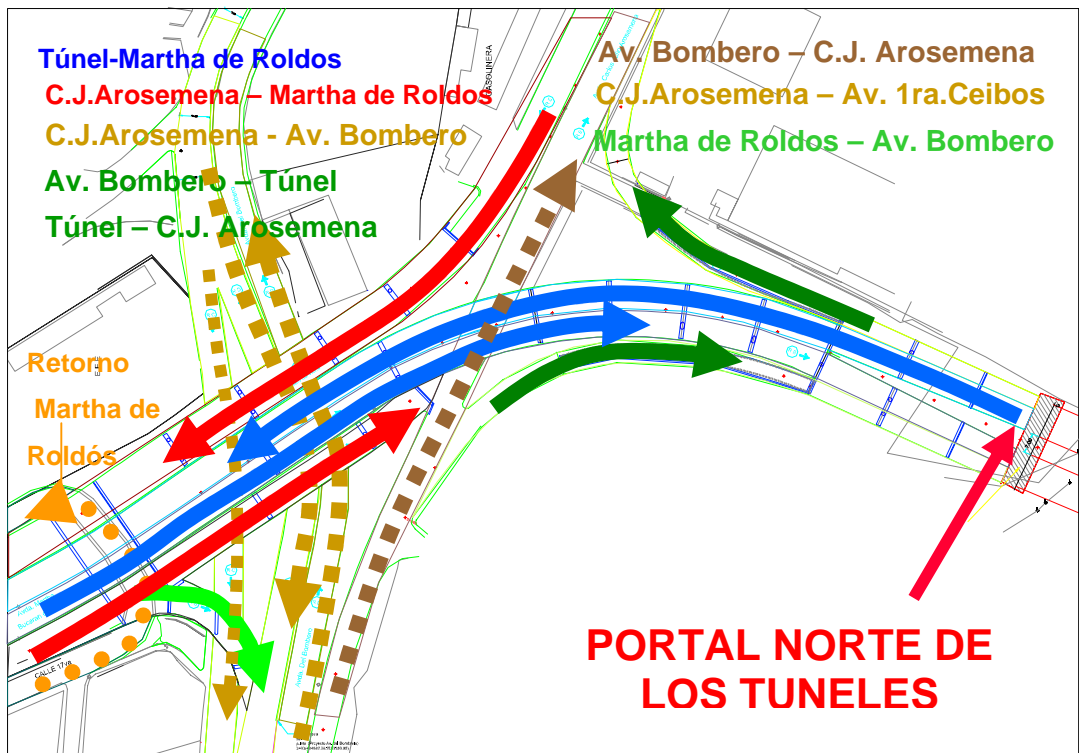


Fig.5 Implantación del intercambiador del Km. 4.5

Debido a los requerimientos de seguridad del tránsito y de capacidad en la operación vehicular para la demanda actual y futura, se hizo necesario realizar un extenso estudio de tráfico y un meticuloso diseño geométrico vial que, a juicio de esta consultoría, permitió plasmar en los diseños las características funcionales y geométricas así como el equipamiento de seguridad vial necesario para que este nuevo enlace vial, en todos sus componentes, garantice a los usuarios un nivel de servicio adecuado, sustentable y seguro durante los 30 años que determina su período de diseño.

1.5. Impacto ambiental

1.5.1. Objetivo

Realizar la evaluación ambiental del proyecto "Túneles del Cerro San Eduardo, desde el Intercambiador del Km. 4.5 en la Avenida del Bombero hasta la Avenida Barcelona, de la ciudad de Guayaquil", localizado en el norte de la ciudad de Guayaquil.

1.5.2. Caracterización del área de influencia del proyecto

Medio físico

Los datos procesados determinan que el clima del área de influencia directa del proyecto es tipo Tropical Monzón, La temperatura media anual de la ciudad es de 24,8° C y una precipitación media anual de 1.369,5 mm.

El Cerro San Eduardo esta constituido especial y únicamente por la Formación Geológica Cayo del Cretácico. En los sectores de empotramiento de los portales al pie del Cerro se encuentran depósitos Coluviales.

La zona es colinada con elevaciones que alcanzan valores sobre los 200 m.s.n.m. La zona de influencia del proyecto esta cruzada por unos esteros que en su mayoría tiene una pendiente moderada muy cercana al 1%. En la zona del proyecto existen 8 esteros que tienen influencia sobre el área del proyecto.

