

TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL EN HECOX S.A.S.

Práctica empresarial en la empresa HECOX S.A.S. como Auxiliar de Ingeniería Civil en control de obra, etapa de planeación y procesos constructivos.

Autor

Katherin Julieth Jaimes Garcés

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director

Sandra Milena Cote Vargas

MSc. en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas
Escuela de Ingeniería Civil
Bucaramanga

2024

Dedicatoria

A Dios primeramente por permitirnos vivir cada día.

*A mi madre y hermanas por acompañarme en cada pequeño pero agigantado paso que
doy en mi vida profesional y personal.*

A mi padre que desde el cielo celebra cada logro de su pequeña.

*A mis compañeros de estudio quienes juntos tuvimos un apoyo incondicional durante toda
la carrera para estudiar, aprender y no desistir en los momentos no tan buenos.*

*A la Universidad Industrial de Santander y sus docentes que con su dedicación y
pedagogía hicieron parte importante en todo mi proceso de formación.*

*A la empresa Hecox S.A.S por confiar en mis habilidades y conocimientos para realizar
mis practicas estudiantiles y además aportarme experiencia, corregirme e introducirme en el
maravilloso mundo de la Tecnología Trecless.*

Contenido

1.	Marco teórico.....	12
1.1.	Consultoría.....	12
1.2.	Especificaciones técnicas.....	12
1.3.	Cantidades de obra.....	12
1.4.	Análisis de precios unitarios (APU)	13
1.5.	Tecnología sin zanja	13
1.5.2.	Tunnel liner.....	14
1.6.	Resolución 4272 de 2021 trabajo en alturas	15
1.7.	Resolución 0491 de 2020 trabajo en espacios confinados	15
1.8.	Láminas de acero galvanizado	15
1.9.	Metodología bim.....	17
1.9.1.	Autodesk revit.....	18
1.9.2.	Navisworks	18
1.10.	Descripción de la empresa	18
1.10.1.	Misión	19
1.10.2.	Visión.....	19
1.10.3.	Experiencia.	19
2.	Objetivos.....	21
2.1.	Objetivo general.....	21
2.2.	Objetivos específicos	21
3.	Metodología	22
4.	Desarrollo de la práctica	24
4.1.	Fase I – consultoría TSZ, AMM.....	24
4.2.	Fase II – construcción cruce TSZ, Jardín Botánico	30

TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL EN HECOX S.A.S.

5. Resultado	47
5.1. Modelo 3D Tunnel Liner.	47
5.2. Revisión de planos	47
5.3. Gestión administrativa	48
6. Aporte	48
7. Conclusiones y recomendaciones	49
Bibliografía	51
Anexos	53

Lista de figuras

Figura 1. Esquema Tunnel Liner	14
Figura 2. Tipo de lámina corrugada MP69 y MP76.	16
Figura 3. Tipo de lámina corrugada MP152.	17
Figura 4. Partes del ensamblaje de láminas	17
Figura 5. Plano de diseño de Tunnel Liner.	25
Figura 6. Perfil localización de servicios dentro de Tunnel Liner 1	26
Figura 7. Perfil localización de servicios dentro de Tunnel Liner 2	26
Figura 7. Perfil localización de servicios dentro de Tunnel Liner 2	28
Figura 9. Modelo BIM caja TL cruce vía panamericana, disposición de cajas para servicio secos	29
Figure 10. Modelo BIM caja TL cruce vía panamericana	29

Lista de fotografías

Foto 1. Inducción a cuadrilla	31
Foto 2. marcado portal de inicio pozo RC76-pozo aguas abajo	32
Foto 3. Excavación y armado de anillos	33
Foto 4. Inyección de mortero fluido para anillos instalados	34
Foto 5. Excavación a mayores profundidades con ayuda mecánica	35
Foto 6. Presencia de nivel freático	36
Foto 7. Perfilación e instalación de anillos	37
Foto 8. Control topográfico.....	38
Foto 9. Marcación y excavación portal de inicio para cruce horizontal	39
Foto 10. Instalación de anillos guía para cruce horizontal.....	40
Foto 11. Inyección primeros anillos cruce horizontal.....	41
Foto 12. Control topográfico anillos instalados.....	41
Foto 13. Perforación y demolición de muro concreto.....	42
Foto 14. Cale con pozo RC75-pozo aguas arriba	43
Foto 15. Instalación de tuberías parejas.....	44
Foto 16. Chequeo topográfico de tuberías	44
Foto 17. Inyección espacio anular Liner-Tubería	45

Lista de anexos

Anexo A. plano secciones transversales TSZ-TL-AMM tramo 2	53
Anexo B. Vista perfil TSZ-TL-AMM tramo 2	53
Anexo C. Fase inicial modelado TSZ 2 en Revit.....	54
Anexo D. Formatos para cotizaciones de Tunnel Liner.....	54
Anexo E. Calculos para cantidades de cotizaciones	55
Anexo F. Especificaciones láminas de acero corrugado	55

Resumen

Título: PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA HECOX S.A.S COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN CONTROL DE OBRA, ETAPA DE PLANEACIÓN Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS.

Autor: KATHERIN JULIETH JAIMES GARCÉS

Palabras clave: TUNNEL LINER, LINER DE ACERO, MORTERO DE RELLENO, CORRUGADO, ESPESOR

Descripción: El presente documento de prácticas estudiantiles pretende dar a conocer el paso como auxiliar civil de la estudiante por la empresa HECOX S.A.S., donde su pasadía tiene como propósito aportar, explorar y adquirir nuevos conocimientos y experiencias en el ámbito profesional.

Se realizaron labores de gestión comercial, administrativa y procesos constructivos en campo enfocados en tecnologías innovadoras como la Tecnología Sin Zanja. El estudiante aportó y fortaleció sus conocimientos y destrezas en revisión, evaluación y elaboración de planos y cantidades de obra, elaboración de documentos técnicos, presupuesto de obra, cuadros comparativos, relación con proveedores y modelado BIM, desarrollando a su vez habilidades competentes para el desempeño de los proyectos ejecutados y su vida profesional.

Abstract

Title: BUSINESS PRACTICE IN THE COMPANY HECOX S.A.S AS A CIVIL ENGINEERING ASSISTANT IN CONSTRUCTION CONTROL, PLANNING STAGE AND CONSTRUCTION PROCESSES.

Author: KATHERIN JULIETH JAIMES GARCES

Key words: TUNNEL LINER, STEEL LINER, GROUDTING, CORRUGATED, THICK.

Description: This student internship document aims to publicize the student's time as a civil assistant for the company HECOX S.A.S., where the purpose of her internship is to contribute, explore and acquire new knowledge and experiences in the professional field.

Commercial and administrative management tasks and construction processes were carried out in the field focused on innovative technologies such as Trenchless Technology. The student contributed and strengthened his knowledge and skills in review, evaluation and preparation of plans and work quantities, preparation of technical documents, construction budget, comparative tables, relationship with suppliers and BIM modeling, developing competent skills for performance. of the projects executed and his professional life.

Introducción

Como requerimiento de la Universidad Industrial de Santander para el proceso de obtención del título como profesional en Ingeniería Civil es de gran importancia que el estudiante ponga en práctica lo aprendido en formación. Esta práctica empresarial se basa principalmente en la formación técnica del estudiante para lograr con éxito los objetivos propuestos, sin embargo, paralelo a ello se fortalecen competencias, conocimientos y se ponen en práctica demás habilidades tanto profesionales como personales en diferentes actividades necesarias para desarrollar favorablemente un proyecto ingenieril o de infraestructura.

Para HECOX S.A.S. es de gran importancia contribuir con el desarrollo del país y las comunidades, también, en hacer buen uso de las capacidades que pueden aportar los profesionales. Es por eso que abre las puertas de su empresa para trabajar en conjunto con prometedores profesionales que se integren a la ética y rumbo de su empresa, enfocados en aportar y beneficiarse de esta modalidad de práctica empresarial. HECOX S.A.S es una empresa especialista en proveer soluciones de ingeniería civiles, principalmente en la aplicación de Tecnología Sin Zanja y la infraestructura vial.

Teniendo en cuenta la relevancia que cobra las áreas requeridas para aportar en el desarrollo de la empresa, se puede inferir que el estudiante podrá aplicar de manera eficiente los conocimientos adquiridos durante la carrera en materias como construcciones, proyectos de ingeniería, legislación laboral, mecánica de suelos, fundaciones y diseño de hormigón armado (I y II), Así mismo, como se menciona anteriormente, el practicante por medio de esta modalidad de trabajo de grado integra y aplica los saberes teóricos adquiridos durante el proceso de aprendizaje de su carrera. Además, podrá adquirir y desarrollar nuevos conocimientos para su vida profesional en diferentes áreas.

TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL EN HECOX S.A.S.

El propósito general de esta práctica, que se realizará en la empresa HECOX S.A.S, va orientado a que el practicante, en función como pasante de ingeniería civil, esté vinculado a los diferentes procesos de ingeniero auxiliar, colaborando de la mano con el tutor en diversas áreas de los servicios que presta la empresa. Entre las diferentes funciones que se van a realizar podemos destacar las siguientes: apoyo en la revisión, evaluación y elaboración de planos y cantidades de obra, apoyo en elaboración de documentos técnicos, apoyo en elaboración de presupuestos de obra y apoyo en la búsqueda de nuevas relaciones de trabajo. Esta práctica se desarrolló en los tiempos comprendidos entre el mes de julio y noviembre del año 2023.

