SEGUIMIENTO A LA INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SOPORTE Y PRESOPORTE EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL TÚNEL BUENAVISTA II. DESDE EL K79+030 AL K79+191 EN EL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA NUEVA CALZADA ENTRE CHIRAJARA Y LA INTERSECCIÓN FUNDADORES”

PRACTICA SOCIAL, EMPRESARIAL Y SOLIDARIA

JUAN CAMILO TRUJILLO ORTIZ

ID 379424

cc BY NC ND

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIAS

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

VILLAVICENCIO, META

2021

SEGUIMIENTO A LA INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SOPORTE Y PRESOPORTE EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL TÚNEL BUENAVISTA II. DESDE EL K79+030 AL K79+191 EN EL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA NUEVA CALZADA ENTRE CHIRAJARA Y LA INTERSECCIÓN FUNDADORES”

PRACTICA SOCIAL, EMPRESARIAL Y SOLIDARIA

JUAN CAMILO TRUJILLO ORTIZ

ID 379424

Asesor Técnico

Ing. Nelson Eduardo González Rojas

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIAS

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

VILLAVICENCIO, META

2021

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma presidente del jurado

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

_____

Villavicencio, 30 de junio de 2011

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Dra. MARITZA RONDON RANGEL

Rector nacional

Dr. CÉSAR AUGUSTO PEREZ LONDOÑO

Director académico de la sede Villavicencio

Dr. HENRY EMIRO VERGARA BOBADILA

Subdirector de desarrollo institucional y financiero

Ing. RAUL ALARCON BERMUDEZ

Decano de la facultad de ingeniería Civil

Ing. SANDRA PATRICIA REYES ORTIZ

Coordinador de investigación del programa de ingeniería civil

AGRADECIMIENTOS

La infinita misericordia de DIOS ha permitido que hoy se haga realidad un sueño que con gran esfuerzo he forjado, cada nuevo día un nuevo reto de superación y el anhelo de ser profesional, siempre en bendición para lograr este sueño.

Juan Camilo Trujillo Ortiz

DEDICATORIA

Siempre existirá en mi mente y en mi corazón el agradecimiento a mi madre y mi abuela, los seres más maravillosos que DIOS me ha regalado, ellas mis compañeras de mil batallas, siempre el hombro para descansar y fortaleza para continuar cada nuevo día.

Juan Camilo Trujillo Ortiz

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 14

2. JUSTIFICACION 15

3. OBJETIVOS 16

3.1 OBJETIVO GENERAL 16

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16

4. DESCRIPCION DE LA METODOLGIA OPTADA EN PASANTIA 17

4.1 INFORMACIÓN GENERAL EMPRESA METROANDINA 18
4.1.1 CULTURA ORGANIZACIONAL METROANDINA 19
4.1.2 OBJETIVOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO 21
4.1.3 RESPONSABILIDADES EN EL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL 22

5. PRESENTACION DE LA PRÁCTICA 23

5.1 GENERLIDADES DEL PROYECTO 23

5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 24

6. DESARROLLO DE LA PRACTICA EMPRESARIAL PASANTIA 26

6.2 GENERALIDADES 27
6.2.1 NORMAS CONSULTADAS PARA ESTA GENERALIDAD 28
6.2.3 LAS CONDICIONES A CUMPLIR 28
6.2.4 LA CLASIFICACIÓN 29
6.2.5 LAS PARTES DE UN TÚNEL 30
6.2.3 LOS ELEMENTOS USADOS EN CONSTRUCCION DEL TÚNEL 31

7. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL TUNEL BUENAVISTA II 34

7.2 ANTECEDENTES 34

7.2 MARCO CONCEPTUAL 35

7.3 EL PROBLEMA 37

7.4 LA JUSTIFICACIÓN 37

7.5 PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN DE TERRENOS (RMR) 38

7.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPORTAMIENTOS TIPO (CT) Y EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DURANTE CONSTRUCCIÓN 39

7.6 COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA 40

7.7 PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA DE SOPORTE A IMPLEMENTAR DURANTE CONSTRUCCIÓN 40

8. DESCRIPCION DE LOS TIPOS DE ESTRUCTURA 45

8.1 ELEMENTO DE SOPORTE 45

8.2 REGISTRO AVANCE DE EXCAVACIÓN 50

8.3 DESCRIPCION PROCESO DE AVANCE 55

8.4 SISTEMA DE SOPORTE POR AVANCE 59

8.5 ANALISIS DE LA DEFORMACIÓN DEL TERRENO 62

8.5.1 Medidas de Mitigación 63

9. ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA 64

10. CONCLUSIONES 65

11. RECOMENDACIONES 66

12. ANEXO REGISTRO FOTOGRAFICO 67

LISTA DE TABLA ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Cultura Organizacional Metroandina 19
Ilustración 2. Estructura Organizacional 21
Ilustración 3. Malla vial del proyecto 23
Ilustración 4. Sectorización carretera Bogotá - Villavicencio 24
Ilustración 5. https://coviandina.com/doble-calzada-chirajara-fundadores.....25
Ilustración 6. Planta Proyecto Unidades Funcionales 25
Ilustración 7. Panorámica Portal Bogotá, Túnel Buenavista II PB -23/03/2021.....26
Ilustración 8. Sección Transversal Típica de un Túnel 27
Ilustración 9. Aspecto General Túnel en Servicio 29
Ilustración 10. I. Partes del Túnel. Durante proceso de excavación 30
Ilustración 11. Partes del Túnel. Sección Dibujada.....30
Ilustración 12.Partes Túnel Terminado 31
Ilustración 13. Avance de Excavación 33
Ilustración 14. Planta y perfil Diseño Túnel Buenavista II.....35
Ilustración 15. https://revistavial.com/la-practica-austriaca-de-construccion-de-tuneles-por-el-metodo-convencional/ 42
Ilustración 16. https://www.youtube.com/watch?v=ZNQU0iOxec4 42
Ilustración 17. Secuencia Método de Excavación 43
Ilustración 18. Sistema de Voladuras 45
Ilustración 19. Modelo Cercha Tipo 140 46
Ilustración 20. Modelo Cercha Tipo 70B 47
Ilustración 21:Plano Taller Cercha Tipo I 48
Ilustración 22. Detalles Cercha.....48
Ilustración 23. Puntos de Adherencia y anclaje de la cercha 49
Ilustración 24. Detalle Conexión Cercha 140 49
Ilustración 25. Detalle Conexión Cercha 70A 50
Ilustración 26 Detalle Cercha 70A G2.....50
Ilustración 27. Hoja de Excel Avance de Obra 51
Ilustración 28.Vista en Planta Avance Excavación.....51
Ilustración 29. Control Secuencia de Excavación 52
Ilustración 30. Formato Parte Diario Concesionario 53
Ilustración 31. Registro Cambio de Terreno.....54
Ilustración 32. Detalle Secciones de Cercha.....55
Ilustración 33 Sección Transversal Instalación de Pernos 56
Ilustración 34Vista en Planta Localización Pernos por Avance.....57
Ilustración 35. Marcación Proceso y Avance. Turno 58
Ilustración 36. Tipo de Soporte. Peso.....59
Ilustración 37. Diferentes Tipo de Soporte Tipo de Terreno 60
Ilustración 38. Matriz Instalación del soporte.....61
Ilustración 39. Avance en proceso de excavación. 65

LISTA DE FOTOS

FOTO 1. PORTAL TUNEL BUENAVISTA - SENTIDO BGOTÁ 67
FOTO 2. AVANCE PROCESOD E EXCAVACIÓN FRENTE BOGOTÁ....67
FOTO 3. ACTIVIDAD INSTALACIÓN ENFILAJE....68
FOTO 4. INYECCION DE 69
FOTO 5.FRENTE DE EXCAVACION - LANZADO SECUNDARIO....69
FOTO 6. TABLERO DE AVANCE 70
FOTO 7. TIEMPO AVANCE DE EXCAVACIÓN 70
FOTO 8. EXCVACIÓN SECCIÓN SUPERIOR Y BANCA 71
FOTO 9. RETIRO MATERIAL DE EXCAVACIÓN 72
FOTO 10. CONCRETO LANZADO PRIMARIO EN FRENTE DE OBRA....72
FOTO 11. LANZADO PRIMARIO EN FRONTON 73
FOTO 12. PANORÁMICA AVANCE DE EXCAVACIÓN 73
FOTO 13. SELLO DEL FRONTON Y BANCAS 74
FOTO 14. CERCHAS INSTALADAS - PENDIENTE PERNOS....74
FOTO 15. PERNOS TORQUEADOS - CERCHA INSTALADA 75
FOTO 16. SONDEO CON RECUPERACIÓN 75
FOTO 17. MUESTRAS DE SONDEO EXPLORATORIO....76
FOTO 18. INSTALACIÓN CERCHA EN BANCA 76
FOTO 19. LANZADOPRIMARIO EN BANCAS....77
FOTO 20. INSTALACIÓN CERCHA EN SOLERA 77
FOTO 21. INSTALACIÓN DE CERCHAS Y LANZADO PRIAMRIO EN SOLERA 78
FOTO 22. INSTALACION DE PERNOS 78
FOTO 23. PERFORACION PARA INSTALACIÓN PERNOS 79
FOTO 24. TORQUEO DE PERNOS EN SECCIÓN SUPERIOR 79
FOTO 25. LANZADO SECUNDARIO FRONTON 80
FOTO 26.PANORÁMICA ACTIVIDAD 80
FOTO 27. INSTALACIÓN DE PERNOS SECCIÓN SUPERIOR 81
FOTO 28. EQUIPO Y MAQUINARIA EN OBRA 81
FOTO 29. MARCACIÓN PARA ENFILAJES 82
FOTO 30. INSTALACIÓN Y TORQUEO DE PERNOS SS 82
FOTO 31. UNIÓN SOLERA. BANCAS....83
FOTO 32. SOLDADURA CERCHAS SS - BANCA....83
FOTO 33. ASPECTO GENERAL DE AVANCE 84
FOTO 34. SELLO DEL FRONTON E INSTALACIÓN DE CERCHA 84
FOTO 35.JORNADA DE ACTIVIDAD EN FRENTE DE OBRA 85
FOTO 36. ACTIVIDADES DE REVESTIMIENTO TÚNEL. 85
FOTO 37.INSTALACIÓN GEOMEMBRANA REVESTIMIENTO....86
FOTO 38. INSTAALCIÓN DE ACERO PARA REVESTIMIENTO....86
FOTO 39. CARRO DE AVANCE EN REVESTIMIENTO 87
FOTO 40.PANORÁMICA AVANCE DE REVESTIMIENTO 87

RESUMEN

El desarrollo de grandes proyectos de ingeniería en nuestra región ha permitido que estudiantes de ingeniería civil logren fortalecer los conceptos aprendidos en la formación académica y conocer el proceso constructivo del túnel Buenavista II, se realizó practica bajo la modalidad de practica social, empresarial y solidaria en la empresa CONSORCIO METROANDINA, que ha firmado convenio educativo para apoyar la formación del estudiante que se enfrentara a su vida profesional. En este informe se realizará descripción del proceso de instalación del sistema estructural de soporte y pre soporte en la construcción del túnel Buenavista II, se afianzaron los conceptos presentados en los diseños y se adquirió la capacidad de evaluar los elementos implícitos en el proceso constructivo de un túnel.

ABSTRACT

The development of large engineering projects in our region has allowed civil engineering students to strengthen the concepts learned in academic training and learn about the construction process of the Buenavista II tunnel, an internship was carried out under the modality of social, business and solidarity practice in the company CONSORCIO METROANDINA, which has signed an educational agreement to support the training of students who will face their professional life. In this report, a description of the installation process of the structural support and pre-support system in the construction of the Buenavista II tunnel will be made, the concepts presented in the designs were consolidated and the ability to evaluate the elements implicit in the construction process of a tunnel.

INTRODUCCION

La excavación subterránea se ha convertido en un gran desafío para la ingeniería, este proyecto la CONSTRUCCION DE TUNEL BUENAVISTA II, debe enfrentar los desafíos de una región localizada al flanco de la cordillera oriental, con una variada geología, importante por sus recursos hídricos y orográficamente enmarcado por dos grandes regiones de importantes características a tener en cuenta al momento de planear la ejecución de excavaciones subterráneas proyectadas desde el nuevo método austriaco de túneles, conocido como NATM, método de construcción subterránea que basado en principios que buscan maximizar la capacidad de resistencia y soporte de un terreno. La experiencia de esta práctica empresarial permitió conocer una técnica que busca evaluar las condiciones del terreno, garantizar el sostenimiento mediante la instalación de soporte con estructuras metálicas para garantizaran resistencia, disminuir los costos, tiempo en el proceso y lo que marca la diferencia con otros métodos clásicos en la construcción de túneles es que permite la deformación del macizo rocoso antes de su proceder a su estabilización. En este informe se mostrarán los diferentes soportes usados y las condiciones encontradas en un fragmento de tiempo durante el desarrollo del proceso constructivo de túnel Buenavista II.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El departamento del meta se encuentra geográficamente muy bien localizado, sus condiciones de relieve quebrado y plano con diversidad de suelos ofrece un gran desarrollo de su economía aprovechable en su superficie de 85.635 km”, para el desarrollo económico de esta región se requiere garantizar las condiciones de desplazamiento con una importante infraestructura vial que garantice menos tiempo en el desplazamiento para la comercialización de sus productos, incentivar el turismo en una región que por su clima y vegetación hacen de este departamento un grato sitio de descanso, sus hermosas fuentes hídricas que despiertan anhelos por conocer y visitar. De esta forma surgen las razones más importantes y está creada la necesidad de construir la segunda calzada Bogotá – Villavicencio, y es entonces cuando se presentan los diseños mediante la propuesta por la figura Asociación Pública Privada, publicado en SECOP I, mediante el CONTRATO DE CONCESION 005-2015, el oferente con razón social CONCESIONARIA VIAL ANDINA S.A.S. COVIANDINA SAS, cuyo objeto del contrato se firmó bajo el compromiso “CONSTRUCCION DE UNA NUEVA CALZADA EN EL SECTOR CHIRIJARA FUNDADORES Y LA ADMINISTRACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA BOGOTA VILLAVICENCIO”, a hoy los metenses ven un avance de 87.35% en la ejecución del proyecto.

2. JUSTIFICACION

Los importantes proyectos de ingeniería ofrecen la oportunidad a la comunidad estudiantil de la región, de vivenciar mediante la pasantía los diferentes momentos en la ejecución de los procesos constructivos, es un despertar a la ingeniería en todos sus ámbitos como son la hidrología, las estructuras, las excavaciones subterráneas, las vías y lo más importante fue el fortalecer los conceptos adquiridos durante la formación de la academia. Fue importante la experiencia adquirida al permitirme participar de un equipo de trabajo desde el ámbito de los objetivos de la interventoría técnica, administrativa, financiera, ambiental social que se viene ejecutando en la empresa CONSORCIO METROANDINA, que mediante convenio abrió sus puertas para aportar en el fortalecimiento de los ideales de nuevos ingenieros que nacen a la vida productiva para ejecutar o dirigir los diferentes procesos constructivos inherentes a un proyecto de infraestructura. Es así como realizar el acompañamiento, seguimiento y control a las diferentes etapas de construcción del túnel Buenavista II fue labor que hoy deseo compartir desde la experiencia vivida, enfocada en la estructura de soporte usada en un tramo de excavación de este túnel.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Seguimiento a la instalación de los sistemas de soporte y pre soporte en el proceso constructivo del túnel Buenavista II desde el k79+030 al k79+191 en el proyecto “CONSTRUCCIÓN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA NUEVA CALZADA ENTRE CHIRAJARA Y LA INTERSECCIÓN FUNDADORES”

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el proceso constructivo de túneles mediante el Nuevo Método Austriaco de excavación subterránea.
- Comprender los diferentes elementos necesarios para dar soporte y sostenimiento a un túnel.
- Analizar las variables que modifican los estudios y diseños presentados en estudios iniciales.
- Realizar seguimiento mediante el registro fotográfico el avance del proceso constructivo del túnel Buenavista II.
- Entender el alcance y las funciones de la interventoría, en el cumplimiento de sus obligaciones contractuales.
- Aprender la elaboración de los diferentes informes de seguimiento y control a las actividades de ejecución.
- Conocer las variables que modifican el avance programado vs ejecutado según las diferentes condiciones del terreno.