Los datos existentes sobre calidad del aire indican que los niveles están por debajo de los criterios de calidad del aire de la EPA y el Banco Mundial.

Los niveles de ruido son altos y se generan por el tráfico de vehículos. Los niveles tanto de máxima como de mínima en la Vía a Daule son altos para zonas residenciales.

Medio biológico

El proyecto está ubicada entre de la región bioclimática Muy seco Tropical y en la zona ecológica bosque muy seco Tropical (b.m.s.T.).

En el área del proyecto sector norte existe árboles de bototillo. Entre los matorrales está la higuera (Ricinus comunis L.) como dominante y presente en ambos sectores. Existen además otras especies que no se encuentran presentes con mayor frecuencia, acacia rosada en el sector vía a Daule, en el sector San Eduardo Nigüito y especies vegetales comestibles como: mango, aguacate y fruta de pan.

Por tratarse de un área con alta intervención humana presente, los asentamientos de la Pre-Cooperativa "Virgen del Cisne" en el Sector de San

Eduardo y el conjunto residencial la Cima en el sector de la vía a Daule, la diversidad faunística se ha visto desplazada.

Medio humano

El rápido incremento de la población de la ciudad de Guayaquil en los últimos años, originado principalmente por los flujos migratorios provenientes de la provincia del Guayas y a nivel nacional, determinó que en la década de los años 80's y 90's hacia el norte de la ciudad se constituyan centros poblados de considerable importancia, tales como Bastión Popular, Flor de Bastión, ciudadela La Florida, y se consoliden otros como Juan Montalvo, y demás concentraciones humanas de la zona.

Según el censo de 1950, la población de Guayaquil fue de 258.966 habitantes. Para el año 2001 la población de Guayaquil se incrementó a 1'985.379 personas, para una densidad poblacional de 389 habitantes por Km². De la información estadística se desprende que de las personas ocupadas en el mercado laboral de la ciudad aproximadamente tres de cada diez realizan actividades secundarias, y una de cada cinco actividades terciarias de servicios.

En la parte sur del proyecto se ubican las ciudadelas San Eduardo y Virgen del Cisne, que son ocupaciones de tierra de personas de bajos recursos económicos. Al norte del proyecto se encuentran ciudadelas de clase media alta y alta y están urbanísticamente consolidadas desde hace varios años atrás.

Los establecimientos educativos existentes en el área del proyecto son el Instituto Gráfico de Arte, los Colegios Javier y Jefferson, y la Unidad Educativa Liceo Italiano; los establecimientos comerciales son la distribuidora de plantas DIPROPLANT y la distribuidora de maquinaria DITEKA KOMATSU; el establecimiento industrial es la fábrica productora de chocolates Nestlé. Además de las instalaciones señaladas, en el entorno del proyecto se encuentran el Complejo Deportivo del IESS, la Fundación Madre Dolorosa, la Unidad Arquidiocesana Bernardino Echeverría y el INNFA.

1.5.3. Evaluación ambiental

Identificación y valoración de efectos

Previo a la realización de la viabilidad ambiental del proyecto "Túneles del Cerro San Eduardo, desde el Intercambiador del km 4.5 en la Avenida del Bombero hasta la Avenida Barcelona, de la ciudad de Guayaquil", se efectuó la selección de los componentes ambientales que serían afectados: ruido; polvo; gases de combustión; interferencia con patrones de drenaje; contaminación de agua; contaminación de suelo; erosión; cubierta vegetal; afectación a la flora por humos y polvo; molestias a la fauna; viviendas y propiedades; generación de

expectativas; protestas de la comunidad; tiempos de viaje; salud pública ocupacional; empleo y mano de obra; paisajismo, equipamiento del túnel; mejoramiento de infraestructura; y, energía (alumbrado).

Para la identificación y evaluación de impactos se empleó una Matriz Ambiental, en la las actividades del proyecto serán: campamento; cierre de vías; fuentes de materiales; transporte de materiales; disposición de material de desalojo; expropiaciones, limpieza y desbroce; excavaciones; voladuras; recubrimiento exterior; recubrimiento interior; vía de enlace; intercambiadores; operación; y, mantenimiento de los túneles.

