	FORMATO: TRABAJO DE GRADO	Código: FO-MI-058
		Versión: 1
		Fecha: 15-04-2020

1. PRESENTACIÓN

FACULTAD:	Ingenierías y Arquitectura		
PROGRAMA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO:	Análisis del desarrollo del proyecto TÚNEL DE LA LÍNEA		
AUTOR 1:	Natalia Velásquez Hernández	CC:	1020496557
TUTOR:	Laura Hernández Alzate		

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proyecto **CRUCE DE LA CORDILLERA CENTRAL** está ubicado en la cordillera central de los Andes que conecta a los municipios de Calarcá, Quindío y Cajamarca, Tolima. Este proyecto cuenta con 31 viaductos, 3 intercambiadores viales, 25 túneles y el túnel principal **TÚNEL DE LA LÍNEA** con una longitud de 8.65 km y una sección transversal con 12.5 m de ancho, con una distribución interna de 3 carriles, dos calzadas para tránsito vehicular y el **TÚNEL PILOTO**, que actualmente funciona para atender de manera rápida y eficiente cualquier emergencia que se pueda presentar dentro de las instalaciones.

Este proyecto se inicia con la necesidad de unir y reducir los tiempos de viaje entre la capital de Colombia (Bogotá) y la costa pacífica donde se encuentra ubicado el Puerto principal del pacífico en Buenaventura, ya que una de las principales problemáticas es el alto costo del transporte de los insumos entre estas dos regiones debido a las condiciones de las vías, especialmente en el cruce de la cordillera central. Una de las problemáticas que más afectó la construcción del túnel, fue el tiempo que tardó en culminar este proyecto, puesto que no se tenía la debida caracterización e investigación de la geología y topografía de la zona, causando así atrasos y sobrecostos en la construcción de dicho túnel.

Por lo mencionado anteriormente, surge este proyecto de investigación el cual tiene como objetivo construir la línea del tiempo del **TÚNEL DE LA LÍNEA**, enmarcando los principales sucesos que causaron demoras y sobrecostos durante la ejecución de tan importante proyecto, e investigar ¿por qué si se contaba con la construcción de un **TÚNEL PILOTO** en función de explorar y conocer la geología del terreno sobre el cual se estaba trabajando, esta fue una de las principales causas de demoras y sobrecostos?. La principal función del **TÚNEL PILOTO** era adquirir conocimientos de la geología y condiciones de la montaña, para así lograr un avance más eficiente en la ejecución del túnel principal, ¿por qué en su ejecución no estaban equipados para estabilizar las diferentes fallas geológicas que se iban a encontrar o estabilizar los suelos? Asimismo, sabiendo dichas condiciones ¿por qué no se presupuestaron recursos más amplios desde el inicio conociendo las condiciones dadas? Además de otros interrogantes que seguirán surgiendo con el trasfondo de esta investigación.

3. JUSTIFICACIÓN

Desde hace más de 100 años Colombia tenía como necesidad atravesar la cordillera central de los Andes, principalmente en el punto conocido como *Alto de la Línea*, dicho proyecto se vio frustrado y quizás sin éxito durante algunos años debido al desconocimiento de las condiciones geológicas de la zona, motivo por el cual las licitaciones quedaban desiertas. Y es que en Colombia los últimos años, grandes proyectos se han visto afectados por malos procesos que inician desde la adjudicación de las licitaciones, las cuales son otorgadas a empresas que no cuentan con la capacidad de desarrollar proyectos de grandes magnitudes. La corrupción que se vive día a día en el manejo de los recursos públicos también genera grandes desfalcos en los presupuestos de las obras y posterior a eso, se generan pérdidas tanto de materia prima como de tiempo, haciendo que los proyectos tengan sobrecostos y extraplazos innecesarios en su ejecución.

La gran necesidad de cruzar la cordillera central surge a raíz de los altos costos en el transporte interno del país, inicialmente se plantea como solución rodear la montaña con la construcción de una carretera, pero al pasar de los años y tras el desarrollo del país, la necesidad de cruzar esta cordillera de una forma más eficaz y rápida comenzó a ser más urgente, por tal motivo se desarrolló y ejecutó esta importante infraestructura vial en el país.

Esta obra no comprende técnicamente el *túnel de la línea*, es una mega obra nombrada *cruce de la cordillera central*, el cual tuvo como mayor propósito llevar a cabo el corredor Bogotá-Buenaventura, generando un importante avance en el desarrollo de la economía para el país, ya que, se reducen tiempos de viajes en el tránsito de vehículos de carga pesada, asimismo, reduce costos en la exportación e importación del país, esto en una vista a gran escala, sin embargo, de forma indirecta trae muchos más beneficios ya que conecta principalmente dos departamentos que son Tolima y Quindío, lo que genera un gran desarrollo en las vías nacionales del país.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Analizar el desarrollo del proyecto *TÚNEL DE LA LÍNEA* y establecer una línea del tiempo entre los años 2004 a 2020.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Detallar la línea del tiempo de los sucesos más importantes entre los años 2004 hasta el 2020 en el desarrollo del *TÚNEL DE LA LÍNEA*.
- Identificar las condiciones geológicas y topográficas de la zona donde se proyectó el *TÚNEL DE LA LÍNEA*.
- Identificar los sobrecostos y extraplazos que ocurrieron entre los años 2004 hasta el 2020 en la ejecución del *TÚNEL DE LA LÍNEA*

5. MARCO TEÓRICO

Los **túneles** son una infraestructura creada por el hombre con el fin de reducir el trayecto de dos puntos atravesando el macizo de una montaña, hay casos en los que se han encontrado túneles naturales, pero no son muy comunes, este tipo de infraestructura se ejecuta principalmente para conectar y comunicar dos lugares tales como ciudades o países y uno de sus mayores beneficios es que logra reducir el recorrido de viaje terrestre de forma considerable. Los túneles son obras de ingeniería civil que se construyen para diferentes funciones, ya sea para tránsito de materia prima, mercancía, peatonales, viales o exploratorios, entre muchas más funciones que se adecúan según las necesidades que surjan; en este proyecto de investigación se profundizará sobre los **túneles pilotos**.

