



Apoyo Como Ingeniero Auxiliar de Supervisión en el Proyecto Denominado Optimización
del Relleno Sanitario Regional “la Cortada” Fase II del Municipio de Pamplona – Norte de
Santander

José Guillermo Cuarán Ortega

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniero Civil

Director
Yee Wan YunG Vargas
Ingeniero Civil

Universidad de Pamplona
Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Pamplona
2022



Nota de Proyecto de Grado



Tabla de Contenido

Resumen.....	10
Abstract	11
Introducción	12
2. Planteamiento del Problema.....	13
3. Justificación.....	14
4. Objetivos	15
4.1. Objetivo General	15
4.2. Objetivos Específicos.....	15
5. Marco Contextual	16
6. Marco Referencial	17
7. Marco Conceptual	18
8. Marco Teórico	20
9. Marco Legal	22
10. Generalidades del Contrato de Obra.....	24
10.1. Datos del Contrato de Obra	24
10.2. Datos de la Interventoría.....	25
10.3. Actividades Contratadas	25
10.4. Cronograma del Proyecto	26
11. Metodología.....	28
11.1. Realizar Supervisiones en Obra, Verificando el Cumplimiento de las Especificaciones Técnicas y Constructivas de las Actividades	28



11.2. Atender el Cronograma Establecido en el Proyecto, Supervisando su Correcto Desarrollo para Evitar Contratiempos o Retrasos en la Obra	28
11.3. Planificar Actividades que se Presenten o se Requieran Durante la Ejecución de la Obra	29
11.4. Calcular Cantidades de Obra, Presupuestos y Análisis de Precios Unitarios (APU) Necesarios para la Contratación.....	29
11.5. Construir los Informes Quincenales que Permitan Llevar una Satisfactoria Conclusión de la Asignatura de Trabajo de Grado	30
12. Resultados.....	31
12.1. Realizar Supervisiones en Obra, Verificando el Cumplimiento de las Especificaciones Técnicas y Constructivas de las Actividades	31
12.1.1. Supervisión del Avance y Estado de las Obras	31
12.1.1.1. Actividad 1: Adecuaciones iniciales para la construcción del muro en tierra armada en el sector norte.....	32
12.1.1.2. Actividad 2: Adecuaciones iniciales para la construcción del vaso de disposición final en el sector norte	32
12.1.1.3. Actividad 3: Construcción del muro en tierra armada	34
12.1.2. Supervisión Técnica de los Lineamientos Constructivos Establecidos en el Contrato de Obra.....	36
12.1.2.1. Actividad 2: Adecuaciones iniciales para la construcción del vaso de disposición final en el sector norte	36
12.1.2.2. Actividad 3: construcción del muro en tierra armada	43



12.1.2.3. Actividad 4: Reconformación de taludes en la masa de residuos
existentes48

12.2. Atender el Cronograma Establecido en el Proyecto, Supervisando su Correcto

Desarrollo Para Evitar Contratiempos o Retrasos en la obra..... 50

12.2.1. Ruta crítica del contrato..... 50

12.2.2. Metas físicas del proyecto 52

12.2.3. Control de avance de obra 53

12.2.4. Cálculo de avance programado y ejecutado 54

12.3. Planificar Actividades que se Presenten o se Requieran Durante la Ejecución de la
Obra 58

12.3.1. Cálculo de densidad mediante ensayo con cono de arena 58

12.3.1.1. Descripción del método 58

12.3.1.2. Equipo 59

12.3.1.3. Procedimiento 59

12.3.1.4. Cálculos..... 61

12.3.2. Construcción de drenajes temporales 65

12.4. Calcular cantidades de obra, presupuestos y Análisis de Precios Unitarios (APU)

necesarios para la contratación. 66

12.4.1. Evaluación de cantidades de obra..... 66

12.4.1.1. Actividad 1: Adecuaciones iniciales para la construcción del
muro en tierra armada en el sector norte..... 67

12.4.1.2. Actividad 2: Adecuaciones iniciales para la construcción del
vaso de disposición final en el sector norte 68



12.4.2. Evaluación de precios unitarios	69
12.5. Construir los Informes Quincenales que Permitan Llevar una Satisfactoria	
Conclusión de la Asignatura de Trabajo de Grado	74
Conclusiones	76
Bibliografía	79
13. Anexos	81



Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Generalidades</i> -----	24
Tabla 2 <i>Datos Generales del Contrato de Obra</i> -----	24
Tabla 3 <i>Datos Generales del Contrato de la Interventoría</i> -----	25
Tabla 4 <i>Actividades del Presupuesto de Obra</i> -----	25
Tabla 5 <i>Cronograma de Obra</i> -----	26
Tabla 6 <i>Ruta Crítica del Proyecto</i> -----	50
Tabla 7 <i>Metas Físicas</i> -----	52
Tabla 8 <i>Cantidades de Obra Ejecutadas</i> -----	53
Tabla 9 <i>Avance Programado y Ejecutado del Proyecto</i> -----	54
Tabla 10 <i>Avance Acumulado Programado y Ejecutado del Proyecto</i> -----	54
Tabla 11 <i>Rendimiento de la Retroexcavadora 320D según el Tipo de Trabajo (basada en catálogo del fabricante)</i> -----	70
Tabla 12 <i>Rendimiento de la Retroexcavadora 320D para excavaciones varias en roca según el INVIAS</i> -----	71
Tabla 13 <i>Ajuste al Presupuesto del Proyecto</i> -----	73



Lista de Figuras

Figura 1 Localización del Proyecto	16
Figura 2 Adecuaciones Iniciales para la Construcción del Muro en Tierra Armada	32
Figura 3 Adecuaciones Iniciales para la Construcción del Vaso	33
Figura 4 Avances en la Construcción del Filtro Subdren	33
Figura 5 Avances en la Construcción de Sistemas de Conducción de Aguas Lluvia	34
Figura 6 Adecuaciones en la Base del Muro	35
Figura 7 Afloramiento de Lixiviados y Retiro del Material Contaminado	35
Figura 8 Supervisión Dimensiones de Cajas del Filtro Subdren	36
Figura 9 Supervisión Dimensiones de Tapas y Configuración de Acero de Refuerzo	37
Figura 10 Supervisión Especificaciones de Tubería y Elaboración Testigos de Concreto	37
Figura 11 Verificación de las Dimensiones de las Cajas y Configuración del Acero de Refuerzo	38
Figura 12 Construcción de la Red de Lixiviados y Cajas de Concreto	38
Figura 13 Construcción de Pozos de Inspección	39
Figura 14 Proceso de Termofusión	40
Figura 15 Supervisión Sistemas de Aguas Lluvia	41
Figura 16 Eficiencia de los Sistemas de Agua Lluvia	42
Figura 17 Elaboración Testigos de Concreto	42
Figura 18 Detalles Constructivos Muro en Tierra Armada	44
Figura 19 Alturas Entre Terrazas y de Capas del Muro	44
Figura 20 Longitudes de Traslapos y Ganchos de Fijación	45



Figura 21	<i>Dimensiones y Distribución de los Geodrenes Planares Permadrain</i>	-----45
Figura 22	<i>Sobranate de Geomalla de Refuerzo y Colocación del Geotextil no Tejido</i>	-----46
Figura 23	<i>Cocido de los Costales y Especificaciones del Geotextil no Tejido</i>	-----46
Figura 24	<i>Material de Mejoramiento y Material de Conformación</i>	-----47
Figura 25	<i>Ensayos de Densidad</i>	-----47
Figura 26	<i>Instalación de Geotextil y Supervisión Zona de Anclaje</i>	-----48
Figura 27	<i>Preparación de la Superficie Vía de Acceso</i>	-----49
Figura 28	<i>Valor Ejecutado vs Valor Programado</i>	-----55
Figura 29	<i>Maquinaria Contratada</i>	-----56
Figura 30	<i>Personal Contratado</i>	-----56
Figura 31	<i>Agregado de Cal al Material Petreo</i>	-----57
Figura 32	<i>Método del Cono de Arena</i>	-----60
Figura 33	<i>Ensayo con Cono de Arena</i>	-----62
Figura 34	<i>Ensayo con Cono de Arena</i>	-----63
Figura 35	<i>Formato de Ensayo de Densidades de Campo</i>	-----64
Figura 36	<i>Obras de Drenaje Temporales</i>	-----65
Figura 37	<i>Perfil del Muro en Tierra Armada en el Sector Norte</i>	-----67
Figura 38	<i>Perfiles de Excavación del Muro en Tierra Armada en el Sector Norte</i>	-----67
Figura 39	<i>APU Excavación Mecánica en Material Común</i>	-----72
Figura 40	<i>Entrega Primer Informes en la Plataforma Moodle</i>	-----74
Figura 41	<i>Entrega Último Informes en la Plataforma Moodle</i>	-----75



Resumen

El proyecto se enfocó en desarrollar la práctica empresarial como ingeniero auxiliar de supervisión en la Optimización del relleno sanitario regional “la Cortada” fase II del municipio de Pamplona – Norte de Santander, en el cual se desarrolló la optimización de las celdas de disposición de residuos existentes y la construcción de un nuevo vaso de disposición. Este apoyo como ingeniero auxiliar de supervisión consistió en primera instancia en realizar un seguimiento detallado de las actividades ejecutadas durante el periodo de prácticas revisando que se cumplan los lineamientos y especificaciones determinadas para llevar a cabo cada una de ellas; también se llevaron a cabo registros del avance de las obras para corroborar las cantidades presentadas en los cobros parciales y para definir los porcentajes ejecutados respecto de los programados según el cronograma; al que también se le realizó un seguimiento con el fin de cumplir con los tiempos establecidos o buscar alternativas para lograr llegar a los avances programados en las fechas estipuladas y no generar retrasos en la obra.

El seguimiento se realizó haciendo uso de herramientas como las bitácoras de obra, registros fotográficos e informes periódicos donde se consignó la información general y relevante de las diferentes actividades ejecutadas durante el periodo de práctica lo que permitió llevar un seguimiento y control efectivo del proyecto.

Palabras clave:

Práctica empresarial, supervisión, cobros parciales, cronograma, bitácora de obra.



Abstract

The project focused on developing the business practice as an assistant supervision engineer in the optimization of the regional landfill "la Cortada" phase II of the municipality of Pamplona - Norte de Santander, in which the optimization of the waste disposal cells was developed. existing ones and the construction of a new disposal basin. This support as an assistant supervision engineer consisted in the first instance of carrying out a detailed follow-up of the activities carried out during the internship period, checking that the guidelines and specifications determined to carry out each one of them are met; records of the progress of the works were also carried out to corroborate the amounts presented in the partial collections and to define the percentages executed with respect to those programmed according to the schedule; which was also monitored in order to comply with the established times or seek alternatives to achieve the scheduled progress on the stipulated dates and not generate delays in the work.