En total se identificaron y evaluaron 91 interrelaciones ambientales, tanto positivas como negativas, la cantidad de cada una de ellas se indica a continuación:

- Positivos: 20
- Negativos: 71

De los noventa y un impactos ambientales identificados, cada medio será afectado en el siguiente número:

- Físico: 42
- Biológico: 8
- Humano: 41

De los setenta y un impactos negativos identificados afectan a cada medio de la siguiente forma:

- Físico: 42
- Biológico: 7
- Humano: 22

De los veinte impactos positivos evaluados afectarán a cada medio de la siguiente manera:

- Biológico: 1
- Humano: 19

Los setenta y un impactos negativos identificados, han sido evaluados conforme a su dictamen de la siguiente manera:

- Impactos Compatibles: 40
- Impactos Moderados: 29
- Impactos Severos: 2

De los cuarenta y dos impactos que afectan al medio físico se registran las siguientes determinaciones por dictamen:

- Impactos compatibles: 25
- Impactos moderados: 16

- Impactos severos: 1

De los siete impactos que afectan al medio biótico se registran las siguientes determinaciones por dictamen:

- Impactos compatibles: 4
- Impactos moderados: 3

De los veinte y dos impactos que afectan al medio humano se registran las siguientes determinaciones por dictamen:

- Impactos compatibles: 11
- Impactos moderados: 10
- Impactos severos: 1

Respecto al dictamen se presentan los siguientes resultados:

Los impactos moderados sobre el ambiente constan en el siguiente cuadro.

Cuadro.- Impactos de Dictamen Moderado

| ACTIVIDAD | MEDIO | COMPONENTE AMBIENTAL | DURACION | RECUPERACION |
|---------------------|-----------|------------------------------|------------|---------------|
| Campamento | Humano | Salud pública / ocupacional | Temporal | Corto plazo |
| Fuente Materiales | Físico | Ruido | Temporal | Mediano plazo |
| | Físico | Gases de combustión | Temporal | Corto plazo |
| | Físico | Contaminantes de escorrentía | Temporal | Corto plazo |
| | Físico | Contaminación de suelo | Temporal | Mediano plazo |
| | Físico | Erosión | Temporal | Mediano plazo |
| | Biológico | Cubierta vegetal | Temporal | Corto plazo |
| | Biológico | Polvo y humos (flora) | Temporal | Corto plazo |
| Limpieza y desbroce | Biológico | Cubierta vegetal | Permanente | Mediano plazo |
| | Humano | Salud pública / ocupacional | Temporal | Corto plazo |
| Excavación | Físico | Erosión | Temporal | Mediano plazo |

| | | | | |
|-----------|--------|--------------------------------|----------|---------------|
| | Humano | Salud pública / ocupacional | Temporal | Corto plazo |
| Voladuras | Físico | Ruido | Eventual | Corto plazo |
| | Físico | Polvo | Temporal | Corto plazo |
| | Físico | Gases de combustión | Temporal | Corto plazo |
| | Humano | Protestas comunidad | Eventual | Corto plazo |
| | Humano | Salud pública / ocupacional | Temporal | Mediano plazo |

| | | | | |
|------------------------|--------|---------------------------------|------------|---------------|
| Recubrimiento interior | Físico | Ruido | Temporal | Corto plazo |
| | Físico | Polvo | Temporal | Corto plazo |
| | Físico | Gases de combustión | Temporal | Corto plazo |
| | Físico | Interferencia patrón drenaje | Temporal | Mediano plazo |
| Instalaciones | Humano | Salud pública / ocupacional | Temporal | Corto plazo |
| Áreas verdes | Humano | Salud pública / ocupacional | Temporal | Corto plazo |
| Operación túnel | Físico | Ruido | Permanente | Corto plazo |
| | Físico | Polvo | Permanente | Corto plazo |
| | Físico | Gases de combustión | Permanente | Corto plazo |

Los impactos severos se indican en el siguiente cuadro

Cuadro.- Impactos de Dictamen Severo

| ACTIVIDAD | MEDIO | COMPONENTE AMBIENTAL | DURACION | RECUPERACION |
|--------------------------------|--------|----------------------|----------|--------------|
| Explotación Fuentes Materiales | Físico | Polvo | Temporal | Corto plazo |

| | | | | |
|----------------|--------|---------------------------|------------|-------------|
| Expropiaciones | Humano | Viviendas, propiedades | Permanente | Corto plazo |
|----------------|--------|---------------------------|------------|-------------|