Estos **túneles pilotos** se construyen con radios muy pequeños y paralelos al túnel principal por la necesidad de conocer más información sobre la montaña donde se ejecutará la excavación de un túnel, básicamente estos túneles se hacen para explorar el terreno donde posteriormente se hará una gran excavación, de allí se conoce el tipo de roca, fallas geológicas, condiciones del suelo o del macizo que se va a perforar, de esta manera entender el comportamiento de la montaña, como se compone y que se puede encontrar durante la excavación del túnel principal.

Para todo tipo de construcción se necesitan de **normas** que nos guíen para realizar un buen diseño estructural que nos garantice que en la vida útil de dicha construcción no se presentarán ningún tipo de fallas ni deformaciones, por esta razón existen diferentes tipos de manuales y normas que según la ubicación geográfica y condiciones topográficas exigen y orientan que caminos tomar; las normativas que se implementan en Colombia para el diseño de túneles se basan de acuerdo con los siguientes manuales: *diseño geométrico de túneles en Colombia*, *manual de túneles para Colombia*, *manual de diseño geométrico para carreteras*, *manual de diseño, construcción, operación y mantenimiento para túneles de carreteras en Colombia*, entre otros, los mencionados anteriormente corresponden al instituto nacional de vías o **INVIAS**.

El Instituto Nacional de Vías o INVIAS es una agencia de la Rama Ejecutiva del Gobierno de Colombia a cargo de la asignación, regulación y supervisión de los contratos para la construcción de autopistas, carreteras túneles y el mantenimiento de las vías y túneles. El Manual de diseño, construcción, operación y mantenimiento para túneles de carreteras en Colombia (INVIAS) es una de las fuentes principales y referencias para alcanzar los objetivos de esta investigación.

Dichos manuales hacen referencia a la construcción de túneles y su correspondiente mantenimiento, ya que, se encarga de hacer hincapié en los riesgos, la investigación y caracterización del terreno, los diseños y proceso constructivo de los túneles en Colombia y cada uno de estos pasos está demarcado dentro del manual de diseño, construcción, operación y mantenimiento para túneles de carreteras en Colombia (INVIAS).

En la ingeniería civil, se habla mucho a cerca del **diseño estructural**, y es que es un factor primordial ya que el diseño estructural es el encargado de diseñar y calcular los elementos estructurales de cualquier obra civil, donde dichos elementos están contruidos para soportar cualquier eventualidad de la naturaleza; según la zona de ubicación y condiciones del suelo se emplean diferentes cálculos y diseños con el fin de lograr que las estructuras se sostengan y llegado al caso de un posible colapso la estructura se pueda sostener mientras se implementa una adecuada evacuación.

Para un buen **diseño estructural** es muy importante conocer el suelo en el que se va a trabajar, pues de un buen **estudio geotécnico** depende que cualquier obra civil tenga una vida útil adecuada, y por ello es sustancial que en cualquier obra civil se implementen los estudios geotécnicos, ya que, estos estudios brindan información sobre las características físicas, mecánicas y el tipo de suelo donde se ejecutará un proyecto de ingeniería civil como edificios, túneles, puentes o carreteras, con el fin de conocer el nivel de aguas subterráneas, la resistencia del suelo o roca y otras condiciones, y según estos resultados elegir el proceso constructivo más indicado para implementar en el proyecto a ejecutar.

En el *estudio geotécnico* se pueden determinar muchas condiciones del suelo a estudiar, entre ellas las posibles *fallas geológicas* que se encuentran en el terreno, además del análisis de esfuerzos del macizo rocoso. Es muy importante resaltar que las fallas son zonas donde la corteza terrestre se encuentra fracturada y a lo largo de estas se encuentran bloques rocosos que se mueven y son separados por fracturas o discontinuidades, dentro de la excavación de un túnel esta falla se manifiesta con grandes filtraciones de agua por minuto y suelos con características muy inestables, también se pueden generar grandes movimientos por la liberación de energía que estas fallas pueden tener.

Existen tres principales tipos de fallas, que a continuación se mencionan:

Fallas normales: Estas fallas ocurren cuando dos placas tectónicas se separan y reducen tensión entre los bloques de roca; se origina cuando uno de estos bloques ejerce un movimiento y se posiciona en un lugar diferente con el bloque que ejerció una presión.

Fallas inversas: Esta falla es contraria a las fallas normales, ocasiona un levantamiento del suelo, un movimiento anti gravitacional, se origina porque estos bloques aumentan la tensión y presión entre ellos generando que uno de estos bloques levante el suelo.

Fallas de desplazamiento: Es una falla en la cual el movimiento general es paralelo al rumbo de la superficie de falla y los bloques se desplazan lateralmente uno respecto al otro. Usualmente, las evidencias que se buscan en el campo para encontrar estas fallas son filas de árboles desplazados, cauces de ríos desplazados, cercas desplazadas lateralmente, entre otros.

Igualmente es muy común ver que por deficiencias en procesos constructivos se presenten *fallas estructurales*, estas fallas ocurren cuando un elemento estructural pierde la capacidad de carga que se calculó, estos cálculos se hacen según el material que se implementan en una construcción y cuando dichos materiales se someten a altas tensiones que sobrepasan los límites elásticos a un límite plástico, el material ya no tiene capacidad de recuperarse y esto provoca fracturas y deformaciones en elementos estructurales o en la estructura.

En cuanto a fallas estructurales se encuentran varios tipos de fallas, que son:

Colapso: Esta ocurre en el momento que la resistencia de una estructura se disminuye o no se transmiten de forma adecuadas las cargas a los elementos estructurales, ya sea por condiciones externas o internas causando la ruptura de una estructura.