The follow-up was carried out using tools such as work logs, photographic records and periodic reports where the general and relevant information of the different activities carried out during the practice period was recorded, which allowed effective monitoring and control of the project.

Keywords:

Business practice, supervision, partial collections, schedule, work log.



Introducción

El desarrollo de obras civiles determina en gran medida el progreso de la economía en una región y el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes; es por eso que los proyectos de construcción acarrearán una gran responsabilidad debido a su importancia en el avance social y económico de una comunidad; por ese motivo su desarrollo debe ser llevado a cabo por personal especializado capaz de garantizar el éxito de los proyectos sin comprometer los recursos y el tiempo que se hayan invertido en su ejecución.

Estas prácticas representaron una gran oportunidad para afianzar el proceso formativo desarrollado en el ambiente educativo, su desarrollo permitió diagnosticar, valorar y evaluar la situación real que se podía presentar en un proyecto de ingeniería, así mismo la oportunidad de intervenir cuando haya lugar. Por otro lado, permitió disponer de espacios para validar las competencias adquiridas durante el proceso de formación y desarrollar las actitudes exigidas para un adecuado desempeño en el campo profesional.

Como futuro profesional se debe ser consecuente con la responsabilidad que recae sobre el trabajo y la transformación que se puede lograr si se desarrolla de la manera más correcta; por estas razones es importante resaltar la importancia de una buena formación para garantizar un buen desempeño profesional y es el motivo por el que las prácticas empresariales como ingeniero auxiliar de supervisión de obra que se llevarán a cabo en este proyecto sirvieron de complemento a mi formación como profesional.



2. Planteamiento del Problema

En el relleno sanitario regional “La Cortada” del municipio de Pamplona, operado por la empresa de servicios públicos de Pamplona Empopamplona S.A. E.S.P., se atienden en disposición final, los residuos sólidos que son recolectados y transportados desde los municipios de Pamplona (sede de la empresa), Cácuta, Chitagá, Cucutilla, Labateca, Mutiscua, Pamplonita, Silos y Toledo (Norte de Santander) y eventualmente los municipios santandereanos de Suratá, Vetas y California como posiblemente se preste el servicio a sectores residenciales del municipio nortesantandereano de Villa del Rosario y el municipio santandereano de Girón. (Empopamplona, 2022)

En este relleno sanitario ingresan en promedio alrededor de 40,32 tonelada diarias de residuos, desechos y basuras (2012). Se viene operando el relleno sanitario regional “La Cortada” sobre-ocupando la capacidad programada en la Fase 1 (celdas 1, 2 y 3) conformadas, construidas y adecuadas para tal fin desde el 2009. (Empopamplona, 2022)

En atención al agotamiento de la capacidad de las celdas C1, C2 y C3 (primera fase), se hizo obligatorio ampliar la capacidad del relleno sanitario mediante la construcción de la infraestructura total de la Fase 2 que dará sustento a la disposición final de residuos sólidos en las celdas denominadas C4, C5 y C6 que tendrán una vida útil cercana a los seis años. (Empopamplona, 2022)

Con la finalidad de garantizar el desarrollo adecuado y eficiente del proyecto Empopamplona S.A. E.S.P permite el desarrollo de la práctica empresarial en esta obra con la finalidad de que brinde apoyo como auxiliar de supervisión poniendo en práctica los conocimientos académicos adquiridos durante la formación en la universidad a la vez que se complementan mediante su desarrollo practico adquiriendo experiencia en el campo laboral, familiarización con los procedimientos constructivos, normativos y control de obra.



3. Justificación

Con el desarrollo de la práctica se buscó brindar un aporte a este proyecto tan importante para la comunidad pamplonesa ejerciendo el cargo de ingeniero auxiliar de supervisión de obra realizando labores de planeación, control y supervisión de obras.

Durante el desarrollo de la práctica se busca ampliar y potencializar los conocimientos, lo cual se logra al adentrarse en el campo laboral y con la interacción con profesionales de la ingeniería y de la construcción, recibiendo de ellos no solo su experiencia en determinada área si no también, una experiencia para el área personal.

Al terminar el desarrollo de la práctica se logra contar una experiencia más amplia el área teórica, técnica y administrativa, lo que propicia un mejor desempeño en las distintas áreas de la ingeniería y diseñar, administrar, construir y controlar de forma autónoma y responsable con criterio para proyectos de gran magnitud.



4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Afianzar los conocimientos adquiridos durante la formación académica, mediante el acompañamiento como ingeniero auxiliar de supervisión de obra en el proyecto denominado Optimización del relleno sanitario regional “la cortada” fase II del municipio de Pamplona, Norte de Santander.

4.2. Objetivos Específicos

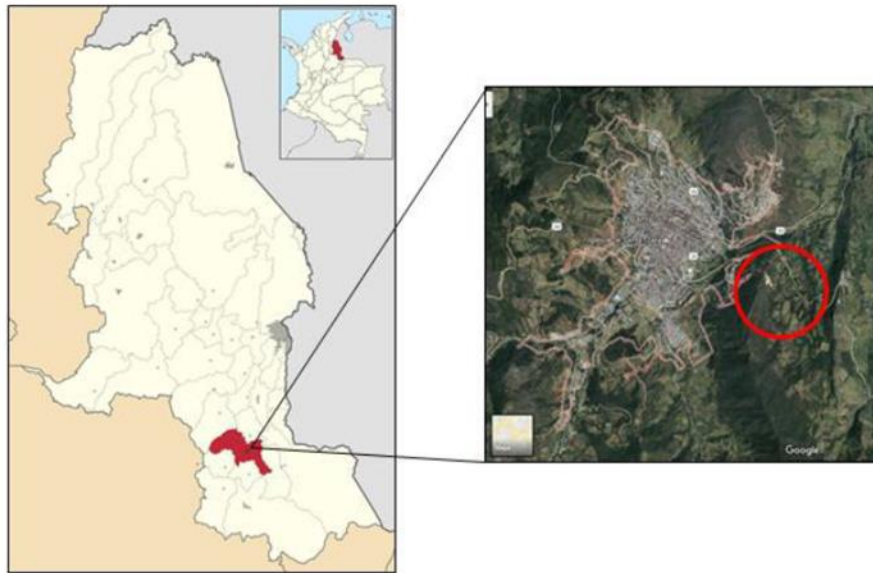
- Realizar supervisiones en obra, verificando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y constructivas establecidas.
- Atender el cronograma establecido en el proyecto, supervisando su correcto desarrollo para evitar contratiempos o retrasos en la obra.
- Planificar actividades que se presenten o se requieran durante la ejecución de la obra.
- Calcular cantidades de obra, presupuestos y análisis de precios unitarios (APU) necesarios para la contratación.
- Construir los informes quincenales que permitan llevar una satisfactoria conclusión de la asignatura de trabajo de grado.

5. Marco Contextual

El proyecto se ejecutó en el municipio de Pamplona que se encuentra ubicado geográficamente en la cordillera oriental de los Andes colombianos, a una altitud de 2200 msnm, en la zona suroccidental del departamento de Norte de Santander. Su extensión territorial es de 1.176 km². Limita al norte con Pamplonita, al Sur con Cácuta y Chitagá, al oriente con La Bateca y al occidente con Cucutilla. El proyecto se ubica a 3 kilómetros del perímetro urbano en la ruta nacional 55 vereda Chichira. La distancia de referencia y vías de comunicación se toman a 75 kilómetros de San José de Cúcuta y 124 kilómetros de Bucaramanga. (Empopamplona, 2022)

Figura 1

Localización del Proyecto



Nota. Localización del proyecto. Tomado de: proyecto Optimización del relleno sanitario regional “la Cortada” fase II del municipio de Pamplona – Norte de Santander. 2021 (Empopamplona S.A. E.S.P)



6. Marco Referencial

A continuación, se relacionan evidencias de trabajos que se han adelantado a nivel internacional, nacional y regional en entornos relacionados con el presente trabajo, supervisión de obra:

Internacional

(Badiali, 2017) en su proyecto titulado Prácticas profesionales supervisadas (PPS) llevadas a cabo en la empresa Green SA. Presenta la descripción de las actividades, el seguimiento de obra, supervisión, dirección y verificación de los diferentes procesos constructivos llevados a cabo en un proyecto de urbanización de 350 hectáreas el cual constaba de la construcción de un campo de golf con sus instalaciones asociadas y el desarrollo de espacios verdes comunes para su posterior uso residencial tipo urbanización parque, recreativo y turístico.

Nacional

(Álvarez, 2019) Practica empresarial como ingeniero auxiliar de interventoría técnica, administrativa, legal, financiera, contable, ambiental, social y predial del contrato de concesión bajo el esquema de APP N° 007 de 2014 proyecto “Autopista conexión Pacífico 1”. Las prácticas empresariales fueron realizadas en el consorcio SERVINC- ETA; tuvieron como finalidad funciones de control y supervisión de los diferentes procesos constructivos en obra, presentación de informes quincenales y mensuales de avance físico de la obra, revisión de los procesos constructivos y actividades llevadas a cabo según lo estipulado en los planos estructurales y geotécnicos aprobados, verificación del avance de las obras e igualmente indicaciones a problemas en los procesos constructivos.



Regional

(Vera, 2018) Auxiliar de ingeniería en la construcción del proyecto urbanización los alisos en el municipio de Pamplona, a cargo de la empresa unión temporal nueva Pamplona Norte de Santander. La práctica desarrollada en modalidad de pasantía se basó en el seguimiento y control a la empresa Unión temporal nueva Pamplona, donde se desarrollaron actividades de investigación efectuando visitas técnicas a la obra para recolectar la información referente a cada uno de los fenómenos en forma detallada para su posterior estudio, análisis y evaluación y trabajos de campo como ingeniero auxiliar de residencia.