4. DESCRIPCION DE LA METODOLGIA OPTADA EN PASANTIA

Para el desarrollo de la práctica empresarial se recibió el acompañamiento de los profesionales de cada área, se contó con toda la información del proyecto desde la propuesta técnica para el proceso constructivo de túneles presentada por la constructora hasta el seguimiento diario que registra el avance del proceso constructivo y se documenta en labores diarias de la interventoría constituida para dar cumplimiento con lo estipulado en el contrato Nº 365-2015, referente a la ejecución en el tercio final de la carretera Bogotá – Villavicencio, correspondiente a la construcción de una nueva calzada desde la vereda Chirajara hasta la intersección fundadores. Diciendo con esto que el primer paso fue la lectura de documentos técnicos que permitieran entender términos técnicos y ampliar los conceptos que se usan en el argot de la ingeniería.

La práctica empresarial visto desde el enfoque de la interventoría integral se desarrolla realizando el acompañamiento, seguimiento y control del cumplimiento contractual del contrato de concesión Nº005-20105, en la ejecución de las actividades estipuladas en el contrato y en representación de la Agencia de Infraestructura ANI, lo que me permitió conocer los procesos implícitos en el desarrollo de una obra tan importante para el desarrollo de nuestro departamento, como lo es la construcción del túnel Buenavista II y desde la óptica ingenieril una obra de gran importancia en nuestro país, ya que son 4.5 km iniciando desde la abscisa k77+846 al k82+388 con un diseño unidireccional y nueve galerías.

4.1 INFORMACIÓN GENERAL EMPRESA METROANDINA

La empresa CONSORCIO METROANDINA[1] es una empresa privada legalmente constituida cuyo objeto social y actividades económicas, también se encaminan al ejercicio de Interventoría integral de Contratos de Concesión, medición de indicadores de acuerdo con términos contractuales establecidos, definición de acciones necesarias para el logro de objetivos previstos contractualmente, realizando seguimiento y alerta del comportamiento de riesgos a las Entidades involucradas en la ejecución de Proyectos, obras y Concesiones en Colombia.

Realiza la INTERVENTORÍA TÉCNICA, ECONÓMICA, FINANCIERA, CONTABLE, JURÍDICA, ADMINISTRATIVA, OPERATIVA, MEDIO AMBIENTAL Y SOCIO PREDIAL DE LOS CONTRATOS DE CONCESIÓN BAJO UN ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO PRIVADA QUE SE DERIVEN DE LOS PROCESOS VJ-VE-APP-IPV-001-2015 Y VJ32-VE-APP-IPV-002-2015.

Quienes la conforman esta empresa, su organización y breve recuento de su historia y servicios. El **GRUPO METRO COLOMBIA S.A** fundado en septiembre de 1995, con la razón social **GMC INGENIEROS LIMITADA**, ha participado en importantes proyectos de ingeniería. Cuenta con profesionales especializados en áreas técnicas y administrativas de ingeniería, arquitectura, sociología, trabajo social, derecho, geología, contabilidad, administración, etc.

Ingeandina® es una empresa consultora de ingeniería que desde su llegada a Colombia se ha consolidado en distintas áreas como: Transporte, Minería y Edificación Pública, tanto en el ámbito público como privado.

La Multinacional **APPLUS** adquiere la empresa en el 2015 para complementar su operación en la región.

[1] https://www.consorciometroandina.com/

4.1.1 CULTURA ORGANIZACIONAL METROANDINA

Ilustración 1. Cultura Organizacional Metroandina

A continuación, se presenta la cultura organizacional de la empresa, definiciones de la misión, visión, valores, objetivos del sistema de gestión de calidad, política integral de gestión.

MISIÓN

Somos un Consorcio que le presta servicios a la Agencia Nacional de infraestructura (ANI), en el control, verificación, emisión de conceptos y apoyo para el desarrollo del Contrato de Concesión 005 de 2015, de acuerdo con los parámetros contractuales establecidos en el Contrato 365 de 2015 de Interventoría, esforzándonos por superar sus expectativas a través de la mejora continua.

VISIÓN

Finalizar el contrato 365 de 2015 de interventoría, distinguiéndonos por la excelencia en la calidad de los servicios que prestamos, con el fin de abrir nuevas oportunidades en el mercado a nivel organizacional.

VALORES

- Integridad: Desarrollamos la totalidad de nuestra gestión, de manera recta y honesta, evitando cualquier forma de corrupción e incumplimiento legal.
- Transparencia: Actuamos de manera abierta, inequívoca y clara.

- Imparcialidad e independencia: Evitamos toda situación y/o condición que genere el riesgo de pérdida de objetividad, que pueda generar desconfianza respecto a la motivación de nuestra organización en su actuar, independientemente de motivos económicos, comerciales o personales.
- Responsabilidad: Actuamos considerando las implicaciones de cada acción u omisión, asegurando un control eficaz y oportuno, sobre todo, de aquello de lo que seamos responsables a nivel contractual y leal.
- Excelencia: Perseguimos la mejora continua de las personas, la tecnología y del servicio prestado a nuestros clientes.
- Trabajo en equipo: Creemos en CMA, en lo que hacemos y cómo lo hacemos, por eso trabajamos todos hacia un mismo objetivo.

4.1.2 OBJETIVOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO

Representar a la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), para la adecuada ejecución del Contrato, apoyando mediante la emisión de conceptos de todas las áreas profesionales contratadas; a través de un equipo de personas idóneas y competentes.

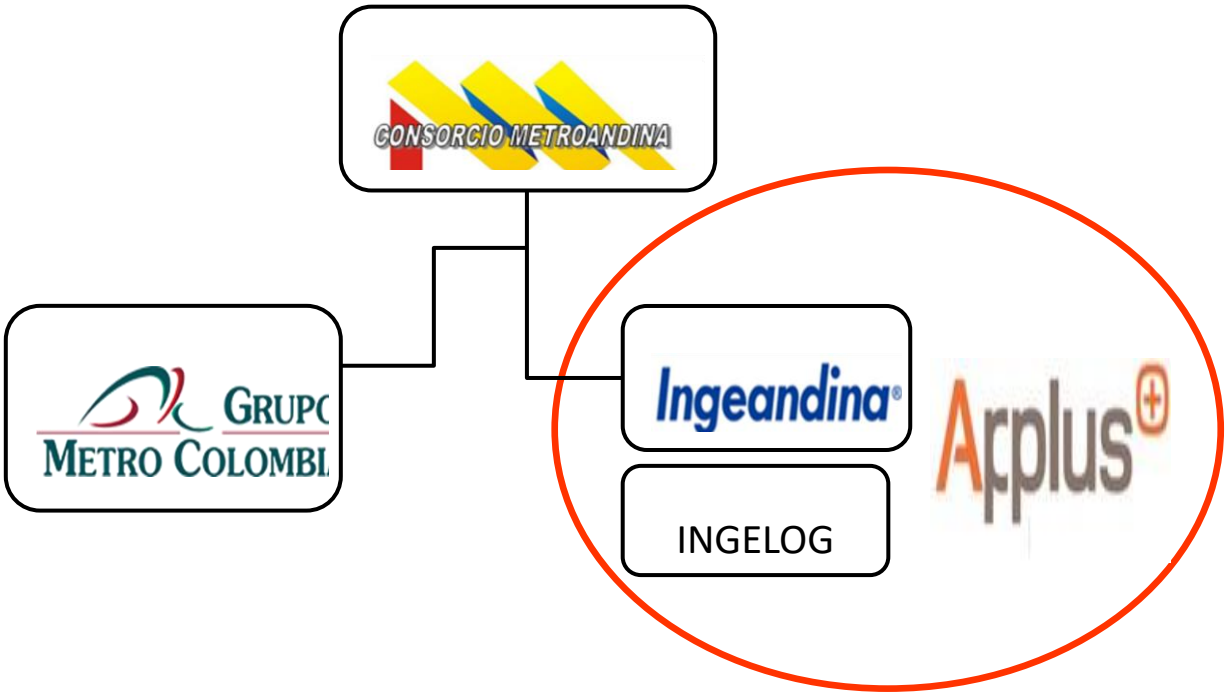


Ilustración 2. Estructura Organizacional

Informar y conceptuar a la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), en forma continua y periódica sobre el avance, problemas y soluciones presentadas en el desarrollo del Contrato, con el fin de garantizar la buena ejecución y calidad del Proyecto.

Garantizar la implementación del Plan de Gestión Integral y, asegurar el buen desarrollo y cumplimiento de las normas legales y corporativas, a nivel SST y de los programas ambientales aplicables al Proyecto.

4.1.3 RESPONSABILIDADES EN EL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL

- Apoyar en la implementación y el mantenimiento del Sistema de Calidad de la Interventoría
- Velar por el estricto cumplimiento del Sistema de Calidad de Interventoría, con su Gestión.
- Conocer el archivo documental - magnético del proyecto de Interventoría y Concesionaria.
- Apoyar, participar y/o atender en las auditorías internas y externas programadas por el proyecto y el Cliente (ANI).
- Atender las No conformidades generadas en su área.
- Participar activamente en el plan de capacitación y/o formación, programas HSEQ de Interventoría.
- Asegurar y verificar el cumplimiento de las funciones y responsabilidades del personal a cargo. (Evaluación de competencias)
- Implementar planes de gestión según corresponda al cargo en el proyecto.

5. PRESENTACION DE LA PRÁCTICA

La UNIVERSIDAD COOPEATIVA DE COLOMBIA Y CONSORCIO METROANDINA, establecen mediante la firma del convenio de código interno 10-2021-004, mediante acuerdo N° 219. 27 de octubre de 2014, la práctica social empresarial y solidaria para dar cumplimiento a la reglamentación para proyecto de grado como Ingeniero civil.

5.1 GENERLIDADES DEL PROYECTO

La Agencia nacional de Infraestructura ANI adjudicó el contrato de interventoría del proyecto Chirajara-Villavicencio al consorcio Metroandina, empresa que realiza la interventoría al proyecto cuyo objeto es: “CONSTRUCCIÓN DE UNA NUEVA CALZADA EN EL SECTOR CHIRAJARA - FUNDADORES Y LA ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA BOGOTÁ – VILLAVICENCIO.”, el desarrollo de este informe comprende el proceso de instalación de estructuras de soporte y pre soporte durante el proceso constructivo del túnel Buenavista II en un tramo comprendido desde la abscisa k79+030 al k79+191, portal Bogotá.

Ilustración 3. Malla vial del proyecto

5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Este proyecto se encuentra localizado a lo largo del corredor de la carretera Bogotá – Villavicencio iniciando en el PR0 acceso Bogotá, túnel Boquerón y culminando en el PR85.7 en la llegada a la intersección fundadores en el municipio de Villavicencio, cuyo objeto es la construcción, operación y mantenimiento de una nueva calzada entre Chirajara y la intersección Fundadores, así como la operación y el mantenimiento de todo el corredor Bogotá – Villavicencio. En la siguiente imagen se presenta la sectorización del proyecto dentro del marco de la red vial departamental.

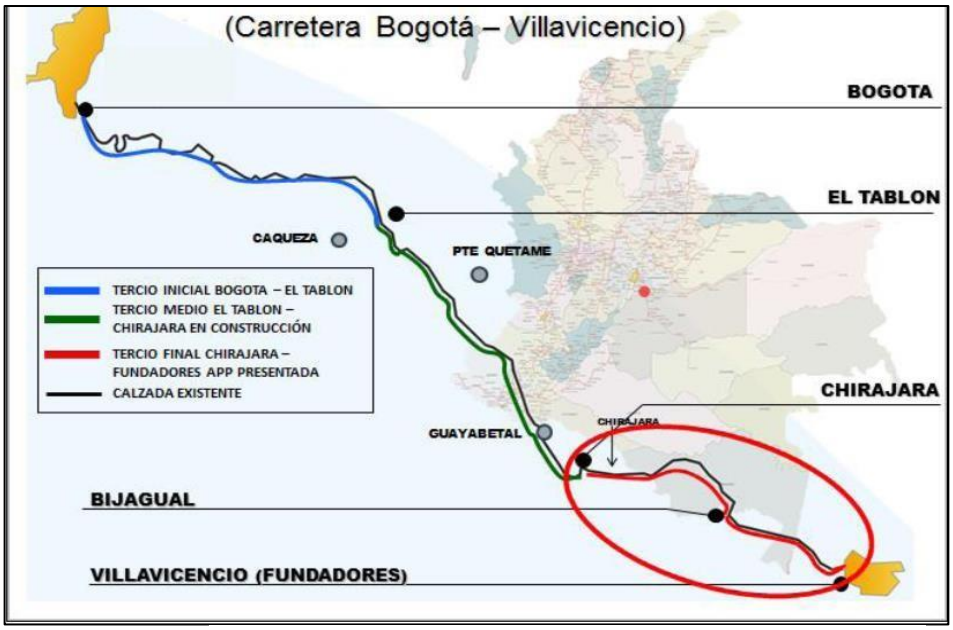


Ilustración 4. Sectorización carretera Bogotá - Villavicencio

Este proyecto se desarrolla en grades obras de ingeniería como son seis (6) túneles, veinte un (21) puentes, y vías a superficie, dentro de las obras mmás significativas, mediante contrato de concesión No. 005 del 09 de junio de 2015 en ejecución por la CONCESIONARIA VIAL ANDINA COVIANDINA y EDL SAS, avanzan en los procesos constructivos para entregar en funcionamiento este importante corredor vial de índole nacional.

Datos técnicos de la carretera Bogotá - Villavicencio

	ABSCISAS		PUENTES VEHICULARES		PUENTES PEATONALES		TÚNELES		INTERSECCIONES A NIVEL Y A DESNIVEL		TÚNELES DE EVACUACIÓN		VÍAS	TOTAL
	Inicio	Fin	(un)	(Km)	(un)	(Km)	(un)	(Km)	(un)	(Km)	(un)	(Km)	(Km)	(Km)
CALZADA EXISTENTE	K00+000	K85+600	50	5,3	7	0,6	5	7,8	4	2,13			72,59	87,7
DOBLE CALZADA	K34+100	K63+000	48	4,9	2	0,2	18	14,8	19	12,64	5	5,4	14,63	47,0
TERCIO FINAL	K63+000	K85+600	27	4,8	6	0,4	6	10,4	18	7,52	13	1,3	10,22	32,9
			125	**14,9**	**15**	**1,2**	**29**	**33,0**	**41**	**22,29**	**18**	**6,7**	**97,44**	**167,6**

Ilustración 5. https://coviandina.com/doble-calzada-chirajara-fundadores

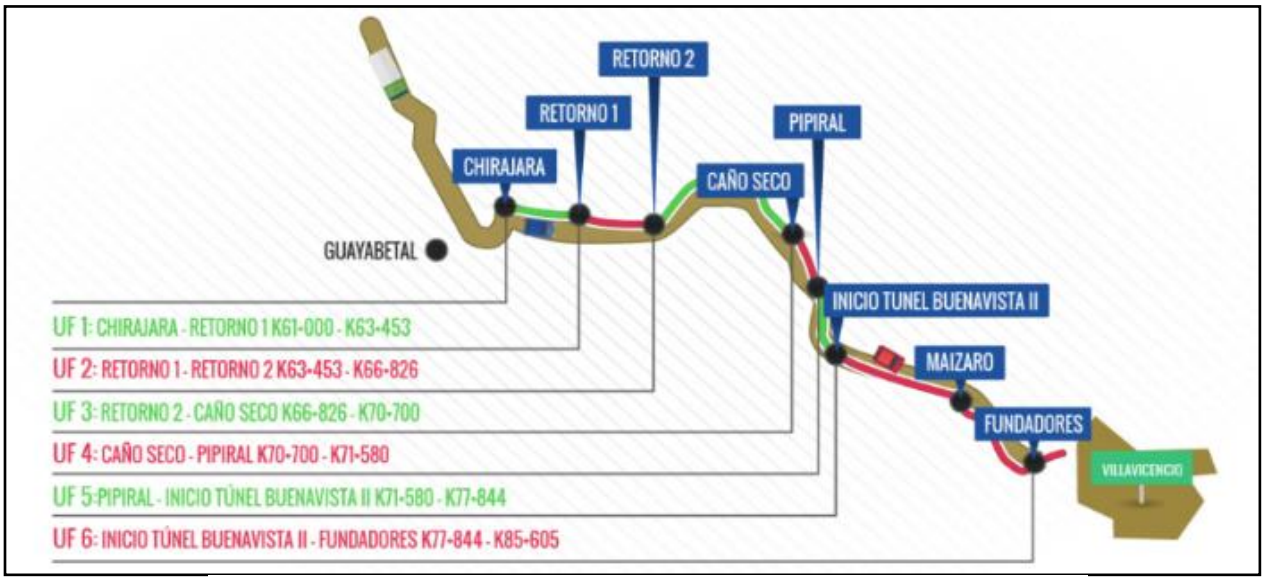


Ilustración 6. Planta Proyecto Unidades Funcionales

En referencia a mi práctica empresarial, la obra se desarrolla en la unidad funcional N.º 6, y es considerada una de las obras más importantes de este proyecto y centro de estudio para el desarrollo de este informe, se iniciará con un bosquejo general e introductorio de lo que refiere a este tipo de obras, sus características y demás elementos inmersos en el proceso constructivo teniendo como base los documentos técnicos presentados por la concesionaria COVIANDINA.

