

PRACTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERO RESIDENTE DE
CALIDAD PARA EL SEGUIMIENTO Y CONTROL DE IMPERMEABILIZACION,
REVESTIMIENTOS Y SUELOS EN EL TUNEL DE LA UNIDAD FUNCIONAL 1
PAMPLONA PROYECTO CORREDOR VIAL DOBLE CALZADA PAMPLONA-CUCUTA

Romayro Hamuravit Pedroza Monsalve

Director

Ulises Paredes

Ingeniero Civil

Universidad de Pamplona Facultad de Ingenierías y Arquitecturas

Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química

Programa de Ingeniería Civil

Pamplona

2022



PRACTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERO RESIDENTE DE
CALIDAD PARA EL SEGUIMIENTO Y CONTROL DE IMPERMEABILIZACION,
REVESTIMIENTOS Y SUELOS EN EL TUNEL DE LA UNIDAD FUNCIONAL 1
PAMPLONA PROYECTO CORREDOR VIAL DOBLE CALZADA PAMPLONA-CUCUTA

Romayro Hamuravit Pedroza Monsalve

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil

Director

Ulises Paredes
Ingeniero Civil

Universidad de Pamplona Facultad de Ingenierías y Arquitecturas

Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química

Programa de Ingeniería Civil

Pamplona

2022



Dedicatoria

Como motor principal quiero agradecer a Dios por darme la ilusión y el cumplimiento de un gran sueño siendo mi fortaleza en cada momento de dificultad. De igual manera dedicar este logro a mi madre Esperanza Monsalve Chapeta quien siempre me apoyo y me brindo todo su amor.

A mis hijos Thiago Josue Pedroza V. y Liam Thomas Pedroza A. por ser la motivación de mis triunfos.

A mi Abuela Luisa Margarita Chapeta por ser fuente de inspiración y ejemplo de vida por la enseñanza y crianza de que nunca nos debemos dar por vencidos sin importar los obstáculos que se nos presenten en la vida.

A mi familia, esposa y amigos por todo el apoyo incondicional brindado durante todo mi crecimiento personal.

Romayro Hamuravit Pedroza Monsalve

Agradecimientos

A cada uno de los docentes que a través de sus conocimientos aportaron principios profesionales e integrales a mi vida profesional

A la Universidad de Pamplona por la aceptación, formación y experiencias vividas en cada lugar de esta gran institución.

Al Ingeniero Luis Armando Rojas tutor de mi práctica empresarial, gracias por todo el apoyo y conocimiento infundido durante todo el transcurso de mi carrera, por su participación, entendimiento y empeño con sus estudiantes, Dios lo Bendiga.

A la constructora Echeverry Ingeniería y Ensayos S.A.S. por permitirme desarrollar mi práctica profesional en sus obras civiles, además de poder demostrar mis conocimientos adquiridos durante mi estancia en la universidad de Pamplona , mil gracias.

A todas esas personas, compañeros, amigos que a través de diferentes experiencias vividas lograron ayudarme a crecer. Gracias por la comprensión y por todo el tiempo brindado.

Tabla de Contenido

Índice General

Introducción.....	2
1. Objetivos.....	3
1.1 Objetivo General.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
2. Planteamiento del Problema.....	4
2.1 Planteamiento del problema.....	4
3. Justificación.....	5
4. Marco Referencial.....	6
4.1 Marco Contextual.....	6
4.1.2 Localización.....	6
4.1.3 Descripción del proyecto.....	7
4.2 Marco referencial.....	8
4.3 Marco Legal.....	10
5. Marco teórico.....	13
6. Metodología.....	21
7. Resultados.....	50
8. Conclusiones.....	54
9. Recomendaciones.....	57
10.Bibliografía.....	58
11. Anexos.....	60

Lista de Figuras

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Ubicación Norte de Santander.....	6
Ilustración 2 Municipio de Pamplona en el departamento Norte de Santander	7
Ilustración 3 Ubicación túnel Pamplona	8
Ilustración 4 Logotipo Echeverry Ingenierías y Ensayos.....	10
Ilustración 5 Introducción a actividades a realizar dentro del Túnel.	22
Ilustración 6 Presentación, estudio e interpretación de Planos	22
Ilustración 7 Pruebas de estanqueidad en geo membrana en PVC.....	32
Ilustración 8 Manómetro empleado en mediciones pruebas de estanqueidad.....	32
Ilustración 9 Instalación de recubrimiento con geotextil zona inferior en bóveda	32
Ilustración 10 Instalación Geo membrana en PVC clave en bóveda	32
Ilustración 11 Supervisión visual de daños Geo membrana en bóveda	33
Ilustración 12 Postura de andamio en nueva sección.....	33
Ilustración 13 Revisión de dimensionamientos en arquetas.....	34
Ilustración 14 Supervisión a proceso de fundida viga base.....	34
Ilustración 15 Inspección fundida de tubería	35
Ilustración 16 Control a dosificaciones de impermeabilización	35
Ilustración 17 Figurado de hierro en arquetas agua de infiltración.....	36
Ilustración 18 Formaletas para fundición de arquetas para derrame de aceites	36
Ilustración 19 Figurado y conducto para aguas de infiltración	36
Ilustración 20 Inspección de fundida de arquetas en concretos	36
Ilustración 21 Encofrado y postura de carro de avance.....	40
Ilustración 22 Fundida de carro de avance concretos provenientes CEMEX.....	40
Ilustración 23 Instalación malla electro soldada.....	40
Ilustración 24 Supervisión Contra bóveda	40
Ilustración 25 Tendido de piedra gavión filtro en canal francés.....	41
Ilustración 26 Compactación de base con Vibro compactador	41
Ilustración 27 Fallo a edades tempranas de concretos.....	43
Ilustración 28 CHARI	43

Lista de Tablas

Tabla 1: Lista de Chequeo Contractual del Túnel Pamplona.....	22
Tabla 2: Avance muretes o viga base en cortes quincenales.....	44
Tabla 3: Avance revestimiento definitivo en cortes quincenales.....	45
Tabla 4: Avance impermeabilización en cortes quincenales.....	45
Tabla 5: Detalles de concreto lanzado de Revestimiento túnel auxiliar galería.....	46
Tabla 6: Volúmenes de concretos vs módulos de revestimiento.....	47
Tabla 7: Volúmenes de concreto vs módulos de cárcamos.....	47

Lista de planos

Plano 1: Arquetas para aguas de infiltración y arqueta sinfónica.....	23
Plano 2: Detalles de revestimiento en Túnel principal normal y con contra bóveda.....	23
Plano 3: Detalles de revestimiento en Túnel auxiliar galería normal y con contra bóveda.....	24
Plano 4 Detalles de revestimiento en bahía de Parqueo.....	25

Glosario

Avance: Está formada por la bóveda superior y galibo tal que permite la actuación de la maquinaria de perforación, carga y transporte de materiales.

Bitácora de obra: Herramienta usada para la elaboración de informes y orden cronológico de los procesos ejecutados dentro de la supervisión y control de la obra.

Cronograma de obra: Documento donde se realiza el trazado que debe existir en el desarrollo de una obra civil, esta a su vez debe contener información idónea donde se pueda planificar y controlar las actividades por ejecutar en un determinado lugar y un determinado tiempo.

Lechada: Es una relación de agua cemento que puede llevar algún aditivo y es utilizada para llenar vacíos como grietas en lugares donde los materiales superiores 2 mm no pueden llegar usada como material de inyección en micropilotes anclajes y mejoras de terreno.

(nacionaldeperforaciones, 2013)

Sostenimiento: Conjunto de elementos resistentes que se colocan en el túnel inmediatamente después de realizada la excavación y tiene como misión garantizar su estabilidad hasta la colocación del revestimiento.

Prácticas profesionales: Método académico para la obtención del título donde se permitirá demostrar los conocimientos aprendidos durante el periodo académico a través de la práctica además de aportar experiencias para la toma y solución de problemas que se puedan encontrar durante la vida profesional.

Geo membrana: Lamina sintetica cuya función principal es impedir el paso de sustancias y materiales específicamente líquidos.

Estructuras en concreto: Estructuras necesarias para el proceso de sostenimiento y estructuración dentro del túnel en concretos lanzados, bombeados y vertidos.

Geo textil: Tela permeable de material sintético sirve como material drenante y protección de lámina.

Ingeniería civil: La ingeniería civil es la disciplina de la ingeniería que emplea conocimientos de cálculo, mecánica, hidráulica y física para encargarse del diseño, construcción y mantenimiento de las infraestructuras.

Túnel: Conjunto de estructuras subterráneas diseñadas para el tránsito vial de personas o vehículos.

Cárcamo: Contenedor instalado bajo tierra para conductos específicos.

RMR: La clasificación geo mecánica consiste de una metodología de clasificación de macizos rocosos que permite relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo rocoso, criterios de excavación y sostenimiento. (Vallejo, 2002)

Muretes: Estructura guía para herramientas de excavación subterránea para posterior revestimiento

Soldadura de aire: Método por el cual se unen materiales sintéticos por termo fusión al ser presionadas entre sí.

Micro fibra: Funciona como refuerzo secundario utilizadas para disminuir posibles agrietamientos dentro de los concretos.

Conductos: Conjunto de tuberías por donde circulan fluidos, cables o materiales estos pueden ser en concreto, PVC y hierro principalmente

Hastial: Pared o cara inferior lateral del muro donde se especifica posicionamiento, abcisado y demás referencias de posicionamiento

Contra bóveda: Estructura ubicada en la parte inferior de un túnel cuya función es el reforzamiento del revestimiento definitivo.

Anclajes: Sistema constructivo de carácter estructural que ofrece soporte y sujeción en cimentaciones profundas.

EPP: Elementos de protección personal cuya principal función es mantener la integridad del personal de campo.

Filtro: Estructura diseñada para el evacuamiento de aguas de infiltración a través de conductos y uso de suelos como rocas filtrantes.

Formaleta: Elemento metálico que facilita el encofrado del concreto.

Resina encapsulada: El cartucho de resina se compone de dos compartimientos separados por una barrera física. Un compartimiento contiene una masilla de resina de poliéster y el otro un catalizador químico. La rotación del perno durante la instalación rompe el cartucho y mezcla los dos componentes, lo que provoca una reacción química que transforma la masilla de la resina a un ancla sólida como roca. (yumpu, 2021)

Fibra en el concreto: actúan como malla electro soldada y varillas de refuerzo, incrementando la tenacidad del concreto y agregando al material capacidad de carga posterior al agrietamiento. (360enconcreto, 2020)

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo principal el empleo del conocimiento adquirido a través de las prácticas empresariales como Auxiliar de ingeniero residente que durante sus funciones de supervisión, control y ejecución. En el proyecto constructivo del TUNEL PAMPLONA- CUCUTA ubicado en la unidad funcional 1 entre PK 58+700 al PK 60+100 en la vereda el alcaparral y la universidad de Pamplona del corredor vial Pamplona-Cúcuta abarcando principalmente actividades de impermeabilización, revestimiento y suelos.

La construcción de un megaproyecto enfoca diferentes metodologías constructivas como lo son: estructuras de contención, impermeabilización y revestimientos definitivos donde cada una de estas son desarrolladas bajo normativas y especificaciones técnicas basadas en el nuevo método Austriaco de construcción de túneles con lo cual se presenta una intervención sobre el cumplimiento de parámetros de calidad, buenas prácticas de ejecución y organización, además de controles de almacenamiento coordinadas bajo la supervisión continua del mismo en cada actividad realizada a través de procesos que permitieron determinar la correcta funcionabilidad de los diferentes aspectos de la construcción para lo cual se emplean ensayos de resistencias, controles de temperaturas, asentamiento, estanqueidad y paneles de absorción de energía, permitiendo obtener resultados satisfactorios de acuerdo a las especificaciones técnicas en manual para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de túneles de carretera para Colombia - Edición 2021 .

Palabras claves: Supervisión, control, ejecución, residencia de obra, cumplimiento.