Medidas de mitigación

Se detalla a continuación las medidas de mitigación que se deberán ejecutar para reducir el efecto de los impactos ambientales:

- Mantener y calibrar la maquinaria adecuadamente para reducir la cantidad de ruido.
- Dotar de los implementos de protección personal (IPP) a los trabajadores de la construcción, según su función.
- Formular y ejecutar programas de control de ruido.
- Humedecimiento continuo de las áreas abiertas
- Humedecimiento de las áreas abiertas de la cantera
- Usar filtros de mangas en la fuente de materiales.
- Calibración de la maquinaria pesada, equipos y volquetas para reducir la emisión de gases de combustión.
- Formular y ejecutar un programa de control de contaminación por gases de combustión de vehículos.
- Diseñar y construir un sistema de drenaje adecuado, tanto para las aguas de escorrentía como las subterráneas.
- Utilización de servicios higiénicos portátiles para la disposición de excretas.
- Ejecución de un sistema de almacenamiento y disposición final de aceites y grasas usadas, la disposición final se deberá efectuar en empresas autorizadas por el Municipio de Guayaquil.
- Formulación de un plan de contingencia para el caso de derrames de productos peligrosos.
- Disponer los residuos sólidos utilizando el servicio de la ciudad (Vachagnon)
- Diseño ambientalmente adecuado de los taludes en las zonas de la vía de acceso a los túneles en el sector del ex botadero de basura San Eduardo.
- Colocación de cubierta vegetal en los taludes.
- Humedecimiento continuo de áreas abiertas.

- Programa de participación de la ciudadanía.
- Indemnización adecuada a los afectados por el proyecto.
- Señalización preventiva en el área de influencia del proyecto para evitar accidentes.
- Construcción y ubicación adecuada de pasos peatonales.
- Construir un campamento acorde al entorno.
- Rehabilitar mediante un diseño paisajístico a las áreas intervenidas, en especial la entrada a los túneles y las zonas abiertas de los intercambiadores de tráfico.

1.5.4. Plan de manejo ambiental

El presente Plan de Manejo Ambiental contiene las medidas ambientales que deberán ejecutarse durante la construcción y operación del proyecto "Túneles del Cerro San Eduardo", que fueron identificadas en la fase de pronóstico ambiental. En total se han diseñado 17 medidas de mitigación, cada una incluye varias actividades necesarias para prevenir o minimizar la generación de impactos ambientales negativos en el área de influencia del proyecto.

El diseño de cada medida tiene definidos los siguientes aspectos:

- Nombre de la medida.
- Objetivos
- Nombre de los posibles impactos ambientales a generarse.
- Estrategias a utilizarse.
- Descripción detallada o diseño de la medida
- Cada medida de mitigación ambiental tiene descritas las diversas actividades que se deberán ejecutar para lograr los objetivos planteados, las actividades contienen los siguientes aspectos descriptivos:
 - Acciones y Procedimientos a Desarrollar
 - Documentos de Referencia
 - Indicadores Verificables de Aplicación
 - Resultados Esperados
 - Etapa del proyecto en que debe ser ejecutada.
 - Responsables de la Ejecución
 - Costos

1.5.5. Plan de contingencia

El presente Plan de Contingencia Ambiental contiene las medidas ambientales que deberán ejecutarse durante la construcción y operación del proyecto "Túneles del Cerro San Eduardo".

El plan contiene los siguientes componentes: Plan de contingencia para transporte de enfermos graves en el proyecto; Plan de seguridad en el manejo de vehículos livianos y pesados; Plan de emergencias en caso de desastres naturales, Plan de prevención de siniestros; Plan de evacuación del campamento; y, Plan para accidentes de camiones pesados y extrapesados que transportan carga y sustancias peligrosas.

