

RESUMEN

Este artículo se centrará en resaltar los aspectos relevantes de los estudios, constructivos y operarios del Túnel Sumapaz, que son pieza clave para la comunicación entre la capital de la República con Buenaventura. El objetivo del artículo es dar a entender al lector metodología en cuanto a parámetros utilizados en la construcción de la infraestructura, los obstáculos que se presentaron, los parámetros de seguridad, las características tanto del terreno, de la zona del túnel y algunas recomendaciones.

Palabras Claves: Construcción, Fallas geológicas y Seguridad.

Túnel de Sumapaz y su estructura vial

Por:

JOSÉ FRANCISCO ACEVEDO VELA

Estudiante de Ingeniería Civil,
Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo informativo está ligado al progreso del país mediante la implantación de megaestructuras que permitan mejorar la calidad del comercio interno del país. El mejoramiento de las vías ayuda a producir una economía en recorte de gastos de operación, tiempo de viaje y además colaborar en la preservación del medio ambiente, disminuyendo la generación de contaminantes producidos por la quema de combustible.

Colombia es un país que se ha caracterizado por la ausencia de infraestructura pese a que por años, las principales carreteras han demandado la construcción de megaobras que permitan hacerle el 'quite' a las rudas cordilleras de la geografía nacional que han dificultado la movilidad por el país. Para que un país sea competitivo ante el mundo, sus comunicaciones viales deberán ser de alta calidad, facilitando la movilidad y circulación de materia prima en corto tiempo dentro del ámbito nacional e internacional. Por consiguiente, se estudian los criterios geotécnicos y principios constructivos del proyecto del túnel de Sumapaz, que pertenece a uno de los 10 tramos viales de la concesión Bogotá - Girardot, y ayuda a comunicar la capital de Colombia con los exteriores del país.



Fuente Fotográfica:
http://www.inco.gov.co/ArcsINCO/FILE_COCOIMG/FILE_COCOIMG1922.jpg

Hasta antes de los 50 el país estaba en una etapa de infraestructura primitiva que sólo se limitaba a la construcción de las mínimas condiciones que demandan un país, pero nunca se dedicó a pensar en su futuro para enfrentar la competitividad ante el mundo. Cuando Colombia se sintió amenazado por el crecimiento poblacional y una infraestructura no competitiva, se comenzó a invertir entre los años 50 y 70, en obras de

mejoramiento vial. Aun así, el crecimiento económico mundial marginaba a Colombia al simple título de país subdesarrollado. Como solución a esto, entre los años 70 y 90 se inicia a planificar estratégicamente la construcción de túneles cuyo objetivo era crear una economía en tiempo de trayecto y costos de operación [7].

Con el propósito de agilizar la conexión terrestre entre la capital de la República y la ciudad de Girardot, el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) trabaja en la actualidad en la estructuración de una vía de doble calzada que es considerada como una de las obras de infraestructura vial más importantes del país en los últimos años. Esta permitirá un tránsito vehicular diario de 8.600 vehículos, permitirá la comunicación regular del corredor vial Bogotá – Buenaventura, facilitando el desplazamiento de un gran volumen de autos en menor tiempo. Se tiene presuestado que el tiempo de recorrido se acortará en aproximadamente 40 minutos entre Girardot y Bogotá. Esto hará que municipios como Girardot, Espinal y Flandes se conviertan en barrios de Bogotá.

La Constructora que ganó la licitación fue Carlos Collins S.A., una de las empresas que se ganó la licitación del túnel principal de La Línea, que además es la misma constructora del túnel Sumapaz. Este tendrá una duración de 60 meses o 5 años de construcción, donde se prevé que la excavación del túnel tardará unos 33 meses y está previsto que en 60 meses esté operando; según el contrato firmado, en el 2013 el proyecto sería inaugurado con todas sus partes [19]. El plazo de concesión aproximado es de 16 años, incluyendo la construcción. En diciembre del 2009 estarán concluidos 70 kilómetros de doble calzada, de los 120 Kms que se deberán entregar de acuerdo con el contrato de 100 millones de dólares de concesión firmada con el Gobierno nacional y Collins [4].