1. Marco teórico

1.1. Consultoría

Es un estudio previo a la realización de un proyecto en el cual intervienen distintas personas tanto de la organización como de una empresa externa llamada consultora con la finalidad de definir, evaluar y organizar cuáles serán las bases del proyecto que desean realizar. (Rootstack, s.f.) permitiendo una estructura organizacional y la optimización de procesos de acuerdo al desarrollo de cada actividad del proyecto en estudio.

1.2. Especificaciones técnicas

Es un documento de especificaciones de un proyecto donde se definen las reglas que guiarán la planificación y aplicación del proyecto. Funcionan como un contrato informal entre el líder del proyecto y su ejecutor, estableciendo reglas y normas que deben seguirse en todo momento, independientemente de la naturaleza del proyecto. Unos de sus grandes temas a tener en cuenta son: trabajos preliminares, definición, estudios, procedimientos de ejecución, concretos, normativas de seguridad industrial y protección ambiental, así como también tuberías y dispositivos hidráulicos, entre otros en función del proyecto a ejecutar. (Webolto, s.f.)

1.3. Cantidades de obra

Las cantidades de obra son todas las cuantificaciones que se realizan en base a los planos, elementos o partes que componen un proyecto de infraestructura. (Perea, 2022) Este normalmente se divide en capítulos por actividad teniendo en cuenta

parámetros básicos a favor de la construcción.

1.4. Análisis de precios unitarios (APU)

Es el examen detallado que se hace a una unidad de obra con la finalidad de conocer por separado, sus características constructivas y los elementos de costos que lo componen para sacar conclusiones y establecer su precio previo a la construcción y demostrar lógicamente su valor monetario. (Vargas, s.f.)

Cuando se requieren realizar trabajos de construcción por medio de redes de acueducto y alcantarillado, para el reemplazo, renovación y/o inspección de redes húmedas y/o secas, donde la ejecución de trabajos mediante el sistema tradicional de brechas, pueda causar impactos negativos a la comunidad o riesgos para las personas o a estructuras aledañas se busca una alternativa para evitar al máximo estos impactos como lo es la Tecnología Sin Zanja. (EPM, 2017)

1.5. Tecnología sin zanja

Las tecnologías sin apertura de zanja son una herramienta fundamental para la consecución los objetivos de desarrollo sostenible y en el avance hacia una economía circular: reducir el consumo y preservar las materias primas como el agua y energía. (Zanja, s.f.)

Son una alternativa para reducir los costos sociales, ambientales, comerciales y económicos que conllevan la construcción e instalación o renovación de servicios por medio de zanja y también, son una opción cuando por interferencias, construcciones, cuerpos de agua y otras condiciones del sitio, es físicamente imposible instalar tuberías

con grandes excavaciones. Después de su desarrollo se han convertido es una opción muy popular para la instalación, renovación y rehabilitación de redes de servicios húmedos y secos. (Hecox, 2019)

1.5.2. Tunnel liner

Excavación manual protegida por medio de láminas corrugadas ensambladas dentro de la excavación gracias a sus alas plegadas. (Tecnovial, s.f.) Consiste en una excavación manual controlado por equipo de topografía, que a medida que avanza se protege con un “Liner” metálico prefabricado que se ensambla en sitio. Dependiendo de su finalidad, este puede ser el producto final o se introdesliza otro tipo de tubería o servicios de dicho Liner. (ver figura 1). (Hecox, 2019)

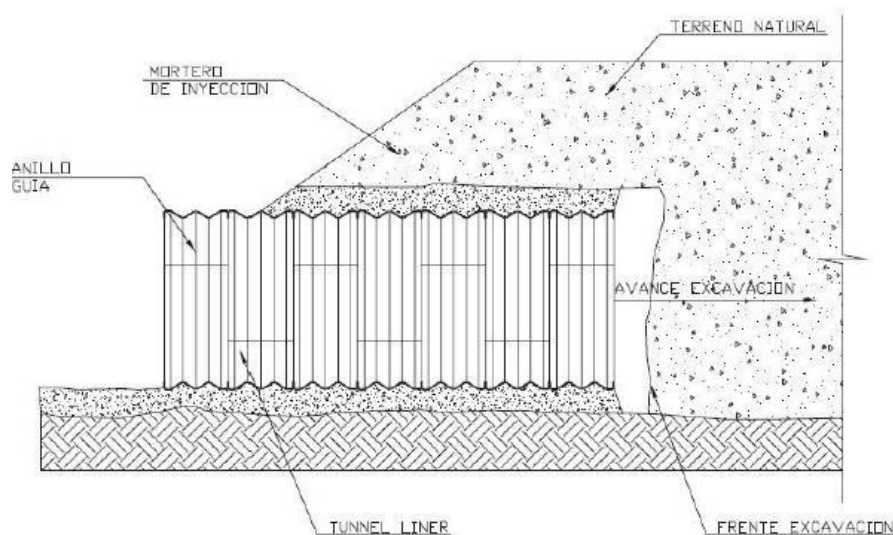


Figura 1. Esquema Tunnel Liner

Fuente. Hecox S.A.S. Obtenido de planos de diseño propios de Ing de detalle AMM

Durante el desarrollo del proyecto se deberán implementar todas las medidas que se requieran para eliminar los posibles riesgos a que se vean sometidos los

colaboradores involucrados en las diferentes actividades de construcción. (Hecox, 2019) Se debe cumplir con un plan para el aseguramiento del control de calidad (QS/QC) y el control de la seguridad industrial de los trabajadores. (EPM, 2017)

1.6. Resolución 4272 de 2021 trabajo en alturas

Artículo 1. Objeto. Establecer los requisitos mínimos de seguridad para el desarrollo de trabajo en altura (TA) y lo concerniente con la capacitación y formación de los trabajadores y aprendices en los centros de entrenamiento en Trabajo en Alturas (AT). (trabajo, resolucion numero 4272 de 2021, 2021)

1.7. Resolución 0491 de 2020 trabajo en espacios confinados

Artículo 1. Objeto. Establecer los requisitos mínimos para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores que desarrollen trabajos en espacios confinados. (trabajo, Resolucion 0491 de 2020, 2020)

1.8. Láminas de acero galvanizado

Las placas para recubrimiento de túneles son láminas de acero acanaladas de dos flanches, y pueden suministrarse negras, galvanizadas o con recubrimiento epóxico. Son diseñadas con base en las profundidades de instalación (cargas muertas), diámetros y cargas vivas. Su geometría, espesor, tamaño y capacidad estructural obedecen a dichas condiciones para cada proyecto en particular. Todas

las características de las láminas como la corrugación, espesor de la lámina y su costra pernada se determina con base en las especificaciones de las normas nacionales e internacionales correspondientes a cada campo de aplicación (NTC4831 ó ASTM A760. NTC 5138¹ o ASTM761, y AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges, Edition17ava de 2002-Section 15-Steel Tunnel Liner Plates) (Corpacero, s.f.)

Las láminas que componen la tubería metálica corrugada, pueden tener diferentes tipos de corrugas que se seleccionan acorde al tamaño y a las cargas que debe soportar, los tipos de corruga son:

MP68 Y MP76: Esta corruga se ofrece en calibre 16 (1.52mm) a 10 (2.42mm), se fabrica de acuerdo a la norma ASTM A760 o NTC4831 y su diseño estructural de acuerdo a la ASTM A796. (ver figura 2). (Corpacero, s.f.)

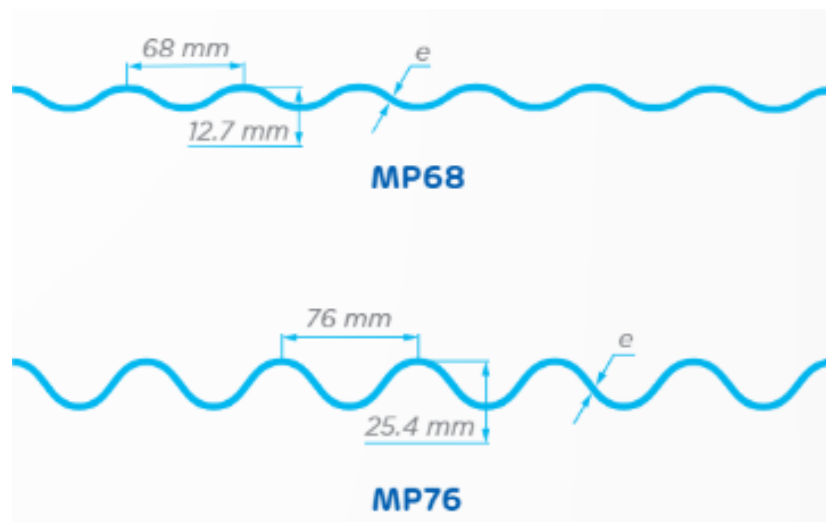


Figura 2. Tipo de lámina corrugada MP69 y MP76.
Fuente. Catálogo de diseño corpacero

MP152: Se ofrece en calibre 12 (2.66mm) a 1 (7.11mm), y se fabrica de

acuerdo a la norma ASTM A761 o NTC5138 y su diseño estructural de acuerdo a la ASTM A796. (ver figura 3). (Corpacero, s.f.)



Figura 3. Tipo de lámina corrugada MP152.

Fuente. Catálogo de diseño corpacero

Para Tunnel Liner se usan las láminas de dos bridas, preferiblemente en calibres entre 14(2.00mm) y 3 (6.00mm) y se diseña de acuerdo a la AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN ESPECIFICACION-Capitulo 12). (Corpacero, s.f.)