6. DESARROLLO DE LA PRACTICA EMPRESARIAL PASANTIA

Ilustración 7. Panorámica Portal Bogotá, Túnel Buenavista II PB -23/03/2021

La oportunidad de participar en el acompañamiento del proceso constructivo de una obra subterránea, me permitió conocer las diferentes etapas de construcción de este túnel, evidenciar la secuencia del proceso y constructivo, comprender los factores que inciden en el momento en que se define el soporte a instalar según las condiciones del terreno, este informe se enfoca en la instalación del soporte que dará el sostenimiento final a esta obra, buscando siempre minimizar los riesgos y manejar los costos. A continuación, las generalidades de un túnel y sus diferentes etapas y elementos.

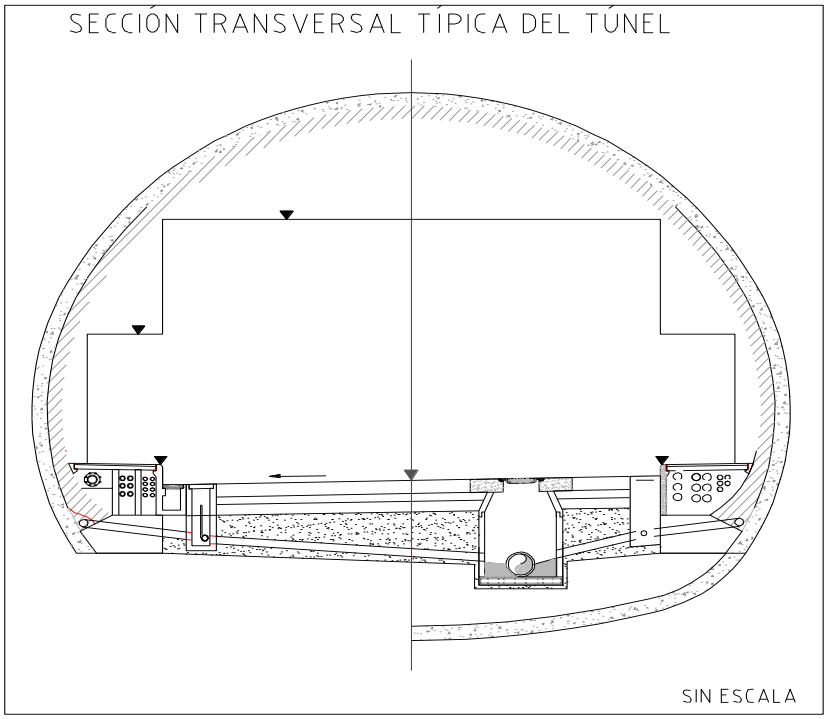


Ilustración 8. Sección Transversal Típica de un Túnel

6.2 GENERALIDADES

El túnel se encuentra clasificada dentro de la clase de obras subterráneas lineales, es construida en posición horizontal o inclinada, normalmente tienen una entrada y salida a superficie, dependiendo de su objeto se pueden clasificar en obras viales, hidráulicas, comunales mineros y especiales. A saber, para este informe nos concentramos en túneles viales los que se construyen con un destino y servicio de carretera, por lo que llaman en el lenguaje ingenieril túnel carretero. El túnel Buenavista II es una obra que se ejecuta atravesando un obstáculo montañoso del relieve correspondiente y cuya finalidad es acortar distancias y garantizar condiciones de seguridad en el desplazamiento, así como costos de movilización para la comunidad metense y sus municipios que se ven beneficiados para la venta de sus productos y fomentar el turismo.

La Definición: Según la RAE [2] “Vía subterránea abierta artificialmente para el paso de personas o vehículos”, es un tipo de infraestructura subterránea que permíteme la comunicación entre

[2] https://dle.rae.es/t%C3%BAnel

dos sitios para el transporte vehicular. Según su clasificación prestan funcionalidad para el paso de tráfico vehicular con una velocidad de diseño de 80 Km/h a lo largo del corredor vial,

En referencia a este informe nos corresponde entenderlo como una excavación subterránea cuyo objetivo primordial es prestar un servicio óptimo en la comunicación de dos lugares y el cumplimiento con elementos de gran importancia como son los sistemas ITS, Los sistemas Hidráulicos, la estructura de vía, el revestimiento final garantizando la seguridad del túnel.

6.2.1 NORMAS CONSULTADAS PARA ESTA GENERALIDAD

- La normativa española IOS"98.
- Norma técnica complementaria a la IOS"98 de aplicación en Barcelona.
- (CETU) Es la normativa más restrictiva y completa que existe en la actualidad a nivel europeo, normativa francesa realizada por el Centro de estudio de los túneles.
- Normatividad (PIARC) (Asociación Internacional Permanente del Congreso de Carreteras)
- Manual AIPCR de túneles de carreteras - U.S.A. o NFPA 502 – Norma nacional para seguridad frente a incendios en túneles de carretera- estados unidos.
- Normas técnicas sobre túneles,1.991 – Japón

6.2.3 LAS CONDICIONES A CUMPLIR

Este tipo de obra debe garantizar condiciones de servicio y funcionalidad tanto en el momento que se entrega a servicio como en el proceso de su construcción y son las siguientes:

- Seguridad a los usuarios

Garantizar el uso y la instalación de sistemas ITS

Los equipos necesarios serán los más apropiados

Mantenimiento apropiado y en la frecuencia establecida.

Ilustración 9. Aspecto General Túnel en Servicio

6.2.4 LA CLASIFICACIÓN

Si es considerado por su ubicación geográfica física se tienen:

- Túneles en Montaña
- Túneles en Plano

Por su longitud se tienen:

- Cortos: Longitud no supera 500m
- Medianos: Longitud esta entre el rango de 500 a 2000m
- Largos: Longitud entre 2 y 5 Km
- Muy largos: Longitud supera los 5 km

Para nuestro caso particular el túnel Buenavista II tiene una longitud de 4.5 km y nueve galerías, diseñado en un solo sentido, esto lo clasifica en largo, con sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) y electromecánicos, que serán puestos a prueba y certificados por un miembro perteneciente al Comité de Túneles de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC) y pintura especial que mejora la reflectividad, iluminación 100% LED.

6.2.5 LAS PARTES DE UN TÚNEL

Un túnel se encuentra dividido en tres partes Bóveda, Hastial y Contra bóveda. Se conocen con otros nombres

- Bóveda – Sección Superior – Clave
- Hastiales – Bancas –
- Contra bóveda – Solera

Ilustración 10. I. Partes del Túnel. Durante proceso de

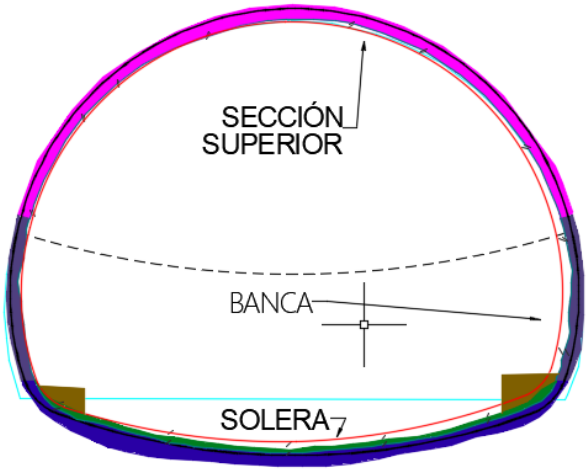


Ilustración 11. Partes del Túnel. Sección Dibujada

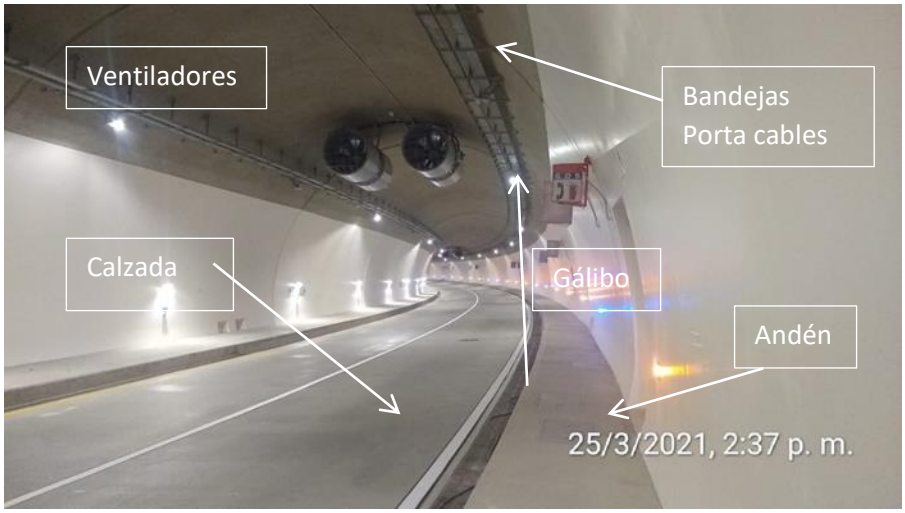
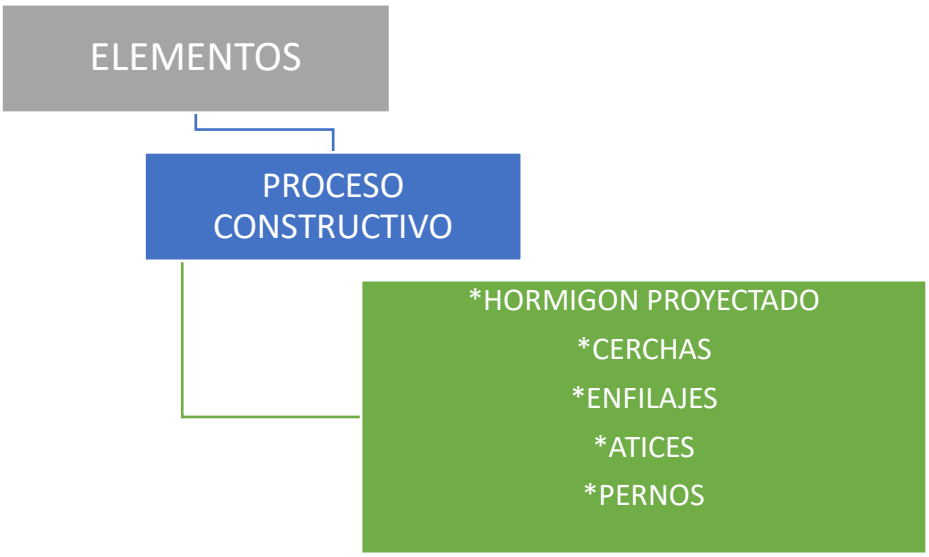


Ilustración 12.Partes Túnel

6.2.3 LOS ELEMENTOS USADOS EN CONSTRUCCION DEL TÚNEL

Se exponen a continuación los elementos usados en el proceso constructivo del túnel Buenavista II.



6.2.3.1 HORMIGÓN PROYECTADO, CON FIBRA

Corresponde a una mezcla cementicia también conocido como concreto neumático, es uno de los elementos de los sistemas de soporte, definida por un diseño de mezcla en que se garantizan proporciones de cemento, aditivos y fibra que aporta las condiciones de adherencia, protección al proceso final que es el revestimiento de la bóveda del túnel.

6.2.3.2 CERCHAS

Son elementos de acero que componen el sistema de soporte, son colocados inmediatamente después de la excavación para cumplir el objetivo fundamental de rigidizar el sistema de soporte y controlar las deformaciones del macizo rocoso. El concreto neumático y la cercha son los encargados de garantizar el soporte del túnel.

Estos elementos se instalan cumpliendo los requisitos geométricos de la excavación para cada sistema de soporte, su diseño se establece en los planos y se define teniendo en cuenta el comportamiento encontrado en el avance de excavación y cumplen con las siguientes características definidas por el comité de profesionales que realizan seguimiento del comportamiento del macizo.

6.2.3.3 ENFILAJES

El avance en el proceso de excavación determina la necesidad de instalar estos elementos de soporte, se instalan con anterioridad a la excavación de la sección del túnel en tramos en los que las condiciones del terreno tienden a producir sobre excavaciones, colapso o caída de material después de la excavación. Se instalan de forma local o sistemática cuando las condiciones geológicas o geotécnicas del frente de excavación así lo requieran y de esta forma garantizar la seguridad de la actividad de excavación y prevenir desprendimientos de material que luego requieren el llenado antes de instalar el soporte.

6.2.3.3 ATICES

Su función es la de brindar estabilidad temporal, son instalados tanto en la clave como en el área cercana al frente de excavación, consiste en barras de acero dispuestas en dirección del eje en una perforación previa preparada con lechada de cemento. Los materiales usados son varilla de acero corrugado con un diámetro mínimo de 32 mm o tubería de acero de diámetro de 50 mm y un espesor de pared de 5mm.

6.2.3.3 PERNOS

Según las especificaciones particulares creadas para este proyecto su instalación es local con un patrón sistemático en la clave, paredes laterales y solera, estos elementos se consideran

soporte primario o pre - soporte en cuanto a longitud y ubicación de pernos de anclaje se instalan de acuerdo al comportamiento del sistema esperado (analizado durante las Reuniones para el análisis del comportamiento de la excavación y riesgo geológico).

Ilustración 13. Avance de Excavación

7. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL TUNEL BUENAVISTA II

7.2 ANTECEDENTES

Los estudios previos realizados para el diseño y construcción del túnel Buenavista II, fueron elaborados por la CONCESIONARIA VIAL ANDINA S.A.S su estudio presentó descripción de una topografía montañosa-escarpada con pendientes máximas de (6.0%) y pendientes transversales del orden de 50.0% durante la mayor parte del recorrido. Hablar de túneles es evocar la historia que enmarca estas obras y referir los inicios en la minería y surge tras una necesidad del hombre por mejorar sus medios de comunicación y el desafiar la naturaleza en querer atravesar un macizo montañoso[3]. Seguidamente es nombrar las técnicas más empleadas a la hora de túnelar, y para este caso en particular se realiza mediante el nuevo método austríaco El método de excavación usado en este proyecto es el NATAM, Nuevo Método de Tunelación Austríaco (**New Austrian Tunneling Method**- NATM, por sus siglas en inglés)[4], en la que se busca aprovechar la resistencia del terreno para soportar la estructura, los informes geológicos y de geotécnicos definieron el sistema de soporte que se requiere instalar y el ítem de obra para túnel, se ejecuta mediante maquinaria o por voladura, la decisión del sistema a usar depende de las condiciones del macizo rocoso. La concesionaria presenta especificaciones particulares para la construcción de túneles en la que registran la salvedad "Estas especificaciones particulares aplican para actividades/ítems donde las especificaciones generales de INVIAS no sean aplicables; teniendo en cuenta que los procesos de excavación de túneles. Según estudios realizados por la constructora se definió realizar excavación pro el método Austriaco, cuyas características se citan a continuación: "*Fue desarrollado y patentado por Rabcewicz a mediados del siglo XX. Tiene su base en la construcción de túneles a bajo costo durante la Segunda Guerra Mundial, y fue presentando en 1962 en Salzburgo (Austria), por su filosofía se encuadraría entre los métodos de sostenimiento de túneles, pero englobando las distintas etapas de la ejecución, buscando aprovechar la capacidad autoportante del terreno y que éste colabore en la resistencia del conjunto, resultando sistemas de sostenimiento lo más*

[3] https://www.academia.edu/25052471/Historia_de_los_t%C3%BAneles_y_su_evoluci%C3%B3n_hist%C3%B3rica
[4] https://revistavial.com/la-practica-austriaca-de-construccion-de-tuneles-por-el-metodo-convencional/

económicos posibles, consiguiendo estructuras estables. En esencia, se aplica un sostenimiento inicial, y con posterioridad, se aplicará un sostenimiento secundario o de refuerzo si fuese necesario. En terreno de escasa competencia, la premura en la colocación, del sostenimiento primario deberá ser superior aquellos en los que se trabaje con terrenos semiduros…"[5]. El siguiente es un video ilustrativo que describe este método. hhps://www.youtube.com/watch?v=AOo9Tg7697M.