Abstract

The main objective of this work was the use of the knowledge acquired through business practices as Resident Engineer Assistant during his supervision, control and execution functions. In the construction project of the PAMPLONA-CUCUTA TUNNEL located in functional unit 1 between PK 58+700 to PK 60+100 in the village of El Alcaparral and the University of Pamplona of the Pamplona-Cúcuta road corridor, covering mainly waterproofing, coating and flooring activities .

The construction of a megaproject focuses on different construction methodologies such as: containment structures, waterproofing and definitive coatings where each of these are developed under regulations and technical specifications based on the new Austrian method of tunnel construction with which an intervention is presented on compliance with quality parameters, good execution and organization practices, as well as coordinated storage controls under the continuous supervision of the same in each activity carried out through processes that allowed determining the correct functionality of the different aspects of the construction for what which resistance tests, temperature controls, settlement, tightness and energy absorption panels are used, allowing satisfactory results to be obtained according to the technical specifications in the Manual for the design, construction, operation and maintenance of tunnels. Road s for Colombia - 2021 Edition.

Keywords: Supervision, control, execution, work residence, compliance.

Introducción

Este documento hace referencia a evidencias desarrolladas en la ejecución del túnel Pamplona Norte de Santander siendo el objetivo principal la supervisión correcta de procesos constructivos en la ejecución de la obra donde se decide profundizar en controles de calidad en la puesta de sistemas de impermeabilización debido a la alta incidencia de aguas subterráneas presentes durante la ejecución del proyecto, la alta demanda de este túnel vial con respecto a transporte de tipo carga pesada con lleva la selección de suelos idóneos como base principal para el sostenimiento de la base y sub base de la calzada además de las estructuras complementarias al momento de realizar un revestimiento definitivo en la totalidad del túnel.

Dentro de las grandes obras contempladas en el departamento Norte de Santander se puede considerar la construcción del túnel Pamplona en el PK 58+700 a PK 60+100 corredor vial Pamplona - Cúcuta como un acontecimiento importante para el desarrollo de la región por lo tanto la importancia de la realización de la práctica empresarial dentro del mismo.

En la construcción del túnel pamplona se pudo demostrar a través de las diferentes actividades las competencias con la delegación de actividades a realizar como lo son: seguimiento a proceso constructivo por el nuevo método austriaco para túneles, impermeabilización de túnel, revestimiento y drenajes de túneles verificando así el buen hacer al momento de ejecutar las actividades y permitiendo entregar un producto seguro y de calidad.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

- Desarrollar práctica empresarial como auxiliar de ingeniero residente de obra para el seguimiento y control de impermeabilizaciones, revestimientos y suelos en la construcción del túnel en la unidad funcional 1 Pamplona proyecto corredor vial doble calzada Pamplona-Cúcuta.

1.2 Objetivos específicos

- Garantizar el correcto funcionamiento de las actividades en obra para el cumplimiento de los procesos constructivos de acuerdo a las especificaciones técnicas en construcción de túneles según el método austriaco.
- Velar por la integridad física y mental del trabajador cumpliendo la normatividad vigente de acuerdo a la seguridad y salud en el trabajo.
- Supervisar los correctos procedimientos en los procesos constructivos de impermeabilización, revestimientos y drenajes dentro del túnel.
- Realizar seguimiento a los concretos y morteros utilizados en los revestimientos verificando el estado de estos previamente a su instalación.
- Supervisar las etapas de ejecución correspondientes en el cronograma de actividades contribuyendo con conceptos ingenieriles que favorezcan el proceso de construcción.
- Calcular cantidades de obras, rendimientos y sus respectivos desperdicios.
- Realizar informes quincenales al tutor donde se presenten los avances de módulos de impermeabilización, revestimientos y calidad de suelos con respecto a toda obra dentro del túnel dentro de la práctica empresarial.

2. Planteamiento del Problema

2.1 Planteamiento del problema

Dentro del desarrollo formativo de la ingeniería civil es esencial abarcar los conocimientos teóricos a través de la práctica en un entorno real en donde se puedan demostrar y afianzar dichos conocimientos a un nivel más profundizado. Por lo anterior se reconoce que en el departamento de Norte de Santander se hace necesario la articulación de la conectividad entre la ciudad de Pamplona y Cúcuta debido a los largos trayectos de rutas existentes generando así una necesidad inherente en cuanto a supervisión, control y ejecución de las obras ejecutadas y proyectadas. Por esto la empresa encargada de la supervisión de la calidad de materiales y procesos constructivos E.I.E Echeverry ingeniería y ensayos manifiestan la pregunta ¿Cómo un estudiante de noveno semestre de la universidad de Pamplona puede ser de utilidad para la solución de los diferentes problemas constructivos que afronta el túnel de Pamplona?

Como conclusión, se puede referenciar el problema el mal estado de las vías debido a múltiples factores climáticos como derrumbes por precipitación, altos caudales en los ríos en temporadas de invierno, uso de contaminantes provenientes de aguas y desprendimientos por malos procesos en sostenimiento de taludes por lo que es primordial afectar directamente estos problemas con el uso de impermeabilizantes, revestimientos y buenos usos de suelos que favorecerán al buen tratamiento de aguas dentro de construcciones de infraestructura vial.

3. Justificación

Dentro de los procesos que se encuentran enmarcados en la construcción de un túnel como lo son la impermeabilización, revestimiento y estructura del suelo se encuentran grandes falencias debido a malos procesos constructivos y calidad de los materiales que a su vez generan problemas de filtraciones, malos asentamientos, fisuras, agrietamientos, patógenos en estructura, se hace necesario el acompañamiento a la supervisión de los procesos constructivos para de esta manera poder brindar así una estructura capaz de cumplir con altos parámetros de calidad, duración y resistencia a través del tiempo.

Por consiguiente, la infraestructura vial conlleva una solución a problemas actuales de calidad, procesos técnicos, duración y alcance.

En base a lo anterior, la empresa E.I.E. Echeverry Ingeniería y ensayos se sigue presentando el dilema propuesto donde se muestra la necesidad del apoyo en el proceso constructivo con la finalidad de garantizar una buena calidad en cuanto a materiales y ejecución del proyecto. A raíz de esto, la propuesta se hace significativa debido a la influencia que esta representa tanto para el desarrollo profesional como para la empresa al permitir la participación y brindar oportunidades además de la buena contribución a sus proyectos ingenieriles.

De la misma forma, se identifica a los pasantes de la universidad de Pamplona como personas capaces, competentes e íntegras, para disponer de todos sus conocimientos a través de proyectos de infraestructura como lo es el túnel Pamplona respondiendo a la necesidad de brindar una estructura capaz de resistir, brindar seguridad y resistencia a través del tiempo.

4. Marco Referencial

4.1 Marco Contextual

Durante el transcurso de cuatro meses de prácticas empresariales, las cuales iniciaron el 15 de julio del 2021 y finalizaron el 15 de noviembre del mismo año.

Se desarrolló el rol de auxiliar de ingeniero residente en el proyecto Corredor vial Pamplona-Cúcuta en la unidad funcional 1 Túnel Pamplona

4.1.2 Localización

Dichas obra está ubicada en el municipio de Pamplona, Departamento Norte de Santander.

Ilustración 1

Ubicación del departamento Norte de Santander



Nota. Tomada <https://espanol.mapsofworld.com/continentes/sur-america/norte-de-santander.html>

Ilustración 2 Municipio de Pamplona en el departamento Norte de Santander



Nota. Tomada de Localización de Pamplona en Norte de Santander,
<https://www.cucutanuestra.com/temas/geografia/mapa-politico-norte-de-santander.htm>

4.1.3 Descripción del proyecto

Túnel Pamplona

El túnel Pamplona es un proyecto de infraestructura vial que brinda oportunidades de comercio, innovación y transitabilidad para el desarrollo del país. Dicha estructura cuenta con una extensión de 1.4 kilómetros y un ancho de calzada de 8.3 metros en doble sentido cada carril contara con 3.65 metros de ancho, 50 centímetros de berma y un recubrimiento de 30 centímetros de concreto.

El túnel Pamplona contara con un túnel auxiliar para solución de problemas de emergencia Galería contando con una extensión de 924 metros y 3 accesos al túnel principal.

La construcción del túnel Pamplona corresponde a un gran tramo en el corredor vial Pamplona Cúcuta permitiendo reducir el tiempo de recorrido en 15 minutos aproximadamente

para el cumplimiento de este propósito se cuenta con personal capacitado laborando turnos 24/7 lo cual nos indica turnos constantes durante todos los días de la semana.

Ilustración 3 Ubicación túnel Pamplona



Nota. La figura amarilla hace referencia a la proyección en planta del Túnel Pamplona, ENN estará situada en la vereda el alcaparral y ENS estará ubicada cerca a la piscina de la universidad de Planos SACYR.

4.2 Marco referencial

“La empresa E I E ECHEVERRY INGENIERIA Y ENSAYOS SAS se encuentra situada en el departamento de BOGOTA, en la localidad BOGOTA y su dirección postal es CARRERA 29 C 71 A 30, BOGOTA, BOGOTA. E I E ECHEVERRY INGENIERIA Y ENSAYOS SAS está constituida como una sociedad por acciones simplificada. La actividad a la que se dedica la empresa E I E ECHEVERRY INGENIERIA Y ENSAYOS SAS son Ensayos y análisis técnicos.

La empresa Echeverry Ingeniería y Ensayos es una empresa Colombiana caracterizada por ofrecer servicios en cuanto a calidad aplicando valores de responsabilidad, honradez y

profesionalismo, por esto es catalogada como la empresa más eficiente del sector de la construcción”.(Echeverry,2015)

“E I E ECHEVERRY INGENIERIA Y ENSAYOS SAS es una empresa que presta servicios de ensayos de control de calidad a nivel nacional e internacional, en muestra de suelos pavimentos y materiales usados en obras civiles. Lo que otorga una gran experiencia en perforaciones para sectores de minería, geotecnia e hidrocarburos, estudios y diseños, utilizando equipo e instalaciones de última tecnología y de la más alta calidad, aplicando normas y especificaciones vigentes al talento humano competente, capacitado y motivado y un sistema de gestión de calidad puesto al servicio de la garantía y validez de los resultados.

Contamos con toda la capacidad técnica, operativa y financiera para participar en grandes proyectos de infraestructura, minería, hidrocarburos y obra civil a nivel Nacional e Internacional.”(Echeverry, 2015)

“E I E ECHEVERRY INGENIERIA Y ENSAYOS SAS ha alcanzado en sus primeros 20 años un reconocimiento y posicionamiento importante en el mercado nacional. A partir del año 2015 y hasta el año 2020, comenzando una segunda fase de expansión que será implementada y ejecutada a través de 11 objetivos estratégicos y aplicadas a sus unidades productivas para generar mayor crecimiento a nivel nacional e internacional siempre de la mano de la excelencia y la calidad en el servicio”.(Echeverry, 2015)

Localización del Proyecto “Practica empresarial como auxiliar de ingeniero residente para el seguimiento y control de impermeabilización, revestimientos y suelos en el túnel de la unidad funcional 1 pamplona proyecto corredor vial doble calzada Pamplona-Cúcuta”

Ilustración 4 Logotipo Echeverry Ingenierías y Ensayos



Nota. Tomada de <http://echeverryingenieria.com/portfolio/proyecto-vial-4g-bucaramanga-barrancabermeja-yondo/>

4.3 Marco Legal

NTC 3318: Para el mezclado de concreto producidos en obra debe realizarse mecánicamente y el equipo debe tener la competencia para combinar los materiales con el fin de obtener una mezcla uniforme, en el tiempo y velocidad estipulado para que no se produzcan segregaciones de materiales; para ello, se debe tener mínimo una mezcladora auxiliar para asegurar que la programación en el vaciado sea sucesiva. No obstante, la excepción de mezclado manual se realizará en situaciones difíciles de transporte o uso de la mezcladora mecánica con previa autorización de la interventoría; dicha mezcla, debe realizarse sobre espacios limpios que garanticen calidad en la mezcla del concreto.

NTC 396: Norma Técnica Colombiana, método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.

NTC 454: Norma Técnica Colombiana, que describe los procesos para toma de muestras de concreto en estado fresco.

NTC 4344: Ingeniería civil y Arquitectura concreto elaboración en obra cura y ensayos de especímenes de concreto lanzado.