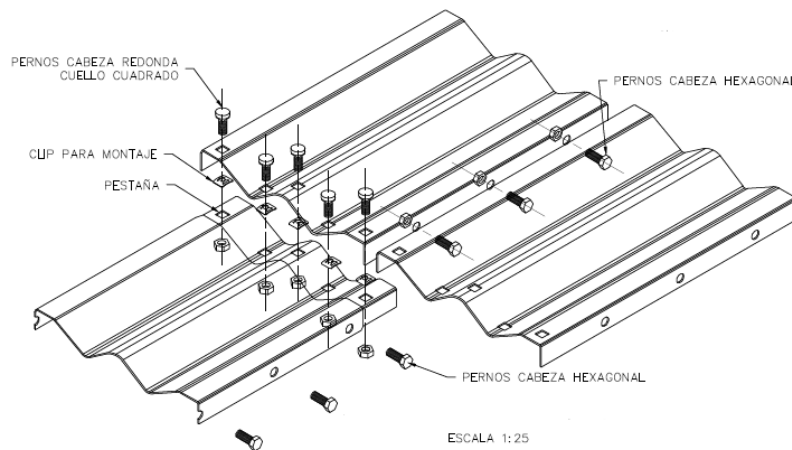


Figura 4. Partes del ensamblaje de láminas

Fuente. Hecox S.A.S. Obtenido de planos de diseño propios de Ing de detalle AMM

1.9. Metodología bim

BIM (Building Information Modeling) es la base de la transformación digital en el sector de la arquitectura, la ingeniería y la construcción. Basado en un modelo inteligente e impulsado por una plataforma en la nube, BIM integra datos

estructurados y multidisciplinares para generar una representación digital de un activo durante todo su ciclo de vida. (Autodesk, s.f.)

1.9.1. Autodesk revit

Revit es el software BIM de Autodesk, un referente de software para arquitectura. Autodesk Revit integra en una única plataforma funciones de diseño arquitectónico e ingeniería estructural y MEP. (EspacioBIM, s.f.)

1.9.2. Navisworks

Navisworks es un software de revisión de modelos 3D para arquitectura, ingeniería y construcción. Permite abrir y combinar la mayor parte de los formatos de archivo de diseño 3D en un único modelo, navegar por ellos, generar animaciones y representaciones fotorrealistas, comprobar interferencias, realizar una planificación de obra, entre otras. (EspacioBIM, s.f.)

1.10. Descripción de la empresa

HECOX S.A.S. es una empresa que se especializa en proveer soluciones de ingeniería civil, ambiental y sanitaria, así como arquitectura y diseños. Está conformada por un selecto staff de profesionales de la industria de la construcción con una amplia experiencia en proyectos de sector público y privado en redes de servicios públicos, urbanismo, vivienda y vías.

Han participado en diferentes proyectos para el país que les permiten convertirse en un referente del mercado. Cuentan con una experiencia muy valiosa en la

implementación de Tecnología Sin Zanja, consultoría y gerencia de proyectos.

1.10.1. Misión

Prestar servicios de Consultoría para la ingeniería y soluciones de Tecnología Sin Zanja, así como sus componentes integrales, geotecnia, vías y estructuras. HECOX está en capacidad de desarrollar desde Ingeniería básica, conceptual o de detalle, integrando todos los componentes que aportan insumos para su elaboración: estudios de suelos, modelaciones por métodos analíticos y numéricos, cálculos estructurales, diseños basados en ergonomía, producción de documentos de soporte y elaboración de memorias de cálculo.

También está habilitada para construir las soluciones que diseña y para administrar y gerenciar los proyectos de manera eficiente involucrando nuevas tecnologías y procesos sostenibles, amigables con el medio ambiente.

1.10.2. Visión.

HECOX será un referente en el mercado de la ingeniería que fusione la gestión de proyectos con la economía verde.

Nos estableceremos como una empresa reconocida por su innovación y dinamismo, integrando las últimas herramientas tecnológicas disponibles.

1.10.3. Experiencia.

HECOX cuenta con más de 10 años de experiencia, ha participado en

proyectos con la rehabilitación de tuberías del centro de la ciudad de Medellín. También participó en la modernización del centro de la misma ciudad.

Ha aportado al desarrollo de Ciudad Verde en Soacha, construcción de vías 4G y proyectos industriales como Las Bodegas de San Agustín en la Estrella. Proyectos como Hacienda San Rafael en el municipio de Zipaquirá, Aires de Monte azul en el municipio de Sabaneta, condominio Las Lomas en el municipio de Tibabosa han contado con su aporte, así como proyectos de EPM y la EDU que son referentes de ingeniería a nivel nacional.

HECOX participó con su área de Tecnología Sin Zanja en los proyectos de Cuencas Norte y la Iguana en la ciudad de Medellín. Unidades residenciales como Vitenza, Panorama, Senderos Del Parque, San Jorge, entre otras.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Brindar apoyo en las diferentes áreas que presenta la empresa HECOX S.A.S. en sus proyectos desde las perspectivas técnicas y administrativas, de igual forma conocer a fondo su normativa y operación, identificando oportunidades para la formación como profesional adquiriendo nuevas experiencias en una empresa que aporta un gran avance para el desarrollo del país.

2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1.** Apoyar la gestión en la adquisición de cotizaciones de material de obra y elaboración de cuadros comparativos de los diferentes proveedores que requiera la empresa para los proyectos desarrollados durante la estadía como practicante.
- 2.2.2.** Brindar apoyo necesario para la revisión y elaboración de planos y extracción de cantidades de obra.
- 2.2.3.** Brindar apoyo en la construcción y elaboración de APU's, cronogramas de obra y documentos técnicos.
- 2.2.4.** Apoyar en el control de obra durante la ejecución de proyectos presentes durante el tiempo de la práctica.

3. Metodología

En este capítulo se presentan las actividades a realizar como practicante de ingeniería civil en las diferentes áreas para el desarrollo de los proyectos. Las actividades mencionadas parten de los objetivos ya formulados en el capítulo anterior que van de la mano con el desarrollo de los diferentes procesos que se llevarán a cabo en la empresa HECOX S.A.S.

1.1.1 Asignación de tareas por parte del tutor

El tutor asignará tareas diarias por medio de reuniones a través de la plataforma Google meet donde realizará seguimiento constante de las actividades administrativas, también se realizarán reuniones presenciales para control de los objetivos propuestos en campo.

2.1.1 Brindar apoyo en la adquisición de cotizaciones

El estudiante buscará nuevas relaciones con proveedores, brindando a la empresa los mejores materiales para el desarrollo de los proyectos en curso. Presentará cuadros comparativos donde organice mejor la información permitiendo observar de forma óptima las características de cada entidad y poder dar su aporte a la empresa con análisis, criterio y convicción en la búsqueda realizada.

3.1.1 Brindar apoyo para la revisión y elaboración de planos

El estudiante apoyará en la elaboración y revisión de diferentes planos constructivos de los proyectos en trámite suministrados por los profesionales de cada área que participa para llevar a cabo la realización de los objetivos.

4.1.1 Brindar apoyo en control de obra

El aprendiz estará acompañando en forma presencial los proyectos en campo, con el fin de plasmar y potencializar sus habilidades en cuanto al desarrollo de los mismos, este llevará a cabo algunas funciones importantes como lo son la bitácora diaria del proyecto, supervisar la correcta ejecución del mismo según los planos, sacar cantidades de obra, coordinar entrega de materiales y equipos, realizar informes semanales para entregar al cliente, entre otras.

4. Desarrollo de la práctica

La práctica estudiantil se llevó a cabo de manera organizada, dividida en 2 fases las cuales son las siguiente: fase I. Apoyo en la ingeniería conceptual para el proyecto de Tecnología Sin Zanja (TSZ) en Marmato, Caldas; Fase II: Apoyo como ingeniera auxiliar en construcción de cruce de alcantarillado en Tecnología Sin Zanja (TSZ)-Jardín botánico.

4.1. Fase I – consultoría TSZ, AMM

Durante esta primera fase se da apoyo en la elaboración de documentos técnicos para la consultoría de TSZ ya que HECOX S.A.S. fue la encargada de presentar la propuesta de la ingeniería conceptual y de detalle para la construcción de dos tramos TSZ que permitirán pasar redes húmedas y secas en su interior, garantizando los lineamientos técnicos y documentos normativos que exigen cada una de las entidades gubernamentales para su desarrollo, así como el cumplimiento de la normativa nacional e internacional vigente a la fecha.

Esta fue una consultoría para el municipio de Marmato, Caldas, quienes desarrollan un plan como parte de la ampliación del proyecto perteneciente a la compañía minera Aris Mining Marmato S.A.S, la cual tiene proyectada la construcción de varias estructuras que permitirán ampliar el proceso de extracción mineral, entre estas estructuras se encuentra la construcción de dos tramos en tecnología sin zanja que servirán principalmente para conducir aproximadamente 90 lt/s de agua desde el río Cauca que se encuentra a 5 kilómetros del proyecto junto con una línea de descarga y redes secas que deberán atravesar la vía Panamericana en el

kilómetro 73+760 y la vía secundaria que conduce a Marmato en donde se proyecta un segundo cruce para el paso de las redes hidráulicas.

Aris Mining Marmato, en adelante AMM, suministraron algunos datos que sirvieron para complementar la información necesaria para definir los diseños conceptuales y la ingeniería de detalle, como por ejemplo, el reporte de los caudales máximos de crecientes del río Cauca, los planos As-Built pertenecientes al Box Culvert que atraviesa la vía Panamericana, los archivos KMZ y los planos de ampliación de la vía Panamericana que sirvieron para definir la longitud de este tramo.