Colapso progresivo: Esta ocurre cuando ya se produjo en primer momento un colapso y a raíz de esto las cargas se empiezan a transmitir a otros elementos no estructurales ocasionando más colapsos, se ve y se entiende mejor como un efecto domino.

Falla funcional: Esta se da en el momento que se debe restringir el uso de una construcción por no soportar adecuadamente las cargas a las que fue diseñado, y si se encuentran deformaciones excesivas se debe evacuar y al mismo tiempo abandonar la construcción.

Se encuentran muchos más tipos de fallas estructurales, pero las mencionadas anterior mente son las más comunes en construcciones de ingeniería civil.

Es de vital importancia tener como conocimiento que para cualquier contrato con el estado o entidad pública es fundamental hacer un proceso de *licitación*, este proceso otorga a una persona o empresa la ejecución de un proyecto o servicio público, para que una persona o empresa pueda obtener el contrato de cualquier servicio o proyecto debe cumplir diversos requisitos y se le *adjudica* dicho proyecto a la empresa o persona que cumpla con los requisitos en sus componentes jurídicos, económicos y técnicos. La adjudicación de un contrato consiste entonces, en la acción de entregar u otorgarle a una persona o empresa la ejecución de un proyecto o servicio público, ya que cuenta con todas las condiciones requeridas para el cumplimiento eficiente de todas las labores.

6. METODOLOGÍA

Diseño de investigación:

El diseño de investigación que se implementará es la metodología *Cualitativa*, ya que, es un método que propone evaluar, ponderar e interpretar información que ocurre dentro de un determinado entorno.

Técnica de recolección de datos:

- Recopilación documental, análisis basados en interpretación de la información documentada.
- Búsquedas asociadas al SECOP (sistema electrónico para la contratación pública)
- Fuentes bibliográficas y hemerográficas.

Pasos metodológicos:

- Recolección de referencias bibliográficas e información acerca de la temática.
- Establecer una línea del tiempo de los sucesos más importantes entre los años 2004 hasta el 2020 en el desarrollo del **TÚNEL DE LA LÍNEA**.
- Identificar las condiciones geológicas y topográficas de la localización donde se proyectó el **TÚNEL DE LA LÍNEA**.
- Identificar los sobrecostos y extraplazos que ocurrieron entre los años 2004 hasta el 2020 en la ejecución del **TÚNEL DE LA LÍNEA**.
- Escritura del trabajo de investigación.

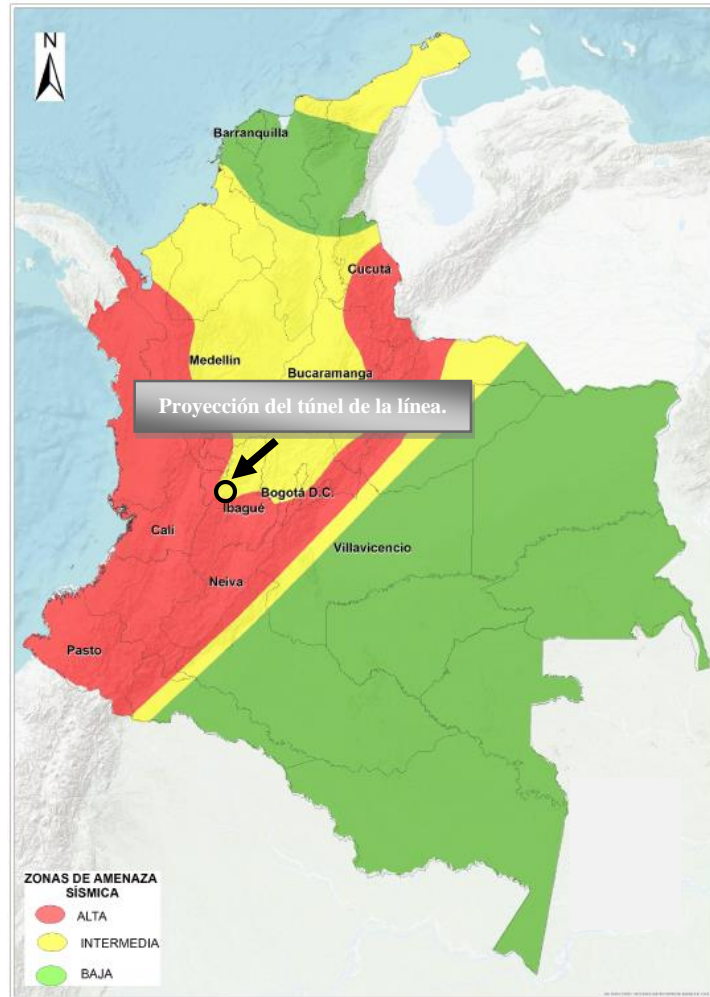
7. CRONOGRAMA

Actividad	Meses			
	1	2	3	4
1. Recolección de referencias bibliográficas y datos acerca de la temática.	X	X		
2. Establecer una línea del tiempo de los sucesos más importantes entre los años 2004 hasta el 2020 en el desarrollo del TÚNEL DE LA LÍNEA.	X	X		
3. Identificar las condiciones geológicas y topográficas de la localización donde se proyectó el TÚNEL DE LA LÍNEA.	X			
4. Identificar los sobrecostos y extraplazos que ocurrieron entre los años 2004 hasta el 2020 en la ejecución del TÚNEL DE LA LÍNEA			X	
5. Escritura del trabajo de investigación.		X	X	X

1. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En Colombia se encuentran seis regiones naturales, entre ellas la región Andina la cual está compuesta por extensas montañas y volcanes, la región Andina se encuentra en el sur del país y se divide en tres cordilleras, la cordillera central, cordillera oriental y cordillera occidental, entre estas tres cordilleras corren dos de los ríos más importantes del país que son el Magdalena y el Cauca (ver Figura 2). También en esta región se presenta una alta actividad sísmica, en zonas como Nariño, Cauca, Valle del cauca, Huila, Tolima, Risaralda con amenaza sísmica alta y Quindío, Caldas, Antioquia y Cundinamarca con amenaza sísmica intermedia y las demás regiones se comparten entre amenaza sísmica alta e intermedia. (Ver Figura 1).