Vale la pena mencionar los tramos que actualmente se encuentran en ejecución de obra: Trayecto No. 1: Calle 13 de Bosa-Soacha. Trayecto No. 2: Soacha-Te de San Miguel. Trayecto No. 3: Te de San Miguel-Te del Salto. Trayecto No. 4: Te del Salto-Alto de las Rosas. Trayecto No. 5: Alto de las Rosas-Silvania. Trayecto No. 6: Silvana-Fusagasugá. Trayecto No. 7: Fusagasugá-Chinauta. Trayecto No. 8: Chinauta-Boquerón. Trayecto No. 9: Boquerón-Melgar. Trayecto No. 10: Melgar-El Paso. Trayecto No. 11: El Paso-Intersección de San Rafael. Trayecto No. 12: El Paso-Girardot y Paso Urbano Ciudad de Girardot [4].

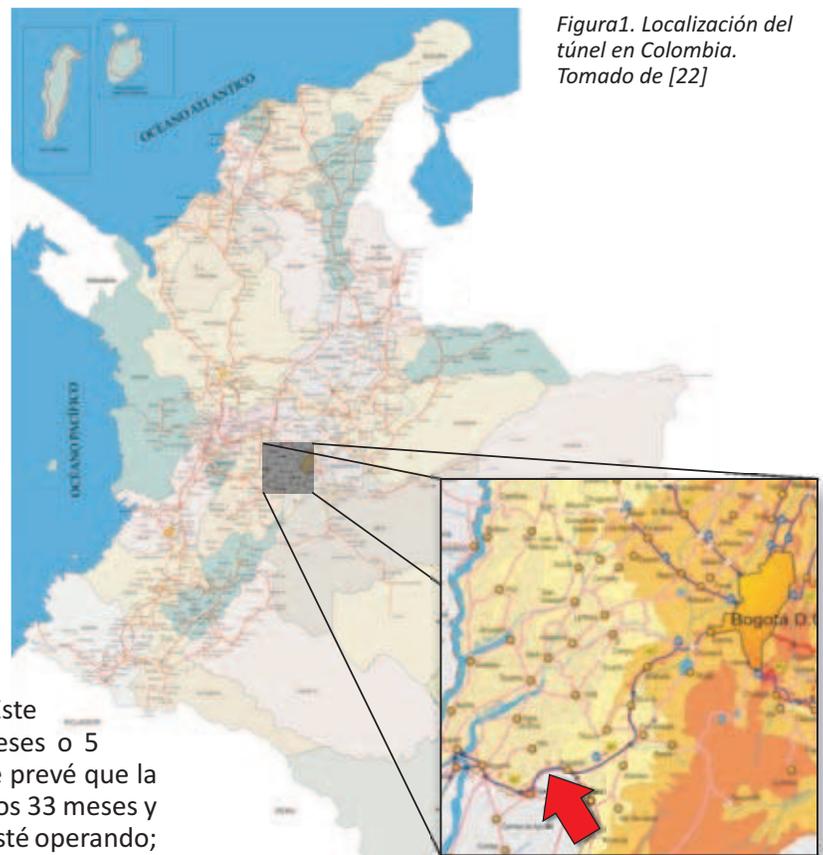


Figura1. Localización del túnel en Colombia. Tomado de [22]

El trayecto en que se enfocará este artículo será el tramo 9 (Boquerón-Melgar), donde se encuentra ubicado el túnel Sumapaz. Como se observa en la Fig. 1 y 2, el túnel está ubicado en el departamento del Tolima entre los municipios de Icononzo y Melgar, tiene una longitud aproximada de 4.200 metros y facilitará la movilidad a la

Figura2. Localización del túnel en la zona de estudio. Tomado de [22]

altura de los sitios conocidos como 'La nariz del diablo' y 'El Divino Niño'.

En este tramo de concesión, como se puede notar en la Fig. 2, el túnel atraviesa grandes relieves ubicados entre Boquerón y Melgar, logrando reemplazar el tramo vial de curvas horizontales que poseía; el túnel busca acortar la distancia y tiempo, trazando linealmente una carretera de aproximadamente 4200 m por debajo de casi un kilómetro de profundidad desde la superficie montañosa.

Las inversiones en el proceso de excavación ascendieron a los 100 millones de dólares y se generaron 500 fuentes de trabajo para personal del área de influencia. Se estima que, a partir del 10 de julio del 2009, el desarrollo del túnel inicie las fases del revestimiento, reforzamiento, estructuras de pavimento, acabados y adecuación de instalaciones [18].