4.1.1. Apoyo en elaboración y reajustes de planos de diseño

Como primera instancia y con una introducción previa a conocimientos sobre el proyecto se revisaron los planos de la ingeniería ya elaborados por parte del dibujante. Teniendo en cuenta los diseños de la disposición del cruce y de la mano de los ingenieros se llevaron a cabo diferentes versiones de reajustes de los planos. A continuación, se muestra la disposición final de los crucen con TSZ para cada uno de los tramos.

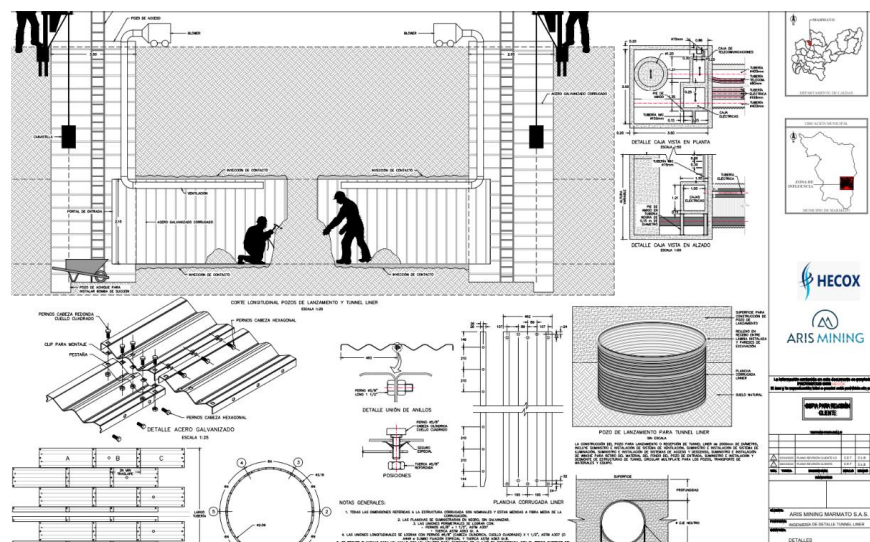


Figura 5. Plano de diseño de Tunnel Liner.

Fuente. Planos de diseño Ingeniería conceptual Consultoría Hecox s.a.s. AMM

Plano final de diseño donde se ilustra la disposición de las cajas (pozos) de inspección y lanzamiento para el cruce con TSZ de la vía Panamericana, el proceso constructivo de Tunnel Liner y ensamblaje de láminas de Tunnel Liner. (ver figura 5)

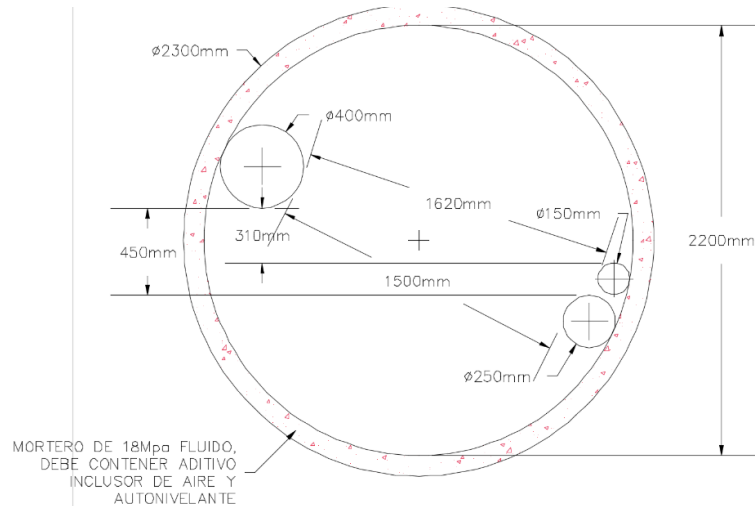


Figura 6. Perfil localización de servicios dentro de Tunnel Liner 1

Fuente. Planos de diseño Ingeniería conceptual Consultoría Hecox s.a.s.

Este tramo fue denominado TSZ-1, el cual conducirá la tubería de agua de 16" para Impulsión y la tubería para descargas de 10" y de 6", independientes. (ver figura 6)

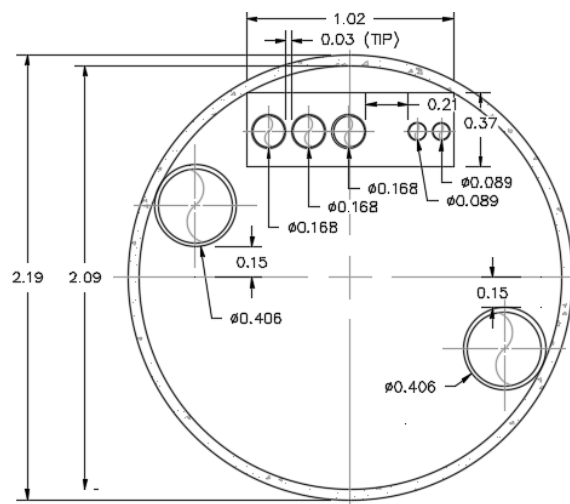


Figura 7. Perfil localización de servicios dentro de Tunnel Liner 2

Fuente. Planos de diseño Ingeniería conceptual Consultoría Hecox s.a.s. AMM

Este tramo fue denominado TSZ 2, el cual fue diseñado para conducir tubería de agua de 16”, diámetro nominal, para Impulsión, tubería para descargas de 400 mm 16”, diámetro nominal, junto con redes eléctricas que alimentarán los equipos de bombeo que servirán para la captación de agua desde el río Cauca. (figura 7)

4.1.2. Apoyo en elaboración de documentos técnicos

En esta etapa se apoyó directamente en la elaboración de la especificación técnica del proceso constructivo de los cruces con Tunnel Liner, teniendo en cuenta todos los estudios realizados para el diseño de dichos tramos. Para ello se estudiaron los informes suministrados por los profesionales de las diferentes actividades involucradas, como lo son el estudio de suelos, modelación por elementos finitos, diseño de la red eléctrica, diseño estructural y procesos constructivos.

4.1.3. Elaboración de modelo BIM

El modelado BIM fue un desafío planteado como punto a favor para el proyecto. Con base en conocimientos adquiridos del software Autodesk Revit7 y Navisworks8, se implementó el modelado para dicha consultoría, siguiendo los planos finales de diseño, los cuales fueron realizados por medio de los software de Autodesk mencionados.

Se realizaron diferentes modelos en el software Autodesk Revit, comenzando con el modelado arquitectónico, aquí se tienen en cuenta las dimensiones de las cajas, las longitudes y profundidades de los cruces y el terreno el cual fue tomado del KMZ suministrado por el cliente; como consiguiente el estructural, se tuvo en cuenta los diámetros de las barras, así como también sus

separaciones, longitudes y traslapes para la placa de cimentación, los muros perimetrales de la caja y la tapa de acceso; seguido el MEP y el hidráulico, teniendo en cuenta las separaciones entre los ductos y tuberías, su ubicación, pendiente y dimensiones suministradas por los ingenieros en cuanto a las cajas de inspección y MH.

Cada uno de estos modelos se exportan al software Naviswork dando como resultado un único modelo que permite revisar interferencias, navegar por el proyecto, realizar animaciones en cuanto a un plan de construcción y el renderizado. Las siguientes imágenes fueron tomadas del render enviado a Aris Mining Marmato de la ingeniería de detalle del cruce de la vía Panamericana. (ver figura 8, Figura 9 y figura 10)

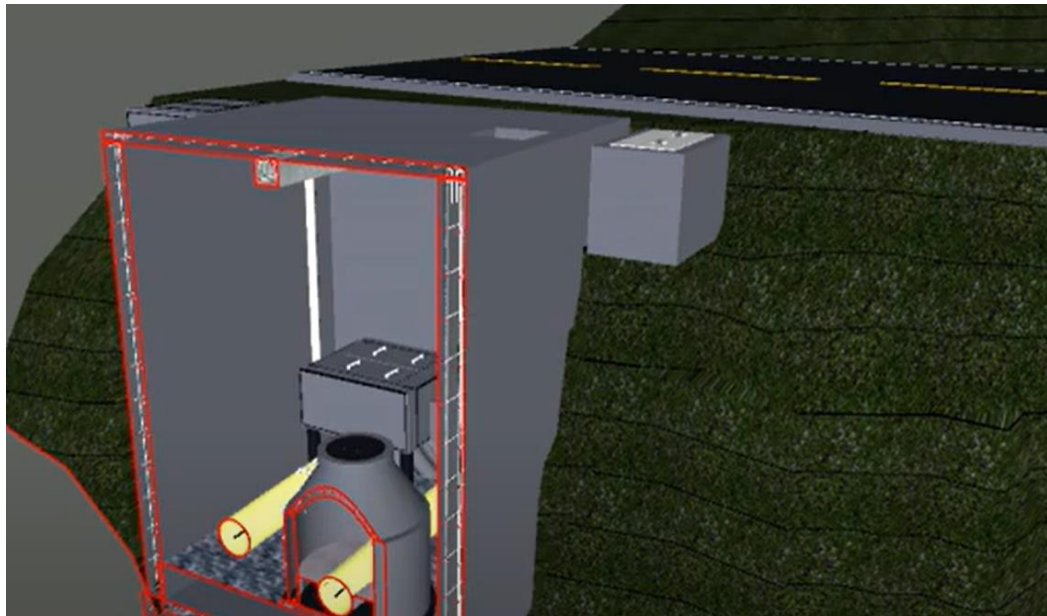


Figura 8. Perfil localización de servicios dentro de Tunnel Liner 2
Fuente. Propia autoría

Se evidencia el corte en una de las cajas de acceso, donde seguido por los planos de diseño se dio finalidad con detalles de armado estructural, cajas eléctricas de inspección, MH y ubicación de las tuberías.