Figura 1. ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA EN COLOMBIA (AIS, 2010)

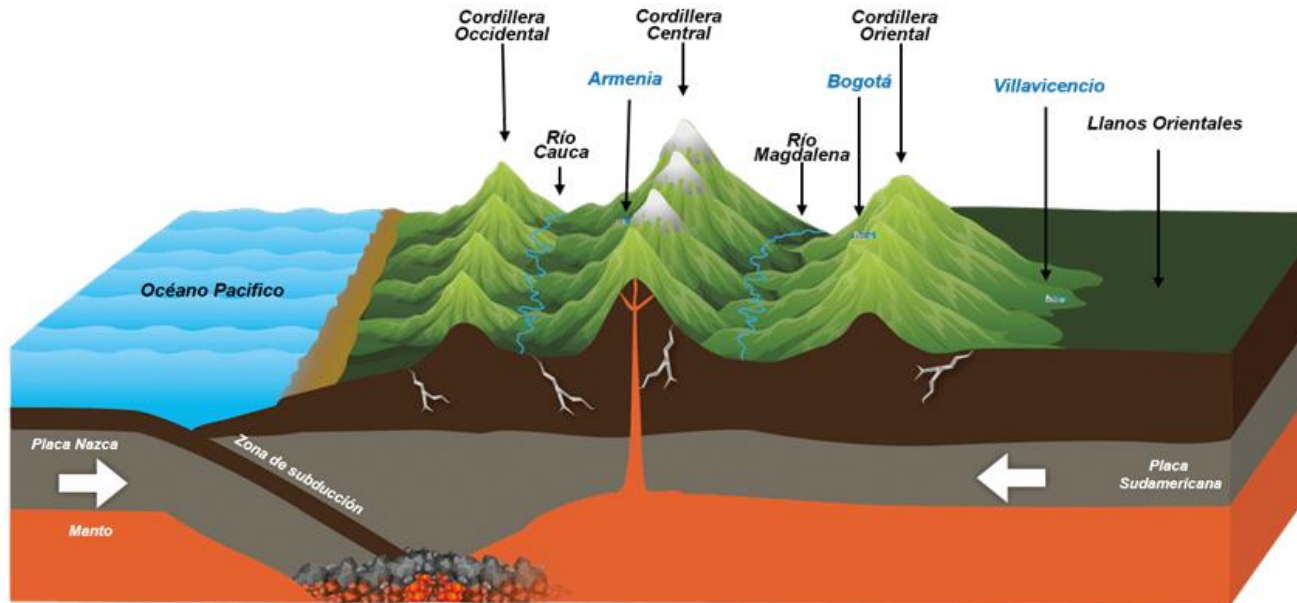


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA SOBRE ILUSTRACIÓN DEL INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO.

En la cordillera central es donde se localiza la concepción **TÚNEL DE LA LÍNEA**, Sierra et al. (2013) describen que “La primer Cordillera Colombiana fue la Central, formada en la era del Triásico – Jurásico (225-145 Ma), en aquel tiempo empieza a consolidarse apropiadamente; la cordillera sufre intensas erosiones sub-aéreas y se depositan abanicos aluviales en las llanuras de su borde oriental lo que genera la formación de Luisa del Tolima y Huila. Varias formaciones se generaron durante el Jurásico, período de actividad ígnea intrusiva y extrusiva: gruesas sucesiones de rocas sedimentarias continentales, con capas rojas de gravas y arenas, probablemente en

ambientes desérticos crearon la Formación Mocoa en Putumayo, Saldaña en Tolima y Huila, La Quinta en la Serranía de Perijá, Guatapurí en Cesar y La Corual en la Guajira.”
 Esta cordillera está constituida principalmente por roca sedimentaria, pero también se encuentran tipos de rocas como gneises, anfibolitas, metasedimentitas y metavolcanitas. (Ver Figura 4).

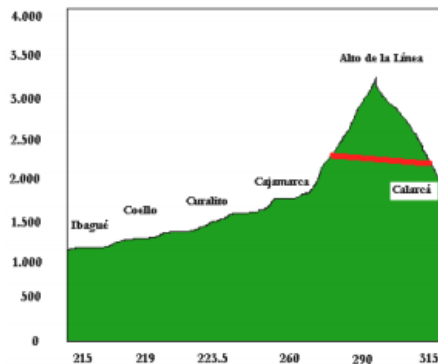
Figura 2. DIAGRAMA DE PROCESO DE SUBDUCCIÓN PLACA NAZCA Y PLACA SUDAMERICANA



FUENTE: INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO.

El **TÚNEL DE LA LÍNEA** se localiza en los departamentos de Quindío y Tolima uniendo los municipios de Calarcá y Cajamarca respectivamente (ver Figura 3), la geología de estas zonas son completamente diferentes, ya que en el municipio Calarcá se encuentra basaltos y andesitas intercalados con arenitas lodosas líticas, arenitas feldespáticas, calizas y limolitas silíceas; muy diferente al municipio de Cajamarca donde está principalmente constituido por esquistos grafiticos, cuarzo moscovíticos, cloríticos y anfibólíticos, filitas, cuarcitas, mármoles y serpentinitas. Ambas zonas constituidas en edades diferentes, el departamento del Quindío en la edad del cretácico inferior y el departamento del Tolima en la edad del triásico. (Ver Figura 4).