NTC 550: Ingeniería civil y arquitectura elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.

NTC 673: Ingeniería civil y arquitectura. Ensayos de resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

NTC 3658: Ingeniería civil y arquitectura. Método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas.

ASTM D 4437-84: Prueba de esfuerzo puntual mecánico. Método para la verificación de la eficiencia de la soldadura manual o simple y de la soldadura hecha por maquina Leister Triac Driver.

Ley 223 del 2013 Para el diseño, construcción y operación. Medidas y disposiciones para proyectos de infraestructura de transporte.

Resoluciones emitidas por el Ministerio de transporte:

Manual de diseño geométrico de carreteras No. 1400 de 2000

Manual de diseño de cimentaciones superficiales y profundas para carreteras No. 1049 de 2013.

Resoluciones emitidas por el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

Estudio de impacto ambiental para la construcción de túneles y sus accesos y se adoptan otras determinaciones. No.1283 de 2006.

Diagnóstico ambiental de alternativas para proyectos puntuales y se adoptan otras determinaciones. No. 1255 de 2006.

La ley que se aplica en la etapa de diseño es la Ley 05 de 1993 ("Por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones") (senado, 2005) Se tiene en cuenta esta ley puesto que los túneles hacen parte de la infraestructura de transporte a cargo de la nación. (JUAN, 2015).

NTC 5721 – Método de ensayo para la determinación de la capacidad de absorción de energía (tenacidad) de concreto reforzado con fibra (basada en la norma EFNARC)

5. Marco teórico

Túnel

Un túnel es una obra subterránea de carácter lineal que comunica dos puntos para el transporte de personas o materiales. Normalmente es artificial.

Un túnel, o puente de bajar, puede servir para peatones o ciclistas, aunque generalmente sirve para dar paso al tráfico, para vehículos de motor, para ferrocarril o para un canal. Algunos son acueductos, contruidos para el transporte de agua (para consumo, para aprovechamiento hidroeléctrico o para el saneamiento). También hay túneles diseñados para servicios de comunicaciones. Incluso existen túneles para el paso de ciertas especies de animales. Algunos conectan zonas en conflicto o tienen carácter estratégico, ya que sirven como refugio (significadoconcepto.com/talud,2018).

Impermeabilización

La impermeabilización dentro de un túnel tiene como principal función proteger el daño causado por filtraciones o humedades presentes, así como los efectos producidos por rocas y terrenos altamente inestables.

Por esto la importancia del buen funcionamiento de un sistema de impermeabilización dentro de un túnel porque una falla por filtración de agua genera altos índices de inestabilidad además de que su reparación es de difícil acceso debido a que la misma se encuentra en un punto al que no se tiene alcance fácilmente al estar cubierta por el revestimiento, las fallas por infiltraciones en zonas bastante húmedas se presentan a menudo lo que es un factor a tener en cuenta para la supervisión de las mismas al crear problemas estructurales en la corrosión de los pernos, desprendimientos por empujes ,derrumbes así mismo ocasionando problemas de restricción del uso del túnel e incluso accidentes vehiculares(G. Barla ,2002).

Con respecto a las exigencias generales en el sellado de túneles, es fundamental tener en cuenta que esencialmente un sistema de sello debe ser escogido y planeado para que sea la solución óptima frente a los requerimientos establecidos con respecto a la intención de uso, por un lado, y las posibilidades técnicas y financieras aceptables, por el otro (SIKA.TSA).

La impermeabilización de una edificación o estructura siempre debe hacerse como parte de un sistema empleando uno o varios productos de acuerdo al grado de protección deseado y el uso mismo de la estructura o edificación. El objetivo de proteger las estructuras y edificaciones contra la humedad es por motivos de salud, estética de la construcción, evitar trabajos y ampliar su vida útil. Todas las construcciones tienen áreas que se deben impermeabilizar. No solo por la seguridad de la estructura, sino por la salud de sus ocupantes.

Todas las estructuras o edificaciones tienen zonas que deben utilizarse sistemas de impermeabilización rígida, flexible o combinación de ambas. (G. Barla ,2002).

Revestimiento

El revestimiento de un túnel puede concebirse a manera de un blindaje, como una barrera delimitadora de espacios o como el elemento funcional y estético que protege de forma permanente a una excavación subterránea; para cumplir cabalmente sus funciones, el revestimiento debe ser, antes que nada, sólido, compacto, impermeable, de espesor suficiente y con superficie interior tersa y duradera, considerando que en la actualidad, en túneles carreteros es posible implementar el tipo de revestimiento de acuerdo con las características de los materiales que lo constituyen y con base en las necesidades del propio proyecto (Sanchez, 2014).

Concreto colado sin acero de refuerzo

La estructura base de un túnel se ve reforzada y avalada por diversos criterios tanto ingenieriles como geotécnicos que a través de diferentes medios nos permiten dar a conocer el tipo de estructura del suelo y así mismo involucrar un tipo de sostenimiento idóneo para el buen soporte de nuestra estructura basados en esto se puede dar fe de que en los túneles viales no es fundamental el uso de aceros dentro del revestimiento como parte estructural del mismo. El Manual de túneles de carretera de los Estados Unidos recomienda que: “en todos los casos prácticos en los que sea posible, los revestimientos de concreto colado in situ deben diseñarse de simple” (Carlos, 1997). Aun así, su diseño debe quedar debidamente justificado y soportado con todos los elementos que lo avalen. El revestimiento de concreto simple colado in situ es una forma generalizada de soporte permanente en túneles, comúnmente empleado en terrenos firmes, rocas o suelos, en donde la excavación no se ve comprometida por condiciones de inestabilidad a largo plazo del terreno. Lo mismo que el concreto reforzado, al tratarse de una estructura colada mediante una cimbra, tiene la ventaja de poder ser diseñado para adaptarse a cualquier geometría que el túnel requiera; generalmente se diseñan específicamente para cada proyecto y su geometría depende de la sección transversal, del trazado en planta y de otras particularidades de la obra. Cuando se construye un revestimiento de concreto colado in situ, este, además de ser un elemento estético y funcional, es un sello de inviolabilidad y una garantía de estabilidad permanente (Carlos, 1997)..

Concreto hidráulico

En sistemas donde se presentaran sistemas de revestimiento con malla electro soldada se deben tener en cuenta aspectos como el cuidado de que la malla no dañe el sistema de

impermeabilización debido a que las mismas pueden ocasionar filtraciones a través de las juntas las cuales nos provocaran goteras, o segmentos húmedos dentro de nuestro revestimiento

Asimismo, se deberá verificar que el recubrimiento de las parrillas de acero no sea menor que el requerido a fin de asegurar que no quede expuesto a la intemperie, sobre todo en ambientes corrosivos (Harnsem, 2005).

De igual manera se debe hacer énfasis en que en el concreto hidráulico también se pueden presentar fisuras sin embargo estas también pueden deberse a otros factores relacionados como superficies contaminadas o sucias, falta de tratamientos de juntas, malos controles en cuanto a aditivos, malos tiempos de curados y retiro inadecuado del encofrado

Apariencia y acabados

Es una característica que además de proporcionar estética, permite la colocación eficiente de las instalaciones electromecánicas y de señalización. El revestimiento de concreto hidráulico presenta grandes ventajas sobre el lanzado por ser uniforme y continuo.

La estética en el recubrimiento de un túnel es demasiado importante porque esta permite una mejor percepción, mejores terminaciones en pintura y fácil instalación de turbinas, lámparas, señalización de bahías, senderos; además que la calidad en el acabado final del túnel es responsabilidad tanto del proyectista, como del constructor y del supervisor de la obra.

Pavimento rígido

Es aquella que se presenta como un concreto de alta resistencia el uso de la base y sub base en la estructura del suelo es de vital importancia porque aquellas son las que nos determinan la capacidad de soporte de las mismas, capacidad de rodadura, desgaste y demás parámetros para

poder tener una base sólida al momento de transitar por la vía. La rigidez y el alto módulo de elasticidad, se tendrá en cuenta en la rasante como modo de absorción de nuestra losa de concreto brindando así una mayor adherencia y mayor estabilidad en el momento de la fundición.

En la consolidación de un buen pavimento rígido es de vital importancia los usos del suelo a sustentar como base de la vía porque la dependencia de este suelo nos puede producir deformidades, licuefacciones, abolladuras , fisuras y muchos patógenos por lo que es de vital importancia la determinación del correcto uso de suelos presentando varias técnicas para la estabilización del mismo como lo son la base estabilizadora con cemento , la debida compactación, el retiro de sobre tamaños y retiros de materiales orgánicos.

En cuanto a comportamiento y durabilidad, siempre que se empleen las juntas de expansión necesarias, debidamente espaciadas y diseñadas de forma tal que no se filtre el agua a través de ellas hacia la subrasante. En estos dos métodos se logra un acabado superficial uniforme y de buena textura. En el caso de usar hormigón pos tensado, el componente económico se eleva, por lo que se usa solamente en casos de pavimentos que estarán sometidos a grandes cargas de impacto, como es el caso de las pistas de aeropuertos (INVIAS, 2006).

Drenaje recolector de aguas de infiltración.

El drenaje recolector de aguas de infiltración consiste en una tubería perforada, envuelta en un material filtrante. Dependiendo de los minerales contenidos en el agua, se determinará si debe usarse un geotextil, elemento que debe ser resistente a los ataques químicos. Es preciso disponer entradas para que sea posible realizar el mantenimiento a las tuberías (INVIAS Manual de túneles, 2021)

El caudal de este ítem consta, a su vez, de tres caudales diferentes: de escorrentía (que ingresa por los portales del túnel) (QP); de derrame (QD); y de lavado (QL). Caudal de escorrentía de los portales (QP): el caudal de derrame debe calcularse teniendo en cuenta que el túnel debe evacuar un flujo proveniente del ingreso de agua de lluvia por cada uno de los portales, y drena hacia el portal contrario

$$QP = C.I.At$$

Donde QP: Caudal de escorrentía en cada área de portal (m³/s) C: Coeficiente de escorrentía I: Intensidad de precipitación en mm/h At: Área de la sección libre de túnel (INVIAS Manual de túneles, 2021)

Caudal de derrame (QD): este es causado por líquidos vertidos por los vehículos que recorren el túnel. Se recomienda la siguiente formula empírica para el cálculo del caudal de derrame (m³/s):

$$QD = \frac{TPD}{500}$$

Donde TPD: tráfico por día para el periodo de diseño del túnel (vehículos/día). (INVIAS Manual de túneles, 2021)

Caudal de lavado (QL): corresponde al funcionamiento de dos conexiones de manguera o gabinetes con manguera, cada uno de ellos con un caudal de 0,5 m³/min (8 L/s):

$$QL = 2 * 0,008m^3/s$$

El canal o cárcamo de drenaje de aguas de derrame y lavado tiene que diseñarse con la suma de los tres caudales anteriores. Así mismo, es necesario verificar que la tubería de drenaje tenga un diámetro interno igual o mayor a 250 mm. (INVIAS Manual de túneles, 2021)

Restricciones de uso del túnel

La circulación de peatones, carretas o carretillas, ciclistas, bici motos, motocicletas con motores de cilindrada inferior a 50 cc, animales y vehículos de tracción animal, vehículos o sillas para discapacitados no deberá permitirse en túneles de carreteras bajo ningún escenario, el control estará a cargo del operador del túnel. Se deberán considerar las restricciones legales y reglamentarias para el transporte de material peligroso y su correspondiente control (Deere, D.1981)

Fundamentos de diseño del revestimiento definitivo

En Colombia, se deben diseñar y construir los túneles mediante el sistema de Revestimiento definitivo de Capa Doble (RCD) para túneles nuevos, independiente del tipo de túnel o de las condiciones geológicas del proyecto y para túneles antiguos que presenten problemas estructurales; el cual consiste en la implementación de una capa de material impermeabilizante, intermedia entre el concreto neumático del soporte primario, y la estructura de revestimiento definitivo en concreto hidráulico fundido in situ.