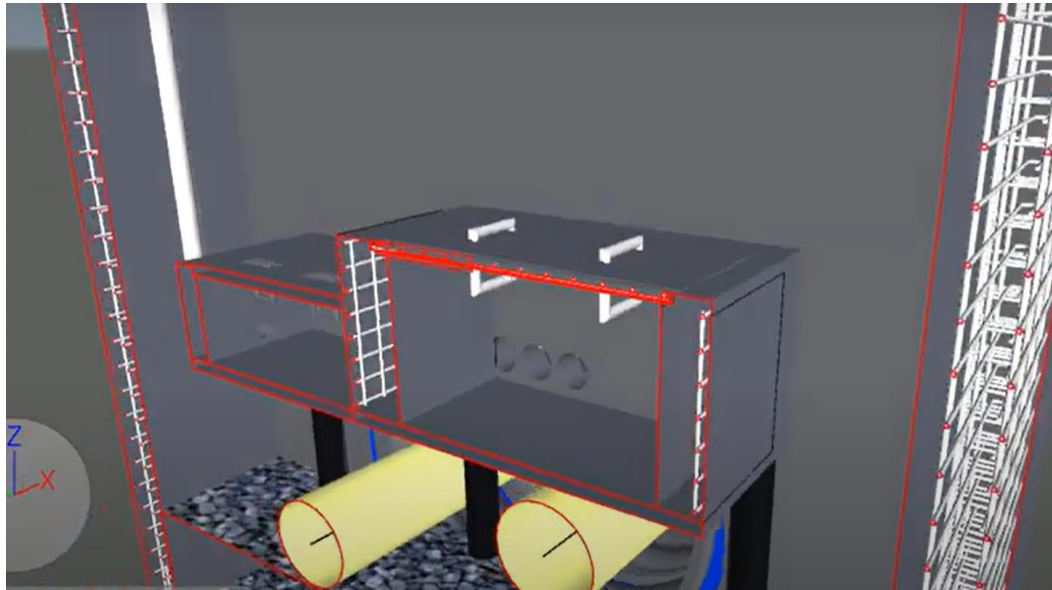


Figura 9. Modelo BIM caja TL cruce vía panamericana, disposición de cajas para servicio secos
Fuente. Propia autoría

Vista del corte transversal sobre las cajas de inspección de las redes eléctricas y de telecomunicación diseñadas para este tramo.

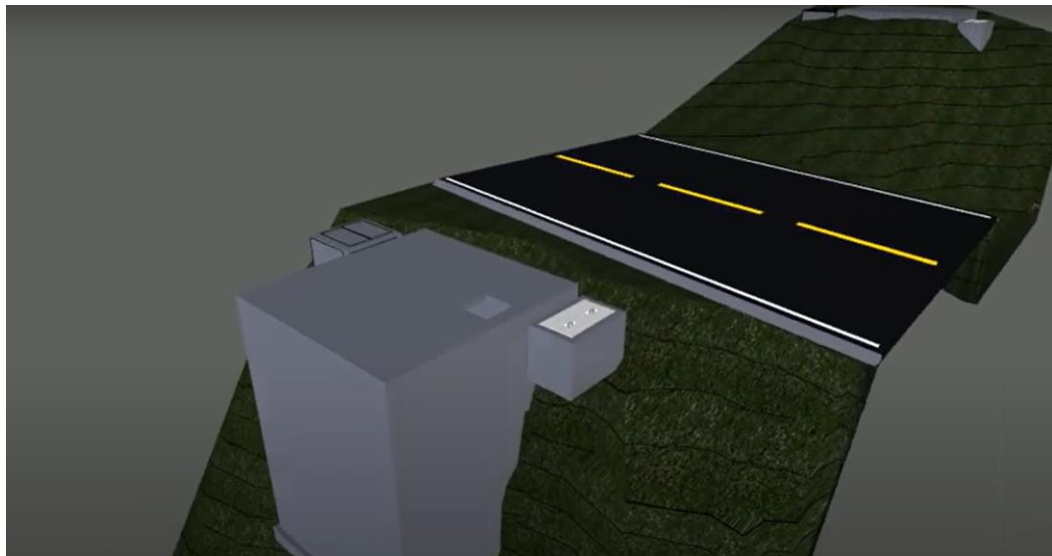


Figure 10. Modelo BIM caja TL cruce vía panamericana
Fuente. Propia autoría

Vista panorámica del cruce con TSZ bajo la vía panamericana, este cuenta con una longitud de aproximadamente 40 m ya que se tuvieron en consideración futuras ampliaciones sobre la vía.

4.2. Fase II – construcción cruce TSZ, Jardín Botánico

Gran parte de la práctica estudiantil se enfocó directamente en el proyecto de construcción del cruce de TSZ. Este proyecto tuvo como nombre Jardín Botánico, ya que fue esa su ubicación. Trata de un Tunnel Liner, el cual cruzará la quebrada El Molino, con una longitud de 13 metros permitiendo la continuidad del servicio de alcantarillado que pasa por esa zona.

Se inició obra en la ciudad de Medellín, para la cual la empresa preparó a todo su personal con cursos de altura de trabajador autorizado y entrante en espacio confinado para poder ser partícipe de dicho proyecto de acuerdo a la resolución 4272 de 2021 (trabajo, resolucion numero 4272 de 2021, 2021) y 0941 de 2020 (trabajo, Resolucion 0491 de 2020, 2020), ya que este, como mencionaba anteriormente, se basa en la construcción de Tunnel Liner a una profundidad de 4.8 m.

La función dentro del proyecto es apoyar en coordinar entregas de materiales y equipos para no dar espera en la ejecución de la construcción, revisión de planos de diseño, ir de la mano con el ingeniero a cargo y el residente en cuanto a la planificación de objetivos diarios, que estos se ejecuten y se cumplan de la forma más apropiada, técnica y segura para la obra y para cada trabajador.

Previo a la ejecución del proyecto se realizaron gestiones comerciales y elaboración de documentos técnicos. En cuanto a la gestión comercial, al momento de buscar y elegir los proveedores que acompañarían todo el proceso, se tuvieron en cuenta aspectos como: calidad de los materiales, forma de entrega, disponibilidad, medida de pago, suministros de certificados técnicos, ubicación y precio.

Los documentos técnicos entregados al cliente fueron especificaciones técnicas, donde se tienen en cuentas los procedimientos constructivos, grouting a inyectar,

profundidades a excavar, espesor de las láminas de acero corrugado, medidas de prevención ante caídas y seguridad y salud en el trabajo, entre otras. En paralelo a la construcción del tramo se realizaron cortes de obra, bitácora e informes semanales.

A continuación, se explica un poco el proceso de ejecución.

- 4.2.1.** Inducción a los trabajadores del objeto a cumplir, reglas de la empresa, sus horarios de trabajo y una inducción del armado de las láminas de Tunnel Liner. (ver foto 1)

Foto 1. Inducción a cuadrilla

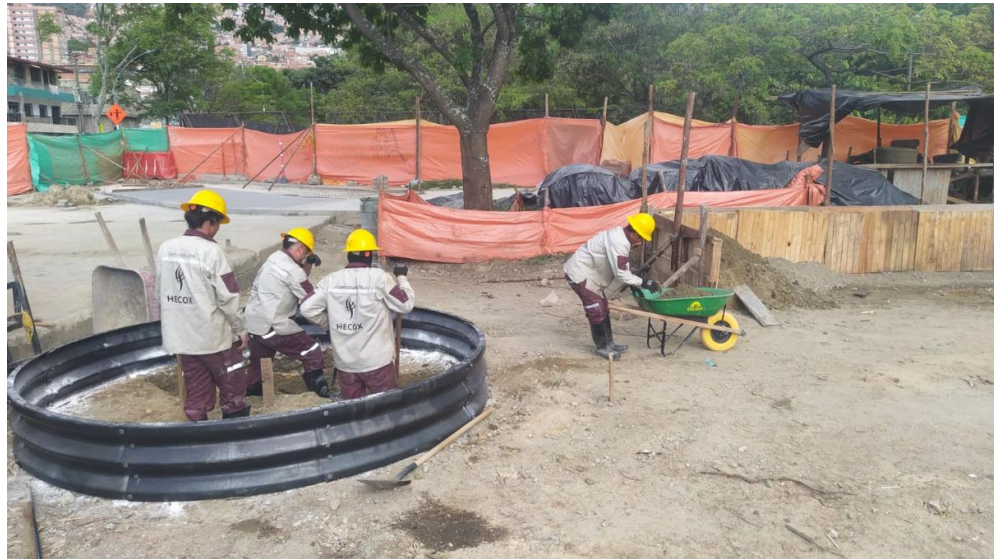


Fuente. Propia autoría

Se realizó el montaje sobre superficie del primer anillo, esto es importante ya que se evidencia el conocimiento de la cuadrilla en cuanto a cada parte del anillo (láminas, tornillos y tuercas) y de su correcto armado para garantizar su resistencia básica de forma perimetral y longitudinal.

- 4.2.2.** Desmonte, limpieza de la zona adecuada para el trabajo seguro y puesta de anillo en sitio delimitando zona exacta de acuerdo al eje y punto asignado por topografía para dar inicio a la excavación. (ver foto 2)

Foto 2. marcado portal de inicio pozo RC76-pozo aguas abajo



Fuente. Propia autoría

Desde este pozo se inicia la excavación horizontal. Una vez se ha realizado el marcado por topografía del portal de inicio se procederá con la excavación y montaje del primer anillo el cual servirá para controlar el alineamiento durante el armado y la instalación de los siguientes. Se deben implementar métodos de excavación de acuerdo a los tipos de terrenos encontrados y se tomarán precauciones necesarias para asegurar que las superficies excavadas sean uniformes y sólidas.