Figura 3. UBICACIÓN DEL TÚNEL DE LA LÍNEA



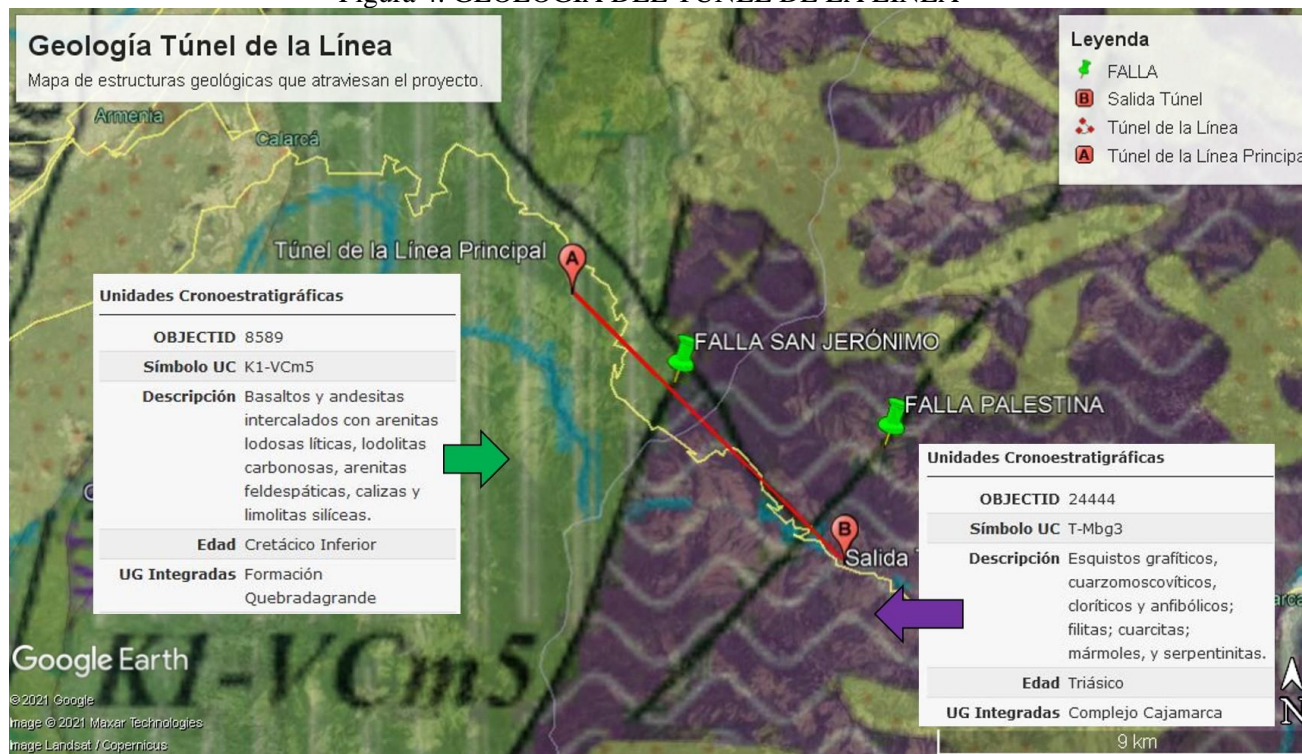
Fuente: CONSTRUCCIÓN OBRAS ANEXAS Y TÚNEL DEL SEGUNDO CENTENARIO, DEPARTAMENTOS DEL TOLIMA Y QUINDÍO

Donde se proyectó y ejecutó el **TÚNEL DE LA LÍNEA** se encuentran siete importantes y complejas fallas geológicas para la construcción de túneles, este proyecto cuenta con una longitud de 8.6km y a lo largo del túnel en 3.2km se presentan fallas geológicas (Ver Figura 4); las fallas geológicas son zonas donde la corteza terrestre se encuentra fracturada y a lo largo de estas se encuentran bloques rocosos que se mueven y son separadas por estas fracturas, dentro de la excavación de un túnel esta falla se manifiesta con grandes cantidades de agua por minuto y suelos con características muy inestables, también se pueden generar temblores por la liberación de energía que estas fallas pueden tener.

Las fallas encontradas en esta zona son:

- Alaska
- Viento
- La vaca
- Cristalina
- San jerónimo
- Palestina
- La soledad: considerada por expertos como la segunda falla más compleja en la construcción de túneles del mundo.

Figura 4. GEOLOGÍA DEL TÚNEL DE LA LÍNEA



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CREADA CON GOOGLE EARTH.

En la construcción del **túnel de la línea** se presentaron variedad de atrasos y sobrecostos debido al poco conocimiento de la zona, tanto en los componentes de topografía como geológicos, inicialmente se licitó el **primer túnel II centenario** pero debido al total desconocimiento de la zona, dicha licitación se declaró desierta, ya que, ninguna empresa se presentó a la propuesta, por tal motivo se toma la decisión de construir un **túnel piloto**, como función principal de explorar la zona y conocer claramente las condiciones geológicas y topográficas a las cuales se iban a enfrentar, finalizada la construcción del **túnel piloto** y con los conocimientos previos se inició la construcción del **primer túnel II centenario**, pero a pesar de los esfuerzos en la construcción del **túnel piloto** por conocer la zona donde se proyectó dicho túnel no fueron suficientes, puesto que, en la

ejecución del **primer túnel II centenario** una de las principales causas de los sobrecostos ocurrió en la estabilización del macizo rocoso y fallas encontradas de la cuales no se tenían conocimientos previos, causando así grandes atrasos en la entrega final del proyecto.

El túnel piloto fue construido en función de explorar las condiciones del terreno en donde se ejecutó **el túnel de la línea**, y así, conocer la geología, topografía, riesgos geológicos que encontrarían en la ejecución del **primer túnel II centenario** y al mismo tiempo disminuir costos en la construcción de dicho túnel, igualmente conocer la hidrogeología de esta sección de la cordillera central y a su vez generar un mayor conocimiento del terreno en condiciones drenadas; su uso durante la ejecución del **primer túnel II centenario** sería el transporte de materiales de una forma más rápida y eficaz, para finalmente ser utilizado como una galería de rescate.