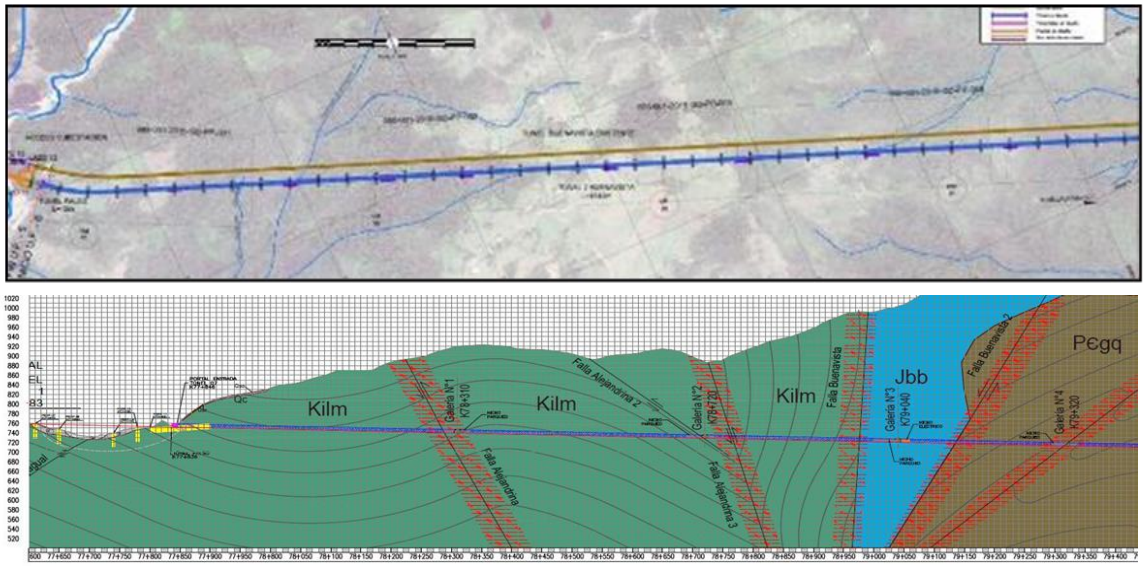


Ilustración 14. Planta y perfil Diseño Túnel Buenavista II

7.2 MARCO CONCEPTUAL

La construcción del túnel Buenavista II, es considerada una importante obra de ingeniería, para su diseño se realizaron estudios previos del macizo rocoso a intervenir puesto que de sus características se define el comportamiento esperado al iniciar esta excavación subterránea, dependiendo del módulo de deformación del macizo rocoso y la resistencia a la compresión se definirá e tipo de soporte a instalar para garantizar que este elemento estructural cumpla la función se sostenimiento. Las actividades del proceso constructivo, este túnel se desarrolla Nuevo Método Austriaco, cuyos principios rechaza el autodefinirse como una técnica específica, considera algunos principios:

- Maximizar la resistencia inherente del macizo rocoso permitiendo su deformación, de tal manera que la roca sea su propio soporte.

[5] https://ocw.unican.es/pluginfile.php/184/course/section/86/tema_10.pdf

- Aplicación de una membrana fina de shotcrete para prevenir mayor deformación de la roca.
- Medición y seguimiento sistemático de movimientos en el túnel, para adecuar las posibles medidas de apoyo adicionales requeridas.
- Apoyo flexible, con soportes ‘activos’ que combinan shotcrete con bulones, mallazo y cerchas de acero.

Las complejas características del macizo rocoso y sus propiedades mecánicas, exigen un seguimiento y control de la deformación, esto se logra mediante el monitoreo diario, dianas instaladas cada 5 a 10 metros dependiendo de las condiciones del terreno, instaladas en sección superior y bancas, la lectura de estas convergencias permite analizar el comportamiento del módulo de deformación que sufre el macizo.

La experiencia en la construcción de los túneles de europeos del siglo XIX principalmente Mont-Ceni y San Gottardo, donde nació la necesidad de analizar el comportamiento del terreno al ser sometido a explosivos o excavaciones sin estudio previos. De ahí que la Mecánica de Rocas sea considerada hija de los túneles y es precisamente en las obras de excavación subterránea dónde se logra su aplicación.

Los estudios previos para este proyecto se presentan en la siguiente ilustración que es considerada la esencia del estudio de un terreno rocoso para la construcción de una obra, aunque la exploración es una de las grandes debilidades en obras subterráneas en este proyecto se Las propiedades mecánicas de un terreno es importante por cuanto da información en su relación con las fuerzas externas.

Analizando los esfuerzos en estructuras que sufren deformaciones bajo la acción de cargas, estas deformaciones son medidas y determinadas por el seguimiento diario de las convergencias, control y lectura que se realiza en las horas de la mañana, este seguimiento es de vital importancia para determinar si las deformaciones que sufre el macizo son tolerables o afectan la estabilidad estos cabios de forma son definitivos para definir el soporte a implementar.

Considerando que el esfuerzo es la fuerza por unidad de área y la deformación está directamente relacionada con el cambio de forma es el primer factor a considerar al momento se definir el parámetro de resistencia que debe garantizar la estructura metálica a instalar.

7.3 EL PROBLEMA

Definir los elementos usados como estructura de soporte en esta obra de excavación que garanticen el sostenimiento de este túnel el esfuerzo y no permutan la deformación de la estructura.

7.4 LA JUSTIFICACIÓN

Un túnel es una obra de ingeniería que debido a su funcionalidad y servicio con lleva muchas actividades, aquí vamos a mencionar las actividades del proceso constructivo y dar a conocer el soporte usado e instalado en el proceso constructivo del túnel Buenavista II en los límites del tiempo de mi práctica empresarial, teniendo como marco la abscisa de inicio K79+030 AL K79+191, según el tipo de terreno encontrado. El estudio de los tipos de terreno según el sistema de clasificación (RMR), el procedimiento para clasificación geotécnica (RMR) y los parámetros generales a seguir para la determinación del comportamiento tipo (CT), con base en sus condiciones geológicas y geotécnicas y los factores adicionales que afectan la excavación (e.g. estado de esfuerzos, orientación relativa de las discontinuidades, etc.), se definen las estructuras a instalar. Los dos procedimientos (RMR y CT), junto con los resultados e interpretación del monitoreo geotécnico son la base para la selección final en obra del sistema de soporte a implementar. La clasificación RMR en el frente de la excavación es realizada por geólogos del CONCESIONARIO y/o sus delegados, conjuntamente con los geólogos de la INTERVENTORÍA delegada por la ANI, determinan el sistema de soporte a instalar incluye esta clasificación y demás componentes, según lo descrito en esta sección.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TIPOS DE TERRENO DENTRO DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN RMR

El sistema de clasificación Rock Mass Rating (RMR), identifican cinco (5) tipos diferentes de macizos rocosos. Dentro del sistema de clasificación RMR, los túneles diseñados para el mejoramiento de la vía Bogotá - Villavicencio se pueden agrupar en terrenos tipo II, III, IV, V, VA y Terraza, a continuación, se presenta una descripción general de cada uno de estos tipos de macizo dentro de este sistema de clasificación.

MACIZO ROCOSO TIPO I

MACIZO ROCOSO TIPO II

MACIZO ROCOSO TIPO III

MACIZO ROCOSO TIPO IV

MACIZO ROCOSO TIPO V

MACIZO ROCOSO TIPO VA

TERRENO TIPO TERRAZA – TERRAZA DRENANTE

MACIZO ROCOSO ZONA DE FALLA

Se emplearán el Sistema de Clasificación Geotécnica propuesto por Bieniawsky (1989) Rock Mass Rating (RMR), la cuantificación propuesta por Bieniawsky para diferenciar los diferentes tipos de terreno, se presenta en la siguiente tabla:

Sistema de clasificación geotécnica propuesto por Bieniawsky para los tipos de terreno: Terraza, Terraza drenante, tipo VA y zona de falla, no aplica la clasificación de Bieniawsky; se consideran terrenos excepcionales.

I	81-100
II	61-80
III	41-60
IV	21-40
V	0-20
VA	NO APLICA
TERRAZAS	NO APLICA
ZONA DE FALLA	NO APLICA

7.5 PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN DE TERRENOS (RMR)

La clasificación geomecánico de la ROCK MASS RATING (RMR) usa parámetros obtenidos por de los sondeos exploratorios desde la excavación y a partir de observación de las características del frente de excavación. El registro es documentado a diario después del avance de excavación es útil para corroborar los resultados obtenidos en los sondeos

exploratorios, se inicia con la determinación en campo y valoración de propiedades del macizo las cuales se consignan en un formato. La clasificación consta de la sumatoria de seis (6) parámetros y una corrección por la orientación relativa de las discontinuidades.

Se elabora la clasificación (RMR) de avance de excavación, consignando los valores de los parámetros geotécnicos obtenidos. Se calcula un número final correspondiente a la valoración de calidad y tipo de terreno según la clasificación RMR. La clasificación es avalada con las firmas del geólogo del CONCESIONARIO y/o sus delegados y de la INTERVENTORÍA, la clasificación (RMR) provee una guía para la cuantificación y posterior comparación de los ítems de obra para túnel.

7.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPORTAMIENTOS TIPO (CT) Y EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DURANTE CONSTRUCCIÓN

El comportamiento tipo (CT) se refiere al modo de falla potencial que se produce de la unión de los siguientes factores:

- Características del material: definidas parcialmente por los valores para la cuantificación del RMR.
- Características de las discontinuidades.
- Factores que influencian la excavación: definidas parcialmente de los valores para la cuantificación del RMR.
- Geometría especifica de la sección del túnel.

La siguiente tabla resume los modos de falla esperados durante la construcción de los túneles

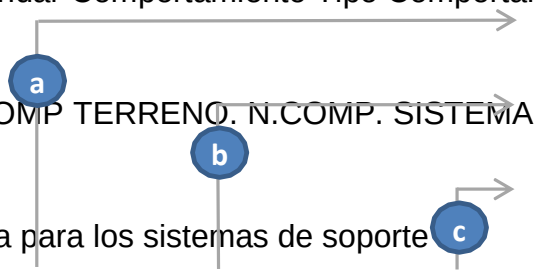
Categorías básicas de Comportamientos Tipo (CT)	Descripción del mecanismo potencial de falla (Comportamientos Tipo)
Caída de bloques controlada por discontinuidades	Caída y deslizamiento de bloques inducidos por gravedad y controlados por discontinuidades. Incluye fallas localizadas en las discontinuidades por esfuerzo cortante.
Falla poco profunda inducida por esfuerzos	Falla poco profunda inducida por esfuerzos en combinación con fallas controladas por gravedad y por discontinuidades.
Falla profunda inducida por esfuerzos	Falla inducida por esfuerzos involucrando grandes volúmenes y grandes deformaciones.
	Pandeo o flexión de macizos enmarcados por discontinuidades con poca separación, asociado frecuentemente a fallas por esfuerzo cortante.

Inestabilidad estructural	
Falla en la clave	Desprendimientos de grandes volúmenes con falla progresiva inducida por cortante.
Falla por disgregación o des-confinamiento	Flujo con o sin presencia de agua de rocas, intensamente fracturado, o suelo con baja cohesión.
Flujo de material	Flujo de rocas intensamente fracturadas o suelos con alto contenido de agua.
Terrenos con materiales expansivos	Incremento del volumen del terreno, tiempo-dependiente, causado por una reacción físico-química de la roca y el agua en combinación con relajación de esfuerzos que conllevan convergencias en el perímetro del túnel.
Terrenos con variaciones extremas en nivel de esfuerzos y deformaciones	Combinación de múltiples comportamientos, con variaciones extremas de deformaciones y esfuerzos en amplios sectores, causado por la heterogeneidad del terreno (i.e. en fallas geológicas heterogéneas, BIMrocks -bloque en matriz-, melanges tectónicos).

7.6 COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA

Refiere al comportamiento resultante de la interacción de los factores mencionados anteriormente y el sistema de soporte (elementos de soporte + secuencias de excavación) y la nomenclatura utilizada para los sistemas de soporte diseñados incluye la numeración presentada en la tabla anterior y la del comportamiento del sistema, de la siguiente manera:

Soporte Estándar Comportamiento Tipo Comportamiento Sistema



SE - N. COMP TERRENO. N.COMP. SISTEMA

Nomenclatura para los sistemas de soporte

7.7 PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA DE SOPORTE A IMPLEMENTAR DURANTE CONSTRUCCIÓN

La selección del sistema de soporte se basa en el tipo de terreno (RMR), en el comportamiento tipo (CT) y el posterior análisis/predicción del Comportamiento del Sistema.

El comportamiento tipo (CT) de la sección se definió después de analizar las condiciones del terreno en el frente de excavación. Importante anotar que se tuvieron en cuenta los factores

que afectan la excavación (estado de esfuerzos, orientación relativa de las discontinuidades, etc.), se realizó una evaluación de los núcleos de roca recuperados mediante las perforaciones exploratorias antes de iniciar el ciclo de excavación y los sondeos programadas en el proceso constructivo, así como la lectura diaria a la deformación registrado en el sistema de monitoreo instalado en el túnel.

La decisión del sistema de soporte a implementar se realizó después de las reuniones programadas en los comités de la obra para el análisis del comportamiento de la excavación y el riesgo geológico, datos que a diario se dejan consignados en los formatos de campo, la evaluación del Comportamiento del Sistema (reflejada en el monitoreo geotécnico), se utilizan como datos de entrada para el análisis/predicción del Comportamiento del Sistema en los siguientes avances, así la selección final del sistema de soporte se realiza inicialmente con la clasificación RMR y se define en detalle (se selecciona el tipo específico de sistema de soporte, e.g. SE-2.1, SE-2.2 o SE-2.X) dentro de la misma reunión se ajustan variables definidas dentro de los planos de construcción tales como orientación y longitud de los pernos, longitud del avance de excavación, distancia máxima para el cierre del anillo, etc.

Requerimientos para la ejecución de la excavación

La secuencia del proceso constructivo en túnel Buenavista, portal Bogotá en el tiempo que corresponde a mi práctica empresarial, se realizó usando el proceso constructivo habitual de excavación mecánica de brazo con martillo pesado o con cuchara.

La imagen adjunta muestra la secuencia del proceso de excavación en general.

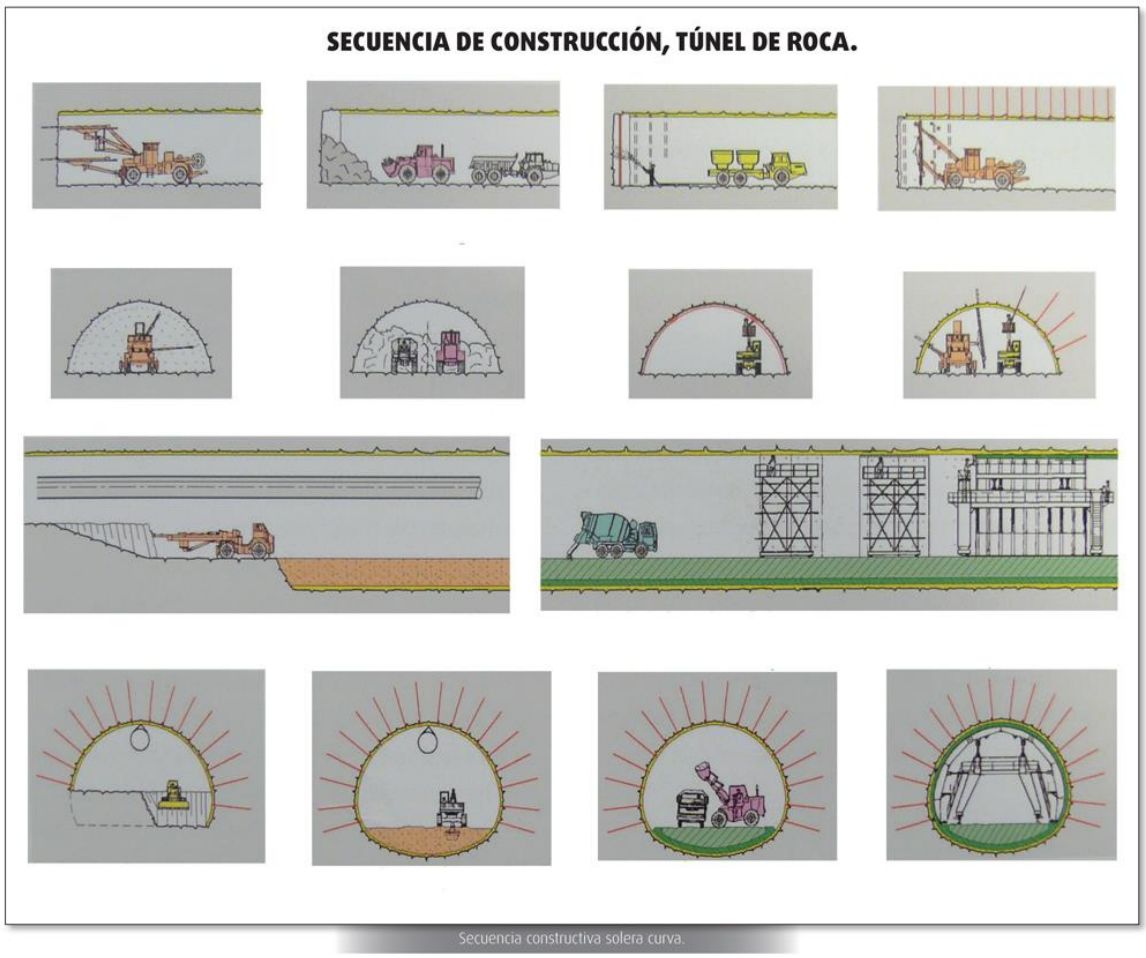


Ilustración 15. https://revistavial.com/la-practica-austriaca-de-construccion-de-tuneles-por-el-metodo-convencional/

Ilustración 16. https://www.youtube.com/watch?v=ZNQU0iOxec4

Considerando los diferentes métodos de excavación en túneles nombraré a manera de información:

- Método Inglés
- Método Belga
- Método alemán
- Método Austriaco
- Método Italiano

La imagen que se muestra a continuación describe de forma gráfica la secuencia del proceso del nuevo método austriaco.