Desde el punto de vista estructural, las medidas de soporte (soporte primario), empleadas en el túnel han sido suficientes para estabilizar la totalidad de la obra; y por lo tanto, no existen esfuerzos adicionales sobre el revestimiento definitivo durante la vida útil (Germán Pardo & Antonio J. Rodríguez, 2021); sin embargo, el revestimiento definitivo deberá proporcionar la capacidad estructural necesaria para resistir cargas adicionales que pudieran producirse a largo plazo y deberá ser tal que garantice su estabilidad y adherencia durante la ocurrencia de un incendio de 100 MW de potencia. Entiéndase como soporte primario, el soporte fundamental que se coloca durante la excavación, el cual debe garantizar la estabilidad y seguridad, con este

propósito en algunos casos se requiere de soporte secundario (adicional-refuerzo), para que la excavación logre su estabilización y un factor de seguridad adecuado, previo a la colocación del revestimiento en concreto hidráulico

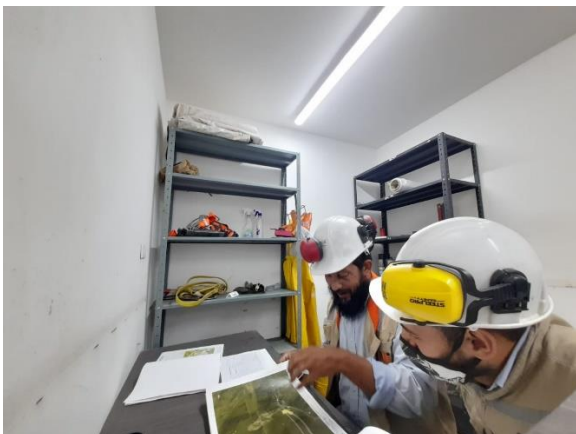
6. Metodología

Con la finalidad de cumplir el *desarrollo de la práctica empresarial como auxiliar de Ingeniero residente de obra para el seguimiento y control de calidad en la construcción del TUNEL PAMPLONA a cargo de la constructora ECHEVERRY INGENIERIAS Y ENSAYOS S.A.S. en el municipio de Pamplona, Norte de Santander*. Se implementaron 7 objetivos específicos, los cuales fueron ejecutados en el proyecto anteriormente mencionado.

Objetivo #1. Garantizar el correcto funcionamiento de las actividades en obra para el cumplimiento de los procesos constructivos de acuerdo a las especificaciones técnicas en construcción de túneles según el método austriaco.

Para dar cumplimiento a este objetivo se hizo necesario la inducción de riesgos en parte a seguridad y salud en el trabajo, parámetros ambientales donde se plantea generar el menor impacto ambiental posible durante la ejecución de la obra, y recorrido dentro del túnel en el cual se solicitó documentación técnica en cuanto parámetros de sostenimiento, impermeabilización y revestimiento que aplicaban dentro del túnel a continuación se presentara a través de una lista el chequeo contractual de actividades dentro del túnel.

Ilustración 5 Introducción a actividades a realizar dentro del Túnel.



Fuente: Propio

Ilustración 6 Presentación, estudio e interpretación de Planos



Fuente: Propio

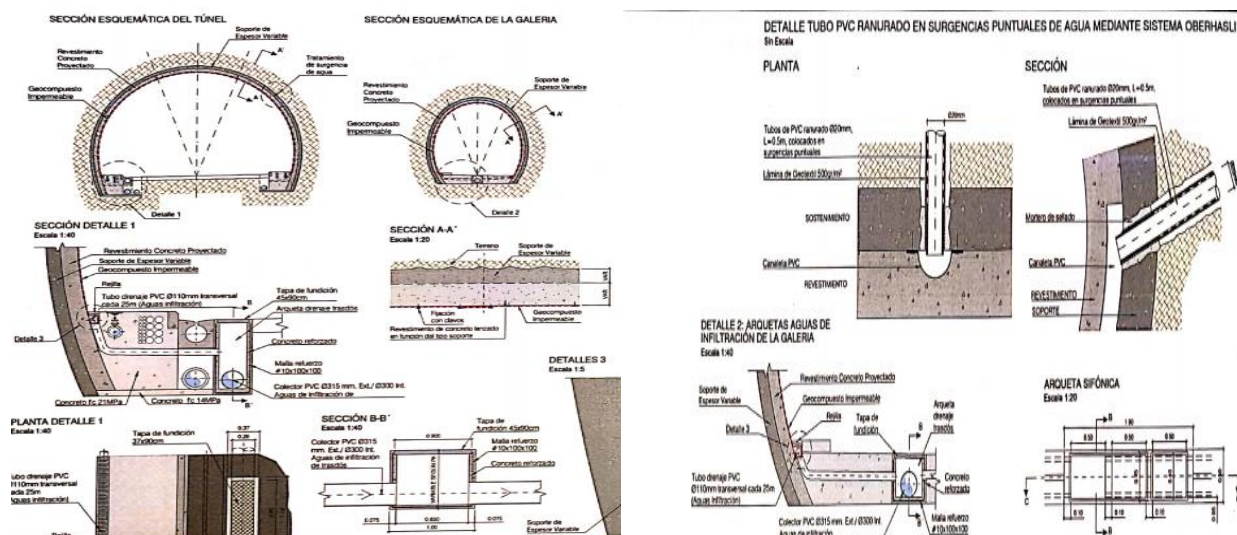
Tabla 1

Lista de Chequeo Contractual del Túnel Pamplona.

DOCUMENTACION EXISTENTE			
	DESCIPCION	SI	NO
	Planos Arcos	X	
	Planos sistema de impermeabilización	X	
	Planos Revestimientos	X	
	Manual técnico Método Austriaco	X	
	Manual técnico Impermeabilización		X
	Manual técnico revestimiento		X

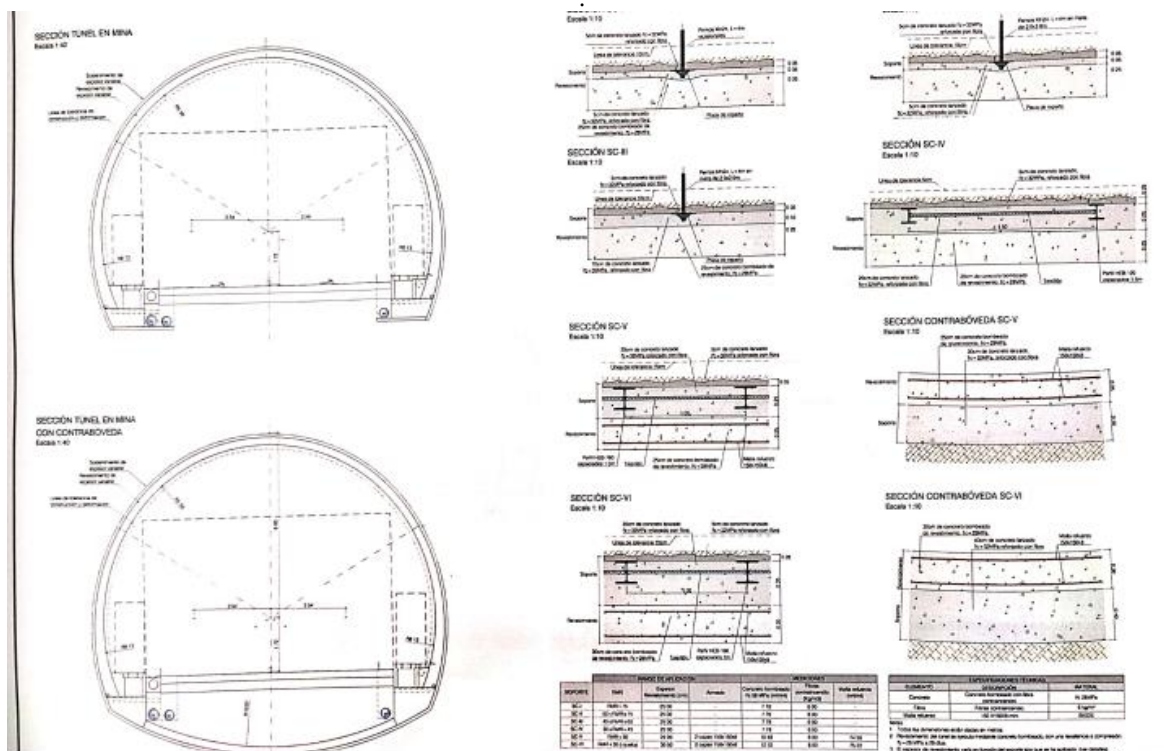
Nota. Romayro (2021).

Plano 1: Arquetas para aguas de infiltración y arqueta sinfónica, detalles de espesores estructurales, posicionamientos y aceros dentro de la construcción de sistemas de recolección de aguas grasas y aguas de infiltración.



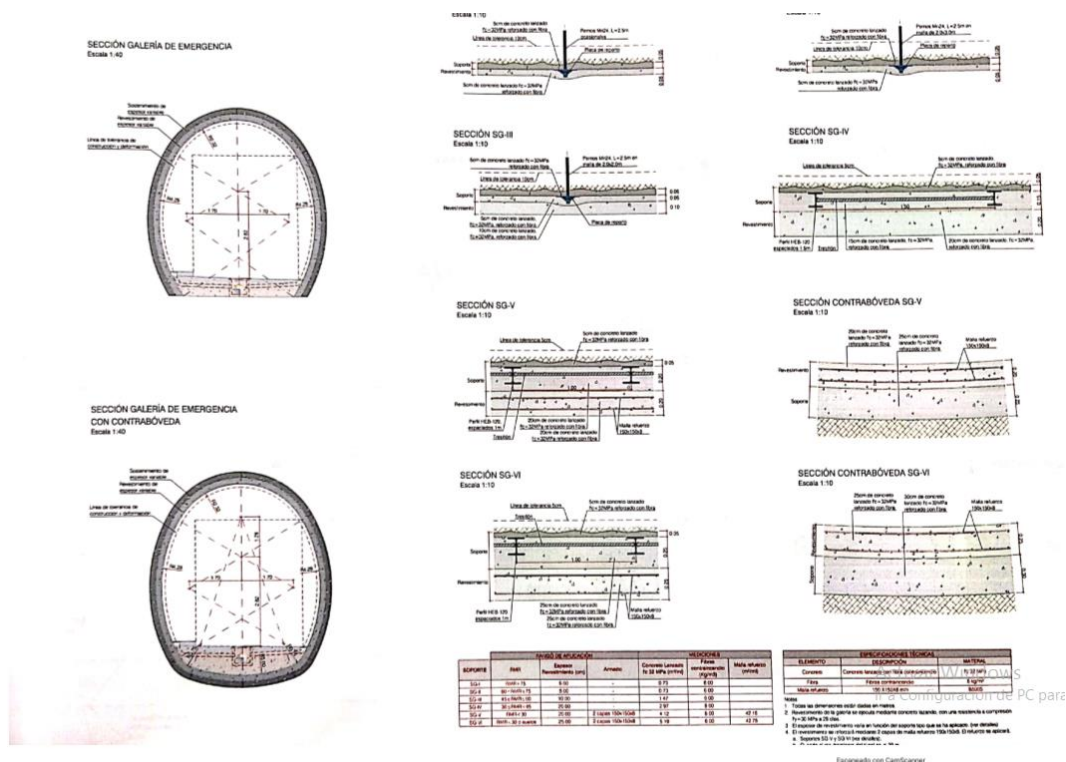
Fuente: SACYR 2019

Plano 2: Detalles de revestimiento en Túnel principal normal y con contra bóveda espesores de concretos estructurales y de revestimiento, posicionamientos de pernos estructurales y cuadro de especificaciones



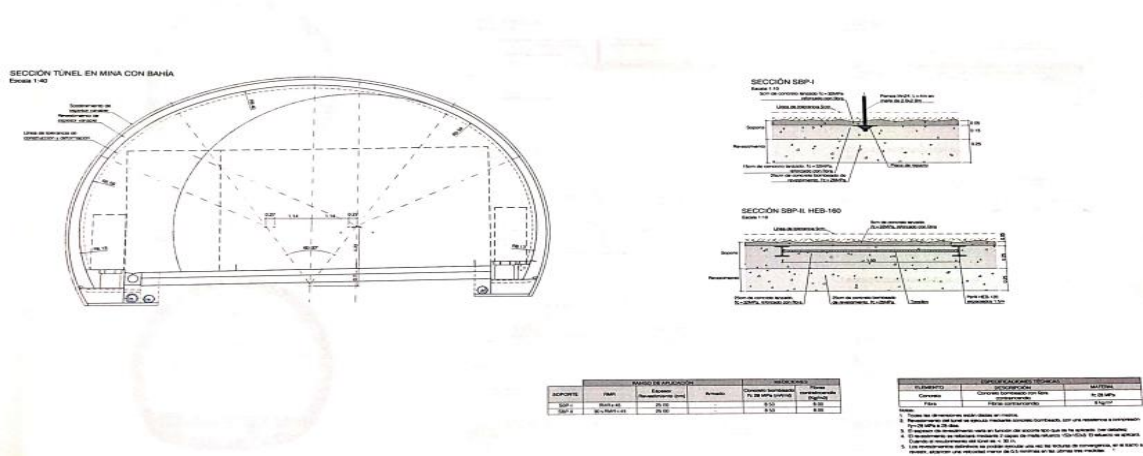
Fuente: SACYR 2019

Plano 3: Detalles de revestimiento en Túnel auxiliar galería normal y con contra bóveda espesores de concretos estructurales y de revestimiento, posicionamientos de pernos estructurales y cuadro de especificaciones.