Este túnel piloto cuenta con una sección longitudinal de 8.5km, paralelo **al primer túnel II segundo centenario** y conectados con 17 galerías. **El túnel piloto** empieza construcciones el 30 de septiembre del año 2004 con un plazo estipulado en el contrato de 35.8 meses, por consiguiente, el 24 de septiembre del año 2007 deberían haber concluido la obra, pero esto no fue así, el túnel fue entregado 10.2 meses después de lo esperado, es decir, en agosto del año 2008, Claramente excediendo el plazo estimado en el contrato con un extraplazo del 28.5% y ejecutado en un tiempo de 46 meses. Extender los plazos en una obra también implica que los costos aumentarían, el valor presupuestado para el **túnel piloto** fue de 75.000 millones, pero notoriamente se tuvo que hacer varias modificaciones y adiciones al contrato implicando así una adición de 22.300 millones de pesos y causando así un sobrecosto del 29.8% es decir, que el costo final del **túnel piloto** fue de 97.300 millones de pesos. (Ver Figura 5)

Figura 5. SOBRECOSTOS Y EXTRAPLAZOS DEL TÚNEL PILOTO



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Para tener presente, el **primer túnel II centenario** cuenta con una longitud de 8.65 km y una sección trasversal con 12.5 m de ancho, con una distribución interna de 3 carriles, dos calzadas para tránsito vehicular y el **túnel piloto**, y una profundidad máxima bajo montaña de 900m. El método utilizado para este proyecto fue el Austriaco.

En este proyecto en particular son evidentes los sobrecostos y extraplazos en la ejecución de dicho túnel, y a causa de esto surgen muchos interrogantes, como: ¿Si había un **túnel piloto** en función de explorar la zona por qué una de las principales causas de atrasos y sobrecostos fue en la estabilización de las fallas? ¿por qué si ya había un conocimiento previo de la geología no estaban equipados para un mayor control del suelo o posibles fallas del terreno? O entonces ¿cuál fue el principal objetivo del **túnel piloto**? Y muchas preguntas más se generan a raíz de esto, preguntas que hasta el momento no se han aclarado o de las cuales no se tiene una respuesta clara.

El presupuesto evaluado para esta mega obra fue de 629.000 millones de pesos, pero de acuerdo con las licitaciones entregadas por varias empresas se tomó la decisión de adjudicar el contrato al menor postor, aun sabiendo que contaban con más recursos para hacer del túnel de la línea una gran obra, adjudicaron el contrato a una empresa que planteo un presupuesto de 334.000 millones de pesos, estimación muy inferior a los costos estimados del proyecto, es decir, con el 53.1% del presupuesto evaluado. El plazo estimado para la ejecución de este túnel era de 46 meses, iniciando desde el 1 de julio del 2009 y finalizando el 1 de mayo del 2013, claramente esto no sucedió y hubo que modificar el contrato, tanto en el presupuesto como en el plazo.

Se declara la terminación del contrato del túnel de la línea el 30 de noviembre del 2015 aún sin ser culminado, y tres años después, para diciembre del 2018 se retoman labores, debido a que el gobierno nacional a través del INVIAS aprobaron 620.000 millones de pesos, para así poder concluir el 8 de febrero del 2020 las labores de construcción del túnel, referente a plazos es importante enmarcar que la ejecución del **primer túnel II centenario** fue suspendida a los 77 meses después de iniciadas las labores y 31 meses después de haberse vencido el plazo inicial, luego de 36 meses de suspensión, se retoman labores para finalmente terminar la construcción completamente 14 meses más adelante; en conclusión solo el túnel principal tardó 127 meses en ser construido. Si a todos estos plazos le sumamos los 46 meses que tardó la ejecución del túnel piloto se obtiene que la obra del túnel de la línea tardó 173 meses en su ejecución, es decir, 14.4 años, para construir este proyecto de 8.6km.

Durante la ejecución del túnel de la línea se encontraron fallas de las cuales no se tenía conocimiento previo, a raíz de esto la Sociedad Colombiana de Ingenieros informó que entre las modificaciones de este contrato aumentaban el presupuesto a 412.170 millones de pesos, de los cuales, 293.000 millones de pesos estaban destinados para riesgos geológicos, o sea, que este primer sobre costo fue empleado para la estabilización de las fallas geológicas encontradas y los 119.170 millones de pesos restantes fueron dirigidos para la terminación de las obras faltantes. Teniendo en cuenta que el presupuesto inicial del contrato estaba por un valor de 334.000 millones de pesos, o sea, para finales del año 2015 se habían gastado 746.170 millones de pesos y un sobre costo de 412.170 millones de pesos. Hasta ese año el sobre costo fue de 123,4%.

Para el año 2018 el gobierno nacional a través del INVIAS aprobaron 620.000 millones de pesos para la terminación de este proyecto, es decir, que el sobre costo total del túnel de la línea fue de \$1'032.170.000.000 (un billón treinta y dos mil ciento setenta millones de pesos) aproximadamente, o sea, dicho proyecto terminó constando \$1'366.170.000.000 (un billón trecientos sesenta y seis mil ciento setenta millones de pesos), hablando con estadísticas el sobre costo de este proyecto fue de más del 300%. Una cifra excesiva. (Ver Figura 6).

Figura 6. SOBRECOSTOS Y EXTRAPLAZOS DEL TÚNEL II CENTENARIO

PRIMER TÚNEL II CENTENARIO



SOBRECOSTOS



Presupuesto inicial: 334.000 millones de pesos.

Sobre costo: 1'366.170.000.000 millones de pesos.

EXTRAPLAZOS



Plazo inicial: 46 meses.

Extra plazo: 81 meses.

EFECTO

Un billón trecientos sesenta y seis mil ciento setenta millones de pesos costo la construcción del primer túnel II centenario. Con un sobre costo aprox. del 300%.

EFECTO

Tardó 127 meses en terminarse el primer túnel II centenario. Con un extra plazo casi del 76%.