- 4.2.3.** Excavación de 1,35m de profundidad con armado de 3 anillos de Liner, correctamente implementados. (ver foto 3)

Foto 3. Excavación y armado de anillos



Fuente. Propia autoría

Antes de instalar los anillos se procede a la perfilación del terreno, teniendo en cuenta excavar 20cm de más del diámetro original para la implementación de las láminas del Liner dejando un espacio anular para la inyección del mortero fluido de 5 MPa.

Las láminas de TUNNEL LINER que conforman cada anillo según diámetro son como sigue: 136” se compone de 9 láminas, 1 hembra-hembra, 1 macho- macho y 7 láminas hembra-macho.

- 4.2.4.** Inyección de mortero fluido de 5MPa en espacio anular entre el terreno y las láminas de Tunnel Liner. (ver foto 4)

Foto 4. Inyección de mortero fluido para anillos instalados



Fuente. Propia autoría

Cuando por motivos relacionados con materiales poco cohesivos se puedan presentar desprendimientos durante el tiempo en que no se genera actividades, las láminas del Liner ayuda a contener los desprendimientos y permitiendo una estabilización mediante una inyección de mortero de consolidación y estabilización del terreno.

Una vez se tiene un avance de 2 a 4 anillos, se procede con la inyección de los vacíos generados por sobre-excavaciones entre el espacio anular del terreno y la cara del Tunnel Liner, en caso de encontrar un terreno inestable se deberá realizar las inyecciones de cierre por cada anillo instalado. En este caso encontramos un terreno muy estable lo cual es muy favorable permitiéndonos realizar inyecciones cada 3 anillos.

4.2.5. Actividad con retro excavadora y volqueta para cargue y botada del material. Profundidad faltante. 1,35m a 4.8m. (ver foto 5)

Foto 5. Excavación a mayores profundidades con ayuda mecánica



Fuente. Propia autoría

La excavación del pozo puede tener ayuda mecánica considerando el diámetro y tipo de equipo a emplear. En este caso hizo uso de una retroexcavadora para agilizar el proceso de excavación del material encontrado a profundidades mayores de 1.35m, finalmente con las medidas de protección y seguridad se realizó la perfilación necesaria para la implementación de los anillos de Liner.

4.2.6. Implementación sistema de seguridad y punto de anclaje para trabajo seguro en alturas y bombas para desagüe de aguas encontradas. (foto 6)

Foto 6. Presencia de nivel freático



Fuente. Propia autoría

Durante el desarrollo del proyecto se implementaron todas las medidas de seguridad que se requieren para eliminar los posibles riesgos a que se vean sometidos todos los trabajadores involucrados en las diferentes actividades de la construcción.

Para el pozo de acceso se instala un sistema de barandas como prevención de seguridad a caídas, se emplea también equipo como pluma grúa con el objetivo de evacuar todo material excavado del mismo pozo y

del túnel a construir como también la instalación de una escalera fija y un punto de anclaje para acceso de los trabajadores.

En caso de presencia de nivel freático se instalan bombas eléctricas de achique para la evacuación del agua hacia un lugar autorizado.

De acuerdo con el procedimiento constructivo el pozo de acceso contará con hoyos de achique para el bombeo de las aguas procedentes del nivel freático que se puedan presentar. El pozo de achique implica realizar una sobre excavación en los pozos de lanzamiento para captar el agua a más profundidad permitiendo una zona de trabajo relativamente seca.

4.2.7. Armado de anillos de Liner para profundidades excavadas. (ver foto 7)

Foto 7. Perfilación e instalación de anillos



Fuente. Propia autoría

Se repite el mismo proceso constructivo de los puntos 4.2.3 y 4.2.4 realizando la excavación y perfilación del terreno para poder instalar los

siguientes anillos y proceder con la inyección del espacio anular entre Liner y terreno.

Una vez llegada a la profundidad deseada, se realiza un solado de 15 cm de espesor con pendiente hacia un pozo de achique donde constantemente se bombea el agua proveniente del estrato, con la finalidad de mantener una zona de trabajo despejada y seca para la comodidad de los trabajadores y no afectar su rendimiento.

4.2.8. Actividad por parte de topografía. (ver foto 8)

Foto 8. Control topográfico



Fuente. Propia autoría

Una vez finalizado el pozo de lanzamiento, se da continuidad a topografía para la marcación del portal de inicio del cruce horizontal el cual atraviesa por debajo del box culvert de la quebrada El Molino.

4.2.9. Apertura portal de inicio mediante equipo mecánico y herramienta menor.

(ver foto 9)

Foto 9. Marcación y excavación portal de inicio para cruce horizontal



Fuente. Propia autoría

Una vez topografía marca el portal, se procede a desmontar las láminas de Liner ya instaladas (las que se encuentran dentro de la zona marcada) y se procede a demoler el concreto para dar continuidad a la excavación horizontal.

4.2.10. Instalación topográfica anillos guía, anillos N° 1 y 2, estos anillos se aseguran mediante la aplicación de soldadura para evitar que pierda su alineamiento. (ver foto 10)

Foto 10. Instalación de anillos guía para cruce horizontal



Fuente. Propia autoría

Las desviaciones del alineamiento del túnel son monitoreadas constantemente, se realizan chequeos por cada dos anillos instalados. Cualquier desviación del alineamiento detectada durante los controles deberá ser rectificada lo más pronto posible para la inyección.

4.2.11. Inyección y taponamiento del espacio anular de los anillos guía N° 1 y 2. (ver foto 11)

Foto 11. Inyección primeros anillos cruce horizontal



Fuente. Propia autoría

4.2.12. Se excava y se instalan los siguientes anillos, se realiza chequeo topográfico de los anillos N° 3, 4 y 5 encontrándolos dentro del alineamiento diseñado para la instalación de la tubería melliza de 27". (ver foto 12)

Foto 12. Control topográfico anillos instalados

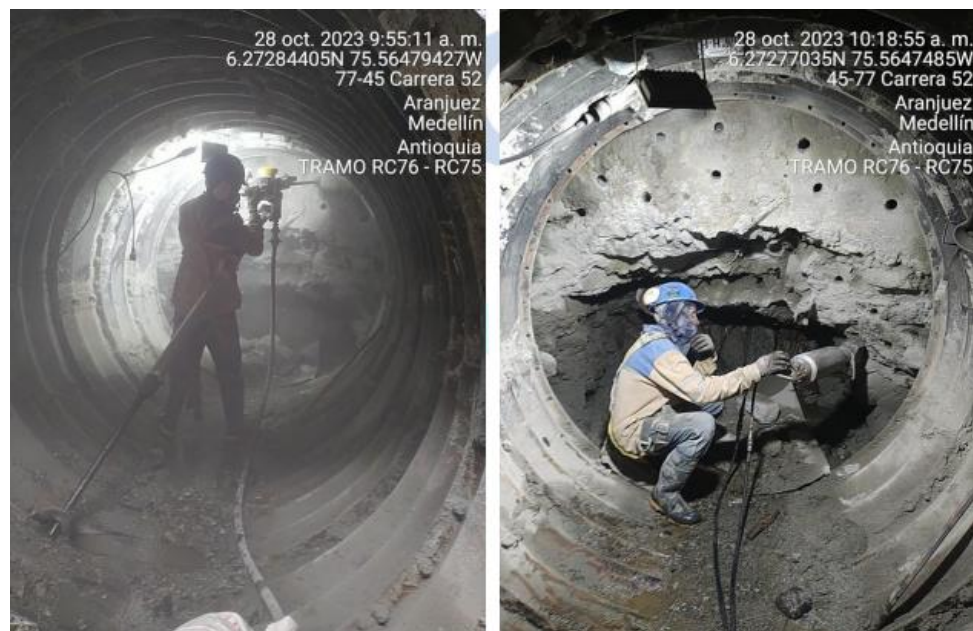


Fuente. Propia autoría

Dependiendo de las condiciones del terreno se determina en campo cuantos anillos se instalan, normalmente se instalan dos anillos y se inyectan, pero en condiciones de un terreno estable, se pueden instalar hasta 3 anillos y luego proceder con la inyección.

4.2.13. se repite el mismo procedimiento de los puntos 4.2.12 hasta llegar al pozo aguas arriba. (ver foto 13)

Foto 13. Perforación y demolición de muro concreto



Fuente. Propia autoría

Al intentar realizar la excavación para el anillo 8 se identifica la presencia de un muro de concreto de alta dureza. Para su demolición se trasladan equipos como barrenas y cuñas hidráulicas para la fragmentación del muro concreto.

Se dio continuidad a la excavación y armada de los anillos en Liner del cruce horizontal, desde el pozo aguas abajo (RC76) hasta el pozo aguas arriba (RC75). Finalizando el tramo a cruzar, se encuentra nuevamente un

muro concreto de igual espesor al primero encontrado en el anillo No.7 el cual se siguió el mismo procedimiento para demolerlo y continuar con la excavación e instalación.

4.2.14. Cale con pozo RC75. (ver foto 14)

Foto 14. Cale con pozo RC75-pozo aguas arriba



Fuente. Propia autoría

Fin de excavación e instalación de anillos dando como resultado 23 anillos instalados, con un total de 10.58 m de longitud bajo el Box Culvert de la quebrada El Molino.