7. Marco Conceptual

- **Auxiliar de ingeniero residente:** es la persona que brinda apoyo al profesional en ingeniería civil dentro de la obra, encargado de auxiliar en la ejecución, cumplimiento de las especificaciones técnicas, planificación y las actividades de control del proyecto, adicionalmente puede desempeñar actividades administrativas relacionadas con la construcción, mediciones, coordinación de personal y manejo adecuado de herramientas y equipos. (Daza, 2020)
- **Cantidades de obra:** Son todas aquellas cantidades de materiales que involucran los costos de una determinada obra. De los cuales dependerá en gran parte el presupuesto. (Navarro, 2008)
- **Bitácora de obra:** según Avena (2022) la bitácora de obra consiste en una libreta en la cual se anotan situaciones diferentes a lo establecido en los anexos técnicos de contratación. Es, para el supervisor una herramienta de control donde se reflejará la buena o mala actuación del supervisor.
- **Programación de obra:** es el ordenamiento secuencial de todas las tareas necesarias para ejecutar la obra teniendo en cuenta su interdependencia y disponibilidad de los factores de producción, la programación permite establecer como se realizará la obra, y asignar los recursos



necesarios para cada trabajo, así como determinar la duración, fecha de inicio y fin de cada tarea, el tiempo total que insumirá la ejecución de la obra, las tareas más importantes o críticas y las que disponen de flexibilidad en el uso del tiempo. (Gómez,2020)

- **Supervisión de obra:** en Solís (2004) se concluye que esta labor forma parte de las funciones administrativas de la Dirección y del Control e implica revisar que el trabajo sea realizado de acuerdo a lo establecido en los planos y especificaciones constructivas para contribuir a que se cumplan los objetivos del proyecto.
- **Proyecto:** consiste en el conjunto de documentos mediante los cuales se define el diseño de una construcción antes de ser realizada. Es el documento base sobre el que se desarrolla el trabajo de los arquitectos, ingenieros y proyectistas de distintas especialidades. (Gómez,2020)
- **Informe periódico:** consiste en un conjunto de toda la información necesaria que muestre con precisión, claridad, objetividad y sencillez, lo que ha ocurrido en cuanto al desarrollo de la obra en el periodo correspondiente, y, en su caso, lo que se espera que ocurra en el futuro. (Rodríguez,2004)



8. Marco Teórico

A medida que los proyectos de construcción se expanden, bien sea por su escala, tamaño o por su nivel de complejidad, aumenta la probabilidad de tener mayores desafíos operativos que pueden ser causados por diferentes factores tales como, la falta de claridad en las especificaciones técnicas o en los requisitos específicos.

VQ ingeniería en su artículo “La importancia de la supervisión de obras en el éxito de un proyecto” Nos expone la importancia de llevar una buena supervisión y cumplir con las especificaciones técnicas constructivas ya que una falla en cualquiera de estos aspectos puede poner en riesgo la ejecución de las obras y generar sobrecostos, retrasos en los tiempos de entrega de los proyectos y deteriorar la imagen de la empresa constructora o del promotor o dueño del proyecto.

Para mitigar estos riesgos y que los proyectos se ejecuten en los términos establecidos de alcance, tiempo, costo y calidad, es muy importante la supervisión de obras, que permitirá además de cumplir con las anteriores metas, una adecuada interacción de todos los involucrados en el proyecto.

La dirección de una obra, de cualquier envergadura requiere de la participación de muchas personas y la supervisión permanente de un profesional del área de la construcción, el cual es conocido como Residente de obra, Lesur (2007) las funciones específicas de un residente están directamente relacionadas con las dificultades que se presentan durante el proceso de ejecución, estos pueden llegar a ser tecnológicos, administrativos y de costos.

Uno de los factores que influyen directamente sobre los tiempos de entrega de las obras, tiene que ver con la planeación, programación y control, Burgos y Vela (2015) indica que algunas



de las causas típicas de retrasos que son ocasionados por los contratistas, estas regularmente son la adquisición tardía de materiales, personal insuficiente, personal no calificada construcción por fuera de lo especificado en el contrato, lo que da como resultado que se tengan que rehacer los trabajos.

En otras palabras, la supervisión de obras permite garantizar la adecuada ejecución de las obras en términos de calidad, optimizando el tiempo y recursos empleados durante la ejecución del proyecto, hasta el final del mismo. La supervisión no se trata solo de detectar errores del contratista constructor durante la ejecución de la obra, o peor aún, notificarlos cuando la obra ha sido terminada, por el contrario, el supervisor debe convertirse en un actor importante que debe aportar soluciones a problemas que se presentan durante la ejecución y ser un aliado incondicional del dueño o promotor del proyecto.



9. Marco Legal

NSR-10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente: Es el reglamento colombiano encargado de regular las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable. Fue promulgada por el Decreto 926 del 19 de marzo de 2010, el cual fue sancionado por el entonces presidente Álvaro Uribe. Posteriormente al decreto 926 de 2010 han sido introducidas modificaciones en los decretos 2525 del 13 de julio de 2010, 092 del 17 de enero de 2011, 340 del 13 de febrero de 2012 y 945 del 5 de junio de 2017. (Ingeniero, 2022)

Ley 80 de 1993: la Ley 80 de 1993, por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública, en el Artículo 4º, se definen los derechos y deberes de las Entidades Estatales, los más relevantes consisten en:

1. Exigirán del contratista la ejecución idónea y oportuna del objeto contratado.
2. Adelantarán las gestiones necesarias para el reconocimiento y cobro de las sanciones pecuniarias y garantías a que hubiere lugar.
3. Solicitarán las actualizaciones o la revisión de los precios cuando se produzcan sucesos que alteren el equilibrio financiero del contrato.
4. Adelantarán revisiones periódicas de las obras ejecutadas, con el fin de verificar el cumplimiento de las condiciones de calidad ofrecidas por los contratistas.
5. Adelantarán las acciones conducentes a obtener la indemnización de los daños que sufran en desarrollo o con ocasión del contrato celebrado.



De los derechos y deberes de los contratistas se especifica lo siguiente:

1. Tendrán derecho a recibir de manera oportuna la retribución pactada y a que el valor contratado no se altere o modifique durante la vigencia del contrato.
2. Se brindará colaboración a las entidades contratantes en lo que se requiera para el adecuado cumplimiento del contrato, con la mejor calidad y acatarán las órdenes impartidas por parte del contratante durante la etapa contractual. De manera general, obrarán con lealtad y buena fe en las distintas etapas del contrato.
3. Garantizarán la calidad de los bienes y servicios contratados y responderán por ello.

RAS 2000. Sección II. Título D. Capítulo 4. Canales en sistemas de drenaje: Los canales que se utilizan para conducir las aguas de escorrentía provenientes de las aguas lluvias deben ser canales abiertos. Los canales no son permitidos para recolección y evacuación de aguas residuales. En los casos en que sea necesario proyectar un canal cuya sección sea cerrada, debe cumplirse la condición de flujo a superficie libre (Minvivienda., 2022).

Norma INV E-410-13 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto: Determinación de la resistencia a compresión de cilindros de concreto.

Norma INV E-161-13 Densidad y peso unitario del suelo en el terreno por el método del cono y arena: Determinación de la densidad del suelo



10. Generalidades del Contrato de Obra

Tabla 1

Generalidades

Objeto del contrato:	Optimización relleno sanitario regional “la Cortada” fase II del municipio de Pamplona, norte de Santander
Localización del proyecto:	Relleno sanitario regional la cortada, Pamplona norte de Santander

10.1. Datos del Contrato de Obra

Tabla 2

Datos Generales del Contrato de Obra

Contrato de obra No:	MVTC 001 de 2022
Contratista:	Willian Vera Arias
Fecha de inicio:	22 de marzo de 2022
Fecha de terminación:	21 de octubre de 2022
Valor inicial:	\$ 3.839.340.969
Valor adiciones:	\$ 443.659.208,00
Valor actualizado (incluido adiciones):	\$ 4.283.000.177,00



10.2. Datos de la Interventoría

Tabla 3

Datos Generales del Contrato de la Interventoría

Contrato de interventoría No:	MVTC 002 de 2022
Contratista:	Construcción, Consultorías, diseño e interventorías del norte S.A.S
Fecha de inicio:	22 de marzo de 2022
Fecha de terminación:	21 de octubre de 2022
Valor inicial:	\$ 353.196.751,91
Valor adiciones:	\$ 1.003.170
Valor actualizado (incluido adiciones):	\$ 354.199.921,91

10.3. Actividades Contratadas

El proyecto comprende las actividades descritas en la tabla 4. Para visualizar presupuesto del proyecto dirigirse al [anexo A](#).

Tabla 4

Actividades del Presupuesto de Obra

Descripción	Valor total
Actividad 1: adecuaciones iniciales para la construcción del muro en tierra armada en el sector norte	\$ 125.584.270,00
Adecuaciones generales	\$ 125.584.270,00
Actividad 2: adecuaciones iniciales para la construcción del vaso de disposición final en el sector norte	\$ 2.039.806.802,00
Adecuaciones vaso de disposición final - sector norte	\$ 381.578.634,00
Construcción de filtro subdren	\$ 119.709.942,00
Conformación de la base	\$ 90.322.701,00
Paquete de impermeabilización	\$ 337.719.564,00
Manejo de lixiviados - red principal de lixiviados	\$ 83.185.569,00
Manejo de lixiviados - red espina de pescado	\$ 42.198.627,00
Manejo de gases - sistema de desgasificación	\$ 12.601.342,00



Adecuación acceso plataforma de descargue de residuos solidos	\$ 3.595.900,00
Manejo de aguas lluvias - Canales, cunetas, alcantarillas y dissipador	\$ 465.271.959,00
Adecuaciones área superior domo de llenado	\$ 503.622.564,00
Actividad 3: construcción del muro en tierra armada	\$ 937.452.082,00
Adecuaciones del muro	\$ 937.452.082,00
Actividad 4: reconformación de taludes en la masa de residuos existentes	\$ 28.884.407,00
Vía de acceso	\$ 28.884.407,00
Actividad 5: construcción de pozos de extracción de lixiviados - 2 un prof=18,5m (extracción de gases y lixiviados)	\$ 74.764.682,00
Pozos de extracción forzada	\$ 74.764.682,00
Actividad 6: Instrumentación geotécnica	\$ 60.819.623,00
instrumentación geotécnica	\$ 60.819.623,00
Actividad 7: actividades complementarias	\$ 168.024.276,00
Cerramiento en fachada	\$ 142.227.540,00
Cerramiento general	\$ 25.796.736,00
Ítems no previstos	\$ 817.281.343,00
Total costo	\$ 4.252.617.485,00
IVA	\$ 30.382.692,00
Total presupuesto	\$ 4.283.000.177,00

10.4. Cronograma del Proyecto

A continuación, se presenta el cronograma establecido y la duración de las principales actividades que contempla el proyecto; como se indica en la tabla 5. Para visualizar el cronograma completo dirigirse al [anexo B](#).