FUNCIÓN



- Cruzar la cordillera central.
- Conectar los departamentos del Quindío y Tolima.
- Reducir los tiempos de viaje entre la capital del país (Bogotá) y la costa pacífica.
- Reducir costos en la exportación e importación interna del país.

ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO TÚNEL DE LA LÍNEA.



- Fecha de inicio de obra: 01 de junio del 2009.
- Fecha esperada de finalización: 01 de mayo del 2013.
- Fecha de abandono de la obra: 30 de noviembre del 2015.
- Fecha de reinicio de obra : Diciembre del 2018
- Fecha de finalización: 08 de febrero del 2020

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

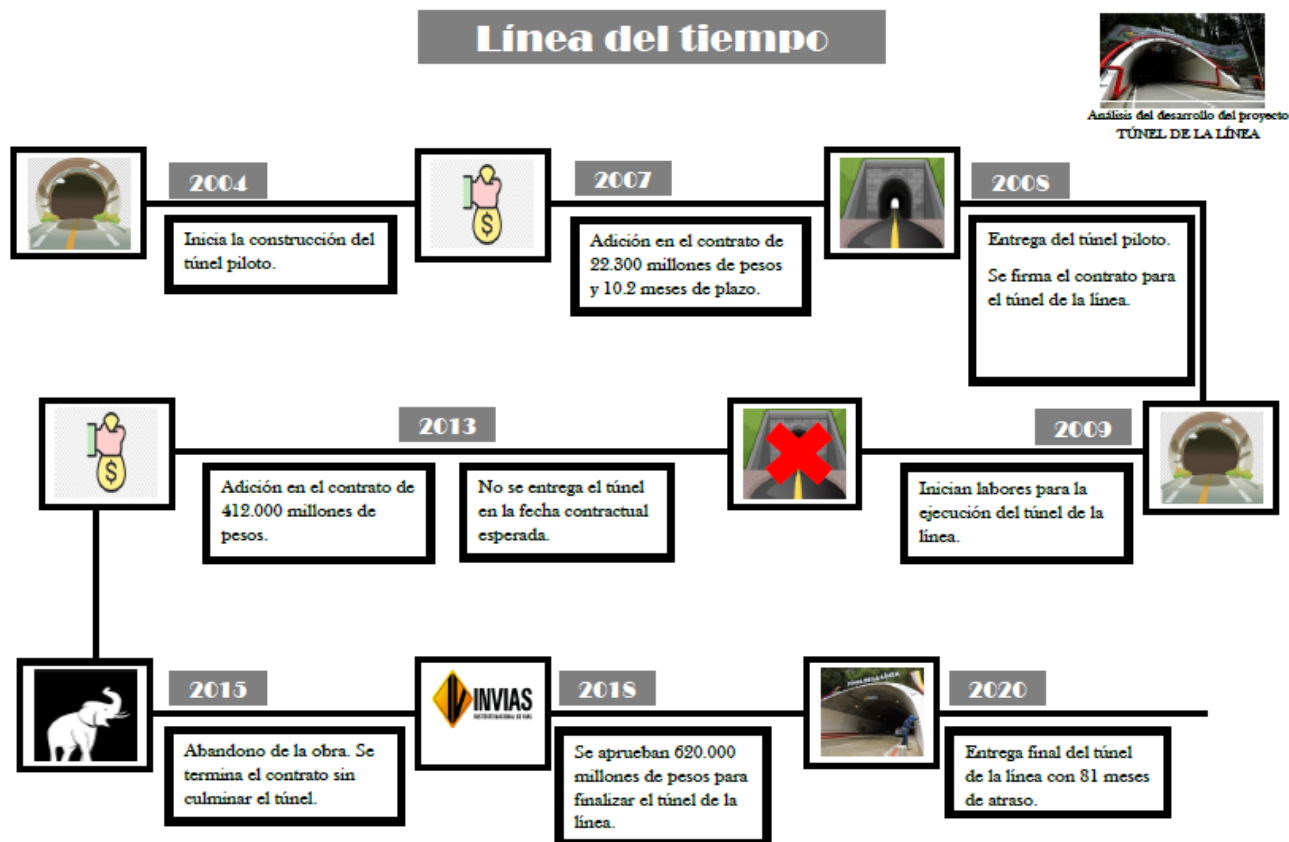
Desde que inició el proyecto cruce de la cordillera central hasta que finalizó se suman un total de 14.4 años en la ejecución de dos túneles para el beneficio de todo un país, 14 años en los cuales se presentaron algunos problemas en el proceso constructivo a raíz de las condiciones geológicas, y para lograr su estabilización hubo modificaciones y adiciones contractuales, generando así excesivos sobre costos y extraplazos en todo el proyecto.

El 30 de septiembre del 2004 inician labores del esperado túnel piloto, con el desafío de explorar y conocer todas las condiciones de la cordillera para que la construcción del túnel principal fuera más eficaz y a la vez ahorrar tiempo y dinero en su ejecución, sin embargo, con este primer túnel empezaron a notarse excesivos sobre costos y extraplazos contractuales, tanto así que para el 24 de septiembre del 2007 se esperaba la entrega del túnel piloto, pero esto no fue así y para ese mismo año hubo modificaciones en el contrato tanto de plazos como de dinero, generando así pues, un valor del túnel piloto de 97.300 millones de pesos con una duración de 46 meses, para finalmente entregar el túnel piloto en agosto del 2008 y posterior a eso firmar el contrato para la ejecución del primer túnel II centenario.