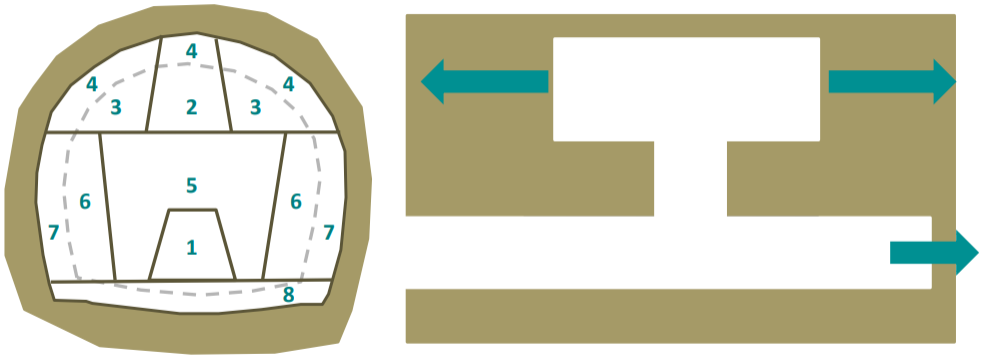


Imagen adaptada de: Soto Saavedra, P.R. (2004): «Construcción de Túneles». Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Escuela de Construcción Civil.

Ilustración 17. Secuencia Método de Excavación

Resulta importante referir el diseño geométrico según Martínez García, 2.015…" describen las recomendaciones y parámetros mínimos en cuanto al diseño geométrico de túneles viales en carretera, además comentan que los diseños en planta y perfil se deben hacer de acuerdo a el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS del año 2.008 y que es de importancia considerar las siguientes pautas. o Criterios para la localización del túnel o Radio mínimo de curvatura o Secciones transversales de servicio o Secciones del cuerpo del túnel o Bahías de parqueo o Galerías de evacuación".

Dependiendo el comportamiento del terreno se considera la excavación de la roca debe realizarse mediante la utilización de métodos modernos de voladura controlada, usando explosivos con el buen juicio de su adecuado uso, la calidad, cantidad y el buen manejo por personal calificado es muy importante para el éxito de la detonación y seguridad del personal,

generalmente se usa dinamita. La excavación mediante explosivo se compone de las siguientes operaciones:

- Perforación
- Carga de explosivo
- Disparo de la carga
- Evacuación de humos y ventilación
- Saneo de los hastiales y bóveda
- Carga y transporte de escombro
- Replanteo de la nueva tronadura

El tema de los explosivos a usar debe garantizar que su uso no presentará sobre-excavaciones o desprendimientos por el tipo de explosivos empleados, se realizará usando los métodos modernos de voladura controlada como “voladura suave” o precorte de la superficie de la roca.

Siempre garantizando condiciones de Iluminación, energía eléctrica, ventilación durante la construcción, así la siguiente imagen detalla un proceso de excavación por voladura. Importante citar el estudio de Amaris y Mayorga [6](2.008) ..” *Amaris y Mayorga (2.008) comentan que la normatividad en la construcción de túneles viales en Colombia se aplica por primera vez en el año de 1.995 con la construcción del túnel Bijagual entre Bogotá y Villavicencio, cumpliendo con requerimientos de la Norma NFPA 502 (National fire proteccion association) y las recomendaciones de la P.I.A.R.C (Asociación Internacional Permanente del Congreso de Carreteras). Algunos túneles que cumplen también con están normas son el túnel de Sumapaz, túnel de la Línea y túnel de Occidente. Entre los túneles que han sido resaltados durante la construcción de obras subterráneas en Colombia es sin duda el túnel de occidente en Antioquia, este cumple con estándares de talla mundial y es destacado continuamente como el túnel más moderno de américa latina.”*

[6] https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2444/Huertaspablo2016.pdf?sequence=1

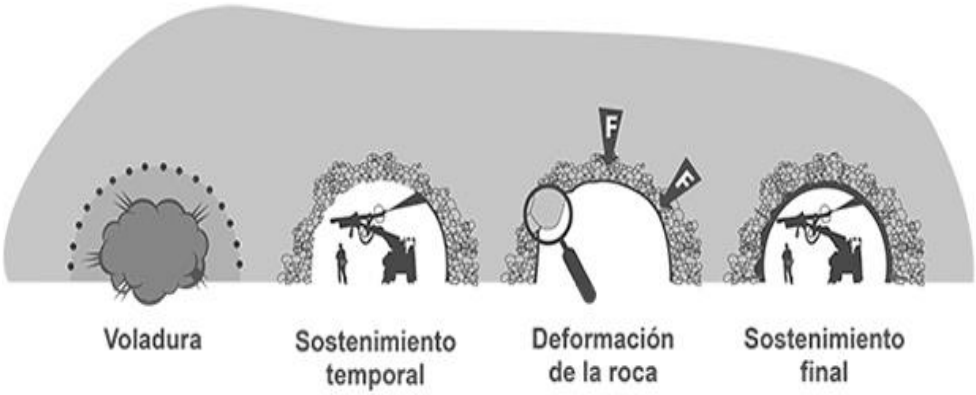


Ilustración 18. Sistema de Voladuras

8. DESCRIPCION DE LOS TIPOS DE ESTRUCTURA

Definido el sistema constructivo, establecido el proceso a usar, continua el definir el tipo de estructura para garantizar el sostenimiento, los requisitos que debe cumplir tanto los materiales utilizados para el soporte del túnel, así como los procedimientos requeridos para su instalación con el fin lograr la estabilidad permanente de la excavación subterránea son de gran importancia para garantizar las condiciones por eso es de gran importancia el tipo y la cantidad de soportes que deben instalarse inmediatamente después de la excavación, está directamente relacionado con la clasificación del terreno y el comportamiento del sistema.

8.1 ELEMENTO DE SOPORTE

La cercha Metálica es una varilla de acero deformadas (corrugada), ensambladas en el taller del concesionario cumpliendo las características establecidas y descritas en las especificaciones particulares de túneles, se arman siguiendo los diseños geométricos establecidos para cada uno de los tipos de soporte. Según sean requeridos dependiendo el tipo de terreno hallado durante el proceso constructivo del túnel.

Estas cerchas se arman según los diseños plasmados en los planos de taller, en su proceso de fabricación se aplica la soldadura, el tipo de soldadura que se vaya a utilizar en la construcción de las cerchas se someterá a las pruebas respectivas antes de su utilización, certificadas previamente que la mano de obra es especializada en dicha labor y es satisfactoria, para la

construcción de las cerchas el fabricante emplea un proceso manual de soldadura utilizando una planta de soldadura de capacidad suficiente para la programación establecida y un equipo auxiliar para remplazar el equipo principal en caso de cualquier daño, se utilizarán electrodos cubiertos que cumplan con la Norma Alemana DIN 1913 o similares y se seleccionaran con base a la utilización que se les vaya a dar (posición de soldadura, diseño de junta). Los electrodos se almacenan en sus contenedores originales en un lugar seco, preferiblemente protegido de los efectos de la intemperie en un todo de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Las superficies que se vayan a soldar deben encontrarse limpias. Las caras de fusión y las superficies circundantes deben estar libres de humedad, pintura y demás sustancias que puedan afectar la superficie de la soldadura antes de colocarla entre ellas, Las partes que se soldarán se colocarán de forma tal que el operador tenga fácil acceso a ellas, inmediatamente se termine el proceso de soldadura se removerá la escoria con el fin de permitir una inspección visual, la interventoría realiza seguimiento a los procesos de calidad en su ensamblaje y certificados de calidad del producto terminado.

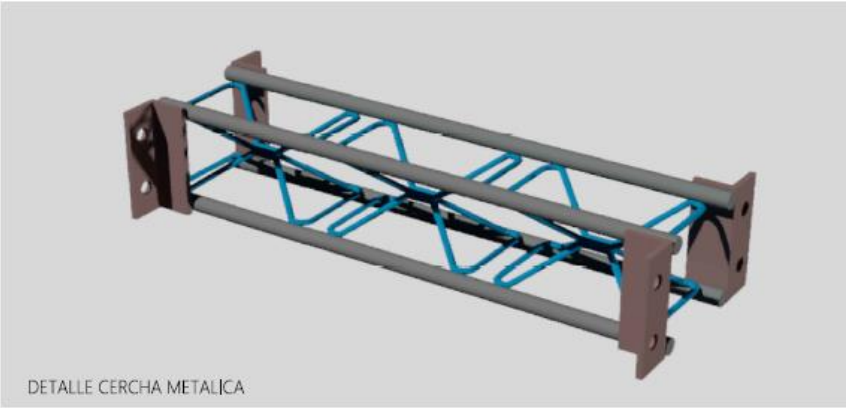


Ilustración 19. Modelo Cercha Tipo 140

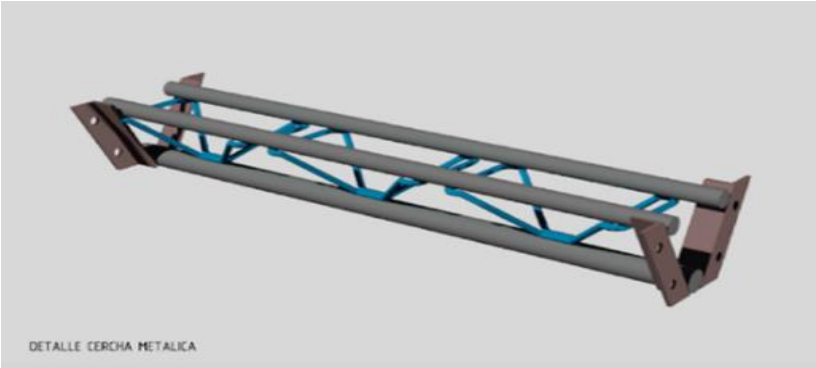


Ilustración 20. Modelo Cercha Tipo 70B

Las barras de espaciamiento cumplen las siguientes condiciones:

- Serán barras de acero de 16 mm de diámetro.
- Preparadas para conectar las cerchas como se indica en los planos constructivos o de taller.
- Las cerchas de acero quedarán embebidas en el concreto neumático como se indica en los planos, con el fin de asegurar el contacto entre la roca y la cercha de acero.
- Las cerchas de acero se instalarán perpendicularmente al eje del túnel.
- Las juntas de las cerchas deberán garantizar la eficiencia estructural de la sección transversal de los perfiles en la conexión.
- La aplicación del concreto neumático en el perímetro del túnel se deberá realizar de manera que se evite la formación de cavidades detrás de la cercha de acero, para transferir la carga del terreno hacia las cerchas.
- El perfil de la tolerancia final se mide en los puntos definidos en la sección del túnel y en las estaciones definidas en longitud del mismo.
- Las medidas de la tolerancia se harán después de terminar la excavación, o eventual reperfilado, y la preparación de la superficie.
- Estas estructuras metálicas son instaladas inmediatamente después de la excavación para cumplir su función de rigidizar el sistema de soporte y controlar deformaciones en conjunto con el concreto neumático.

A continuación, se adjuntan las imágenes del diseño de taller de algunas de las cerchas usadas en el sistema de soporte del túnel Buenavista II.

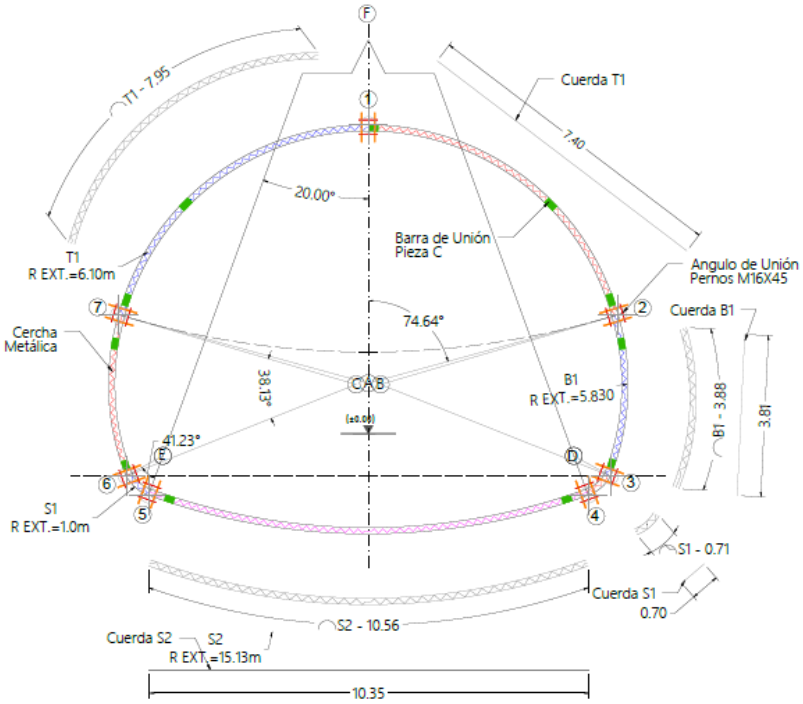


Ilustración 21:Plano Taller Cercha Tipo I

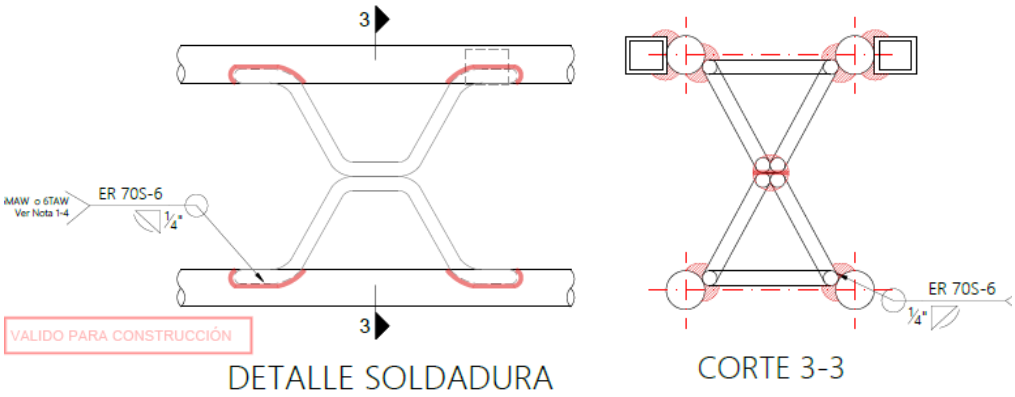
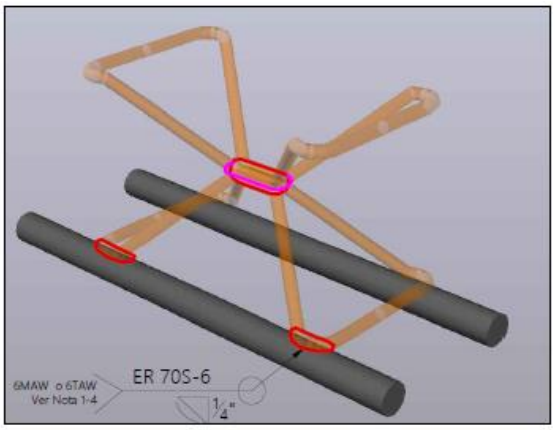


Ilustración 22. Detalles Cercha

Se presentan los detalles de soldadura en vista en planta y corte E-E y las imágenes de la soldadura en los puntos de fijación que debe tener la estructura.