Tabla 5

Cronograma de Obra

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Optimización del relleno sanitario regional la cortada del municipio de Pamplona fase II	208 días	lun 28/03/22	vie 21/10/22
Actividad 1: adecuaciones iniciales para la construcción del muro en tierra armada en el sector norte	87 días	lun 18/04/22	mie 13/07/22



Actividad 2: adecuaciones iniciales para la construcción del vaso de disposición final en el sector norte	107 días	vie 22/04/22	mar 18/10/22
Actividad 3: construcción del muro en tierra armada	140 días	vie 27/05/22	vie 21/10/22
Actividad 4: reconfiguración de taludes en la masa de residuos existentes	63 días	dom 26/06/22	sáb 27/08/22
Actividad 5 construcción de pozos de extracción de lixiviados - 5 un prof=18m (extracción de gases y lixiviados)	21 días	lun 26/09/22	dom 16/10/22
Actividad 6: instrumentación geotécnica	23 días	jue 29/09/22	vie 21/10/22
Actividad 7: actividades complementarias	30 días	mie 08/06/22	jue 07/07/22



11. Metodología

De acuerdo a los objetivos establecidos en este proyecto se plantea la metodología; la cual busca dar cumplimiento a los mismos durante la ejecución de la práctica mediante el desarrollo de las diferentes actividades programadas como ingeniero auxiliar de supervisión de la siguiente manera:

11.1. Realizar Supervisiones en Obra, Verificando el Cumplimiento de las Especificaciones Técnicas y Constructivas de las Actividades

Se realizó el reconocimiento de la obra tanto de campo como especificaciones técnicas, presupuestales y contractuales con el fin de contextualizar su grado de dificultad, el tipo de obra, los alcances y las normativas a las que se encuentra sujeta; aspectos relevantes que se tuvieron en cuenta para realizar una correcta supervisión de la obra y efectuar recomendaciones o dar cumplimiento a la correcta ejecución de las diferentes actividades que contempla el proyecto.

Teniendo en cuenta las especificaciones antes mencionadas se procedió a realizar una supervisión con el objeto de dar cumplimiento a las especificaciones técnicas y constructivas de las actividades que se ejecutaron a lo largo del proyecto.

Para llevar un control más detallado se hizo el seguimiento diario de las actividades a ejecutar, teniendo como herramienta la bitácora de obra en la cual se consigna lo desarrollado durante la jornada, y aquellos aspectos relevantes que sucedan en la misma.

11.2. Atender el Cronograma Establecido en el Proyecto, Supervisando su Correcto Desarrollo para Evitar Contratiempos o Retrasos en la Obra

Para realizar el seguimiento al cronograma se realizaron registros de los avances de obra y sus tiempos de ejecución programados con el fin de verificar si el desarrollo de las obras se



encontraba o no entre los tiempos establecidos para su ejecución y de esta manera poder determinar si se cumplía o no con los tiempos establecidos en el cronograma.

Con el control realizado al cronograma se determinó la ruta crítica del proyecto y se empezó a ejercer mayor control sobre las actividades con mayor grado de urgencia y que podían retrasar los tiempos de entrega de las actividades.

11.3. Planificar Actividades que se Presenten o se Requieran Durante la Ejecución de la Obra

Durante el desarrollo de las practicas se presentaron diferentes circunstancias donde fue necesario poner a disposición los conocimientos adquiridos académicamente para proporcionar soluciones y atender algunas necesidades de la obra; de esta manera se logró garantizar la correcta ejecución o mejorar el desarrollo de algunas actividades.

11.4. Calcular Cantidades de Obra, Presupuestos y Análisis de Precios Unitarios (APU) Necesarios para la Contratación

El control de costos es fundamental para hacer un adecuado manejo del presupuesto. Durante la práctica se llevaron a cabo cálculos de cantidades y análisis de precios unitarios de algunas actividades que presentaron inconsistencias; de esta manera se logró corregir y hacer un presupuesto más preciso.

Durante la ejecución del proyecto se presentaron actividades imprevistas que no estaban contempladas por lo que se debió realizar algunos ajustes de cantidades y cálculos de nuevos APUS lo que implicó ajustes al presupuesto.



11.5. Construir los Informes Quincenales que Permitan Llevar una Satisfactoria Conclusión de la Asignatura de Trabajo de Grado

Elaborar los informes correspondientes durante el periodo de práctica para evidenciar el trabajo realizado durante la práctica; estos fueron dirigidos al tutor por medio de la plataforma Moodle y corresponden a los cuatro meses de duración de las pasantías.



12. Resultados

12.1. Realizar Supervisiones en Obra, Verificando el Cumplimiento de las Especificaciones Técnicas y Constructivas de las Actividades

Como primera medida se realizó el estudio de los documentos técnicos y normativos del contrato de obra para posterior a eso ejercer mis labores como ingeniero auxiliar de supervisión siguiendo dichos lineamientos. Para visualizar las especificaciones técnicas de los materiales [anexo C](#), especificaciones de construcción [anexo D](#), planos [anexo E](#).

En la primera visita de obra se realizó un recorrido el relleno sanitario la Cortada, específicamente en el lugar de ejecución de las obras, la residente de obra indicó las obras que se encontraban en ejecución y el avance de las diferentes actividades hasta la fecha, además se dio a conocer la normatividad interna, de seguridad y un acercamiento con el personal.

Entre las actividades que se ejecutaron en el transcurso de la obra se tienen:

12.1.1. Supervisión del Avance y Estado de las Obras

Como primera medida en la primera visita de obra se realizó la supervisión del avance y el estado de las obras que se tenían hasta el momento. Se verificó que las actividades adelantadas se hayan ejecutado bajo las medidas y requerimientos impuestos en el contrato

Todos los acontecimientos relevantes, estado de obras, estado del tiempo y avance de obra quedaron registrados en la bitácora de obra, para su visualización dirigirse al [anexo F](#).

12.1.1.1. Actividad 1: Adecuaciones iniciales para la construcción del muro en tierra armada en el sector norte

- **Adecuaciones Generales:** al momento de realizar la visita a la obra se pudo evidenciar que las actividades que conforman este ítem se habían desarrollado sin contratiempos y se encontraban ejecutadas en su totalidad a excepción de cargue-acarreo-disposición de material de corte (distancia/km) y corte-nivelación-perfilado fondo y talud; ya que estas actividades se ejecutaban conforme se avanzaba con la construcción del muro en tierra armada. En la figura 2 se muestra el desarrollo de las adecuaciones generales para la construcción del muro

Figura 2

Adecuaciones Iniciales para la Construcción del Muro en Tierra Armada



12.1.1.2. Actividad 2: Adecuaciones iniciales para la construcción del vaso de disposición final en el sector norte

- **Adecuaciones vaso de disposición final - sector norte:** durante el recorrido por el nuevo vaso de disposición final se logró observar que las actividades de excavación en roca y en material común ya se habían completado y que aún no se habían ejecutado las actividades de alistamiento

de superficie de taludes para instalación de la geomembrana con eliminación de sobre tamaños y corte-nivelación-perfilado fondo y talud (figura 3).

Figura 3

Adecuaciones Iniciales para la Construcción del Vaso



- **Construcción de filtro subdren:** se logró determinar que la actividad se había completado en un aproximado del 85%, los tramos de tubería 7 y 9 no se habían instalado hasta el momento, al igual que las cajas 8, 10 y 11 que todavía no habían sido construidas.

Figura 4

Avances en la Construcción del Filtro Subdren



- **Manejo de aguas lluvias - Canales, cunetas, alcantarillas y dissipador:** en la observación de la construcción de los sistemas de conducción de aguas lluvia se pudo constatar que los tramos 1-2 y 60-64 ya habían sido construidos y se encontraba en construcción el tramo 55-44. En la figura 5 se puede visualizar a la izquierda el sistema 1-2 que ya se encontraba construido y el tramo 55-44 a la derecha en el cual se habían adelantado las actividades de excavación.

Figura 5

Avances en la Construcción de Sistemas de Conducción de Aguas Lluvia



12.1.1.3. Actividad 3: Construcción del muro en tierra armada

- **Adecuaciones del muro:** al momento de la visita se adelantaban las adecuaciones de las terrazas 17 y 16 del muro en tierra armada, figura 6. Se efectuaba la compactación en la base de las terrazas, pero hubo afloramiento de lixiviados por lo que se tuvo que retirar el material contaminado y realizar obras de drenaje para evitar que los lixiviados entren en contacto con las terrazas del muro, figura 7.

Figura 6

Adecuaciones en la Base del Muro

**Figura 7**

Afloramiento de Lixiviados y Retiro del Material Contaminado



12.1.2. Supervisión Técnica de los Lineamientos Constructivos Establecidos en el Contrato de Obra

Todos los acontecimientos relevantes, estado de obras, estado del tiempo y avance de obra quedaron registrados en la bitácora de obra, para su visualización dirigirse al [anexo F](#).

12.1.2.1. Actividad 2: Adecuaciones iniciales para la construcción del vaso de disposición final en el sector norte

- **Construcción de filtro subdren:** Una vez terminada la adecuación del fondo del vaso se procedió a construir el filtro subdren encargado de la captación y conducción de las aguas subterráneas que se puedan infiltrar por debajo de las adecuaciones del fondo del vaso. Al momento de la primera visita de obra ya la red había sido instalada por lo que solo se hicieron verificaciones a las especificaciones de la tubería instalada PE 100 - RDE21 - PN8 (116psi) - 160mm, se verificó que las cajas cumplan con las dimensiones de 1,3 x 1,3 x 1,3 m como se especifica en su diseño, al igual que las dimensiones de sus tapas, se revisó la configuración de los aceros de refuerzo y se tomaron testigos para determinar la resistencia del concreto utilizado para la construcción de las cajas (3000 Psi).

Figura 8

Supervisión Dimensiones de Cajas del Filtro Subdren



Figura 9

Supervisión Dimensiones de Tapas y Configuración de Acero de Refuerzo



Figura 10

Supervisión Especificaciones de Tubería y Elaboración Testigos de Concreto



- **Manejo de lixiviados - red principal de lixiviados:** para la red de lixiviados se realizó una excavación por debajo de la rasante del vaso de 0.8m de profundidad por un ancho de 1m, se protegió la red con geomembrana y geotextil NT2000, se colocó una Tubería PE 100 - RDE21 - PN8 (116psi) - 160mm perforada y alrededor piedra de 3 a 4", dicha configuración corresponde a

la de un filtro francés para la red principal. Para revisar el funcionamiento del sistema de captación de lixiviados se construyeron tres pozos de inspección con el fin de limpiar y hacer mantenimientos a las tuberías, dichos pozos se construyeron en mampostería. Durante el desarrollo de dichas actividades se verificó las dimensiones de las cajas, la configuración de los aceros de refuerzo de las cajas, la construcción de los pozos de inspección, la correcta instalación de la tubería PE 100 - RDE21 - PN8 (116psi) - 160mm y construcción adecuada de la red.