2. ESTUDIOS

El Proyecto Túnel Sumapaz está diseñado al estilo asiático, el proceso de construcción se llevó a cabo bajo por el 'método austriaco', que consiste en realizar la excavación en diferentes etapas de la ejecución, a partir de las deformaciones y comportamiento del terreno; por lo mismo, se implementará tecnología austriaca que nunca se ha operado en Colombia.

La principal aplicación para el sostenimiento dentro del túnel Sumapaz es la utilización de Pernos de anclaje del tipo por Adherencia, como se puede observar en la Fig. 3; cabe indicar que los pernos de anclaje están agrupados en dos categorías de refuerzo: adherencia y fricción; utilización de cartuchos cementicios en los taladros. La implementación de este método permitió culminar el proceso



Fig.3. Pernos de anclaje tipo adherencia y por fricción. Tomada de [10].

sin dificultades y con un control de riesgos [10].

El cálculo se realiza para dos sectores; norte y sur del sistema del túnel Sumapaz, obteniéndose que en la placa predominan separaciones laterales derechas, en forma de falla de cabalgamiento definida cuya característica principal es su ángulo inmenso de buzamiento [9].

La carretera se veía afectada por las inestabilidades geológicas, y el ángulo de buzamiento es muy alto, al igual que el relieve, lo que causaba que la carretera se encontrara con fragmentos de rocas de diferentes tamaños causados por derrumbes, evitando el paso vehicular y deteniendo el comercio interno del país. Aun así, el túnel de Sumapaz construido en las cercanías del municipio de Melgar y Boquerón no ha presentado agrietamientos ni desplazamiento desde su construcción. La estabilidad del túnel se debe a que el túnel fue construido en una zona donde las fallas están distanciadas del túnel, viéndose el túnel solamente afectado por los derrumbes causados por la fuerte pendiente del terreno, mas no de inestabilidades geológicas, tales como fallas geológicas que son las causantes de fracturas de los cascos internos del túnel, convirtiendo la construcción en una obra más complicada y costosa [11].



Fig.4. Pernos de anclaje tipo adherencia y por fricción. Tomada de [10].

Los momentos sísmicos son responsables de un único proceso de deformación. En la Fig.5 se pueden observar zonas de riesgo que afectan al país. Es bien sabido que una falla, en geología, es una discontinuidad que se forma en las rocas superficiales de la tierra (hasta unos 200 Km. de profundidad) por fractura, cuando las fuerzas tectónicas superan la resistencia de las rocas. La zona de ruptura tiene una superficie generalmente bien definida denominada plano de falla, y su formación va acompañada de un deslizamiento de las rocas tangencial a este plano. El movimiento causante de la dislocación puede tener diversas direcciones: vertical, horizontal o una combinación de ambas [2].

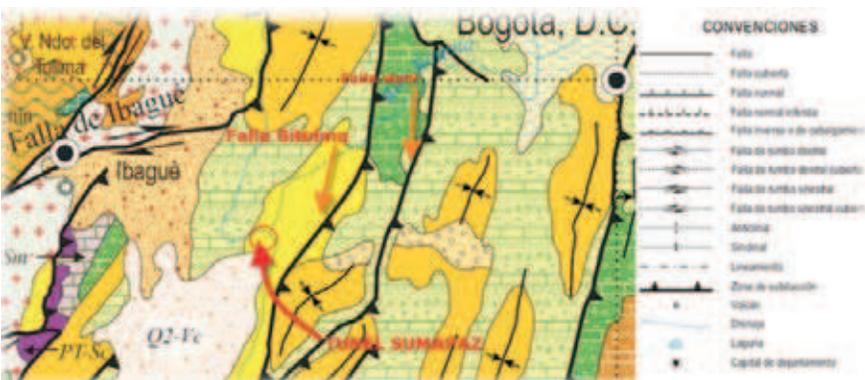


Fig.5. mapa geológico de la Zona de estudio del Túnel. Tomada de [12].

Entonces, visto de esta manera, una falla ante una infraestructura es muy difícil de detener [2], ya que el movimiento de las placas de Nazca y Sudamérica, las dos fallas importantes que amenazan al país, están en continuo movimiento. Ante la inmensa obra en arcos del túnel Sumapaz, en adición a la resistencia diseñada por los ingenieros, es posible afirmar que la energía cinética acumulada de las placas, llegará a su momento de reaccionar y descargar su fuerza, generando cortantes. El túnel, como toda estructura, está diseñado para soportar cortantes y esfuerzos en la solera, en las paredes y en los arcos tanto principales como auxiliares del túnel, creando estabilidad y resistencia ante estos eventos naturales [11].