4.2.15. Se realiza instalación de tubería PVC de 700mm. (ver foto 15)

Foto 15. Instalación de tuberías parejas



Fuente. Propia autoría

4.2.16. Chequeo por parte de topografía para lineamiento de la tubería, de acuerdo a las especificaciones y cotas entregadas por el cliente. (ver foto 16)

Foto 16. Chequeo topográfico de tuberías



Fuente. Propia autoría

Para la instalación de tubería, se instalan 5 soportes metálicos distribuidos a lo largo del cruce con ayuda de topografía según alineamientos del diseño, la tubería recae sobre estos y adicionalmente se abrazan con unas correas metálicas. Su función es restringirlas vertical y horizontalmente, evitando que al inyectar el espacio anular entre la tubería y el Liner, la misma flote o se mueva.

4.2.17. Se realiza inyección del espacio anular entre tubería y Liner para que esta quede fija. (ver foto 17)

Foto 17. Inyección espacio anular Liner-Tubería



Fuente. Propia autoría

Una vez topografía por parte del cliente da el visto bueno de las cotas en que se encuentran las tuberías, se procede a inyectar el espacio anular entre Liner y tubería. Una vez finalizada la inyección se realiza

desmovilización de equipos, orden y aseo para entrega satisfactoria del proyecto al cliente MEGA PROYECTOS VIAL.

Se da finalidad con labores administrativas, digitalizando el proceso de ejecución, imprevistos, materiales y equipos utilizados durante el proceso constructivo, con el objetivo de agilizar trabajos y actualizar de forma más precisa cantidades de obra para la ejecución de Tunnel Liner por metro lineal construido.

5. Resultado

El desarrollo de este proyecto finalizó de manera satisfactoria dando cumplimiento a los objetivos propuestos en los tiempos requeridos, demostrando así que la metodología empleada fue la adecuada para la ejecución de las diferentes actividades que hicieron parte para el desarrollo de los proyectos.

5.1. Modelo 3D Tunnel Liner.

Guiado de los planos suministrados por el equipo de profesionales pertenecientes a la empresa, se logró realizar el modelado 3D del cruce bajo la vía panamericana con Tecnología Sin Zanja, aquí se tuvo en cuenta los planos de diseño hidráulicos, arquitectónicos, eléctricos y estructurales.

La implementación del modelo BIM para la entrega de ingeniería de detalle del proyecto perteneciente a la empresa minera Aris Mining Marmato S.A.S. fue de total agrado por parte de Hecox S.A.S tanto como de la empresa cliente, ya que les permitía tener una visión más clara y detallada del tramo a construir con Tecnología Sin Zanja.

5.2. Revisión de planos

La lectura e interpretación correcta de los planos de diseño fueron de vital importancia para las dos fases de la práctica empresarial, ya que es con base a ellos que se logran culminar con éxito los objetivos propuestos. Para la fase I se revisaron los planos de las diferentes áreas pertenecientes a un proyecto de infraestructura civil. Se tuvo total precaución con cada uno de los mismos para ejecutar y entregar el modelo renderizado acorde a las cantidades, dimensiones y formas que indican estos. Para la fase II también fue de gran importancia la correcta interpretación de los mismos, para poder extraer cantidades de obra y coordinar su correcta ejecución.

5.3. Gestión administrativa

Se logró optimizar proceso de cotizaciones por medio del software Microsoft Excel, automatizando sus hojas de cálculos para generar de forma más ágil las cotizaciones para proyectos como el Tunnel Liner. También se realizó un documento alimentado a través de cuadros comparativos y teniendo en cuenta diferentes parámetros al momento de cotizar con diferentes proveedores permitiendo a la empresa una elección más acertada para sus proyectos en cuanto a insumos y maquinas

En paralelo se lograron adquirir y fortalecer habilidades competentes en campo, temas administrativos y de gestión de proyectos gracias al ingeniero a cargo, Leonardo Hernández, quien tubo toda la disposición de aportar y enseñar su experiencia.

6. Aporte

Para empezar, se considera que el paso como practicante de ingeniería civil en la empresa Hecox S.A.S. ha sido de vital importancia para concluir la etapa de formación, dado que, es en el campo donde se adquieren y fortalecen las habilidades necesarias para el crecimiento profesional y personal.

Un aporte significativo a la empresa fue la introducción del modelado BIM, debido a que antes de la vinculación no tenían mayor conocimiento sobre este modelo, por ende, no habían implementado en un ninguno de sus proyectos dicha metodología. Gracias al renderizado del tramo a construir bajo la vía Panamericana en el kilómetro 73+760, se logró un valor agregado en la entrega de ingeniería de detalle de TSZ (Tecnología Sin Zanja), para

Aris Mining Marmato, dejando como resultado grandes expectativas para la realización del proyecto y así mismo logrando una excelente calificación como empresa contratista.

Adicionalmente, otro aporte significativo para la empresa fue la creación de un documento que les permitiera realizar consultas y evaluaciones de proveedores para obtener una elección más acertada al momento de utilizar los servicios requeridos. De igual forma, se realizan formatos que optimizan el proceso de cotizaciones relacionados con Tecnología Sin Zanja, específicamente la metodología con Tunnel Liner. Así mismo, la construcción y modificación de APU's donde se realiza la programación.

7. Conclusiones y recomendaciones

En la gestión de adquisición de nuevos proveedores de materiales y alquiler de equipos para el proyecto de Jardín Botánico, se tuvieron en cuenta parámetros como calidad, tiempo de entrega, costos y modalidad de pago al momento de elegir la propuesta a convenir. HECOX S.A.S quedó inscrito como cliente en cada una de estas empresas competentes para el desarrollo.

En cuanto a los conocimientos adquiridos en la formación académica, se destacó en la lectura y elaboración de planos de diseño para construcciones con Tecnología Sin Zanja, además, se apoyó en la modificación de planos finales de entrega para consultoría de TSZ-AMM.

En base a demostrar las capacidades y conocimientos adquiridos en la etapa de aprendiz, se logró demostrar una actitud proactiva, capaz y dispuesta en poner en práctica lo desarrollado durante la formación académica creando y modificando modelos de APU's.

Se lograron coordinar trabajos de diferentes áreas para la construcción de un tramo de aproximadamente 13 m de longitud con Tecnología Sin Zanja demostrando habilidades competentes y obteniendo resultados favorables para la empresa y para la vida profesional.

Teniendo en cuenta la incertidumbre a encontrar bajo terreno, se sugiere a la empresa realizar los cronogramas de obra por medio de la ruta crítica para entregar al cliente, ya que se pueden encontrar rocas, muro concreto o similares que afectan desfavorablemente el rendimiento, por ende, afecta el tiempo de entrega.

Se sugiere a la empresa la implementación de la metodología BIM para la ingeniería de detalle de sus proyectos, ya que por medio de esta metodología pueden mostrar un mejor proceso constructivo para las empresas clientes.

Es fundamental destacar el gran trabajo que los integrantes de la empresa HECOX S.A.S aportaron en el proceso de práctica. Principalmente, en el ámbito laboral y al mismo tiempo en el interpersonal, permitiendo desarrollar habilidades y competencias en las diferentes actividades requeridas para finalizar con éxito los objetivos propuestos.

Bibliografía

Autodesk. (s.f.). *Autodesk*. Obtenido de <https://www.autodesk.es/solutions/bim>

Colombiana, N. T. (20 de Oct de 2021). NTC 5138. *ALCANTARILLAS METÁLICAS GALVANIZADAS FABRICADAS CON LÁMINA CORRUGADA DE ACERO*.

Bogotá DC, Colombia: Instituto Colombiano de Normas Tecnicas y Certificacion (ICONTEC).

Corpacero. (s.f.). *Corpacero*. Obtenido de Catálogo de productos:

<https://www.corpacero.com/catalogo/>

EPM. (2017). *Norma de construccion para instalacion de acueducto y alcantarillado Sin Zanja por sistema Tunnel Liner*.

EspacioBIM. (s.f.). *Espacio BIM*. Obtenido de <https://www.espaciobim.com/software-bim/revit>

Hecox. (01 de 02 de 2019). *Hecox S.A.S*. Obtenido de <https://www.hecox.co/>

Perea, A. D. (30 de Apr de 2022). *Scribd*. Obtenido de

<https://es.scribd.com/document/572318070/Documento-2>

Rootstack. (s.f.). *Rootstack*. Obtenido de Importancia de la consultoría en la realizacion de un proyecto: <https://rootstack.com/es/blog/importancia-de-las-consultorias-en-la-realizacion-de-un-proyecto>

Tecnovial. (s.f.). Obtenido de <https://acervial.com/services-view/tunnel-liner/>

trabajo, M. d. (24 de feb de 2020). Resolucion 0491 de 2020. *Resolucion 0491 de 2020 requisitos minimos de seguridad para es desarrollo de trabajo en espacios confinados*. colombia.

trabajo, M. d. (27 de dic de 2021). resolucion numero 4272 de 2021. *resolucion numero 4272 de 2021 requisitos minimos de seguridad para el desarrollo de trabajo en alturas*. colombia.