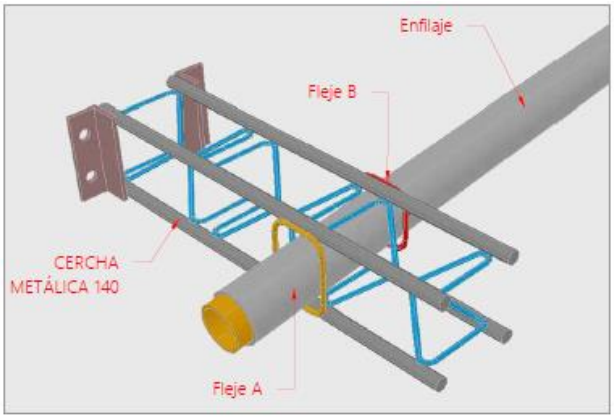


Ilustración 23. Puntos de Adherencia y anclaje de la cercha

Los detalles para la conexión y de la secuencia para su instalación son detallados las

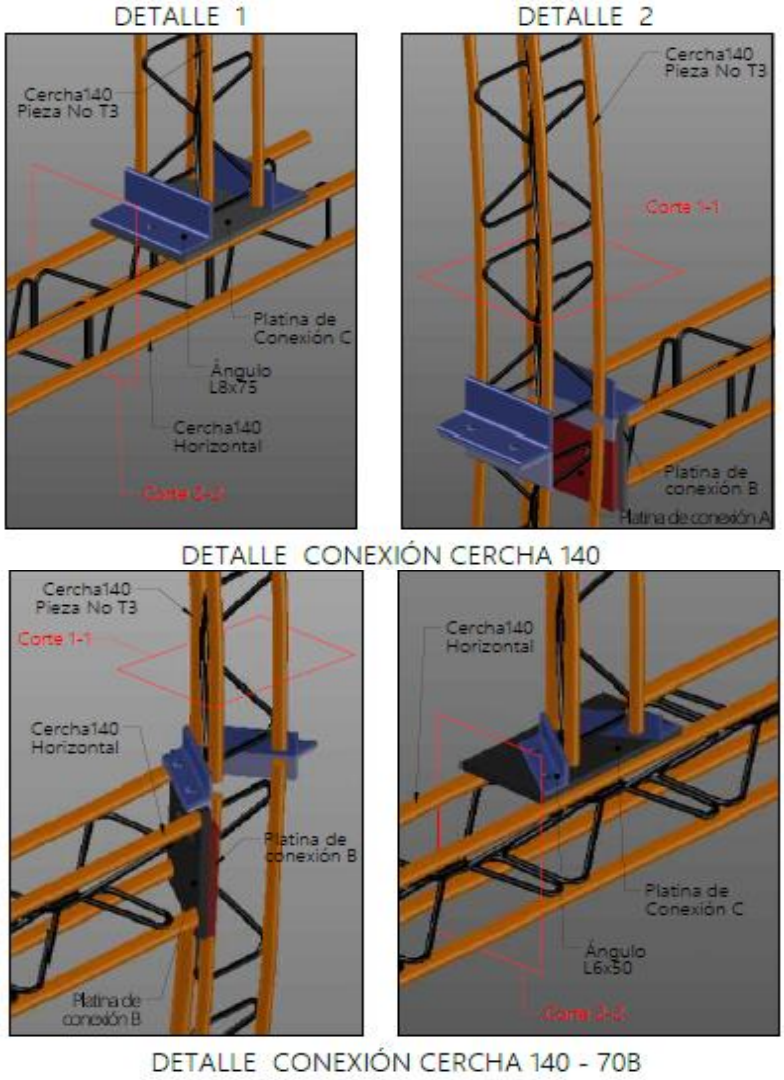


Ilustración 24. Detalle Conexión Cercha 140

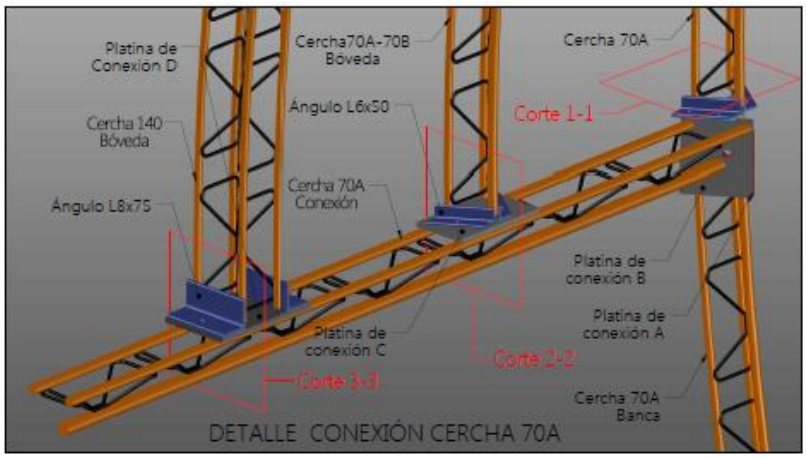


Ilustración 25. Detalle Conexión Cercha 70A

Cada cercha es un elemento que según su denominación corresponde a un sistema de soporte diferente y cumple condiciones de resistencia según el requerimiento para el cual es diseñado. En el siguiente cuadro se detalla el peso en Kilogramos de cada cercha, dependiendo la denominación y su geometría.

CANTIDAD PIEZA			CERCHA METALICA 70A - G2							
BOVEDA	BANCA	SOLERA	PARTE NO.	CERCHA	PESO Kg/m	LONGITUD mm	PESO DE LA PIEZA Kg	PESO BOVEDA Kg	PESO BANCA Kg	PESO SOLERA Kg
2	-	-	T1	70-A	11,4	8089	92,21	184,43	-	-
-	2		B1	70-A	11,4	3638	41,47	-	82,95	-
-	-	2	S1	70-A	11,4	1068	12,18	-	-	24,35
-	-	1	S2	70-A	11,4	10583	120,65	-	-	120,65
8	8	12	Angulo de Union	L 6x50	-	-	0,616	4,93	4,93	7,39
8	8	12	Pernos M16X45	-	-	-	0,130	1,04	1,04	1,56
10	8	4	C	□ 25x3*	0,006	-	0,06	0,60	0,48	0,24
5	4	2	Barra de Union	Barra 5/8"	1,552	2430	3,77	18,86	15,09	7,54
SUBTOTAL (Kg)								209,85	104,48	161,73
PESO TOTAL PARA NERVIO (Kg)								**476,07**		

* Dimensiones en Milimetros

Ilustración 26 Detalle Cercha 70A G2

8.2 REGISTRO AVANCE DE EXCAVACIÓN

Durante el tiempo de realización de la práctica, se realizó el seguimiento al proceso constructivo durante en acompañamiento permanente de los ingenieros encargados del área técnica, creada una hoja de Excel par su seguimiento en el cual se plasmaba el avance y detalle de la estructura instalada, se debían ingresar datos diariamente registrando el avance

en metros que se lograba en cada turno. Se anexa imagen del formato y se describen sus elementos a saber así:

TIPO DE TERRENO

TIPO DE

FECHA DE INSTALACIÓN

2,4 (V)								
3,1 (V)								
3.3 (IV)								
2.1 (V)								
4,1 (IV)								
4,6 (V y VA)								
4,7 (V y VA)								
3,6 (V)								
ST DE DISEÑO								
ST DE CONSTRUCCIÓN		3,1 (V)		3,1 (V)		3,1 (V)		3,1 (V)
Cercha Tipo	70B G4		140 G4		70A G4		70B G4	
Sección Superior	31 de enero de 2021		1 de febrero de 2021		2 de febrero de 2021		2 de febrero de 2021	
Banca Derecha	7 de febrero de 2021		9 de febrero de 2021		9 de febrero de 2021		9 de febrero de 2021	
Banca Izquierda	9 de febrero de 2021		9 de febrero de 2021		9 de febrero de 2021		10 de febrero de 2021	
Solera	11 de febrero de 2021		11 de febrero de 2021		11 de febrero de 2021		14 de febrero de 2021	
# Arco/pase(m)	1569	1,50	1570	1,50	1571	1,50	1572	1,50
Abscisa	79+878,9		79+880,4		79+881,9		79+883,4	
LONG.	2032,90		2034,40		2035,90		2037,40	
Pernos Sección Superior		2 de febrero de 2021		3 de febrero de 2021		3 de febrero de 2021		5 de febrero de
Pernos Banca Derecha		9 de febrero de 2021		9 de febrero de 2021		9 de febrero de 2021		10 de febrero de
Pernos Banca Izquierda		10 de febrero de 2021		10 de febrero de 2021		10 de febrero de 2021		10 de febrero de
Inyeccion de Enfilajes								

T7 BOGOTA | Junio - 21 | Mayo - 21 | Abril - 21 | Marzo - 21 | Febrero - 21 | Enero 21 | ...

ABSCISADO -KM

AVANCE

NUMERO DE ARCO

METROS AVANCE ACUMULADO

Ilustración 27. Hoja de Excel Avance de Obra

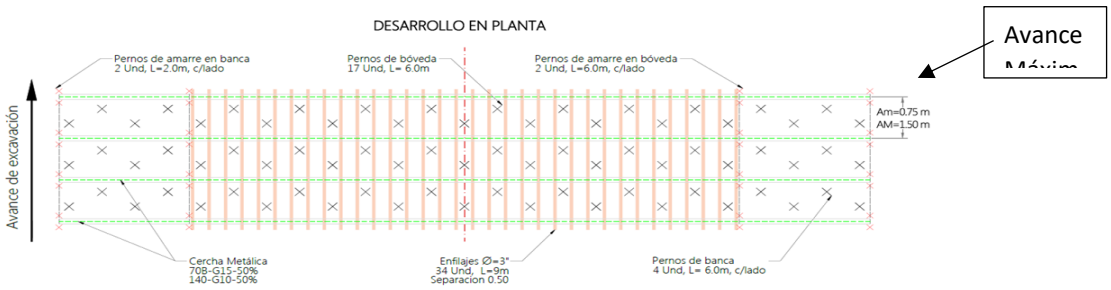
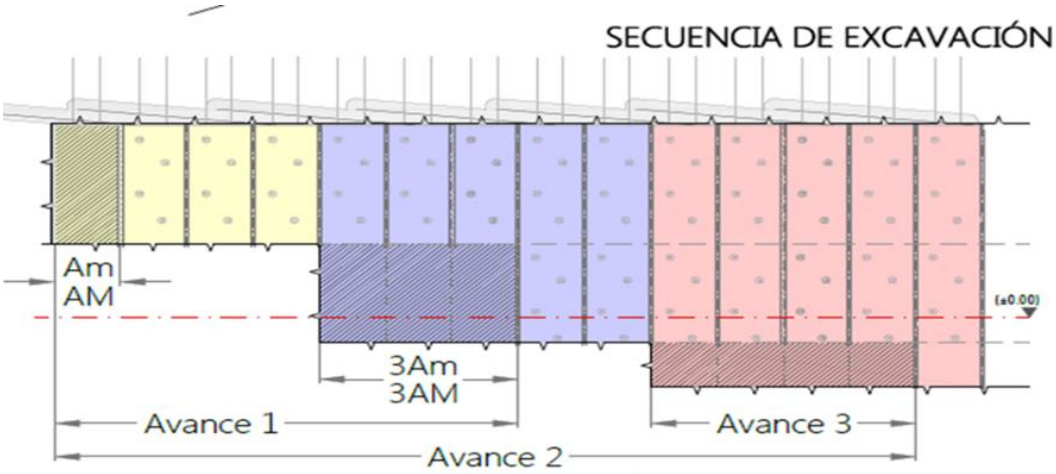


Ilustración 28.Vista en Planta Avance Excavación



Sección	Área total con tolerancia por deformación (m²)	Área máxima de excavación con tolerancias (m²)
Superior	54.56	55.91
Banca	37.62	38.25
Solera	14.38	15.42
Total	**106.56**	**109.58**

	Soporte instalado en sección
	Superior
	Superior+Banca
	Superior+Banca+Solera

Ilustración 29. Control Secuencia de Excavación

El diligenciamiento de este formato creado en por el ingeniero residente de túneles permite registrar el avance del proceso constructivo del túnel Buenavista, en una secuencia diaria y guardar el historial de las actividades realizadas, registra el tipo de soporte instalado, tipos de terreno encontrados y proceso constructivo. Este formato controla y analiza los avances de excavación para comparar con los programados según diseño, o reuniones periódicas del área de geología, igualmente permite hacer seguimiento al avance de sección superior con bancas y solera, sabiendo que se tienen metros establecidos de diferencia.

A continuación, se evidencia la información registrada y detalla por la concesionaria en el formato diario por turno en que se reportan los avances y los diferentes cambios ocurridos en el proceso durante una jornada laboral de turnos de doce horas diurnos y nocturnos.

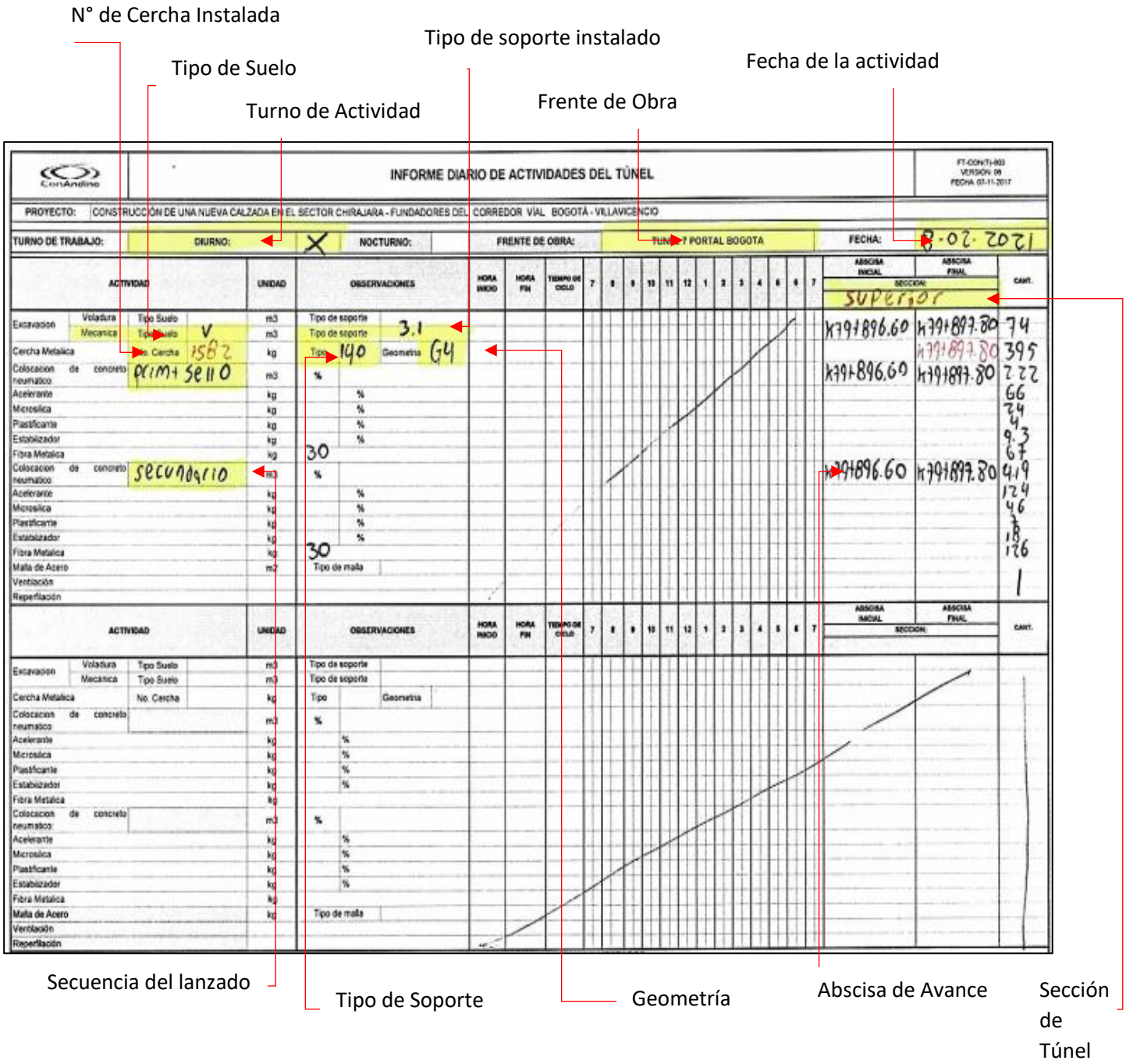


Ilustración 30. Formato Parte Diario Concesionario

La información del parte diario registrado por la concesionaria describe mediante una gráfica la sección del túnel en el cual se instala la cercha. Las siguientes son imágenes que ilustran esa secuencia. La cercha se encuentra dividida en secciones y su instalación se realiza en diferentes momentos del proceso de excavación, según el nuevo método austriaco, se realiza excavación por sección superior, mientras las bancas continúan en su estado natural, de manera que el avance y la primera cercha a instalar es la que se encuentra en la sección superior y dependiendo el tipo de terreno permite avanzar determinados metros en el frente y

luego realizar la instalación de las bancas derecha e izquierda, finalmente se instala la solera hasta completar la sección completa y cerrar la cercha para dar el soporte final.