Figura 11

Verificación de las Dimensiones de las Cajas y Configuración del Acero de Refuerzo



Figura 12

Construcción de la Red de Lixiviados y Cajas de Concreto



Figura 13*Construcción de Pozos de Inspección*

Para llevar a cabo la construcción de la red fue necesario la unión de las tuberías para alcanzar algunas longitudes; esto se realizó por medio del proceso de termofusión como se muestra en la figura 14. El proceso empieza con la perfilación de los bordes de cada tubería para que estos queden simétricos y haya una correcta unión en los perímetros de las tuberías; luego de que la tubería queda perfilada se aplica calor a ambos bordes hasta alcanzar una temperatura de 260° Celsius, alcanzada la temperatura indicada se procedió a realizar la unión que debe ser mínimo de 4 mm y una vez unidos se deja secar por 10 minutos. Terminado el proceso se revisó que las uniones hayan quedado uniformes y resistentes.

Figura 14*Proceso de Termofusión*

- **Manejo de aguas lluvias - Canales, cunetas, alcantarillas y dissipador:** El manejo de aguas lluvias, es un aspecto muy importante en el proceso de operación del relleno sanitario, un mal manejo a agua lluvia se traduce en una alta producción de lixiviados, por la cantidad de agua percolada en la masa de residuos, también aporta un aumento en la presión de poros poniendo en riesgo la estabilidad de los taludes del lleno. Dentro de los objetivos de la construcción de la red de manejo de aguas lluvias están: permitir la conducción a cuerpos de agua cercanos, evitar la erosión de los taludes, evitar que el agua lluvia percole en la masa de residuos y evitar que las aguas lluvias que se acumulen en las terrazas. Debido a la importancia de la recolección de aguas lluvias y su adecuado funcionamiento se realizó la supervisión de la construcción de los diferentes sistemas, dimensiones, calidad de los materiales y desempeño una vez entraron en funcionamiento.

En algunos casos se encontraron mal funcionamiento de los sistemas debido a que no tenían desnivel, producto de asentamientos del terreno; por lo que fue necesario volver a construirlos.

También se presentaron casos donde personal que se encontraba laborando en el relleno obstruían los sistemas de conducción lo que ocasionaba desbordamientos y cambios de dirección en los caudales.

Estos inconvenientes fueron reportados y registrados en la bitácora de obra ([anexo F](#)) para dar solución y mejorar la evacuación de las aguas lluvia.

Figura 15

Supervisión Sistemas de Aguas Lluvia



Nota. Una manera de garantizar el óptimo funcionamiento de los sistemas de conducción de aguas lluvia era verificar que cumplan con las dimensiones de diseño. Durante la práctica se realizó este seguimiento como se muestra en la imagen con el fin de garantizar su óptimo funcionamiento.

Figura 16

Eficiencia de los Sistemas de Agua Lluvia



Nota. Se realizó el reporte de las deficiencias de algunos sistemas, a la derecha podemos evidenciar que se debe a las obstrucciones y a la izquierda por falta de pendiente.

Figura 17

Elaboración Testigos de Concreto



Nota. Se realizó la elaboración de testigos de concreto para determinar la resistencia del concreto con la que elaboraron los sistemas de conducción de aguas lluvia.

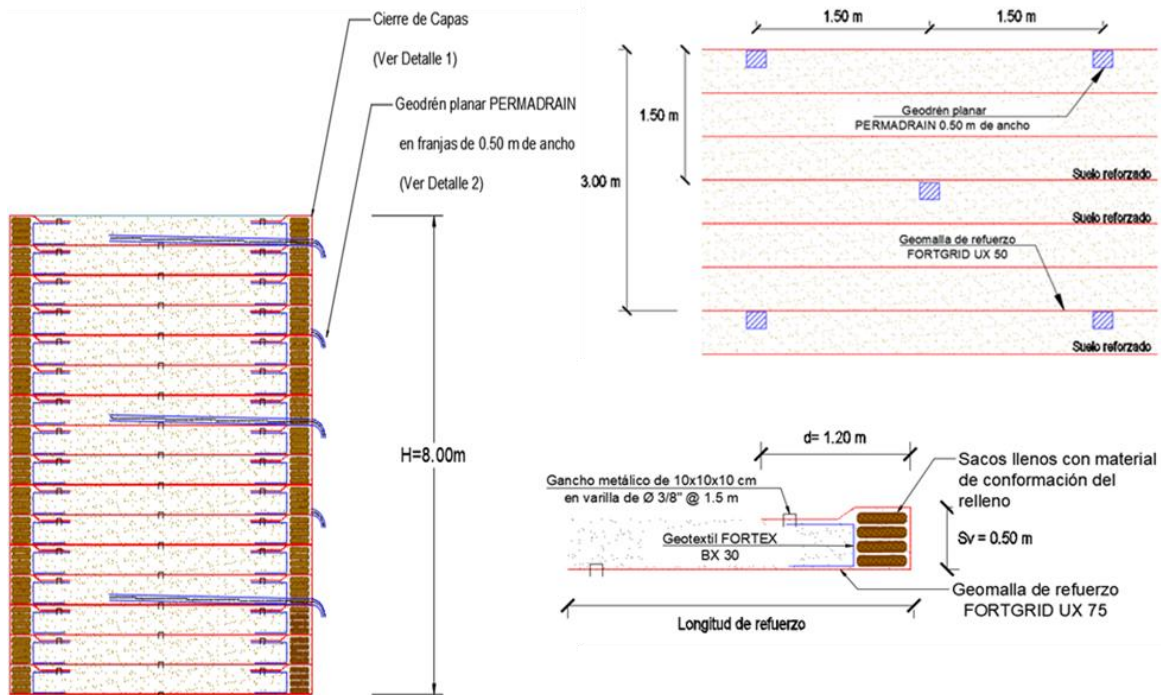


12.1.2.2. Actividad 3: construcción del muro en tierra armada

- **Adecuaciones del muro:** fue una de las actividades más relevantes durante la práctica debido a las diferentes especificaciones que había que tenerse en cuenta para ejecutar su construcción; algunos de sus detalles constructivos se especifican en la figura 18; el procedimiento constructivo se puede observar en el [anexo G](#). En el desarrollo de este ítem se realizó la verificación de las alturas entre terrazas la cual variaba entre 1 y 1,5 m dependiendo de las terrazas, altura de capas que debía ser de 0,5 m; pero las compactaciones del material pétreo se realizaban cada 0,25; la supervisión de la colocación de geomalla de refuerzo también fue importante ya que esta permitía confinar las capas de material y ayudaba a controlar los esfuerzos que se generaban en dirección externa del muro, también se revisaron los traslapes de la geomalla los cuales se debía tener una longitud mínima de 15 cm, las dimensiones de gancho de fijación de las geomallas los cuales deberían tener dimensiones mínimas de 10x10x10 cm y material acero corrugado con diámetro no menor a 3/8" dispuestos cada 1,5 m, se revisaron las costuras de los costales que se disponían en el perímetro de las terrazas, la colocación del geotextil no tejido sobre los costales que tenían la función de retener los finos del material compactado, también se revisó la correcta ubicación de los geodrenes planares Permadrain, la disposición del material de mejoramiento en la base de las terrazas, se hizo la revisión del material de conformación de las terrazas y la realización de los ensayos de densidad para determinar el grado de compactación de las capas que conformaban las terrazas del muro.

Figura 18

Detalles Constructivos Muro en Tierra Armada



Nota. Características del muro en tierra armada. Tomado de: Especificación de construcción muros en suelo reforzado con geomallas. 2021 (Empopamplona S.A. E.S.P)

Figura 19

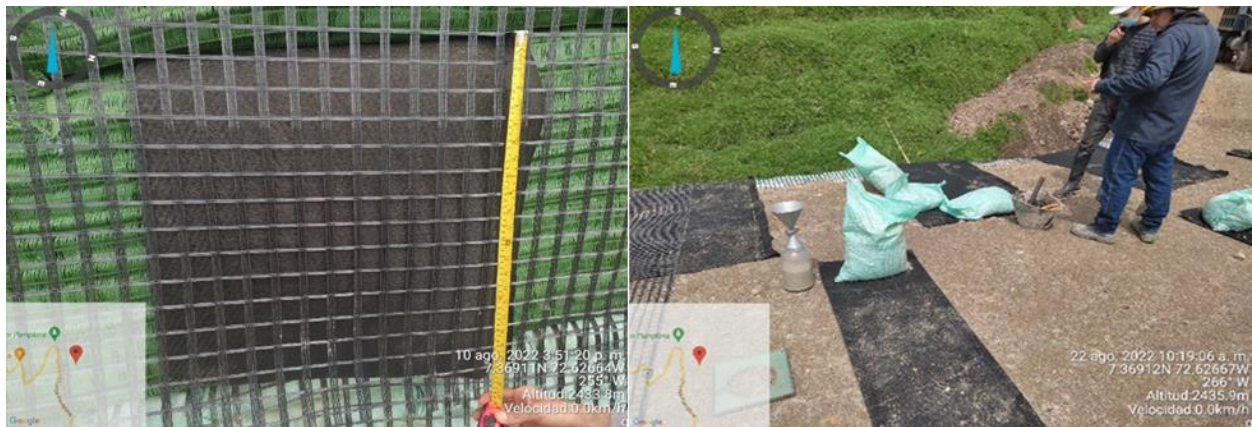
Alturas Entre Terrazas y de Capas del Muro



Nota. A la izquierda se observa la verificación de las alturas entre terrazas y a la derecha la altura de capas que debía ser de 0,5 m. Luego de extendidos los costales se procedía al vaciado del material pétreo y se compactaba en espesores de 0,25 m.

Figura 20*Longitudes de Traslapos y Ganchos de Fijación*

Nota. A la izquierda se observa la verificación de los traslapos de la malla y la derecha las dimensiones de los ganchos los cuales se elaboraron con dimensiones de 0,15x0,10x0,15 m.

Figura 21*Dimensiones y Distribución de los Geodrenes Planares Permadrain*

Nota. Se hizo la verificación de las dimensiones de los Geodrenes y su correcta distribución.

Figura 22

Sobranche de Geomalla de Refuerzo y Colocación del Geotextil no Tejido



Nota. El sobrante de la geomalla de refuerzo debía tener una dimensión mínima de 1,20 m; una longitud necesaria para garantizar el confinamiento de la capa de material compactado. El geotextil no tejido era necesario para retener el material fino al interior de las capas compactadas.

Figura 23

Cocido de los Costales y Especificaciones del Geotextil no Tejido



Nota. Los costales debían ser cocidos para garantizar la uniformidad de las capas ya que estos conformaban el perímetro de estas. Las supervisiones de las especificaciones de los materiales se llevaron a cabo con todos aquellos que se dispusieron para la construcción del muro con el fin de garantizar la eficiencia y calidad de la obra.