Fuente SACYR 2019

Plano 4: Detalles de revestimiento en bahía de Parqueo espesores de concretos estructurales y de revestimiento, posicionamientos de pernos estructurales y cuadro de especificaciones.



Fuente: SACYR 2019

Mediante el manual de construcción de túneles usando el nuevo método austriaco se puede determinar los procesos constructivos usados durante la ejecución del túnel sin embargo este manual se relaciona más directamente con los temas de excavación y sostenimiento durante la construcción de los túneles dando así un enfoque demasiado breve a los sistemas de impermeabilización y revestimiento dentro del túnel.

Se pudo identificar con el chequeo de información existente en la ejecución del túnel que la obra no cuenta con un manual específico para las actividades de impermeabilización y revestimiento del túnel, claramente al no contar con el manual se hace más tediosa la supervisión y control de procesos constructivos.

Por lo tanto en base a experiencias, colaboraciones e indagaciones se logra crear un manual donde se especifica los procesos constructivos además de los diferentes ensayos para el control de procesos de calidad que se tendrán en cuenta en la construcción de túneles al momento de usar este método constructivo.

Objetivo #2. Garantizar la implementación y el cumplimiento de las normas de seguridad en la obra para el beneficio de los trabajadores.

Los trabajadores que laboran dentro de los procesos constructivos del túnel como talento humano se debe beneficiar de factores que brinden una seguridad que permita velar por la integridad física en sus labores por ende se realizan controles sobre el buen manejo de elementos de protección personal, uso de equipos y maquinarias sin embargo los accidentes pueden ocurrir de manera repentina. Debido a esto el personal de seguridad en colaboración con encargados, ingenieros residentes y colaboración personal se hacen partícipes de la detección de cada

Temas Seguridad y salud en el trabajo a cargo de la Ingeniero Harrison Niño desarrolladas por sumario semanal desarrollado a través de temática organizada por el departamento de seguridad y salud del trabajo del consorcio SACYR Tema 1: Uso adecuado y correcto de elementos de protección contra caídas EPCC, Tema 2: Trabajo seguro en alturas, Tema 3: Uso correcto de elementos manuales, Tema 4: Disposición y almacenamiento de los residuos sólidos, Tema 5 : Divulgación de procedimiento constructivo de un túnel, Tema 6: Mitigación de material particulado, Tema 7: Seguridad vial derecho de vía en túneles, Tema 8: Pre operacional de equipos, Tema 8 uso correcto de tapa oídos en espacios confinados, Tema 9: Que hacer en caso de accidente laboral, Tema 10 manipulación de cargas

Objetivo #3. Supervisar los correctos procedimientos en los procesos constructivos de impermeabilización, revestimientos y drenajes dentro del túnel.

La implementación de los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la formación como ingeniero civil permitió la facilidad en la interpretación y lectura de planos, apoyado de diferentes artículos relacionados con la práctica empresarial sobre los procesos de impermeabilización, revestimiento y drenajes se proyectaran satisfactoriamente supervisando así parámetros de calidad, producción y seguridad dentro de estas actividades.

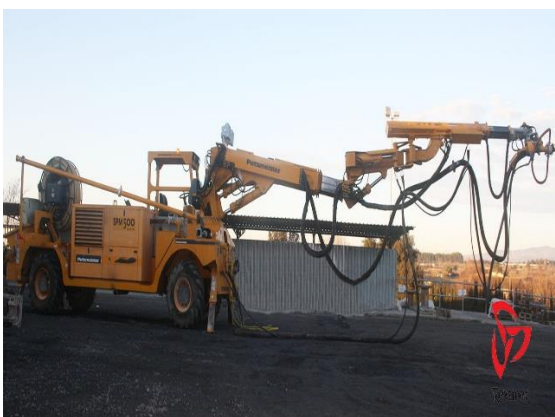
Revestimiento de túnel auxiliar

Revestimiento a través de concreto lanzado usando calibradores para verificación de control de espesores se solicita al grupo de topografía el chequeado de toda la sección transversal del túnel buscando posibles cavidades que puedan invadir o estar dentro de sección de no ser así se instalan a través de pequeñas perforaciones en hastiales y bóveda varillas de ½ pulgada que sirven como guías para que el operador del equipo SPM 500 pueda identificar el espesor idóneo

de concreto a revestir especificado en revestimientos para posterior instalación de lámina de geomembrana a la vista se revisó el tipo de sostenimiento durante los últimos tramos del revestimiento donde se emplearon según el tipo de clasificación del suelo SC- V el uso de mallas electro soldadas puestas sobre toda la superficie de la sección.

Equipos:

Ilustración 9: Robo jet SPM 500



Fuente: <http://www.reyamet.com/spm-500-putzmeister-2/>

Ilustración 10: Telehandlers



Fuente: <http://colombia.transmaquina.com/post/lista-de-servicios/articulo/categorias/alquiler-de-montacargas-telescopicos-telehandlers/alquiler-de-telehandler-17-mts-4-tons>

Durante los procesos de impermeabilización se realizó seguimiento a cada proceso constructivo que conlleva la actividad dentro de estos procesos recalcamos:

Regularización de concretos

Esta actividad conlleva el relleno de concreto lanzado con resistencia de 28 MPa sin adición de fibra sintética y con asentamientos variables máximos de 9 pulgadas y mínimos de 7 pulgadas además de control de temperatura deseado de hasta 32 grados centígrados en secciones del túnel donde durante el proceso de sostenibilidad se presentaron sobre excavaciones generando así un concreto de espesor variable lo cual para procesos de impermeabilización se

convierte en pozos dentro de la geo membrana con lo cual no cumpliría con un criterio técnico al ser un proceso constructivo la instalación de la geo membrana lisa dentro de la superficie del túnel.

Instalación de Geotextil No Tejido 2500 3.5

Postura en forma longitudinal en la parte inferior de los hastiales y mediante el fijado de la misma a través de clavos con arandelas presentando un traslapo mínimo entre ellas de 10 centímetros logrando así la forma de la bóveda una vez finalizado se realiza la liberación topográfica.

Tubo de drenado DRAINPIPE

Es una tubería para subdrenaje en polietileno de alta densidad (HDPE), con sección circular, corrugada y dotada en su perímetro de orificios para captar el exceso de agua libre en el suelo. Posterior a la postura del geotextil no tejido en la parte inferior de la geo membrana se procede a la instalación del tubo dren cuya función es recolectar todas las aguas de impermeabilización provenientes de los hastiales este debe ir recubierto por la lámina de PVC y con derivaciones cada 25 metros para su posterior desagüe dentro del sistema de alcantarillado del túnel.

Postura de discos de PVC

La postura de discos de PVC que funcionan como anclajes para la geo membrana, se fijan de manera estratégica para que la geo membrana quede de manera uniforme sin ondas estos se fijan a través de clavos de impacto.

Instalación lamina impermeabilizante PVC

Se efectuara tendiendo la geo membrana de forma longitudinal al eje del túnel, de forma manual sujetándolos a los discos colocados previamente instalados por termo fusión con aire caliente. La postura de la geo membrana debe estar traslapada a 10 cm, quedando la parte negra sobre la superficie del geotextil estas no deben quedar tensionados para evitar posibles daños durante la postura y vertimiento del concreto de revestimiento.

Sellado de Geo membrana de PVC

Posterior a la instalación de la lámina de geo membrana se procede a sellar las juntas entre ellas con aire caliente en doble vía asegurando así tanto el sellado de las mismas como la unión de estas.

Pernos de fijación

Estos anclajes se instalan en secciones del túnel clasificadas con sección tipo V y su proceso consiste en cortar orificios de la geo membrana en PVC luego incrustar una broca de media pulgada a una profundidad de 11 cm colocación de resinas como soportes colocación de los pernos y soldadura de geo membrana con junta del perno.

Reparaciones

Se realizan reparaciones a fisuras presentadas en la geo membrana de PVC mediante la postura de una pequeña sección de lámina de geo membrana de PVC en el lugar de la fisura se procede a soldar con aire caliente la nueva lamina con la lámina fisura y posterior a esto se realiza prueba de sellado y estanqueidad para la verificación de sellado.

La debida supervisión de los procesos constructivos de impermeabilización se enfoca a la revisión de puntos estratégicos, pruebas, reparaciones y demás aspectos a tener en cuenta realizando un listado de los diferentes ítems que se trabajaron durante la pasantía.

Equipo de protección, señalización y buen estado del personal como de la herramienta a utilizar.

Verificación de la superficie

Instalación correcta de geotextil respetando traslapes de 10 cm y supervisión de aberturas dentro del mismo.

Buena fijación del geotextil a través de clavos de impacto

Fijación de arandelas en formas secuenciales a través de intervalos longitudinales

Postura adecuada de la geo membrana de PVC considerando traslapes de 10 cm, correcta postura de caras de acuerdo al diseñador y revisión de tensión de la geo membrana de PVC.

Pruebas de esfuerzo puntual mecánico y a tracción de pernos con fines a supervisar el aire comprimido dentro del perno para evitar posible filtraciones a través de la mala instalación del perno y verificación de la capacidad de sostenimiento del perno sujeta a los hastiales dentro del túnel

Revisión de soldadura de juntas de geo membrana de PVC a través de pruebas de estanqueidad y de tensión.

Soldadura de fisuras generadas por agentes externos a la impermeabilización y solución a estas por medio de reparaciones.

Ilustración 7 Pruebas de estanqueidad en geo membrana en PVC



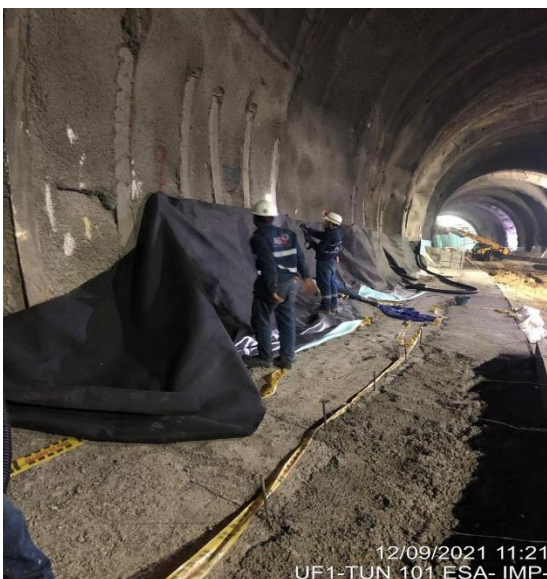
Fuente: Propia

Ilustración 8 Manómetro empleado en mediciones pruebas de estanqueidad



Fuente: Propia

Ilustración 9 Instalación de recubrimiento con geotextil zona inferior en bóveda



Fuente: Propia

Ilustración 10 Instalación Geo membrana en PVC clave en bóveda



Fuente: Propia

Ilustración 11 Supervisión visual de daños Geo membrana en bóveda



Fuente: Propio

Ilustración 12 Postura de andamio en nueva sección



Fuente: Propio

Previo al revestimiento de concreto se realizan diferentes actividades fundamentales y secuenciales para la postura y colocación del carro de avance como lo son los muros guía o viga base, material de relleno, viga riel, arquetas.