1.5.6. Conclusiones

- El proyecto tendrá efectos ambientales negativos que en su gran mayoría son compatibles y que son susceptibles de ser aplicadas medidas de mitigación para prevenir que ocurran o que reduzcan su potencial efecto sobre los diversos componentes del ambiente.
- Existen impactos moderados que también tienen medidas de mitigación, que al ser ejecutadas los reducen hasta límites previstos por las normas ambientales vigentes.
- Se registran unos dos impactos calificados como severos, pero que también tienen medidas de mitigación que podrían reducir sus efectos hasta niveles tolerables y que estén dentro de las normas establecidas por la legislación vigente.
- Los beneficios del proyecto son múltiples: reducción de tiempos de viaje; mejoramiento urbano del área; incremento de la plusvalía; incremento de empleo; reducción de los niveles de contaminación de aire.
- Analizada y evaluada la información disponible se concluye que el proyecto es viable desde el punto de vista ambiental.
- Los Planes de Manejo Ambiental y de Contingencia son de obligatoria implantación por parte del Contratista y la Fiscalización de la obra.

Una descripción detallada del impacto ambiental se presenta en el parte 6. de este informe

1.6. Instalaciones en los túneles

Las medidas de seguridad que habrán de aplicarse en los túneles se basarán en un estudio sistemático de todos los aspectos del sistema compuesto por la infraestructura, el funcionamiento, los usuarios y los vehículos.

Se tendrán en cuenta los parámetros siguientes:

- longitud del túnel;
- número de tubos;
- número de carriles;
- geometría de la sección transversal;
- alineamiento vertical y horizontal;
- tipo de construcción;
- tráfico uni-direccional o bi-direccional;
- volumen de tráfico por tubo (incluida su distribución en el tiempo);
- riesgo de congestión (diaria o de temporada);
- tiempo de acceso de los servicios de emergencia;
- presencia y porcentaje de camiones;
- presencia, porcentaje y tipo de tráfico de mercancías peligrosas;
- características de las vías de acceso;
- anchura de carril;
- consideraciones en materia de velocidad y
- medio geográfico y meteorológico.

Las Especificaciones de las instalaciones electromecánicas consisten de dos partes: las Especificaciones Generales y las Especificaciones Particulares.

El diseño, los equipos, materiales y el trabajo empleado en la fabricación, suministro, montaje y ensayos de las partes de la obra deben corresponder con las últimas normas y códigos aplicables y aprobados como presentado en el documento "Especificaciones Técnicas Generales".

Las instalaciones electromecánicas y los sistemas de seguridad de los Túneles San Eduardo consisten principalmente de los siguientes componentes e equipos:

EDIFICIOS FUNCIONALES**INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN****TRANSFORMADORES****INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN****SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE EMERGENCIA**

Los túneles deberán disponer de un suministro eléctrico de emergencia capaz de garantizar el funcionamiento del equipo de seguridad indispensable, hasta que todos los usuarios hayan evacuado el túnel.

El sistema de alimentación de emergencia consiste de tres instalaciones principales:

- Sistema de alimentación ininterrumpida (uninterrupted power supply - UPS)

Los sistemas relevantes para la evacuación controlada de los túneles serán alimentados por medio de los sistemas de alimentación ininterrumpida.

- Cable de interconexión al nivel de 13.8 kV entre la CDC y la CDE

En caso de caída de energía por parte del suministro, se alimenta a los dos túneles desde una sola alimentadora.

- Grupo electrógeno

INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN Y FUERZA MOTRIZ**PUESTA A TIERRA Y PARARRAYOS****SISTEMA DE ILUMINACIÓN**

Los diferentes tipos de luminarias a utilizar, responderán a los criterios básicos siguientes:

- Seguridad del usuario;
- Prestaciones fotométricas para lograr la solución adecuada más económica posible, de primera instalación y de explotación y
- Aptitud a la función, siendo capaces de garantizar durante la vida de la luminaria el menor deterioro de sus características iniciales y los menores gastos de mantenimiento.

SISTEMAS DE MEDICIÓN DE AIRE**SISTEMA DE VENTILACIÓN****SISTEMA DE CABLEADO****SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN**

SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

CONCEPTO DE OPERACIÓN

SISTEMA DE VIDEO

EQUIPO DE GUÍA DE TRÁFICO

SISTEMAS DE SEGURIDAD

SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS

SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

1 Ventilación del Túnel y Evacuación de Humos

1.1. Datos del Túnel, de tráfico y de clima para el diseño de la Ventilación del Túnel

El túnel tiene dos ductos paralelos con perfil de hierro en forma de herradura y cada uno con 3 carriles en una sola dirección de tráfico. Los ductos tienen una longitud de 1320 m y están situados a unos 45 m sobre NN y tienen una pendiente del 3,6% de Sur a Norte.