Figura 24

Material de Mejoramiento y Material de Conformación



Nota. El material de mejoramiento se debía disponer en la base de las terrazas con un espesor de 50 cm. Se realizó la supervisión de la calidad del material de conformación observando que esté libre de impurezas y que no presente exceso de humedad ya que esta disminuía el grado de compactación.

Figura 25

Ensayos de Densidad



Nota. Los ensayos de densidad se realizaron para determinar el grado de compactación de las capas. Debía compactarse como mínimo hasta lograr un peso unitario mayor o igual al 95% del máximo obtenido en la prueba de compactación Proctor. Debía realizarse al menos un ensayo por capa.

- **Adecuaciones área superior domo de llenado:** esta actividad permitió aumentar la capacidad del antiguo domo de llenado, adecuando el área superior de este. Se realizó retiro de vegetación, material orgánico, perfilado de taludes y la colocación del geotextil NT 2000 para proteger la geomembrana que se instaló sobre él. Durante el periodo de práctica se logró avanzar hasta la colocación del geotextil y durante el proceso de colocación se verificó su correcta instalación y las dimensiones de la zona de anclaje que permiten fijarlo junto a la geomembrana y hace que estos queden fijos y no sean arrastrados a causa de los esfuerzos. En la figura 26 se muestra la instalación del geotextil y la verificación de las dimensiones de la zona de anclaje.

Figura 26

Instalación de Geotextil y Supervisión Zona de Anclaje



12.1.2.3. Actividad 4: Reconformación de taludes en la masa de residuos existentes

- **vía de acceso:** Este trabajo consistió en la preparación de la superficie y el suministro, colocación y compactación del material aprobado, sobre la subrasante preparada, en una o varias capas; de acuerdo con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicadas en los planos ([anexoH](#)).

Durante el periodo de practica en esta actividad solo se realizó la preparación de la superficie con la ayuda de maquinaria pesada (Bulldozer); teniendo en cuenta que la vía de acceso es construida sobre el antiguo relleno se realizó el retiro de los residuos superficiales para nivelar y compactar la base de la vía. En la figura 27 se puede observar las adecuaciones de la superficie.

Figura 27

Preparación de la Superficie Vía de Acceso





12.2. Atender el Cronograma Establecido en el Proyecto, Supervisando su Correcto Desarrollo Para Evitar Contratiempos o Retrasos en la obra.

Se reviso el cronograma establecido para el proyecto donde se analizó específicamente su ruta crítica ya que esta corresponde a la secuencia más larga de actividades que debían finalizarse a tiempo para cumplir con los tiempos establecido en el proyecto. Para visualizar el cronograma de obra dirigirse al [anexo B](#).

Con el control del avance de obra, el presupuesto y el seguimiento al cronograma se realizaron reportes de avance ([anexo I](#)) en función del tiempo y el presupuesto para llevar un mejor control de avance programado vs ejecutado y corroborar las cantidades reportadas en los cobros parciales.

12.2.1. Ruta crítica del contrato

La ruta crítica del contrato está conformada por aquellas actividades en las cuales el tiempo de holgura es igual a cero, a continuación, se relacionan las actividades con esas características.

Tabla 6

Ruta Crítica del Proyecto

Nombre de tarea	Duración	Holgura parcial	Comienzo	Fin
Optimización del relleno sanitario regional la cortada del municipio de Pamplona fase II	208 días	0	lun 28/03/22	vie 21/10/22
Inicio proyecto	0 días	208	lun 28/03/22	lun 28/03/22
Implantación del proyecto	15 días	0	lun 28/03/22	lun 11/04/22
Adecuaciones preliminares	6 días	0	mar 1/02/22	dom 17/04/22
Manejo de gases - sistema de Desgasificación	14 días	0	mar 1/02/22	lun 17/10/22
Chimenea Gavión de 1,00 x 1,00 m L=3 m	14 días	0	mar 1/02/22	lun 17/10/22



Adecuación acceso plataforma de descargue de residuos solidos	1 días	0	mar 18/10/22	mar 18/10/22
Rellenos con suelo seleccionado	1 días	0	mar 18/10/22	mar 18/10/22
Adecuaciones área superior domo de llenado	48 días	0	mié 17/08/22	lun 3/10/22
Demolición de pavimentos rígidos, pisos, andenes y bordillos de concreto	25 días	0	mié 17/08/22	sab 10/09/22
Cargue-Acarreo-Disposición de Material de Corte (Distancia/Km)	12 días	0	jue 18/08/22	lun 29/08/22
Relleno (Impermeabilización) con Arcilla E=0,5m (Incluye Transporte del Material Distancia 40Km)	8 días	0	mar 30/08/22	mar 06/09/22
Suministro e instalación geotextil NT 2000	16 días	0	mié 07/09/22	jue 22/09/25
Suministro e instalación geomembrana doble texturizada 40 mils	20 días	0	mié 07/09/22	lun 26/09/22
Grava 2 1/2 " suministro e instalación	7 días	0	mar 27/09/22	lun 3/10/22
Actividad 3: construcción del muro en tierra armada	148 días	0	vie 27/05/22	vie 21/10/22
Adecuaciones del muro	148 días	0	vie 27/05/22	vie 21/10/22
Grava 2 1/2 " suministro e instalación	5 días	0	vie 27/05/22	mar 31/05/22
Muro en tierra armada reforzado	143 días	0	mié 01/06/22	vie 21/10/22
Actividad 6: instrumentación geotecnica	23 días	0	vie 29/09/22	vie 21/10/22
Estudio e Instalación de Pozos de Monitoreo (Incluye Instalación de Piezómetros de Hilo Vibrátil)	3 días	0	mié 19/10/22	vie 21/10/22
Suministro e Instalación de Inclínómetros	3 días	0	mié 19/10/22	vie 21/10/22
Suministro e instalación de pozos para el monitoreo de aguas subterráneas	21 días	0	jue 29/09/22	mie 19/10/22
Fin del proyecto	0 días	0	vie 21/10/22	vie 21/10/22



12.2.2. Metas físicas del proyecto

A continuación, se presentan las metas físicas de inversión correspondientes a cada una de las actividades contempladas en el proyecto.

Tabla 7

Metas Físicas

Descripción	Valor total	% Metas
Actividad 1: adecuaciones iniciales para la construcción del muro en tierra armada en el sector norte	\$ 125.584.270,00	2,95%
Adecuaciones Generales	\$ 125.584.270,00	2,95%
Actividad 2: adecuaciones iniciales para la construcción del vaso de disposición final en el sector norte	\$ 2.039.806.802	47,97%
Adecuaciones vaso de disposición final - sector norte	\$ 381.578.634,00	8,97%
Construcción de filtro subdren	\$ 119.709.942,00	2,81%
Conformación de la base	\$ 90.322.701,00	2,12%
Paquete de impermeabilización	\$ 337.719.564,00	7,94%
Manejo de lixiviados - red principal de lixiviados	\$ 83.185.569,00	1,96%
Manejo de lixiviados - red espina de pescado	\$ 42.198.627,00	0,99%
Manejo de gases - sistema de desgasificación	\$ 12.601.342,00	0,30%
Adecuación acceso plataforma de descargue de residuos solidos	\$ 3.595.900,00	0,08%
Manejo de aguas lluvias - canales, cunetas, alcantarillas y dissipador	\$ 465.271.959,00	10,94%
Adecuaciones área superior domo de llenado	\$ 503.622.564,00	11,84%
Actividad 3: construcción del muro en tierra armada	\$ 937.452.082,00	22,04%
Adecuaciones del muro	\$ 937.452.082,00	22,04%
Actividad 4: reconfiguración de taludes en la masa de residuos existentes	\$ 28.884.407,00	0,68%
Vía de acceso	\$ 28.884.407,00	0,68%
Actividad 5 construcción de Pozos de Extracción de Lixiviados - (Extracción de gases y lixiviados)	\$ 74.764.682,00	1,76%
Pozos de extracción forzada	\$ 74.764.682,00	1,76%
Actividad 6: instrumentación Geotécnica	\$ 60.819.623,00	1,43%
Instrumentación geotécnica	\$ 60.819.623,00	1,43%
Actividad 7 actividades complementarias	\$ 168.024.276,00	3,95%
Cerramiento en Fachada	\$ 142.227.540,00	3,34%
Cerramiento General	\$ 25.796.736,00	0,61%
Ítems no previstos	\$ 817.281.343,00	19,22%
Total costo	\$ 4.252.617.485	
IVA	\$ 30.382.692,00	100,00%
Total presupuesto	\$ 4.283.000.177	

12.2.3. Control de avance de obra

En la tabla 8 podemos observar las cantidades y porcentajes del avance de obra de algunas de las actividades, para visualizar el listado completo dirigirse al [anexo I](#); dichas cantidades fueron registradas durante las supervisiones de campo y registradas en la bitácora de obra. Los datos registrados corresponden al último registro realizado correspondiente al día 7 de octubre del 2022. Para observar los registros realizados dirigirse al [anexo I](#).

Tabla 8

Cantidades de Obra Ejecutadas

Descripción	Und	Cant	Ejec	% Ejec
Excavación en Roca con compresor, profundidad 0 a 4m	m3	372,43	372,43	100%
Excavación Mecánica en material común	m3	2.110,41	2110,41	100%
Cargue-Acarreo-Disposición de Material de Corte (Distancia/Km)	m3	2.904,92	2904,92	100%
Excavación en Roca con compresor, profundidad 0 a 4m	m3	50,03	36,91	74%
Excavación Mecánica en material común	m3	283,52	209,15	74%
Entibado	m2	667,10	492,10	74%
Cargue-Acarreo-Disposición de Material de Corte (Distancia/Km)	m3	390,25	287,88	74%
Suministro e instalación geotextil NT 2000	m2	800,52	590,52	74%
Caja para filtro 1.3 X 1.3 X 1.3	Un	11,00	9,00	82%
Grava 2 1/2 " suministro e instalación	m3	152,48	112,48	74%
Instalación Tubería PE 100 - RDE21 - PN8 (116psi) - 160mm	ml	190,60	140,60	74%



12.2.4. Cálculo de avance programado y ejecutado

Para el cálculo del avance programado se tuvo en cuenta el tiempo dispuesto para cada actividad según el cronograma y respecto a la fecha de corte se estipuló el avance que debería llevar cada actividad como se indica en la tabla. El porcentaje ejecutado se realizó en base al control de cantidades realizado durante la supervisión en las visitas de campo y registrado en la bitácora de obra. Para llevarlo a términos del presupuesto se tuvieron en cuenta las metas físicas del contrato de obra.