Los estudios de suelos lanzados por el personal de Ingeominas, señalaron que el túnel de Sumapaz se encuentra en un suelo de rocas sedimentarias; como se puede observar en la Fig.5, este suelo pertenece a un ambiente continental. Sus tiempos geológicos son: Eón Fanerozoico pñ, de la Era cenozoico cz, de la época mioceno N1, de la Edad Tortoniano N5; estas rocas se encuentran

poco fracturadas debido a que las fallas de cabalgamiento a las que están expuestas están alejadas a una distancia considerable pero no del todo. Las fallas que podrían llegar a afectar estos suelos son: falla Bituima cercana a la falla Ibagué y Viani [13].

3. CONSTRUCCIÓN

La construcción del túnel Sumapaz se inició con la estabilización de taludes y la adecuación de las zonas de portales; además, se comenzó con la excavación dando inicio al ingreso de maquinaria para la construcción del túnel; como se puede apreciar en la Fig.6, se adecuan los cortes y se amplía la zona para el ingreso de vehículos de carga pesada [1].

Fig. 6. Acceso túnel entrada Boquerón. Tomada de [20].



Los pasos que se efectuaron para la construcción fueron: se inició con la perforación para la colocación de explosivos. Segundo: se ubicaron los explosivos de manera circular del túnel. Como se observa en la figura 7, se comienzan a ubicar los arcos falsos salidos del orificio del túnel, los cuales se encargan de que los fragmentos del talud reforzado con concreto, no caigan o se desmoronen, que cumplan con el objetivo de servir como un piso falso.



Fig. 7. Falso túnel, entrada Boquerón

Después de terminar de ubicar los arcos, se lanzó concreto secundario, como se observa en la Fig.8, para recubrir la malla electrosoldada.



Fig.8. Cubrimiento de arcos con Concreto Lanzado. Tomada de [23].

Se trabajó por método de perforación y ubicación de pernos de anclaje. Se completó la excavación de sección transversal y longitudinal [14]. Luego, se efectúa la Construcción de solera y presolera en concreto, además debido a las altas temperaturas de los 500 m.s.n.m que promedia. Se ubicó cemento tipo 3 con aditivo acelerante sigunit 1-22, lanzado con un brazo robótico guiado por una persona, como se observa en la Fig.7. [3] Se construye la viga base. Se Impermeabiliza mediante geomembrana. Se reviste con concreto con un total 70000 m³ de concreto. Y se finaliza el proceso con el corte y sello de juntas [20].

Para culminar la construcción, el túnel debe ventilarse con aire del exterior para diluir y eliminar contaminantes del aire del túnel, dentro del túnel se encuentra un ducto de más de un metro de diámetro, el cual recoge aire y lo manda a un tanque colector llamado pulmón; además, controla la temperatura del mismo y mejora la visibilidad. El túnel cuenta con tres accesos, los cuales son: entrada Boquerón, entrada Melgar y por último la ventana, como se puede observar en la Fig. 9. La entrada se asimila a otra entrada vial. En esta ventana se recubrió el talud con concreto y se siguió con el mismo procedimiento. Nótese en la fig. 9 que el ducto de aire es de color naranja y está sobrepuesto.

El Ducto de aire es provisional, mientras la construcción culmina, terminando así con sus respectivas partes mencionadas en la



Fig.10. Las partes de un túnel típico se mencionan en la Fig.10, ya que por comodidad para el lector es descrita de la siguiente manera: De izquierda a derecha aparecen el colector de evacuación de aguas de drenaje y su respectivo andén, el concreto del revestimiento, el concreto neumático, la malla electrosoldada, las señales de alerta de límites de velocidad, los ventiladores reversibles, el detector de incendios, la línea teórica de excavación, la geomembrana impermeabilizante y el geotextil, las señales de alerta de límite de velocidad, las bandejas portacable, luminarias, semáforos, el detector de gases, los postes de red S.O.S, andén, el colector de líquidos derramados dentro del túnel, y por último la solera en concreto [20].