La viga base se ubican en la parte inferior del revestimiento en los hastiales; estos deben de ser formateados una vez se haya completado la impermeabilización como su nombre lo indican son la base del soporte del carro de revestimiento debido a su estructura y los distintos apoyos donde se ancla el carro de revestimiento.

La supervisión de viga base consistió en la verificación de espaciados entre los soportes, figuración de aceros respecto al plano, supervisión topográfica en la postura correcta de las formaletas, correcto uso del concreto en el vaciado, vibrado del concreto, terminaciones lisas y buenos acabados y para finalizar el desencofrado e hidratación de las mismas la unión entre secciones no deben tener espaciamientos entre ellos.

Arquetas para aguas de infiltración estas se localizaron cada 50 metros las cuales funcionaban con 3 cavidades que cuya función es estabilizar regular la velocidad en aguas de infiltración estas cavidades se rigen por el diseño en planos.

Arquetas para aguas grasas se localizan cada 100 metros estas se construyen con 3 cavidades estas funcionan como trampa de grasas por lo cual se construyen con pantallas que funcionan como filtros para el tratamiento de aguas grasas generando así la retención de grasas en las primeras cavidades y tratando el agua lo mejor posible antes de ser vertida nuevamente.

Ilustración 13 Revisión de dimensionamientos en arquetas



Fuente: Propio

Ilustración 14 Supervisión a proceso de fundida viga base



Fuente: Propio

Durante la pasantía se realiza la verificación de dimensiones, figuración de aceros, postura de tubería, colectores de entrada y salida, encofrados, fundida, vibrado, desencofrado, hidratación finalizando con la actividad con lo cual se logra la culminación de la mayor parte de las arquetas se procedió a aplicar impermeabilizantes para protección de concretos en las arquetas.

Ilustración 15 Inspección fundida de tubería



Fuente: Propia

Ilustración 16 Control a dosificaciones de impermeabilización



Fuente: Propia

Material de relleno Este relleno se contempla como una capa de material seleccionada para el sostenimiento uniforme ideal en la postura del carro de avance.

La supervisión dentro de la pasantía consistió en la verificación del material de relleno supervisando así el dimensionamiento idóneo según la especificación técnica ART.610-13 del INVIAS; tendido y compactado para posterior posicionamiento del carro de revestimiento.

Viga riel capa de solado sobre la cual reposara las vigas para desplazamiento del carro de avance dentro del túnel.

Durante la pasantía se verifico a través de topografía el buen posicionamiento del solado, instalación y posicionamiento de los rieles dentro del túnel.

*Ilustración 17*Figurado de hierro en arquetas agua de infiltración



Fuente: Propia

Ilustración 18 Formaletas para fundición de arquetas para derrame de aceites



Fuente: Propia

Ilustración 19 Figurado y conducto para aguas de infiltración



Fuente: Propia

Ilustración 20 Inspeccion de fundida de arquetas en concretos



Fuente: Propia

Durante los procesos de REVESTIMIENTO con carro de avance se realizó seguimiento a cada proceso constructivo que conlleva la actividad dentro de estos procesos recalcamos:

Postura completa de impermeabilización en bóveda dentro del túnel

Sin la realización previa de la impermeabilización no se podrá hacer la puesta del carro de avance ya que resulta ser una actividad dependiente de la misma.

Solados

Se realizan solados para secciones tipo SC-V y SC IV de espesor mínimo 15 cm debido a las especificaciones técnicas tanto para asegurar un mejor manejo de niveles en la fundición de la viga base como para evitar los diferentes asentamientos en el suelo.

Viga riel

Mecanismo por el cual se permite el posicionamiento del carro de avance a través de rieles previamente instalados en solado de concreto de 14 MPa.

Viga base

Sirven como muros guías y soporte para la instalación y postura del carro por ende es de vital importancia la revisión topográfica de los mismos para el posterior anclaje del carro de revestimiento estos son fundidos a través de concreto armado de resistencia 28 MPa.

Contra bóveda

Se usa para tratamientos de suelos categorizados como SG -V lo cual hace referencia a suelos de muy baja resistencia donde previamente se construye a nivel de soporte los denominados invert.

Relleno de material seleccionado

Sirve como soporte para el peso ejercido por el carro y el concreto a fundir.

Revestimiento de la Bóveda

Se considera como la postura del carro de avance en tramos de 15 metros, en los cuales se contemplara la instalación de una bomba de hormigón encargada de vaciar el concreto dentro de la postura del carro de revestimiento, el carro de revestimiento cuenta con sistemas de vibrado, ventanas de supervisión, motor hidráulicos sistemas con los cuales se garantizara la correcta instalación del concreto de revestimiento dentro del túnel.

Desencofrado

Se realiza una vez se libera la resistencia mínima específica del concreto, este se debe asegurar mediante la instalación de pernos los cuales ayudaran a la parte hidráulica del carro de avance al sostenimiento de las claves del encofrado del carro de avance realizándose una limpieza exhaustiva de láminas de encofrado.

Cárcamos

Se realiza la construcción de cárcamos en concreto armado sobre la viga base en las cuales se verifican las dimensiones de vacíos dentro de ellas las cuales son necesarias para posterior instalación de sistema eléctrico dentro del túnel.

Revisión topográfica

Verificación de sección del concreto en medidas estipuladas dentro de los parámetros de diseño.

La debida supervisión de los procesos constructivos de revestimiento se enfoca a la revisión de puntos estratégicos a tener en cuenta realizando un listado de los diferentes ítems que se trabajaron durante la pasantía.

Revisión de actas de liberación de proceso de impermeabilización

Supervisión de encofrados, figuración de hierros, correcto posicionamientos de Bastidores, regulación de concretos, superficie limpia y terminación de acabados.

Verificación del dimensionamiento de las rocas llenado, tendido y compactación de contra bóveda dentro del túnel.

Supervisión de postura de solado adecuada dentro de la sección necesaria para la postura de la viga riel.

Supervisión de la correcta y necesaria postura de la viga riel a través de perforaciones al solado a través de tornillos de fijación para evitar posibles movimientos durante el vaciado del concreto.

Verificación de postura a través de topografía para la correcta puesta en marcha de la fundida de concreto.

Supervisión de fundida de concreto realizando controles establecidos a concretos, tiempos de fundida y llegadas del concreto.

Puesta en marcha de equipos para determinación de edades tempranas en clave como lugar técnico para su buena determinación.

Corroboración del correcto funcionamiento de la parte hidráulica para posterior desencofrado del carro de revestimiento.

Solicitud de liberación topográfica para verificación de sección dentro del túnel.

Supervisión visual de acabados, fisuras y daños en el concreto posterior al desencofrado.

*Ilustración 21*Encofrado y postura de carro de avance



Fuente: Propia

*Ilustración 22*Fundida de carro de avance concretos provenientes CEMEX.



Fuente: Propia

*Ilustración 23*Instalacion malla electro soldada



Fuente: Propia

Ilustración 24 Supervisión Contra bóveda



Fuente Propia

La debida supervisión de los procesos constructivos de DRENAJES se enfoca a la revisión de puntos estratégicos a tener en cuenta realizando un listado de los diferentes ítems que se trabajaron durante la pasantía.

Se realiza la supervisión en localización de arquetas cada 50 metros para aguas de infiltración y cada 100 metros para aguas grasas, colectores desde tubo dren del proceso de impermeabilización a colector de arquetas cada 25 metros.

Debido a afloramientos de agua de infiltración en contra bóveda se realiza la implementación de inyecciones de poliuretano a presión para controlar y desplazar estas aguas a su vertiente original sin embargo al no poderse controlar totalmente se implementa la solución de un canal francés en el eje de calzada en lo cual se interviene con la revisión de postura de colector principal, medición de rocas para función de filtros, postura de geotextil en la contra bóveda para posterior rasante y sub rasante.

Ilustración 25 Tendido de piedra gavión filtro en canal francés



Fuente: Propio

Ilustración 26 Compactación de base con Vibro compactador



Fuente: Propio

Objetivo #4. Realizar seguimiento a los concretos y morteros utilizados en los revestimientos verificando el estado de estos previamente a su instalación.

Se realizó control de asentamientos y temperaturas para cada sección de revestimiento a fundir contemplando como parámetros variables asentamientos de 6 a 7 pulgadas para partes inferiores dentro del carro de revestimiento y concretos de 7 a 8 ½ para partes superiores del carro de avance

además de realización de cilindros cada 40 metros cúbicos de vaciado.

Se realiza un seguimiento y registros fotográfico de cada uno de los ensayos y toma de muestras hechos en obra para verificar su estado previo a su instalación según la norma vigente, Concreto lanzado en marcos Para el seguimiento al concreto se realiza un formato en cual se puede observar fecha, Planta de procedencia número de remisión ,asentamiento de salida de planta, temperatura de salida de planta ,asentamiento en obra, temperatura en obra, cantidad de fibra aplicada, muestras tomas y ubicación de instalación de cada mixer

Para control a edades tempranas se emplea mecanismo de CHARI con lo cual se nos permitió una simulación de temperaturas del concreto dentro del carro lo cual nos conlleva a la obtención mediante cilindros puestos dentro del mismo el fallo a edades tempranas alcanzando a un mínimo de 8 MPa, 10Mpa o 14 Mpa dependientes del tipo de seccion para liberación y desencofrado del carro de avance.

Control de asentamientos y temperaturas para construcción de arquetas, viga base y cárcamos dentro del túnel no se realiza control a solado de viga riel debido a que no se considera como elemento constructivo dentro del túnel.

Para la toma placas de absorción de energía o tenacidad se tiene en cuenta la norma NTC 5721 “(2009-10-21) Método de ensayo para la determinación de la capacidad de absorción de energía (tenacidad) de concreto reforzado con fibra”. la cual se toma en conjunto con cilindros bajo la norma NTC 550 “Ingeniería civil y arquitectura elaboración y curado de especímenes de concreto en obra”. y arteza de lanzado, la frecuencia con las que esta se deben tomar está reflejadas en el PPIE (Plan de inspección de ensayos).

Ilustración 29 Fallo a edades tempranas de concretos



Fuente: Propio

Ilustración 30 CHARI



Fuente: Propio

Ilustración 27 Fallo a edades tempranas de concretos



Fuente: Propio

Ilustración 28 CHARI



Fuente: Propio

Objetivo #5. Supervisar las etapas de ejecución correspondientes en el cronograma de actividades contribuyendo con conceptos ingenieriles que favorezcan el proceso de construcción.

En cumplimiento a este objetivo se realizaron cortes quincenales a las actividades realizadas dentro del túnel donde se plasma el inicio y fin de cada actividad a ejecutar. De igual

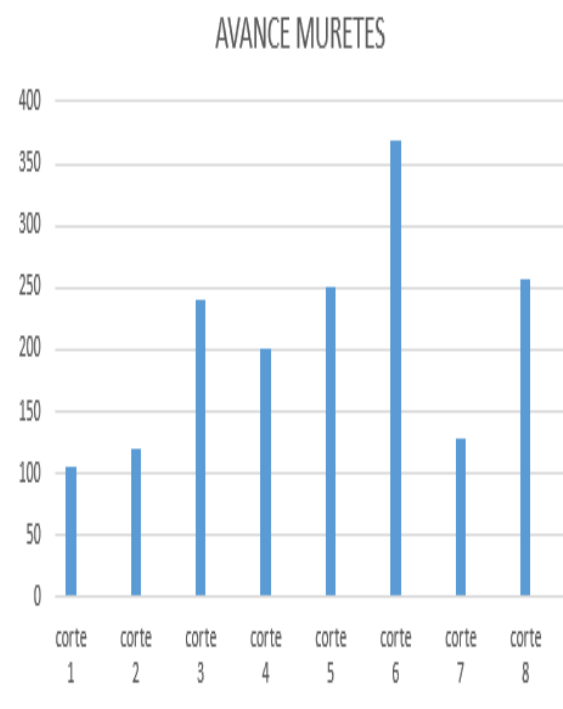
manera al finalizar la práctica empresarial se logra conocer el avance por actividad dentro del proyecto.