Tabla 9

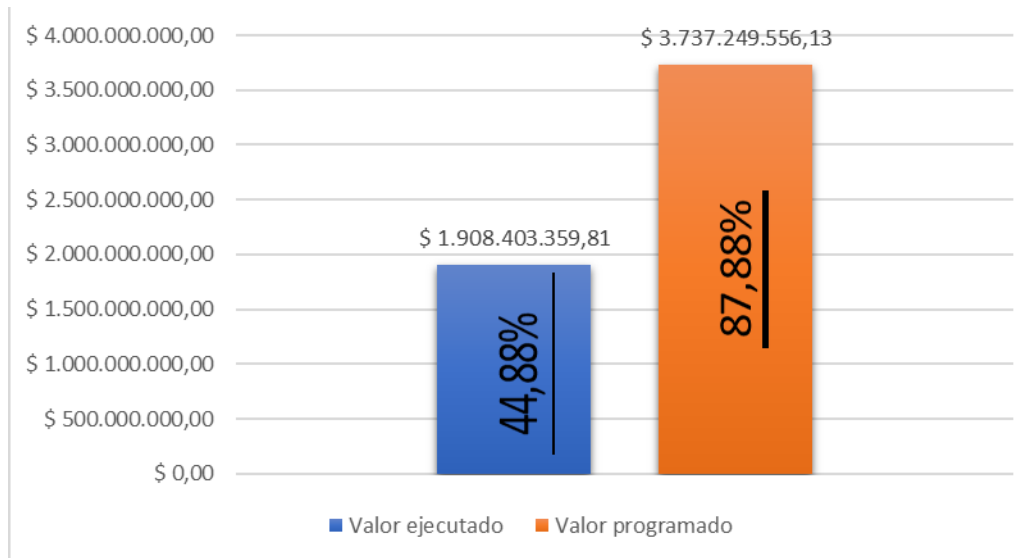
Avance Programado y Ejecutado del Proyecto

Descripción	% Programado	% Ejecutado
Actividad 1: adecuaciones iniciales para la construcción del muro en tierra armada en el sector norte	2,95%	2,95%
Actividad 2: adecuaciones iniciales para la construcción del vaso de disposición final en el sector norte	47,62%	18,87%
Actividad 3: construcción del muro en tierra armada	17,91%	12,73%
Actividad 4: reconfiguración de taludes en la masa de residuos existentes	0,68%	0,08%
Actividad 5 construcción de pozos de extracción de lixiviados - (extracción de gases y lixiviados)	0,00%	0,00%
Actividad 6: instrumentación geotécnica	0,00%	0,00%
Actividad 7 actividades complementarias	3,34%	0,00%
Ítems no previstos	15,37%	10,24%

Tabla 10

Avance Acumulado Programado y Ejecutado del Proyecto

Total acumulado	Valor	%
Acumulado ejecutado	\$ 1.908.403.359,81	44,88%
Acumulado programado	\$ 3.737.249.556,13	87,88%

Figura 28*Valor Ejecutado vs Valor Programado*

Con el análisis realizado se logró verificar el porcentaje de avance físico de las obras, el presupuesto que hasta la fecha debería haberse invertido y el balance general de la obra hasta el día de reporte del avance ejecutado versus el que se tenía programado según el cronograma.

Teniendo en cuenta la ruta crítica y los retrasos que presentaba la obra se sugirió al contratista la contratación de mayor personal y maquinaria pesada para la ejecución del muro en tierra armada y para atender las actividades de adecuaciones del área superior domo de llenado; con la finalidad de acelerar la construcción del muro y atender otros frentes de trabajo para tratar de cumplir con los tiempos estipulados en el cronograma.

A continuación, se describen las medidas adoptadas por el contratista para aumentar el rendimiento en la ejecución del proyecto:

- Se contrato una retroexcavadora para adelantar trabajos de preparación y disposición de los materiales de conformación del muro; también se realizó la contratación de una excavadora de orugas para atender las actividades de adecuaciones del área superior domo de llenado como se muestra en la figura 29. Además, se contrató más personal para que adelantaran la excavación de la zona de anclaje del geotextil NT 2000 y la geomembrana (figura 30).

Figura 29

Maquinaria Contratada



Figura 30

Personal Contratado



- Uno de los mayores inconvenientes durante la construcción del muro fueron las condiciones climáticas ya que el exceso de humedad en el material de conformación del muro no permitía alcanzar el grado de compactación especificado. Para contrarrestar este inconveniente se utilizó cal como agregado del material pétreo lo que mejoro la consistencia del material y logro alcanzar la compactación requerida. De esta manera se evitaron retrasos en la compactación de las capas de conformación del muro; dicho proceso se puede evidenciar en la figura 31.

Figura 31

Agregado de Cal al Material Petreo





12.3. Planificar Actividades que se Presenten o se Requieran Durante la Ejecución de la Obra

Una de las actividades más importantes en el proyecto fue la construcción del muro en tierra armada. En el desarrollo de dicha actividad fue indispensable el conocimiento del grado de compactación de las capas que conformaban las terrazas del muro y la elaboración de drenajes temporales de agua lluvia que podían poner en riesgo la estabilidad de la estructura. Por estos motivos se hizo necesario la planificación y realización de algunas actividades que permitieron atender dichos acontecimientos.

12.3.1. Cálculo de densidad mediante ensayo con cono de arena

12.3.1.1. Descripción del método

Este ensayo proporciona un medio para comparar las densidades secas en obras en construcción, con las obtenidas en el laboratorio. Para ello se tiene que la densidad seca obtenida en el campo se fija con base en una prueba de laboratorio. Al comparar los valores de estas densidades, se obtiene un control de la compactación, conocido como Grado de Compactación, que se define como la relación en porcentaje, entre la densidad seca obtenida por el equipo en el campo y la densidad máxima correspondiente a la prueba de laboratorio.

El Grado de Compactación de un suelo se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Gc = \frac{\gamma_d}{\gamma_{dmax}} * 100$$

Donde:

Gc = Grado de Compactación

γ_d = Densidad Seca en el campo

γ_{dmax} = Densidad Seca Máxima obtenida en el laboratorio.



12.3.1.2. Equipo

- Equipo de Densidad de campo:
 - Cono Metálico (diámetro 4 plg).
 - Arena Calibrada (Arena de Ottawa).
 - Placa metálica hueca (diámetro del agujero 4 plg).
- Balanza con una precisión de 0.10 lb.
- Pica, para extraer la arena del suelo en estudio.
- Bolsas plásticas, para echar la muestra extraída del suelo.

12.3.1.3. Procedimiento

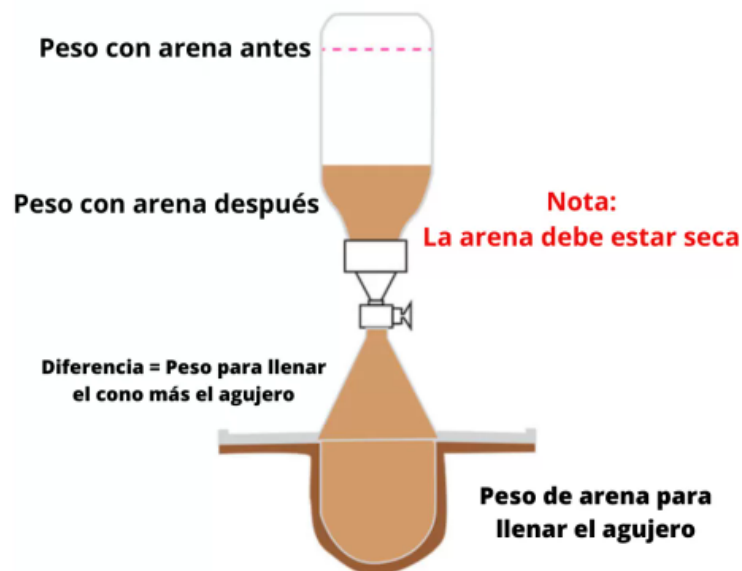
- Antes de iniciar el ensayo, se debe calibrar el equipo de densidad de campo, para de esta forma obtener el peso volumétrico de la arena calibrada y el peso de arena calibrada que queda en el cono después de ejecutar el ensayo; datos que nos sirven en la determinación de la Densidad de Campo.
- Seguidamente se nivela el suelo compactado en el campo y se retira el material suelto.
- A continuación, se coloca la placa y se comienza a hacer una perforación, teniendo como guía el agujero interior de la placa, a una profundidad de 10 a 12 cm.
- Todo el material que se saque del agujero se coloca en una bolsa plástica y se pesa.
- Para determinar el volumen del agujero, utilizamos el equipo de densidad de campo de la siguiente forma:
 - Se determina el peso inicial del frasco con la arena calibrada. Luego se invierte y se coloca sobre la placa, la cual está colocada en la parte superior del agujero; se abre la llave del cono, permitiendo el paso de la arena.

- Cuando el agujero y el cono están llenos de arena, se cierra la llave y se procede a determinar el peso final del frasco y la arena contenida en él.
- Por la diferencia de los pesos del frasco más la arena inicial y del frasco más la arena final, obtenemos el peso de la arena contenida en el agujero y el cono. A este valor le restamos el peso de la arena que cabe en el cono, obteniendo de esta forma el peso de la arena contenida en el agujero.
- El peso de la arena dividida por su densidad, obtenida en el laboratorio mediante la calibración, nos da el volumen del agujero.
- Finalmente se debe determinar en el laboratorio, la densidad seca máxima y la humedad de la muestra recuperada del agujero, para de esta forma, determinar el Grado de Compactación. Ingegeek (2022)

Figura

32

Método del Cono de Arena



Nota. Método de ensayo de cono de arena. Tomado de: ingegeek ensayo del cono de arena-Definición y procedimiento. <https://www.ingegeek.site/2021/06/06/ensayo-del-cono-de-arena-definicion-y-procedimiento>.



12.3.1.4. Cálculos

Con el peso de la muestra recuperada y el volumen del agujero, obtenemos la Densidad Húmeda del suelo, mediante la siguiente expresión:

$$\gamma_h = \frac{P}{V}$$

Así mismo determinamos el Contenido de Humedad de la muestra recuperada:

$$\%w = \frac{P_a}{P_s} * 100$$

Finalmente, la Densidad Seca del suelo la obtenemos mediante la siguiente expresión:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + w}$$

Donde:

γ_d = Densidad Seca de campo.

γ_h = Densidad Húmeda.

w = Contenido de humedad.

Según las especificaciones técnicas para la construcción del muro en tierra armada se debía realizar al menos un ensayo de densidad por capa y la compactación debía realizarse como mínimo hasta lograr un peso unitario mayor o igual al 95% del máximo obtenido en la prueba de compactación Proctor.