Dentro del túnel se busca evacuar las aguas que el macizo rocoso que se filtra hasta el interior del túnel. Como se puede observar en la Fig.11, las aguas son evacuadas por bombas, almacenadas en tanques, para así ser usadas en la construcción [4].

Además, falta por mencionar nichos, donde se ubican los accesorios del túnel. Por otro lado, el túnel se rige con actividades de mantenimiento, creando un lugar confortable y seguro. Estos son los planes de mantenimiento para el túnel una vez terminado en su totalidad: Monitoreo constante del estado del pavimento rígido y el concreto que cubre el túnel; además de los movimientos de las fallas se habitúa con testigos en caso de



Fig.11. Sistemas de bombeo de aguas.

presenciar fisura, por consiguiente, se mantienen limpias las paredes las paredes del concreto del revestimiento para mantener condiciones óptimas de seguridad dentro de la estructura subterránea. En segundo lugar, se cuida que los sistemas de drenaje se encuentren en perfectas condiciones mediante limpieza general. Y, por último, se mantienen los sistemas de seguridad en constantes ensayos de rutina para evitar incendios [8].

Como se puede observar en las Figuras 6, 7, 8, 9 y 11; el proceso constructivo del túnel Sumapaz es muy complejo y maneja todo tipo de normatividad, el cual genera seguridad a los constructores y, finalmente, a los usuarios que son los beneficiados por la infraestructura.

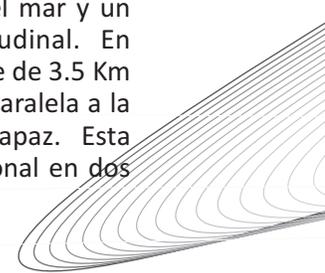
4. OPERACIÓN

El túnel Boquerón – Melgar está ubicado entre los Municipios de Icononzo y Melgar, y contempla la construcción de una variante en el municipio Boquerón y de un túnel de 4.2 kilómetros en el cañón de Sumapaz, formando un par vial con la carretera existente. Adelante del túnel se considera la ampliación de la vía a dos calzadas con dos carriles unidireccionales cada una. Los dos carriles serán de 3.65 metros, bermas a cada lado con dimensiones de 1.80 metros, franjas de seguridad a cada lado de 0.50 metros, andenes perimetrales de 1.25 metros y un separador central.

El túnel será de tráfico unidireccional en sentido Bogotá, con una altitud promedio de 423 metros sobre el nivel del mar y un sistema de ventilación longitudinal. En Melgar se construirá una variante de 3.5 Km de longitud aproximadamente, paralela a la margen derecha del río Sumapaz. Esta variante tendrá tráfico bidireccional en dos



Fig.10. Sección Túnel Sumapaz. Tomada de [8].



calzadas con dos carriles cada una, bermas y un separador central. De acuerdo a lo expresado por los representantes de la concesión autopista Bogotá – Girardot, el punto conocido como “La Nariz del Diablo”, que se convirtió en símbolo de la región, no se verá afectado por las obras. Así mismo, la dinamita utilizada no afectará para nada los predios vecinos [15].

5. OPERACIÓN Y SEGURIDAD PARA EL USUARIO

La obra contará con tecnología de punta en los sistemas de ventilación longitudinal, en los detectores de monóxido de carbono, de detección de incendios, de monitoreo, y contará con toda la señalización normativa requerida [5].

El túnel, supervisado las 24 horas por sistemas de monitoreo, verifica [18]:

- El control de la concentración de monóxido de carbono, cuyo índice admisible es 125 ppm.
- El control de la luminosidad mínima dentro del túnel (aprox. 35 candelas por m²).
- La Rotación en el uso de los ventiladores

tipo jet Fan, resguardando su vida útil.

- El Control del funcionamiento de todas las puertas de acceso y las alarmas eléctricas en caso de emergencia, brindando prioridad a los incendios.

6. RECOMENDACIONES Y NORMAS DE SEGURIDAD

Las recomendaciones, al momento de que el usuario ingrese al túnel, es seguir las normas de seguridad que demanda la concesión: no realizar paradas dentro del túnel y mantener la velocidad de diseño, ya que dentro de un túnel como cualquier otro es más propicio una colisión en cadena, el cual genera accidentes de tránsito y la debilitación de la estructura.