En cumplimiento a este objetivo se realiza un reporte quincenal el cual contemplaba avances en procesos de instalación de geotextil y geo membrana, fundida de carro de revestimiento, obras complementarias e intervenciones a anomalías presentadas además de presentar avances diarios continuos en revestimiento los cuales son presentados en anexos.

Se presenta grafica de avances quincenales permitiendo establecer la mayor producción dentro del tunel.

Tabla 2: Avance muretes o viga base en cortes quincenales

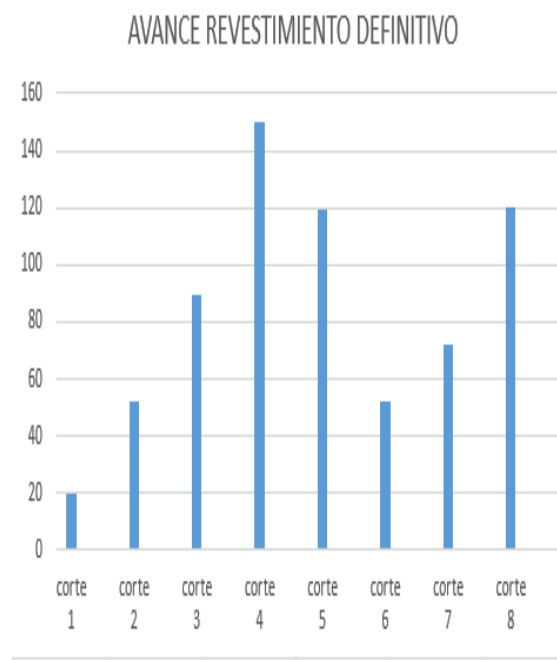
CORTES QUINCENALES	Fecha	ML
corte 1	15/06/2021	105.57
	30/06/2021	
corte 2	01/07/2021	119.39
	15/07/2021	
corte 3	16/07/2021	239.99
	31/07/2021	
corte 4	01/08/2021	201.48
	15/08/2021	
corte 5	16/08/2021	251.35
	31/08/2021	
corte 6	01/09/2021	368.17
	15/09/2021	
corte 7	16/09/2021	128.19
	30/09/2021	
corte 8	01/10/2021	256.2
	15/10/2021	



Fuente: Propia

Tabla 3: Avance revestimiento definitivo en cortes quincenales

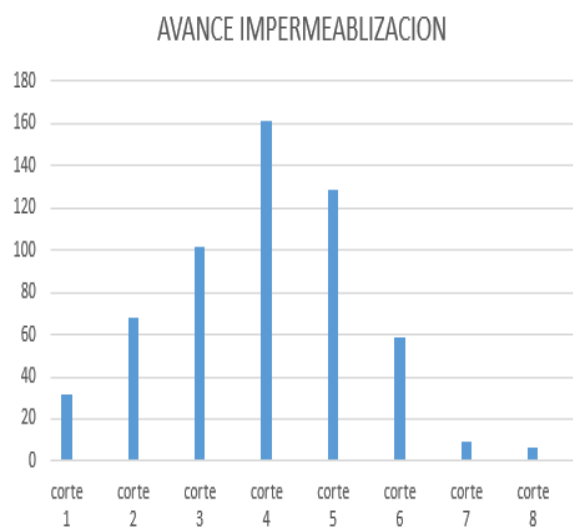
Corte	Fecha	MI
corte 1	15/06/2021	19.87
	30/06/2021	
corte 2	01/07/2021	52.34
	15/07/2021	
corte 3	16/07/2021	89.89
	31/07/2021	
corte 4	01/08/2021	149.6
	15/08/2021	
corte 5	16/08/2021	119.68
	31/08/2021	
corte 6	01/09/2021	52.36
	15/09/2021	
corte 7	16/09/2021	72.47
	30/09/2021	
corte 8	01/10/2021	120
	15/10/2021	



Fuente: Propio

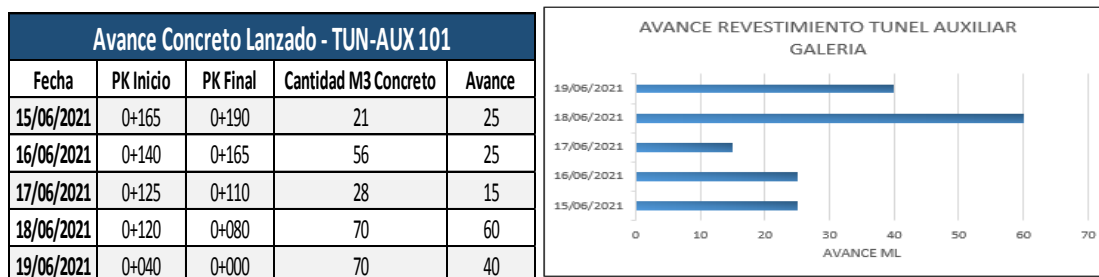
Tabla 4: Avance impermeabilización en cortes quincenales

Corte	Fecha	MI
corte 1	15/06/2021	31.87
	30/06/2021	
corte 2	01/07/2021	68.34
	15/07/2021	
corte 3	16/07/2021	101.89
	31/07/2021	
corte 4	01/08/2021	161.6
	15/08/2021	
corte 5	16/08/2021	128.68
	31/08/2021	
corte 6	01/09/2021	58.36
	15/09/2021	
corte 7	16/09/2021	9
	30/09/2021	
corte 8	01/10/2021	6
	15/10/2021	



Fuente: Propio

Tabla 5: Detalles de concreto lanzado de Revestimiento túnel auxiliar galería.



Fuente: Propio

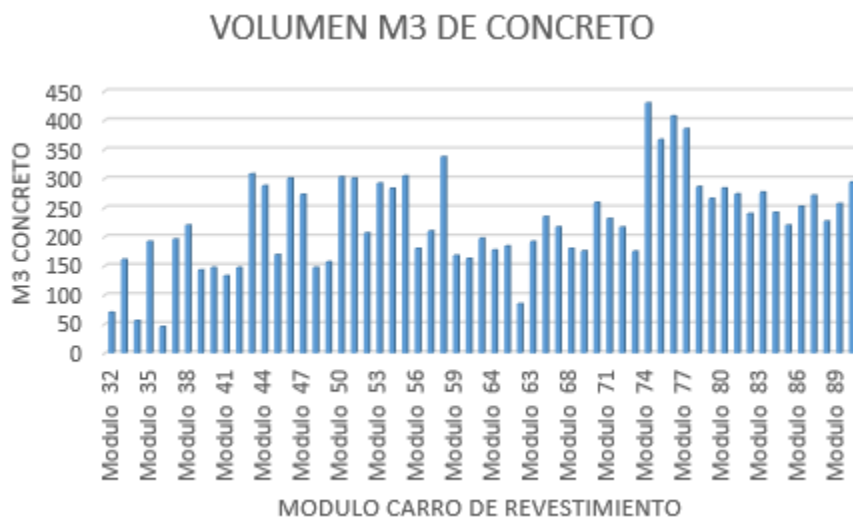
Objetivo #6. Calcular cantidades de obras, rendimientos y sus respectivos desperdicios.

Basándonos en información registrada en obra con la determinación de tiempos in situ se logran realizar cuadros de rendimientos para las diferentes actividades a realizar.

Con la ayuda de registros de asentamientos donde se especifica la cantidad de concreto por mixer a emplear se logra la obtención de las cantidades utilizadas para las diferentes actividades además de la ayuda topográfica para determinación de cubicación de concreto aproximado para posterior fundida.

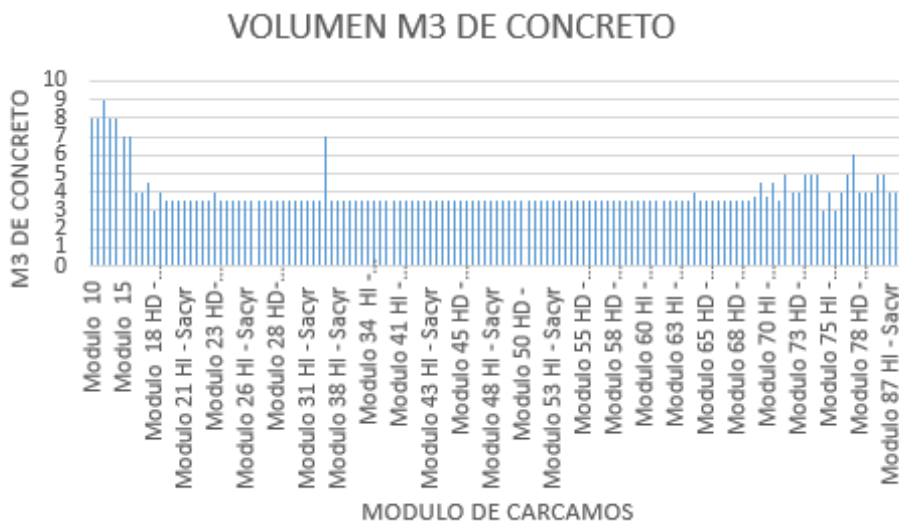
En las actividades de impermeabilización bajo la asistencia de bitácora de obra realizada durante la práctica se plasma la cantidad de implementos, utensilios y liberaciones durante la actividad con lo cual nos permitió llevar un registro idóneo de las cantidades de obra.

Tabla 6: Volúmenes de concretos vs módulos de revestimiento



Fuente: Propio

Tabla 7: Volúmenes de concreto vs módulos de cárcamos



Fuente: Propio

La determinación de cantidades de obra se maneja a través de formatos de acompañamiento a personal y su posterior diligenciamiento en Excel como medio facilitador para la suma y trazabilidad de los mismos.

La medición de los concretos usados para este proyecto remarca el control de temperatura, procedencia, asentamiento, observaciones, destino además de la actividad para la cual se va a

fundir para así lograr tener un control idóneo de todos los parámetros de calidad y cantidad durante la ejecución del proyecto.

La cantidad de material empleado para la impermeabilización del túnel se calcula a través de las fajas instaladas debido a que tanto el geotextil como la geo membrana siempre tienen las mismas dimensiones.

La cantidad de desperdicio es menor del 10% demostrando así que el personal es el idóneo para la ejecución de la construcción del túnel.

REVESTIMIENTO CARRO DE AVANCE						
PK INICIAL	PK FINAL	MOD	FECHA	T Hrs	Dis t(ml)	Rendimiento
59818	59833	77	13/10/21	18	15	0.83
59803	59818	76	11/10/21	20	15	0.75
59773	59788	74	05/10/21	22	15	0.68
				Rendimiento Promedio		0.75H/ml

Los rendimientos en fundida de carro de avance varían respecto a sobre excavaciones principalmente aunque también se tuvo en cuenta recorridos en llegada de concretos a obra, asentamientos del concreto debido a que en las partes inferiores de los axiales se deberá tener un concreto de mayor asentamiento para que su tiempo de fraguado sea menor.

IMPERMEABILIZACION						
PK INICIAL	PK FINAL	MOD	FECHA	THrs	Dist(ml)	Rendimiento
59986	59997	N/A	11/10/21	12	11	0.91666667
59966	59978	N/A	06/10/21	12	12	1
59924	59935	N/A	01/10/21	12	11	0.9167
				Rendimiento Promedio		0.94444444

Los rendimientos por parte de la empresa ASG se mantienen constantes teniendo un avance promedio frecuente más sin embargo cabe aclarar que el turno nocturno realiza adecuaciones necesarias como movimiento de material al lugar de instalación para así evitar pérdidas de tiempo.

VIGA BASE				
ACTIVIDAD	SECCION	T. Horas	Distancia (ml)	Rendimiento
POSTURA Y ENCOFRADO	SG-V	1.5	15.11	10.0733333
VACIADO DE CONCRETO		3.5	15.11	4.31714286
DESENCOFRADO Y LIMPIEZA		1	15.11	15.1100
		Rendimiento Promedio		9.83349206

Objetivo #7. Elaborar informes quincenales dando cuenta del avance del desarrollo de la práctica empresarial.