Vargas, C. (s.f.). *Dataconstrucción*. Obtenido de <https://www.dataconstruccion.com/blog/analisis-de-precios-unitarios-apus>

Webolto. (s.f.). *Webolto*. Obtenido de <https://www.webolto.com/es/gestion-de-proyectos/especificaciones-tecnicas-proyecto/>

Zanja, A. I. (s.f.). *IBSTT*. Obtenido de Asociación Iberica de Tecnología Sin Zanja: <https://tecnologiasinzanja.org/>

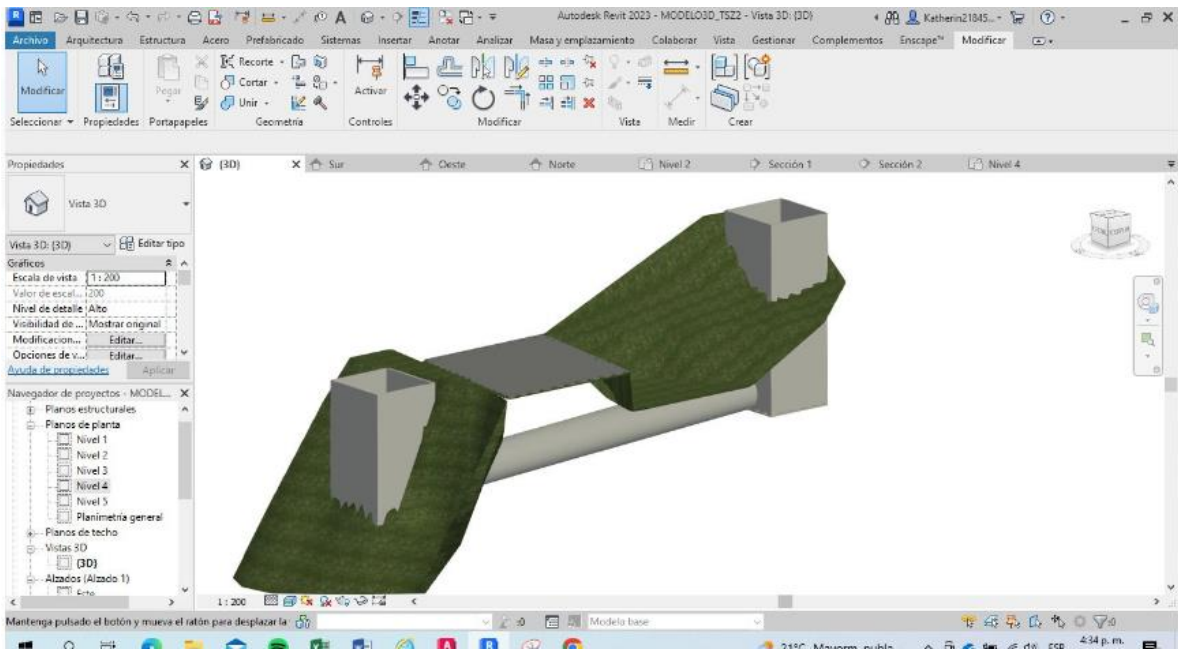
[illegible]

The diagram illustrates the longitudinal section of a gravity sewer line. Key features include:

- Stationing:** The horizontal axis shows stationing from 0+000 to 0+060.
- Ground Profile:** A green line represents the natural ground level (TERRENO NATURAL POR EL EJE DE LA TUBERIA).
- Pipe Invert:** A dashed purple line shows the sewer pipe invert with a constant slope of $P = 5.00\%$.
- Manholes:**
 - CAJA 1:** Located at station 0+000, with a bottom elevation (CB) of 668.20.
 - CAJA 2:** Located at station 0+040, with a bottom elevation (CB) of 666.20.
- Dimensions:**
 - Distance between manholes: 40.00.
 - Manhole width: 3.50.
 - Manhole depth: 4.80.
 - Manhole bottom width: 4.15.
 - Manhole bottom depth: 2.15.
 - Manhole bottom width at CAJA 2: 4.15.
 - Manhole bottom depth at CAJA 2: 2.15.
 - Manhole bottom width at CAJA 2: 4.15.
 - Manhole bottom depth at CAJA 2: 2.15.
 - Manhole bottom width at CAJA 2: 4.15.
 - Manhole bottom depth at CAJA 2: 2.15.
- Other Labels:**
 - POLIDUCTO CENIT:** A label for the sewer pipe.
 - NIVEL MÁXIMO DEL RI 140 AÑOS:** A label for the maximum water level of the sewer line after 140 years, with an elevation of 668.35.
 - 0+040.00:** A label for the stationing of CAJA 2.

53

Anexo C. Fase inicial modelado TSZ 2 en Revit



Fuente. Propia

Anexo D. Formatos para cotizaciones de Tunnel Liner

VINCULO	DESCRIPCION	UN	CANT	PRECIO UN	PRECIO TOT	PRECIO TOTAL PI	PRECIO UNITARIO	DESCUENTO	PRECIO TOTAL	SIN DESCUENTO
11	Excavación vertical para pozo de 138" de diametro con excavación en material común, incluye retiro de material de excavación hasta el sitio de acopio, instalación de láminas de acero según diseño para conformación del pozo.	m	5.72	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
12	Excavación vertical para pozo de 138" de diametro con excavación en roca, incluye retiro de material de excavación hasta el sitio de acopio, instalación de láminas de acero según diseño para conformación del pozo.	m	2.46	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
13	Construcción de red de servicios por sistema de tunelería - tunnel liner de 48" de diametro con excavación en material común hasta el sitio de acopio, instalación de láminas de acero según diseño. Incluye instalación de tubería.	m	21.97	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
14	Construcción de red de servicios por sistema de tunelería - tunnel liner de 48" de diametro con excavación en roca hasta el sitio de acopio, instalación de láminas de acero según diseño. Incluye instalación de tubería.	m	9.42	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
15	Retiro de material	m3	143.60	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Transporte e instalacion de tubería 10"	m		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Transporte e instalacion de tubería 20"	m		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Transporte e instalacion de tubería 27"	m		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Fabricacion, transporte y colocacion de concreto 5 Mpa para lleno entre tubería y Tunnel Liner incluye bombeo	m3	35.04	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	SUBTOTAL			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	admon			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	u-contrato			3%	\$ -	\$ -	5%	\$ -	\$ -	\$ -
	iva/contrato			19%	\$ -	\$ -	19%	\$ -	\$ -	\$ -
	total			\$ -	\$ -	\$ -	TOTAL	\$ -	\$ -	\$ -
					PRECIO REAL					

Fuente. Propia

Anexo E. Calculos para cantidades de cotizaciones

Excel spreadsheet showing calculations for Tunnel Liner quantities and mortar injection space. The main table is titled "CÁLCULOS TL - CANTIDADES - PRESUPUESTO" and includes columns for various materials and their quantities. A secondary table on the right is titled "CÁLCULOS MORTERO INYECCIÓN ESPACIO ANULAR (POZOS)".

	Novafort 240mm	Tunnel liner 1200mm	Alcantarilla 3.0m	Alcantarilla 3.0m	TOTAL
Diametro Exc (m)	0.24	1.294	3.144	3.144	
Diametro interno (m)		1.193	3.043	3.043	
long (m)	19.5	19.500	4.23	4.36	
Area exc (m2)	0.090	1.753	8.783	8.783	
Area interno (m2)		1.214	7.516	7.516	
V. exc	1.764	34.184	37.150	38.292	109.627
V. interno		23.682	31.793	32.770	V. SUELO
Volumen inyeccion	21.918	10.502	5.357	5.522	43.30 m3
Arenilla	26.30	12.60	6.43	6.63	51.96 m3
CEMENTO	131.51	63.01	32.14	33.13	259.80 sc
AGUA	13.15	6.30	3.21	3.31	25.98

CÁLCULOS MORTERO INYECCIÓN ESPACIO ANULAR (POZOS)	
long (m)	8.49
Diam int	3.043
Diam ext	3.144
Area exc	8.782586157
Vol exc	74.56415647
Area int	7.516057987
Vol int	63.81139231
Vol inyeccion	10.75282416

NOTAS:
 Tener en cuenta diámetros internos y externos según especificación de diseño y proveedor de láminas
 Tener en cuenta cantidad de tuberías a instalar

Fuente. Propia

Anexo F. Especificaciones láminas de acero corrugado

4. ESPECIFICACIONES DE MATERIA PRIMA

PROPIEDADES QUIMICAS
TABLA 1 - Composición química

Límites de la composición química, %			
Carbono (C) Max. %	Manganeso (Mn) Max. %	Fósforo (F) Máx. %	Azufre (S) Max. %
0.25	0.9	0.035	0.040

PROPIEDADES MECANICAS
TABLA 2 - Resistencia a la tracción

Límite de Fluencia ksi (MPa)	Resistencia a la Tensión ksi (MPa)	Modulo de Elasticidad ksi (MPa)	% Elongación Min
28 (193)	42 (290)	29 (200)	30

5. ESPECIFICACIONES TECNICAS

ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO								
Calibre	Espesor		Área efectiva		Momento de Inercia		Radio de Giro	
	(pulg)	(mm)	(PIg2/PIg)	(cm2/cm)	(PIg4/PIg)	(cm4/cm)	(pulg)	(mm)
14	0,075	2	0,096	0,244	0,034	0,057	0,595	15,11
--	0,098	2,5	0,126	0,32	0,045	0,75	--	--
12	0,105	2,7	0,135	0,343	0,049	0,803	0,602	15,29
10	0,135	3,45	0,174	0,442	0,064	1,048	0,606	15,39
8	0,164	4,2	0,213	0,541	0,079	1,295	0,609	15,47
7	0,179	4,5	0,233	0,592	0,087	1,425	0,611	15,52
5	0,209	5,3	0,272	0,691	0,103	1,688	0,615	15,62
3	0,239	6	0,312	0,792	0,118	1,934	0,615	15,62

Tolerancias de espesores: según la Tabla 1 o las acordadas con el cliente.

Nota 1.Los espesores aquí especificados pueden variar según lo acordado con el cliente.

Fuente. Especificaciones tecnicas de formato Tunnel Liner- corpacero