Ya para el 01 de junio del 2009 inician la ejecución de primer túnel II centenario y se esperaba que para el 01 de mayo del 2013 se entregara completamente terminado, claramente no fue así, y para finales del 2015 ya sumaban más de 740.000 millones de pesos de inversión en el primer túnel II centenario, eso en la estabilización de fallas encontradas y demás obras de dicho túnel. Este mismo año el INVIAS concluye el contrato del primer túnel II centenario aún sin ser culminado, convirtiéndose así en un gran elefante blanco en la ingeniería de nuestro país. Dichos sucesos se presentan en la Figura 7 a continuación:

Para mediados del 2018 el gobierno nacional a través del INVIAS aprobaron 620.000 millones de pesos para finalizar este gran proyecto, generando así que la inversión total del primer túnel II centenario fuera de un billón trecientos sesenta y seis mil sienta setenta millones de pesos; y finalmente el 08 de febrero del 2020 fue entregado el Primer túnel II centenario con un plazo de 127 meses, es decir 10.5 años duro su ejecución.

Figura 7. LÍNEA DEL TIEMPO DEL TÚNEL DE LA LÍNEA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Ya evidenciado todo el trasfondo de esta investigación, es fundamental el reconocimiento de cada suceso en la ejecución de este proyecto y enmarcar la importancia de la ética profesional, para hacer una reflexión en términos de no repetición. Los ingenieros civiles tienen la responsabilidad de garantizar buenos procesos constructivos, ya que, por cada obra de ingeniería transitan muchas personas y está en juego cada una de esas vidas, igualmente entender que de la mano de los buenos procesos constructivos y buenos diseños estructurales se debe emplear un buen manejo de los recursos del estado o recursos privados, ya que, entra en juego el desarrollo de todo un país y su sociedad.

2. |CONCLUSIONES

1. Se concluye que la construcción del túnel piloto fue necesaria para la investigación y caracterización de la geología de la zona, sin embargo, no logra cumplir su función principal, pues se evidencia que no se tenía la identificación completa de las diferentes fallas geológicas presentes en el macizo rocoso, por tal razón en la ejecución del túnel de la línea no se contaba con la preparación requerida para lograr la estabilización de la excavación ante los riesgos geológicos que se encontraron.
2. Se determinó que el costo total del proyecto fue de \$ 1,463,470,000,000 un billón cuatrocientos sesenta y tres mil cuatrocientos setenta millones de pesos, causando un sobrecosto aproximado de \$ 1,054,470,000,000 un billón cincuenta y cuatro mil cuatrocientos setenta millones de pesos.
3. Se estimó que la duración total del proyecto fue de 173 meses, es decir, 14.4 años, lo que generó un extrapazo de 91.2 meses, o sea, 7.6 años después de lo esperado.
4. Se concluye que desde el proceso de adjudicación del contrato de obra pública No. 3460/08 para la ejecución del túnel principal solo destinó el 53.1% del presupuesto inicial, causando así un sobrecosto aproximado del 300% y un extraplazo del 76%.

3. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

- NSR-10, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.
- INVIAS, Instituto Nacional de Vías, Republica de Colombia Ministro de transporte.
- Tutoriales Estructuras y Construcción. (2020, 11 septiembre). Cómo se CONSTRUYÓ el TUNEL DE LA LINEA [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=IhP4Tq_BMiM
- BBC Mundo en Colombia. (2020, 4 julio). TÚNEL DE LA LÍNEA: POR QUÉ COLOMBIA SE DEMORÓ 100 AÑOS EN CONSTRUIR SU OBRA MÁS IMPORTANTE. Sociedad colombiana de ingenieros. <https://sci.org.co/tunel-de-la-linea-por-que-colombia-se-demoro-100-anos-en-construir-su-obra-mas-importante-y-que-beneficios-traera-su-inauguracion/>
- Huertas Pineda, P.F. (2016) Monografía: PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA TÚNELES VIALES DESARROLLADOS EN COLOMBIA. Bogotá D.C Universidad Santo Tomás.
- Sánchez Mahecha, E. (2018) Tesis: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL DE LA LINEA, MEDIANTE UN ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD TERRITORIAL. Manizales, Universidad Nacional de Colombia.
- Canal Institucional. (2020, 4 septiembre). ¿Por qué el Túnel de La Línea es en un solo sentido? [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=uQN15DdWBSU>
- INVIAS. (2020). EL TÚNEL DE LA LINEA, el túnel de los colombianos.
- Zonas de Amenaza Sísmica en Colombia (AIS, 2010). (2019, 11 diciembre). [Ilustración]. Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. <https://www.idiger.gov.co/rsismico>
- Correa Arroyave, A., & Puerta Garzón, J. (Eds.). (2018, 21 noviembre). Obras en el túnel de la línea no pueden continuar sin estudios detallados. *UN Periódico digital*. <https://unperiodico.unal.edu.co/pages/detail/obras-en-el-tunel-de-la-linea-no-pueden-continuar-sin-estudios-detallados/>
- Vargas Catillo, C. (2020, 4 septiembre). *Historia del túnel de la línea: Las fechas que marcaron su construcción*. RCN Radio. <https://www.rcnradio.com/colombia/region-central/historia-del-tunel-de-la-linea-las-fechas-que-marcaron-su-construccion>.

- DNP Departamento Nacional de Planeación. Construcción de obras anexas y túnel del segundo centenario, departamento del Tolima y Quindío.
https://spi.dnp.gov.co/App_Themes/SeguimientoProyectos/ResumenEjecutivo/0041012660000.pdf

Natalia Velásquez H.

FIRMA DEL AUTOR

Vo. Bo Coordinador de Comité de Trabajo de Grado

AUTORIZACIÓN DE TRATAMIENTO DE DATOS PERSONALES

La Universidad Católica Luis Amigó solicita su autorización para la recopilación, almacenamiento y tratamiento de sus datos personales y le informa que estos datos se utilizarán únicamente para las siguientes finalidades: PROPUESTA DE TRABAJO DE GRADO y demás finalidades descritas en la Política de Tratamiento y Protección de Datos Personales de la institución académica.

Sus datos personales son tratados y protegidos de acuerdo con lo que reglamenta dicha política con apego a lo dispuesto por la normativa colombiana sobre Tratamiento de Datos Personales, Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013. Consulte nuestras Políticas para el Tratamiento y Protección de Datos en www.ucatolicaluisamigo.edu.co