Cada uno de los formatos establecidos por la Interventoría o el Concesionario permiten registrar y controlar el proceso constructivo del túnel Buenavista II. En la siguiente imagen se observa que los tipos de terreno se encentran enmarcados por una sigla y un color que cambia según el comportamiento del terreno y es un soporte diferente el que se debe instalar para garantizar la estabilidad del túnel. Secuencia mes a mes y avance registra la información esta es una de las actividades realizadas el periodo que correspondió a mi practica laboral.

3,1 (V)								
3.3 (IV)								
2.1 (V)								
4,1 (IV)								
4,6 (V y VA)								
4,7 (V y VA)								
3,6 (V)								
ST DE DISEÑO								
ST DE CONSTRUCCIÓN		4,6 (V y VA)	V	4,6 (V y VA)	V	4,6 (V y VA)	V	4,6 (V y VA
Cercha Tipo	140 G4		70B G15		70B G15		140 G10	
Sección Superior	9 de febrero de 2021		9 de febrero de 2021		9 de febrero de 2021		9 de febrero de 2021	
Banca Derecha	12 de febrero de 2021		13 de febrero de 2021		13 de febrero de 2021		13 de febrero de 2021	
Banca Izquierda	13 de febrero de 2021		13 de febrero de 2021		16 de febrero de 2021		16 de febrero de 2021	
Solera	15 de febrero de 2021		21 de febrero de 2021		21 de febrero de 2021		21 de febrero de 2021	
# Arco/pase(m)	1582	1,20	1583	1,20	1584	1,20	1585	1,20
Abscisa	79+897,8		79+899,		79+900,2		79+901,4	
LONG.	2051,80		2053,00		2054,20		2055,40	
Pernos Sección Superior		9 de febrero de 2021		10 de febrero de 2021		10 de febrero de 2021		12 de febrero de
Pernos Banca Derecha		13 de febrero de 2021		13 de febrero de 2021		14 de febrero de 2021		14 de febrero de
Pernos Banca Izquierda		15 de febrero de 2021		17 de febrero de 2021		17 de febrero de 2021		18 de febrero de
Inyeccion de Enfilajes								

T7 BOGOTA | Junio - 21 | Mayo - 21 | Abril - 21 | Marzo - 21 | Febrero - 21 | Enero 21 | ...

Ilustración 31. Registro Cambio de Terreno

El siguiente esquema detalla las secciones de la cercha y a continuación la secuencia en la que el reporte diario registra la sección de la cercha que fue instalada, así como la abscisa y la margen derecha e izquierda.

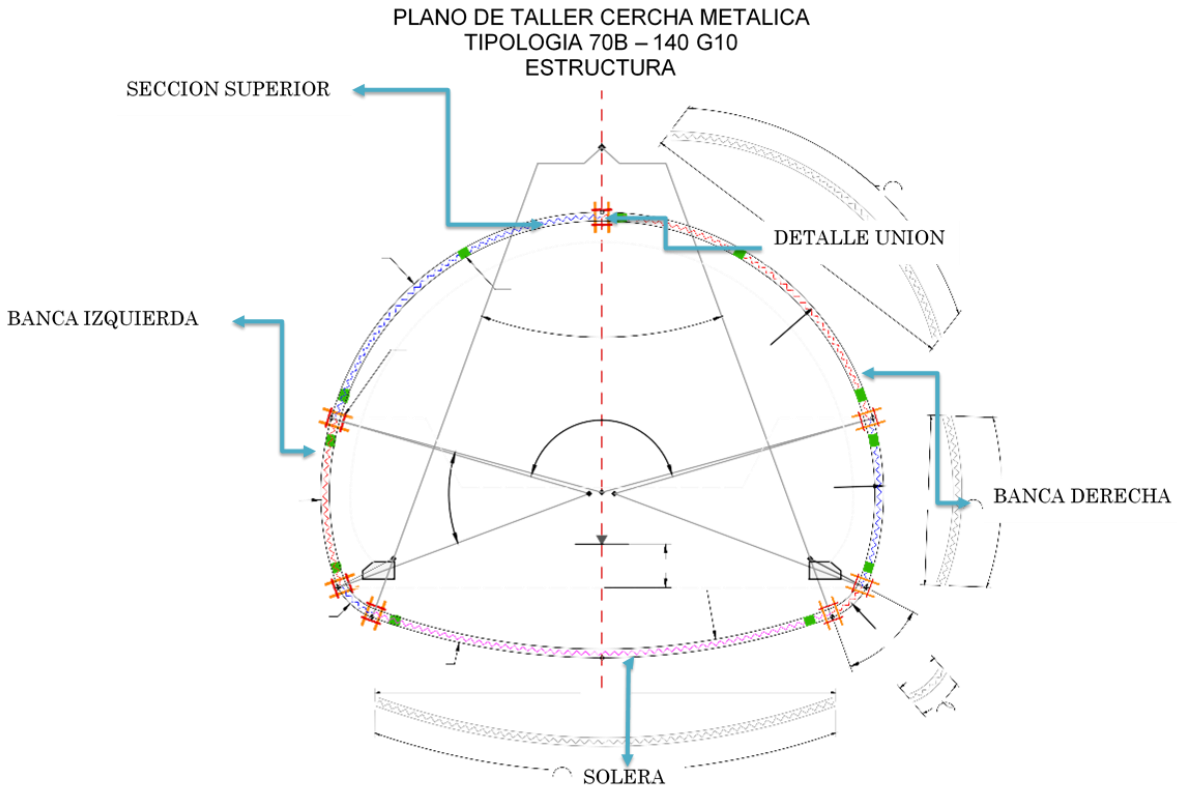


Ilustración 32. Detalle Secciones de Cercha

8.3 DESCRIPCION PROCESO DE AVANCE

Se define como un avance de obra en el frente de trabajo a la ejecución secuencial de los siguientes procesos:

- Comisión de topografía realiza la marcación de la sección a excavar. Aplica cuando se va a dar inicio a la excavación, es decir en el portal del túnel.
- Se realiza perforación, instalación e inyección de tubería de Enfilaje.
- Máquina retroexcavadora inicia proceso de excavación de la sección superior del túnel.
- Control de excavación por topografía, logrado el avance en metros, para evitar sobre excavaciones.
- Lanzado primario para sellar el frente de obra.
- Instalación de cercha en sección superior.
- Torqueo.
- Fijación a puntos de anclaje.

- Instalación de separadores.
- Lanzado secundario.

La secuencia de excavación está determinada por el tipo de terreno y el avance se realizará siguiendo la información registrada en los diseños y planos presentados en el frente de obra, a dirección de Ingeniero residente de Túnel se controlan los procesos y se dictan directrices de trabajo.

Terminado el proceso de instalación de cerchas se continua con la instalación de los enfilajes y la inyección de los mismos, según los parámetros enmarcados en el estudio previo y según el detalle de la siguiente imagen:

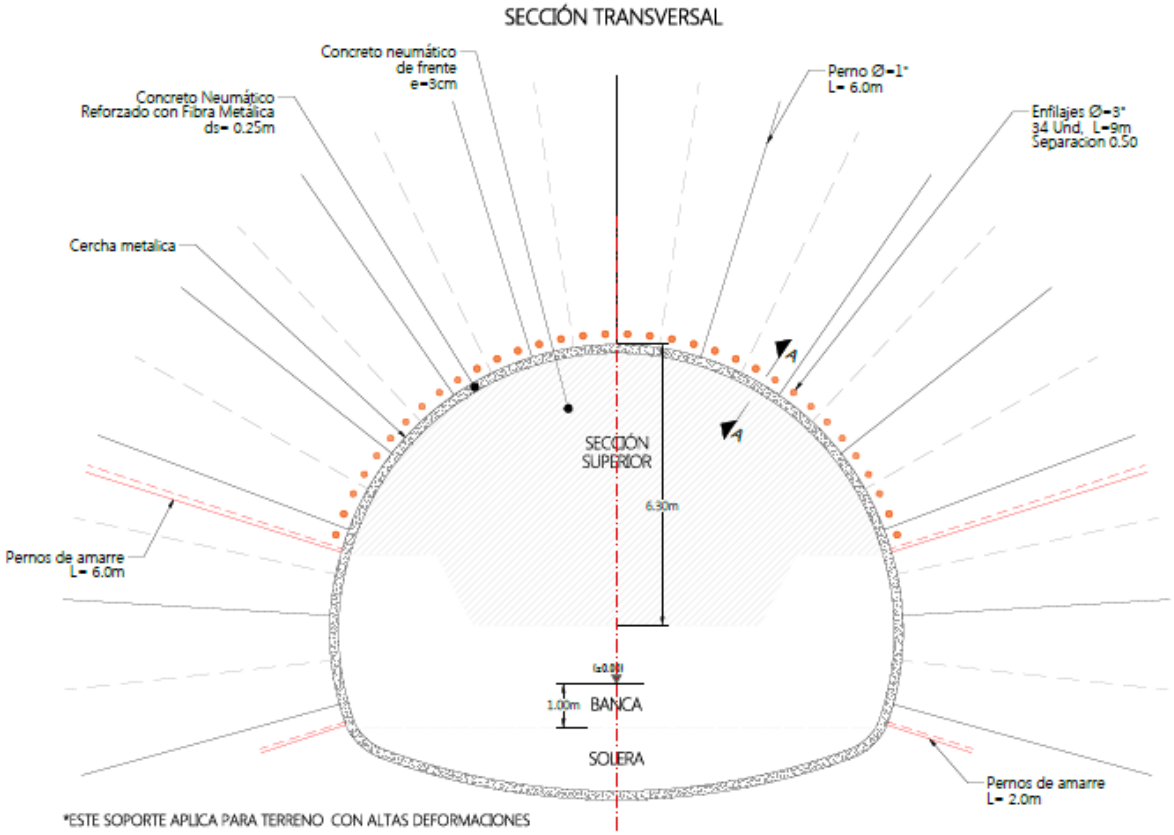


Ilustración 33 Sección Transversal Instalación de Pernos

La sección transversal muestra los detalles del proceso y los detalles de pernos y enfilajes a instalar después de cumplido el proceso de instalación de cercha metálica, y realizar el lanzado de concreto segundario así:

- Pernos de diámetro Ø 1” y longitud de 6 metros.
- Enfilajes de diámetro Ø 3” y longitud de 9 metros

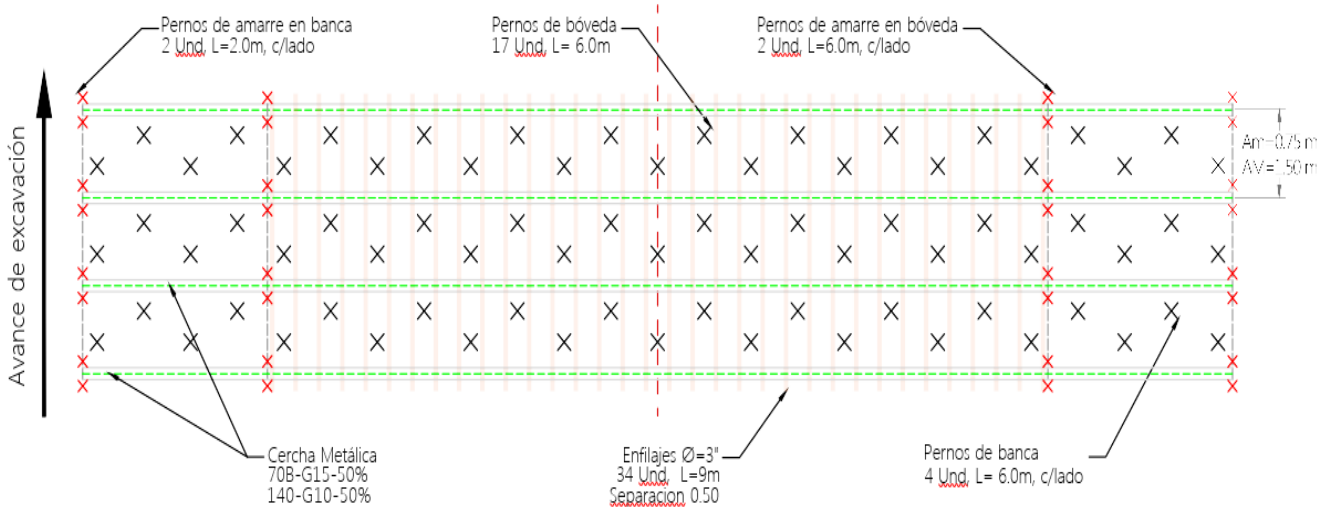
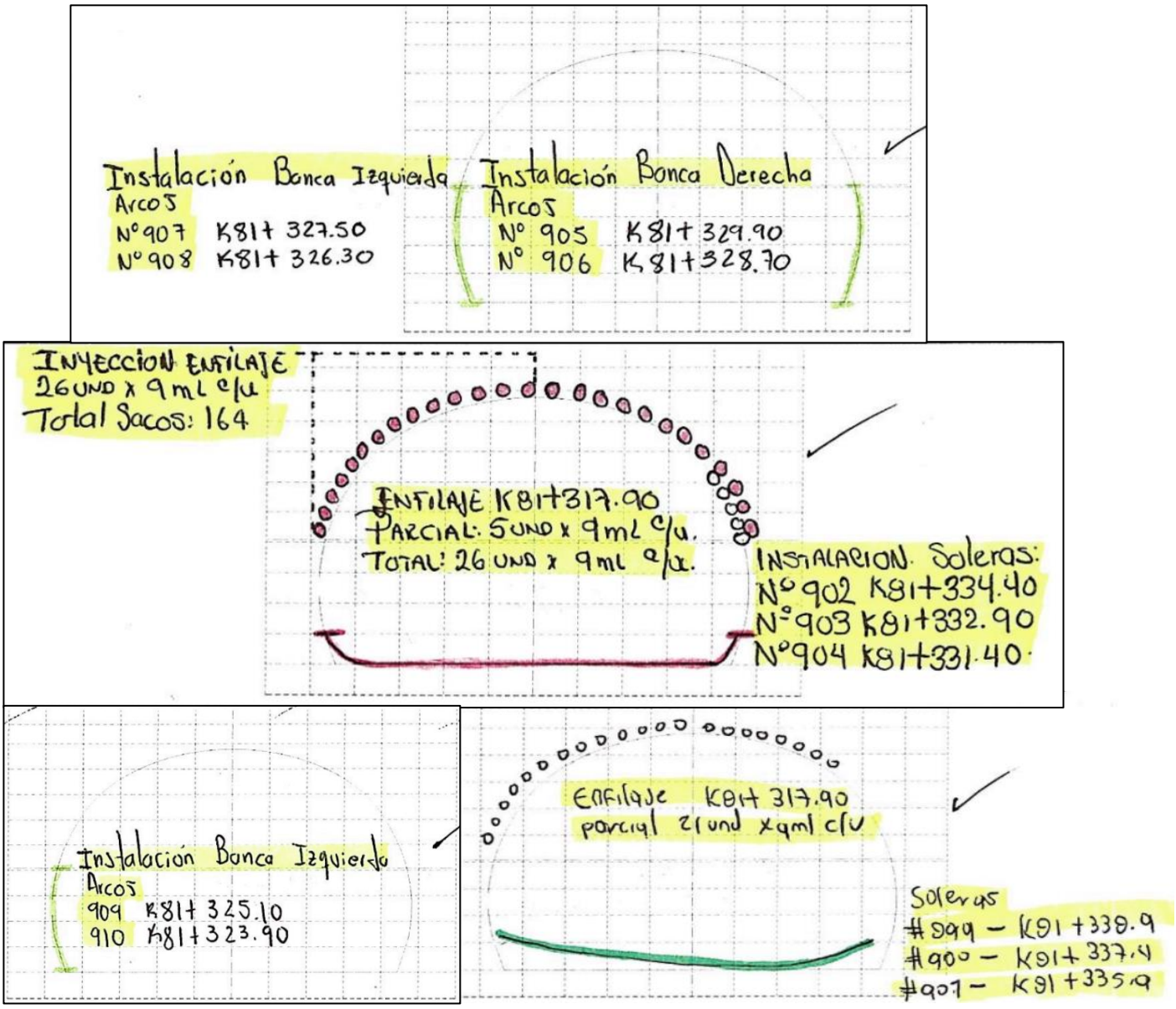


Ilustración 34Vista en Planta Localización Pernos por Avance

En la ilustración vista en planta de la secuencia de instalación de los enfilajes y los pernos de amarre definidos por avance de excavación, lanzado secundario se procede a realizar la instalación de enfilajes y la inyección.