La vinculación de la universidad con la práctica empresarial nos permitió llevar un control como auxiliares de residentes en donde se pudo plasmar evidencias de los desempeños en las diferentes etapas y procesos constructivos durante la obra.

La presentación de informes quincenales se realizaron para mostrar los diferentes procesos a los cuales nos vimos involucrados desde planos, especificaciones, procesos constructivos, actas, aportes ingenieriles y problemas encontrados en obra y nuestro desempeño y nuestra capacidad de superar cada uno de estos procesos en campo.

7. Resultados

Garantizar el correcto funcionamiento de las actividades en obra para el cumplimiento de los procesos constructivos de acuerdo a las especificaciones técnicas en construcción de túneles según el método austriaco.

La presencia de planos para el entendimiento de figuración de hierros, localizaciones, dimensiones dentro de los procesos de impermeabilización y revestimiento del túnel se encuentra correctamente plasmados en el manual técnico del nuevo método Austriaco logrando el entendimiento de este manual y plasmándolo en obra se pudo concluir que todas las especificaciones técnicas se cumplen a cabalidad debido a los múltiples parámetros de calidad en sistemas de transporte de aguas de infiltración, monitoreo constante de obras complementarias y posturas del revestimiento definitivo usados durante la ejecución de la obra donde se permite garantizar a la población la duración, tiempo de vida útil prolongado de esta obra

Velar por la integridad física y mental del trabajador cumpliendo la normatividad vigente de acuerdo a la seguridad y salud en el trabajo.

El cumplimiento total de este objetivo se logra a través de charlas, capacitaciones y colaboración conjunta entre el área productiva y el departamento de seguridad y salud en el trabajo mediante la concientización, cultura y autocuidado del personal para mitigar índices de accidentalidad, enfermedades laborales y ausentismo demostrando en cada uno de los indicadores del SG-SST donde no se presentan hallazgos de accidentes laborales y fatalidades.

Supervisar los correctos procedimientos en los procesos constructivos de impermeabilización, revestimientos y drenajes dentro del túnel.

Gracias a la supervisión constante a todos los procesos constructivos relacionados a actividades de impermeabilización, revestimiento y calidad de suelos se logra el cumplimiento de avance diario estipulado sin la presencia de errores que pudiesen causar daños a elementos estructurales llevados a tal punto como la demolición.

La supervisión de estos procesos conlleva a mejoras de rendimientos debido a cambios en el trabajo de cuadrillas empleadas corrigiendo modos de construcción erróneas, localización de acopio de materiales, mejora de herramientas, implementación de áreas de calidad, liberaciones topográficas y consideraciones técnicas empleadas en cada zona.

Realizar seguimiento a los concretos y morteros utilizados en los revestimientos verificando el estado de estos previamente a su instalación.

El control de asentamientos, temperaturas, paneles de absorción y cilindros de concretos implicó un parámetro base para la contemplación de errores presentados en el momento de verter el concreto permitiendo demostrar que la fluidez, componentes y aditivos del concreto son los ideales para la construcción tanto de carro de revestimiento, cárcamos, muretes y contra bóveda certificando así que los concretos no representaron ningún tipo de patología en la estructura.

Supervisar las etapas de ejecución correspondientes en el cronograma de actividades contribuyendo con conceptos ingenieriles que favorezcan el proceso de construcción.

El control de avance durante informes quincenales, bitácoras de obra y notificaciones permitió tener una organización práctica para el control de actividades diarias realizadas en la

obra plasmando y permitiendo identificar el rendimiento de cada cuadrilla respecto a cada actividad y a su vez la calidad de los materiales, herramientas y equipos durante la ejecución de procedimientos para lo cual se concluye que las buenas prácticas en base a las especificaciones técnicas, estado de la indumentaria y buena disposición del talento humano logran cumplir con un cronograma y un avance previamente establecido

Calcular cantidades de obras, rendimientos y sus respectivos desperdicios.

Los cálculos de cantidades de obra se realizaron mediante el control diario de formatos establecidos previamente donde se resalta la cantidad de concreto, destino, procedencia y resistencia de diseño permitiendo así llevar el control de cantidades dentro de la obra; los rendimientos se concluyen a través de cortes quincenales donde se presentó el avance de obra respecto al tiempo empleado la ayuda contemplada por el equipo de topografía para la cubicación de elementos permitieron que los desperdicios en obra fueran mínimos.

Los imprevistos dentro de la obra generaron retrasos dentro de la obra sin embargo no se denotaron como imprevisto sino como falta de preparación lo que conllevó a un retraso de aproximadamente 10 días dejando así una enseñanza de la importancia de los estudios previos y análisis de mercadeo antes de licitar dentro de un proyecto.

Realizar informes quincenales al tutor donde se presenten los avances de módulos de impermeabilización, revestimientos y calidad de suelos con respecto a toda obra dentro del túnel dentro de la práctica empresarial.

La realización de informes quincenales logro evidenciar tanto cantidades dentro de la obra como los avances en los diferentes procesos mostrándonos regularmente el fluir de las

actividades dentro de la obra además de llevar un control de cantidades a utilizar y cantidades instaladas permitiéndonos así el cálculo del desperdicio.

Capacitación de charlas sobre el buen uso de elementos de protección personal y buenas practicas constructivas que serán requeridas como elementos para velar por la integridad física de los trabajadores y el cumplimiento de especificaciones técnicas de la obra.

Bajo el acompañamiento de personal capacitado en seguridad y salud en el trabajo se logró obtener durante el transcurso de la pasantía un equipo de trabajo sin accidentes gracias a las capacitaciones dadas, la supervisión del uso correcto de elementos de protección personal y la capacidad de soluciones a posibles incidentes a través de la señalización y correcta prevención inculcada al talento humano.

8. Conclusiones

En cada uno de los proyectos se cumplió con la implementación y el cumplimiento de las normas de seguridad establecidas en obra con la ayuda de la supervisión y charlas de 15 minutos que dan paso a la concientización de la implementación obligatoria de casco, gafas, tapa bocas, overol, guantes, botas punta de acero etc...

De esta manera queda evidenciada la implementación de un registro fotográfico e informe de seguimiento de las actividades conjuntas que se requerían para la construcción de la impermeabilización, revestimiento y suelos dentro del túnel obteniendo un registro del avance con el fin de lograr tener una evidencia valida al momento de presentar problemas, buenas ejecuciones y correcciones durante los procesos constructivos del TUNEL PAMPLONA.

Se efectuaron de manera idónea el control de asentamientos a concretos premezclados según lo indica la norma NTC 369 teniendo como parámetro de diseño concretos de asentamientos de asentamiento de 8 ± 1 .Encontrándose una medida mínima de $7 \frac{1}{4}$ de pulgada y una máxima de $8 \frac{3}{4}$ de pulgada aceptándose de acuerdo a su funcionalidad dentro del carro de revestimiento.

A través de la experiencia en campo se evidencio el control y revisión de temperaturas obteniéndose una media ponderada de 28°C lo cual nos indica una media bien recibida para el comienzo de fraguado de los concretos dentro del carro de revestimiento.

La realización ensayos a tracción de pernos helicoidales instaladas con resina epoxica debido a altas sospechas de mal funcionamiento en las cuales se evidencio la falta

de resistencia de los pernos por lo cual como medida de corrección se instalaron pernos adicionales en la parte inferior y superior del perno fallado para la adecuada mitigación de esfuerzos del suelo.

De acuerdo al PPIE (Programa de puntos de inspección y ensayos) se llevó la inspección y revisión de la instalación del geotextil y geo-membrana verificando los traslapes permitidos entre ellos, además de pruebas de estanqueidad con gato hidráulico, para el cumplimiento de sostenibilidad de aire para evitar posibles filtraciones de agua a través de la verificación de escapes de aire dentro de la prueba.

La información presentada nos lleva a concluir el correcto funcionamiento del carro de revestimiento en temas de bombeo, vibrado, fraguado y acabados dentro del túnel durante el vaciado de concreto, se revisó que los agregados superiores a los permitidos por el diseño fueran separándose de la mezcla original, el vibrado dentro del carro se llevó a cabo a satisfacción debido a los monitores constantes proponiendo un vibrado de cada 28 m³ este dato obtenido a través de la experiencia del ingeniero a cargo del proyecto, la verificación de los tiempos de fraguado para desencofrado y postura de nueva sección se llevaron a cabo mediante la verificación del equipo C.H.A.R.I donde nos suministró los resultados de la resistencia, el cual cumple con una resistencia de 8 MPa cumpliendo con las especiaciones técnicas para desencofrado, limpieza y postura de nueva sección.

Para sintetizar se logró tener un resumen de actividades diario, quincenal y mensual de los avances en obra cumpliendo tiempos establecidos como complemento de rendimientos, materiales y talento humano expuestos durante el periodo en cuestión.

En virtud de lo estudiado se realizaron pruebas de densidades en capas de base y sub base cumpliendo con un porcentaje de compactación mínima de 95% según el artículo

360 del Invias para posteriores liberaciones y fundiciones de MR.

Se obtuvieron grandes experiencias a nivel profesional y personal debido a la gran cantidad de actividades de obra civil a la que se estuvo expuesto además de la generación de información, control y supervisión, cuestionamientos e indagaciones en el campo laboral.

9. Recomendaciones

Cada vez que se deba impermeabilizar una sección dentro del túnel se debe verificar el estado del concreto lanzado observando así posibles fallas estructurales, desprendimientos y sobre excavaciones, ya que al presentarse algunas de estas fallas podría ocasionar un derrumbamiento posterior del túnel.

La toma de núcleos en concretos estructurales nos puede permitir tener una visión más clara de los esfuerzos ocasionados por el lecho rocoso con lo que se podrá determinar el reforzamiento estructural adicional en el revestimiento para evitar posteriores grietas en el revestimiento.

La importancia de los ensayos durante cada periodo de la construcción de un túnel ya que se deben cumplir con parámetros de calidad que solo pueden ser deducidos por medio de ensayos.

Se debe verificar el buen funcionamiento del equipo CHARI debido a que la mala conexión del mismo retrasara la obra en temas de liberación del revestimiento definitivo.

La hidratación del concreto en las diferentes áreas de la construcción es indispensable para evitar posibles fisuras por retracción.

10. Bibliografía

Barqueros, I. (14 de 11 de 2009). Los túneles en Madrid. Obtenido de ecomovilidad.net:
<https://ecomovilidad.net/madrid/tuneles-madrid-metodos-clasicos/>

Das, B. M. (2001). Principios de ingeniería de cimentaciones (Vol. IV). (S. California State University, Ed.) Sacramento, California, E.E.U.U: Internacional Thomson Editores.

Ensayo de tenacidad y impacto. (2018). Obtenido de 2018:
https://www.researchgate.net/publication/328190098_ENSAYO_DE_TENACIDAD_O_I
 MPACTO 53 53

Galabru, P. (1965). Cimentaciones y Tuneles. (M. Velázquez, Trad.) Barcelona; Buenos Aires; Mexico: REVERTÉ.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas Para la presentación de trabajos de investigación. Sexta actualización. Santa fe De Bogotá D.C .ICONTEC, 2013.

Megaw, T. M., & Bartlett, J. (1988). Túneles; (planeación diseño y construcción) (Vol. I). Mexico: LIMUSA.

SACYR. (2020). MANUAL TECNICO EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO DE TUNELES. Pamplona.

Sanchez, A. L., Saenz, C., Soler, J., & Roggenbuk, K. W. (1972). Tuneles y Obras Subterranas. Barcelona: Editores Técnicos Asociados.

Sistemas de sostenimientos . (s.f.). Obtenido de Sistemas de sostenimientos :
[https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual_Tuneles/
CAP08.pdf](https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual_Tuneles/CAP08.pdf)

Vargas, M. D. (2001). Ingeniería de fundaciones (Segunda edición ed.). Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Vallejo, J. L. (2002). Ingeniería Geológica. En L. G. Vallejo, Ingeniería Geológica (pág. 516). Madrid .