Es recomendable no hacer adelanto o sobrepaso de vehículos durante el transcurso del túnel. Como se había mencionado en las partes del túnel, el túnel posee un andén pequeño, al cual está restringido el ingreso de peatones y ciclistas, debido a la configuración geométrica del túnel.

7. CONCLUSIONES

El principio constructivo del proyecto el túnel Sumapaz, que es pieza clave en la

Fuente Fotográfica:
<http://www.denunciando.com/politica-y-sociedad-85/216510-tunel-del-sumapaz-en-periodo-de-prueba.html>



comunicación de la capital de Colombia con Buenavista, ayuda a generar una mejora en recorte de gastos de operación y tiempo de viaje en cuanto a distancia, esto debido a la eficacia tanto en la planeación como en la ejecución de la obra. Además, participa en la preservación del medio ambiente.

El túnel, al poseer un sistema de seguridad, tanto de personal como de diseño, asegura al transportador su total tránsito durante su trayecto, el cual ha arrojado como resultado un índice mejorable de no accidentalidad.

Durante la construcción se extrajo un volumen excavado de 220.675m³ aproximadamente a lo largo de los 4200 metros de túnel. Se aplicó impermeabilizante como geomembrana con geotextil como capa primaria.

Como seguridad se ubicaron varios nichos para dar seguridad al usuario, El túnel cuenta con monitoreo las 24 horas y las respectivas señales de tránsito. ■

8. REFERENCIAS

- [1] UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. VIII Congreso Colombiano de Geotécnia. (2000). 1p.
- [2] TARBUCK. Edward J. 2002 los terremotos. p125.
- [3] JONATHAN, Ricketts. (1999). Manual de ingenieros civil. Ingeniería de túneles. 20.1P
- [4] MINTRANSPORTE. Concesión Bogotá – Girardot. (2009).
- [5] GONZALO, Escobar. (2000). Manual de Geología para Ingenieros. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.
- [6] YONEL, Robles. (1998). La geotecnia como elemento de competitividad en el trazado de vías. Bogotá: (Artículo de análisis de vías modernas colombianas). (Con túneles y viaductos).
- [7] Poveda Ramos, Gabriel, Historia social de la ciencia en Colombia. TOMO IV, INGENIERÍA E HISTORIA DE LAS TÉCNICAS (1)
- [8] MINISTERIO DE TRANSPORTE (2009). Túnel Bogotá- Girardot. Ante proyecto del túnel Sumapaz.
- [9] GONZALO, Escobar. (2000). Geotecnia y medio ambiente. Riesgo sísmico en Colombia y el eje cafetero. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.
- [10] MUSSACK, William j. industria mínima: productos para anclaje y soporte de roca, presentación power point. Noviembre 2009.
- [11] INGEOMINAS. Clasificación de zonas colombianas. 2009.
- [12] INGEOMINAS. Mapa geológico colombiano. 2005.
- [13] INGEOMINAS. Mapa geológico de Colombia. Tiempos geológicos. 2009.
- [14] INFOGRAFÍA
- [15] ACEROS, AREQUIPA. (2009). Proyecto Túnel Sumapaz, de www.acerosarequipa.com
- [16] ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. (2009). Tamo 9 concesión Girardot- Bogotá. De <http://www.bogota.gov.co>
- [17] ANÓNIMO. Foros del top de tuneles mas largos de Latinoamérica. (22 dic 2009). De www.skyscrapercity.com
- [18] EUGENIO A. MERZAGORA. Road tunnels in Colombia.(2008). De www.lotsberg.net/data/colombia/list.html.
- [19] DUQUE, Gonzalo. Vía Girardot. Boletín colombiano Tramo túnel Boquerón. (2008). De <http://www.geocities.com>
- [20] ADMINISTRADORA DE PROYECTOS CIVILES LTDA. Tuneles en obra, (2005-2010) <http://www.imantia.net>
- [21] EL PORTAFOLIO. El Tiempo. 2008. Noticia nacional. Estados de los tramos de concesión. (2009)
- [22] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. (Invias), Mapas de la red vial. De www.invias.gov.co.
- [23] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. (Invias), Mapas de la red vial. Territorial N° 12 Cundinamarca. De www.invias.gov.co.
- [24] CONCONCRETO S.A, concesión Bogotá- Buenavista. Túnel Sumapaz. (2009). www.conconcreto.com