Según registro de avance diario en obra en formato establecido se puede observar las siguientes imágenes en que detallan la actividad realizada en el turno correspondiente, elaboran gráfica o dibujo con descripción de la actividad y el arco de avance, así como la abscisa de avance.



.

Ilustración 35. Marcación Proceso y Avance. Turno

8.4 SISTEMA DE SOPORTE POR AVANCE

La selección del sistema de soporte se basa en el Rock Mass Rating (RMR) y en factores adicionales que influencian de manera directa el comportamiento que registra el terreno durante el proceso de la excavación, influyen factores como el estado de esfuerzos, condiciones de agua y es muy importante mencionar que algunos de estos parámetros provienen de las características cuantificadas dentro de la metodología para el sistema de clasificación RMR y cualquier parámetro adicional, que influencie el comportamiento del sistema, debe ser registrado por las personas encargadas de realizar este seguimiento para luego ser analizados por las partes involucradas y ajustar así el sistema de soporte a las condiciones encontradas. La determinación del tipo de terreno como tal, se realiza mediante la ponderación de los diferentes parámetros, interpretación del monitoreo geotécnico, siguiendo los procedimientos definidos por el diseñador. En conclusión, podemos decir el tipo de terreno está determinado por las condiciones que se encuentran en el avance de excavación y resulta de la combinación de otros factores que influencian la excavación.

Se detallan las cerchas tipo y su peso por sección según el soporte definido para el frente de obra.

140 T1			
Sección Superior	B derecha	B izquierda	Solera
412,47	110,50	110,50	346,95
140 T2			
Sección Superior	B derecha	B izquierda	Solera
424,57	110,41	110,41	360,43
140 T3			
Sección Superior	B derecha	B izquierda	Solera
436,71	110,37	110,37	373,38
140 T4			
Sección Superior	B derecha	B izquierda	Solera
448,81	110,32	110,32	386,69
140 T5			
Sección Superior	B derecha	B izquierda	Solera
460,90	110,32	110,32	399,63

70B G4				70B G4
Sección Superior	B derecha	B izquierda	Solera	632,36
	70,83	70,83		
278,52	141,66		212,18	
70A G4				**70B G4**
Sección Superior	B derecha	B izquierda	Solera	470,18
	53,44	53,44		
206,43	106,87		156,88	
140 G4				**140 G4**
Sección Superior	B derecha	B izquierda	Solera	907,66
	101,27	101,27		
395,82	202,54		309,3	
70B G15				**70B G15**
Sección Superior	B Derecha	B Izquierda	Solera	640,70
	70,50	70,50		
282,480	140,99		217,23	
70A G2				**70A G2**
Sección Superior	B Derecha	B Izquierda	Solera	477,74
	55,34	55,34		
209,880	110,68		157,18	

Ilustración 36. Tipo de Soporte. Peso

140 G9				140 G9
Sección Superior	B Derecha	B Izquierda	Solera	1104,10
	113,87	113,87		
481,15	227,74		395,21	

140 G10				140 G10
Sección Superior	B Derecha	B Izquierda	Solera	919,88
	101,16	101,16		
401,880	202,31		315,69	

70B G14				70B G14
Sección Superior	B Derecha	B Izquierda	Solera	653,42
	73,17	73,17		
287,680	146,33		219,41	

140 G5				140 G5
Sección Superior	B Derecha	B Izquierda	Solera	920,15
	101,71	101,71		
401,18	203,42		315,55	

70B G9				70B G4
Sección Superior	B Derecha	B Izquierda	Solera	768,24
	79,68	79,68		
337,64	159,36		271,24	

70A G9				70B G9
Sección Superior	B derecha	B izquierda	Solera	573,28
	59,78	59,78		
253,55	119,56		200,17	

Ilustración 37. Diferentes Tipo de Soporte Tipo de Terreno

Definir el sistema de soporte a implementar (medidas de soporte y secuencia de excavación) se realiza con base en el RMR y demás factores que evidencian el mecanismo de falla característico del terreno, los diferentes soportes intalados en el túnel Buenavista II portal Bogotá se muestran a continuación:

De los pasos anteriores se verifica si las condiciones reales del terreno y el comportamiento del sistema se ajustan a la predicción realizada durante la etapa de diseño y se define la estructura que finalmente dará sostenimiento al túnel.

El siguiente es un modelo matriz de seguimiento en el proceso de excavación propuesto y definición del tipo de terreno y soporte , según las características y las necesidades que se evalúan el comité de túneles programado semanalmente en que los profesionales de las áreas implicadas presentan sus observaciones para analizar la opción acorde a las necesidades.

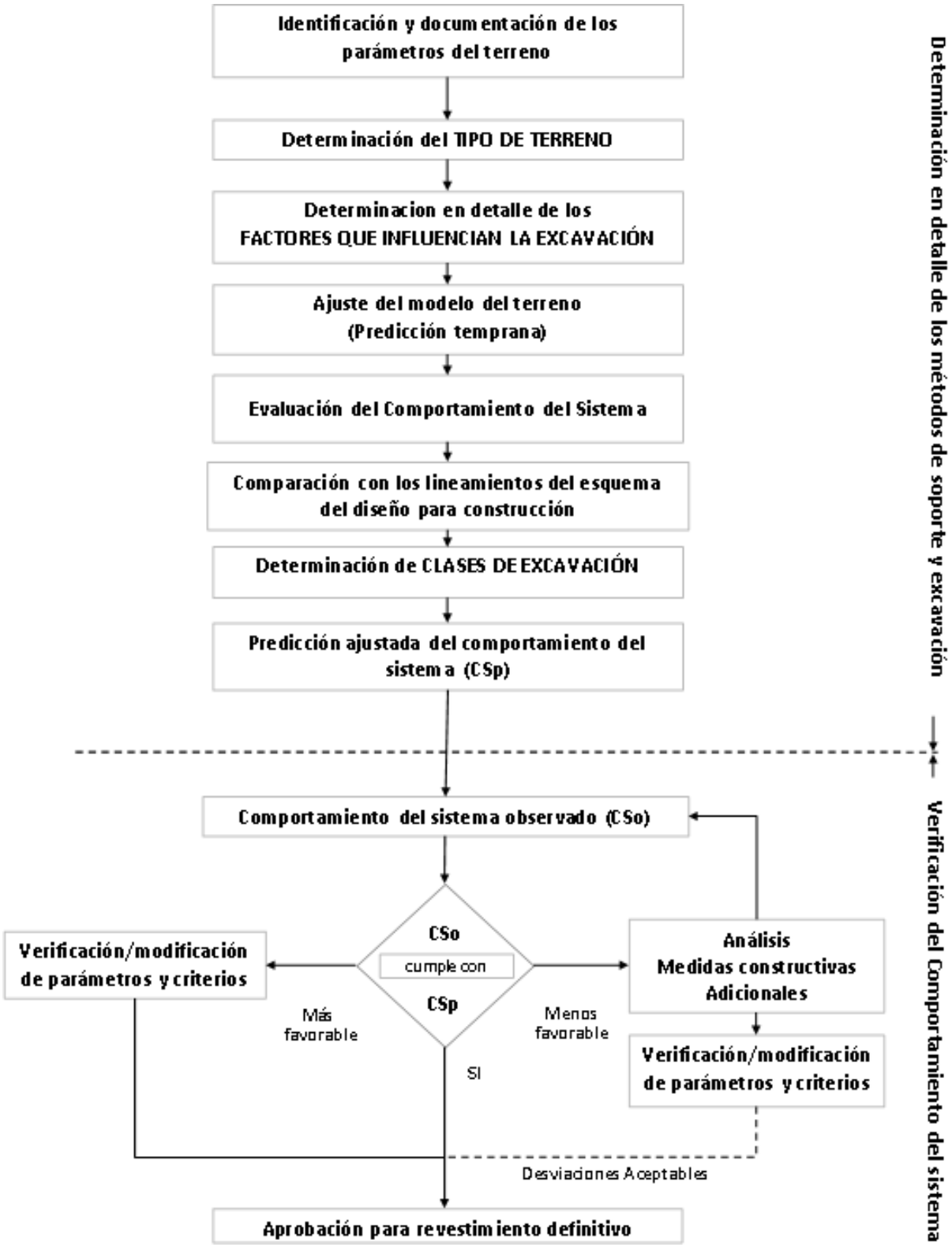


Ilustración 38. Matriz Instalación del soporte

La predicción del comportamiento se realiza para una longitud mínima de 30 m adelante del frente de excavación, con un traslapo de 6 metros, como factor de seguridad. Esta predicción debe contener:

- Magnitud y orientación de desplazamientos
- Factores de utilización (elementos de soporte)
- Modo de falla

Tanto la secuencia de excavación como las medidas de soporte deben ser determinadas previas al inicio de la excavación. Una vez inicia la excavación solo se deben tener modificaciones menores (instalación de pernos adicionales localizados, drenajes, etc.).

8.5 ANALISIS DE LA DEFORMACIÓN DEL TERRENO

Se verifica que el comportamiento este dentro de los rangos aceptables en cuanto a deformaciones y factores de utilización de los elementos de soporte. Cualquier variación debe ser analizada y documentada considerando:

- Diferencias en las condiciones geológicas y geotécnicas
- El comportamiento del terreno es diferente al previsto
- Selección inapropiada de parámetros para caracterizar el terreno
- Diferencias con los factores que influencian la excavación

Según se presenten las condiciones del terreno se considera el ajuste en los sistemas de soporte para la determinación del sistema de soporte a implementar, los límites de deformación y/o factores de utilización son excedidos, se procede a implementar las medidas de contingencia (disminución de la longitud de avance, instalación de pernos adicionales, cambio del sistema de soporte, etc.). Igualmente, desviaciones significativas requieren de un ajuste en los criterios para la determinación del sistema de soporte a implementar.

8.5.1 Medidas de Mitigación

El monitoreo de desplazamientos debe ser continuo durante toda la etapa de “Verificación del Comportamiento del Sistema” la aprobación para la instalación del revestimiento definitivo (hidráulico o neumático) solo se realiza cuando se cumplan con los requerimientos en cuento a deformaciones (mm/mes) registradas para la sección de monitoreo.

En caso que las deformaciones, o utilización de los materiales de soporte, sean superiores a los límites establecidos para cada terreno, se procede a la implementación de medidas de mitigación. El personal técnico en la obra de las diferentes partes involucradas, deberá decidir y adoptar medidas inmediatas de contingencia conducentes a garantizar la estabilidad de la excavación y evitar que se presenten caídos, desprendimientos, flujos, cierres etc., o la paralización de las obras.

El método observacional requiere como herramienta el programa de monitoreo sistemático y frecuente (monitoreo de desplazamientos absolutos), incluye observaciones permanentes en campo e interpretación en tiempo real en la ejecución de la excavación. Esta información deberá ser enviada al especialista para su análisis.

9. ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA

A continuación, se enumeran las actividades de seguimiento inicio del tiempo de mi práctica empresarial hasta la fecha de culminación del tiempo.

- Diligenciar el formato diario de avance y actividades en el frente de obra.
- Alimentar la matriz de seguimiento al proceso constructivo.
- Controlar y registrar la estructura instalada para cuantificar cantidades de obra
- Realizar el reporte diario de la maquinaria, equipo y personal en obra.
- Acompañamiento al proceso de instalación de cerchas de soporte según diseños.
- Notificar novedades en las actividades propias de excavación.
- Seguimiento a cuadro de avance en tiempos y actividades desarrolladas.
- Realizar registro fotográfico diario para evidenciar avance del proceso constructivo.
- Evidenciar los ensayos de laboratorio realizados por el departamento de calidad.
- Verificar certificados de calidad en los materiales usados durante el proceso constructivo.
- Identificar las diferentes fases del seguimiento al comportamiento estructural de la excavación.

10. CONCLUSIONES

- Se aprendieron nuevos conceptos y el desarrollo del espacio subterráneo relacionados con el proceso constructivo de un túnel.
- Se conocieron los diferentes elementos de soporte y su función en la deformación del macizo.
- Se aprendió el proceso constructivo de Excavación, soporte y pre soporte del Túnel Buenavista II, Portal Bogotá.
- Se comprendieron los principios del Nuevo Método Austriaco en la construcción de túneles.
- De compendió la importancia de realizar estudios previos a la ejecución de los procesos de Excavación.
- Se evidenció el proceso de armado de cerchas metálicas en taller.
- Se aprendió a realizar las pruebas de calidad sobre las cerchas.
- Se realizó acompañamiento al proceso de concreto lanzado y su funcionalidad.
- Se analizaron los beneficios económicos, operación y seguridad de una obra subterránea.

11. RECOMENDACIONES

- Mantener convenios abiertos para la fácil vinculación de los estudiantes de ingeniería a los proyectos en desarrollo.
- Certificación laboral de la experiencia adquirida para oportunidades laborales
- Dar a los estudiantes la oportunidad de vinculación laboral terminando su tiempo de practica educativa.
- Promover seminarios de actualización en los nuevos procesos constructivos de nuestro país.

12. ANEXO REGISTRO FOTOGRAFICO

FOTO 1. PORTAL TUNEL BUENAVISTA - SENTIDO BGOTÁ

FOTO 2. AVANCE PROCESOD E EXCAVACIÓN FRENTE BOGOTÁ

FOTO 3. ACTIVIDAD INSTALACIÓN ENFILAJE

FOTO 4. INYECCION DE

FOTO 5.FRENTE DE EXCAVACION - LANZADO SECUNDARIO

FOTO 6. TABLERO DE AVANCE

FOTO 7. TIEMPO AVANCE DE EXCAVACIÓN

FOTO 8. EXCVACIÓN SECCIÓN SUPERIOR Y BANCA

FOTO 9. RETIRO MATERIAL DE EXCAVACIÓN

FOTO 10. CONCRETO LANZADO PRIMARIO EN FRENTE DE OBRA

FOTO 11. LANZADO PRIMARIO EN FRONTON

FOTO 12. PANORÁMICA AVANCE DE EXCAVACIÓN

FOTO 13. SELLO DEL FRONTON Y BANCAS

FOTO 14. CERCHAS INSTALADAS - PENDIENTE PERNOS

FOTO 15. PERNOS TORQUEADOS - CERCHA INSTALADA

FOTO 16. SONDEO CON RECUPERACIÓN

FOTO 17. MUESTRAS DE SONDEO EXPLORATORIO

FOTO 18. INSTALACIÓN CERCHA EN BANCA

FOTO 20. INSTALACIÓN CERCHA EN

FOTO 19. LANZADOPRIMARIO EN BANCAS

FOTO 21. INSTALACIÓN DE CERCHAS Y LANZADO PRIAMRIO EN SOLERA

FOTO 22. INSTALACION DE PERNOS

FOTO 23. PERFORACION PARA INSTALACIÓN PERNOS

FOTO 24. TORQUEO DE PERNOS EN SECCIÓN SUPERIOR

FOTO 25. LANZADO SECUNDARIO FRONTON

FOTO 26.PANORÁMICA ACTIVIDAD

FOTO 27. INSTALACIÓN DE PERNOS SECCIÓN SUPERIOR

FOTO 28. EQUIPO Y MAQUINARIA EN OBRA

FOTO 29. MARCACIÓN PARA ENFILAJES

FOTO 30. INSTALACIÓN Y TORQUEO DE PERNOS SS

FOTO 31. UNIÓN SOLERA. BANCAS

FOTO 32. SOLDADURA CERCHAS SS - BANCA

FOTO 33. ASPECTO GENERAL DE AVANCE

FOTO 34. SELLO DEL FRONTON E INSTALACIÓN DE CERCHA

FOTO 35.JORNADA DE ACTIVIDAD EN FRENTE DE OBRA

FOTO 36. ACTIVIDADES DE REVESTIMIENTO TÚNEL.

FOTO 37.INSTALACIÓN GEOMEMBRANA REVESTIMIENTO

FOTO 38. INSTAALCIÓN DE ACERO PARA REVESTIMIENTO

FOTO 39. CARRO DE AVANCE EN REVESTIMIENTO

FOTO 40.PANORÁMICA AVANCE DE REVESTIMIENTO

9. CIBERGRAFIA

- https://ocw.unican.es/pluginfile.php/184/course/section/86/tema_10.pdf
- http://bestsupportunderground.com/natm-shotcrete/
- https://es.wikipedia.org/wiki/Nuevo_M%C3%A9todo_Austriaco_de_Construcci%C3%B3n_de_T%C3%BAneles
- https://revistavial.com/la-practica-austriaca-de-construccion-de-tuneles-por-el-metodo-convencional/