Los portales vecinos del túnel tienen una distancia de 10 m entre ellos, de tal manera que no se teme ninguna corriente de retorno del aire del túnel y no es necesario ninguna barrera de aislamiento.

Con una distancia de 300 m se han planificado 3 pasos transversales entre ambos ductos como galerías de escape.

Se construirán en el portal Sur una casa de control y en el Portal Norte una casa de distribución de energía.

Para el año 2023 se espera por ducto, aproximadamente 1738 livianos/hora, 121 pesados/hr y 160 autobús/hr.

La velocidad máxima permitida que se señala en el túnel, alcanza a 50-70 km/h.

La temperatura máxima de la ciudad de Guayaquil es de 35°C y frecuentemente una humedad del 100% r.F.

1.2 Ventilación del túnel

El tráfico en una sola dirección produce en caso de un flujo libre en ambos ductos del túnel, siempre una ventilación longitudinal natural suficiente a través del efecto pistón, de tal manera que por regla general no debe ponerse en funcionamiento la ventilación mecánica.

Solamente en caso de tráfico muy lento o de congestión, será necesario poner en funcionamiento los ventiladores de propulsión con ventilación longitudinal.

Los ventiladores se necesitan también para la evacuación de humos en caso de incendio.

Los ventiladores son fabricados con silenciadores de acero anticorrosivo.

1.3 Evacuación de humos

En caso de incendio, los ventiladores de propulsión soplan el humo y los gases provocados por el incendio hacia el portal de salida, para evitar una propagación en dirección a los congestionamientos de vehículos.

Los ventiladores deben ser termoestables y en caso de temperaturas de 250°C funcionar más de 90 minutos.

En cada ducto del túnel probablemente serán necesarios 12 ventiladores de propulsión, ubicados cada uno a una distancia de 100 m, montados al techo del túnel.

La potencia de cada ventilador es de aproximadamente 22 kW.

Los ventiladores están dotados de aspas asimétricas, de tal manera de conseguir un buen impulso/rendimiento en la dirección principal de impulso.

Estos están equipados con convertidores de frecuencias para regulación de velocidad y para el control de las diferentes corrientes de aire en casos de congestión e incendio.

Los convertidores de frecuencia también sirven para el arranque suave de los ventiladores.

En caso de incendio se cambiará, el sentido de rotación de los ventiladores en el ducto paralelo, de tal manera de evitar el retroceso de los humos y de los gases inflamables, al lado de los portales.

1.4 Ventilación de las salidas de emergencia

Las tres galerías de conexión entre los ductos paralelos tendrán puertas especiales de escape, comportándose éstas como puertas esclusa, con ventiladores axiales para la ventilación con aire fresco comprimido proveniente del ducto del túnel libre de humo.

1.5 Climatización de las salas de operación

Cada sala de operación recibe aparatos de aire acondicionado independientes para la regulación de la temperatura del ambiente, a un máximo de 25°C y una humedad ambiental del 50%.

1.6 Instrumentos de medición de aire

En cada uno de los ductos del túnel se instalaron los siguientes detectores para el control de ventilación del túnel y evacuación de humos:

Tres analizadores electro-químicos de gas Monóxido de carbono (CO), para el control de la concentración de CO.

Tres Medidores de opacidad del aire para controlar el alcance de la visibilidad en el túnel con medidores de dispersión de luz.

Tres Medidores con ultra sonido de la velocidad de circulación de aire para determinar la corriente de aire.

1.7 Detectores de incendio

En cada ducto de túnel se instalará un cable de detector lineal de incendios.

Para reconocer rápidamente un incendio y tener el control de ocurrencia, todos los medidores de aire tienen funciones adicionales:

Contenido de CO del gas inflamable (Analizador de gas)

Contenido de humo del gas (Medidor de opacidad)

Temperatura del gas (Medidor de velocidad)

Alarmas manuales se colocarán cada 150 m. en las estaciones de emergencia.

Los humos serán también detectados por el control mediante video-cámaras.

1.8 Sistema de comunicación y control remoto

Todos los estados de operación, alarmas y datos serán visualizados y archivados en la casa de control del túnel.

Todas las funciones serán automatizadas mediante un PLC. Un bus fibra óptica comunica los instrumentos de medición. Por Modem e instalación ISDN se podrán comunicar los diferentes puestos de control y operación.

2. Sistema de extinción de incendios

Cada ducto del túnel estará equipado con una tubería de agua contra incendios DN150 y PN16. El tendido de la tubería será en la acera izquierda de emergencia y deberá considerar hidrantes cada 150 m al frente de los refugios de seguridad. También los portales estarán provistos de hidrantes.

Los hidrantes deben prever 2 embragues de acoplamiento para la conexión de mangueras tipo "B" según norma alemana.

Las tuberías deben ser concebidas de tal manera que estén siempre llenas. Para esto en el Portal Sur se prevé un estanque cisterna de 8 x 5 x 3m, que se proveerá de agua del sistema municipal.

En cada hidrante en caso de incendio se deberá contar con una presión de 6 a 10 bars, para un caudal mínimo de 20 l/s durante una hora.

En el portal norte habrá un estanque de recolección de aguas contaminadas con el incendio. El estanque de 120 m³ debe prever un separador de combustible de 40 m³.

3. Nichos de seguridad

Los nichos de seguridad en cada ducto se ubican en los portales y cada 150 m en el lado derecho.

En cada refugio se encuentran los extinguidores manuales de fuego, una alarma de incendio y una cabina blindada de ruido con teléfono de emergencia.

Cada refugio está equipado con una luz azul de socorro SOS ubicada encima de la puerta.

4 Comunicación por radio en el túnel

En cada ducto se prevén radiocomunicadores con cable integrado como antena. El alcance de las instalaciones necesario y los canales de radio se determinarán en concordancia con las normas de seguridad, salvataje y auxilio reglamentadas en el país.

5 Señales luminosas de incendio

Las señales luminosas sirven en caso de incendio como orientación en un túnel poseído por el humo. Estas se instalan en cada ducto en espacionamientos de 25 m en la pared izquierda, y a una altura de 1,0 m sobre la acera. Estas luces no deben encandilar a las personas.

6 Señalización de las salidas de emergencia

Cada salida tiene sobre cada puerta en el túnel una señal luminosa verde con el símbolo de escape.

7 Detección de video

En cada ducto y delante de los portales se instalarán video cámaras, espaciados cada 75 m. Las cámaras sirven para garantizar la vigilancia permanente de la segura operación del túnel y detectar inmediatamente sucesos, o incidentes.

Se puede monitorear cuatro cámaras al mismo tiempo sobre un monitor.

La evaluación de las tomas de video generan la siguiente información:

- Velocidad de tráfico vehicular
- Densidad de tráfico
- Volumen de tráfico
- Composición del volumen de tráfico
- Interferencias en el tráfico
- Espaciamiento de los vehículos
- Tamaño de los vehículos
- Averías de los vehículos
- Incendios en los vehículos

8 Altoparlantes

En ambos ductos y delante de los portales se instalarán altoparlantes cada 25 m. Estos servirán para que el personal de operación pueda instruir al usuario en casos de interrupción por emergencias. Por el efecto teléfono y las interferencias, estos parlantes pueden operarse solamente por separado.

El uso de altoparlante ocurre cuando el tráfico y movimiento en el túnel se interrumpe, los volúmenes de sonido son bajos y por ello el uso de los altoparlantes no será interferido.

9 Dirección del Tráfico

Delante de los portales de entrada, se construirán barreras y una instalación de luces de señalización para el cierre del túnel.

Delante de los portales y en el túnel se instalarán los siguientes cuadros de señales luminosos:

- Prohibición de estacionamiento (excepto en los ensanchamientos de emergencia)
- Prohibición de sobrepasar para los camiones
- Gálibo libre máximo 4.75 m
- Velocidad máxima admisible 50-70 km/h
- Encienda las luces! (entrada)
- Apague las luces! (salida)
- Fin de limitaciones! (salida)

10 Edificio de Operación

En cada uno de los portales se ubicarán edificios de operación, donde se alojarán los transformadores, las baterías, interruptores y plafones de operación.

Los edificios de operación deben tener un área de 120 m².

La central de aireación y monitoreo se instalarán en el edificio central.