Para cumplir con la cantidad de ensayos especificados se realizó el seguimiento de la construcción del muro y en coordinación con el maestro a cargo de la ejecución de dicha actividad

se realizaron los respectivos ensayos una vez la capa había alcanzado el grado de compactación requerido según el criterio del maestro encargado.

Para la elaboración de los ensayos como primero se verificó la disposición de los materiales necesarios para llevar a cabo el proceso (cono de arena, arena de Ottawa, base de cono, balanza, cincel, cinta métrica, cuchara, bolsas); seguido se realizó el cálculo de la constante del cono la cual se utilizó para los cálculos posteriores.

En la figura 33 se puede observar parte del ensayo mediante el cono de arena donde se realizó el vaciado de la arena en el hueco previamente excavado y posterior a esto con la diferencia obtenida en el peso del cono fue posible calcular la densidad húmeda del suelo compactado.

Figura 33

Ensayo con Cono de Arena



Durante la elaboración del ensayo todo el material que se extrajo del agujero fue almacenado en bolsas plásticas, marcado y pesado. Posterior a ello estas muestras se utilizaron para determinar el contenido de humedad del suelo.

Figura 34

Ensayo con Cono de Arena



Nota. Una vez realizado los ensayos los datos obtenidos se registraron en un formato (figura 34). Las muestras de suelo extraídas se marcaron con fecha, terraza y altura donde se realizó el ensayo para que puedan ser llevadas a laboratorio y determinar su contenido de humedad.

Mediante el ensayo del cono de arena se realizó el cálculo de la densidad húmeda del suelo compactado y se retiró las muestras de suelo para determinar su contenido de humedad, dato que se necesita para determinar la densidad seca y el grado de compactación. Durante el periodo de práctica no se tuvo acceso a laboratorio para llevar a cabo el cálculo de contenido de humedad de las muestras y de igual manera no se tuvo acceso a esta información; por este motivo solo asumió el cálculo de las densidades húmedas y el empaque, marcado y pesado de las muestras de suelo obtenidas en cada ensayo. Dichos datos fueron organizados en un formato el cual se muestra en la figura 34. Para visualizar la lista completa de ensayos realizados revisar [anexo J](#). El registro de los ensayos realizados, terraza y altura de elaboración también fueron diligenciados en la bitácora de obra.



Figura 35

Formato de Ensayo de Densidades de Campo

 ENSAYO DE DENSIDADES DE CAMPO				
		Metodo del cono de arena (INV E-161-13)		
Proyecto:		Relleno sanitario "La cortada", Fase 2		
Fecha:		31/08/2022	Operador:	Julian Castaño Roza
Tipo de capa:				
		T.II, a 2,25m de altura	T.II, a 0,75m de altura	
# de prueba:		1	2	3
	Unidad	Cantidad		
Altura	m			
Peso del aparato (Recipiente + cono) + la arena de guamo	Kg	6,545	6,415	
Peso de la arena en el cono	Kg	1,5933	1,5933	
Peso del aparato (Recipiente + cono) + la arena de guamo restante	Kg	3,405	3,255	
Peso del contenedor de la muestra (Bolsa)	Kg	0,015	0,015	
Peso de la muestra extraida del hueco + contenedor	Kg	2,345	2,24	
Peso de la muestra extraida del hueco	Kg	2,33	2,225	
Densidad Arena de guamo	Kg/m ³	1410	1410	
Densidad seca maxima ensayada mediante prueba de compactacion proctor estandar en laboratorio	Kg/m ³	1980	1980	
Volumen del hueco excavado	m ³	0,00109695	0,00111135	
Densidad Humeda del terreno en el sitio	Kg/m ³	2124,071	2002,457395	
Humedad de la muestra	%			
Densidad seca en el terreno	Kg/m ³			
Grado de compactacion	%			
95 % de la densidad seca maxima del ensayo proctor	Kg/m ³	1881	1881	
CUMPLIÓ				

Realizado por: 

Aprobado por: _____

12.3.2. Construcción de drenajes temporales

Durante la construcción del muro en tierra armada uno de los principales problemas fue la presencia de agua debido las condiciones climáticas en la zona. Por este motivo fue necesario la planeación y construcción de drenajes temporales con el fin de evitar que las aguas de escorrentía acabaran afectando la estabilidad el muro.

Como opción se sugirió la elaboración de drenajes en el perímetro del muro y la instalación de redes de conducción en lugares de mayor concentración de agua y de esta manera evitar que estos cauces se drenen en el muro.

Estos sistemas fueron empleados momentáneamente y se logró controlar las afectaciones del agua en la estructura del muro. En la figura 36 se puede observar los canales que se estaban formando a un costado del muro y las obras de drenaje que se implementaron para contrarrestarlos.

Figura 36

Obras de Drenaje Temporales





12.4. Calcular cantidades de obra, presupuestos y Análisis de Precios Unitarios (APU) necesarios para la contratación.

Se realizaron supervisiones al presupuesto con el fin de corroborar los costos de las actividades estipuladas en el contrato ya que la interventoría realizó un ajuste de menores y mayores cantidades de obra debido a que se encontraron inconsistencias en algunos cálculos; por tal motivo se realizó un diagnóstico del presupuesto de manera detallada con el fin de corroborar los valores calculados y corregir aquellos que presentaron anomalías. Para visualizar el procedimiento detallado dirigirse al [anexo k](#).

12.4.1. Evaluación de cantidades de obra

Este análisis se realizó con base a los planos suministrados, especificaciones de materiales y características del terreno de la obra. Toda esta información hace parte de los estudios técnicos del proyecto.

Se realizó un reconocimiento de todas las actividades que comprende el proyecto y se procedió a realizar la cuantía de sus cantidades de obra. Realizado dicho cálculo se hizo una comparación y se encontraron algunas diferencias de cantidades con respecto a las que se habían realizado anteriormente; Las actividades que presentaron estas diferencias se muestran a continuación:

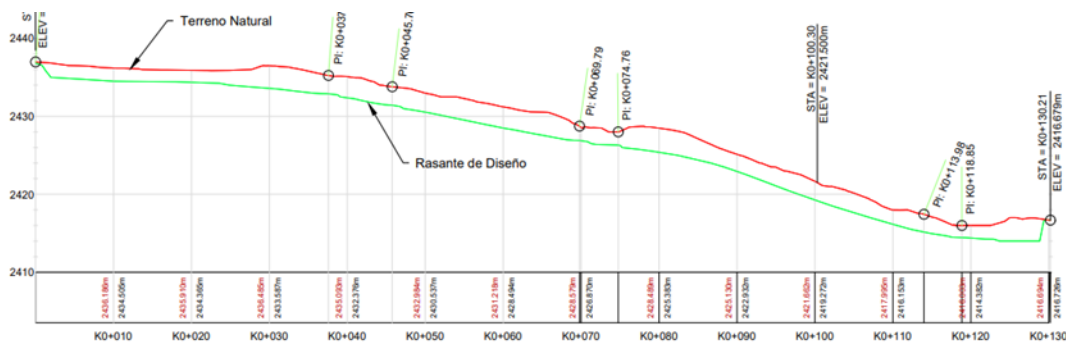
12.4.1.1. Actividad 1: Adecuaciones iniciales para la construcción del muro en tierra armada en el sector norte.

- Corte-Nivelación-Perfilado Fondo y Talud

Esta actividad consiste en el perfeccionamiento del proceso de excavación mecánica, el cual se realiza en las paredes de los taludes y las superficies que fueron excavadas en roca. Con el uso de palanas rectas, se inicia el rebanado de pequeñas porciones de suelo de las paredes del talud, hasta lograr una superficie plana y vertical.

Figura 37

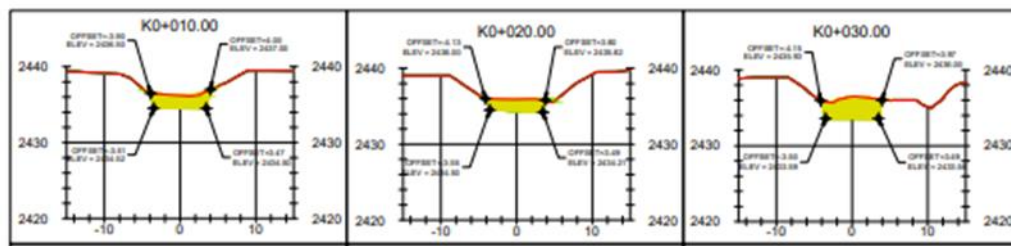
Perfil del Muro en Tierra Armada en el Sector Norte



Nota. Perfil del muro. Tomado de: proyecto Optimización del relleno sanitario regional “la Cortada” fase II del municipio de Pamplona – Norte de Santander. 2021 (Empopamplona S.A. E.S.P)

Figura 38

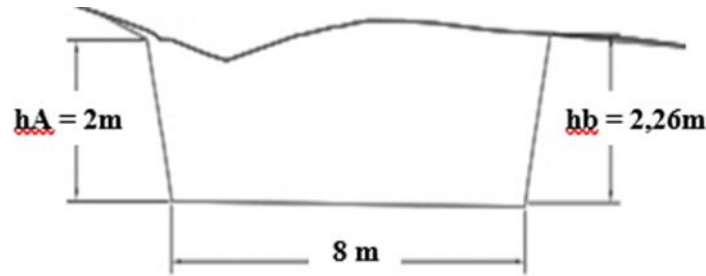
Perfiles de Excavación del Muro en Tierra Armada en el Sector Norte



Nota. Perfil de excavación del muro. Tomado de: proyecto Optimización del relleno sanitario regional “la Cortada” fase II del municipio de Pamplona – Norte de Santander. 2021 (Empopamplona S.A. E.S.P)

Con la información de los planos se obtuvo la siguiente información:

- Longitud del muro = 130 m
- Altura promedio de excavación A = 2 m
- Altura promedio de excavación B = 2,26 m
- Ancho de muro = 8



$$((b * L) + (hA * L) + (hb * L)) * e = CNPFT$$

$$e = 0,1 m$$

$$((8 m * 130 m) + (2 m * 130 m) + (2,26 m * 130 m)) * 0,1 m = 159,38 m^3$$

Teniendo en cuenta la descripción de esta actividad y sus planos se llevó a cabo el cálculo de cantidades el cual se obtuvo un total de $159,38 m^3$ dato que no correspondía al calculado en el presupuesto. Para revisar el análisis detallado dirigirse al [anexo k](#).

12.4.1.2. Actividad 2: Adecuaciones iniciales para la construcción del vaso de disposición final en el sector norte

- Corte-Nivelación-Perfilado Fondo y Talud

Su cálculo se llevó a cabo bajo las mismas consideraciones y procedimiento que la anterior. Se obtuvo un total de $350,4225 m^3$ dato que no correspondía al calculado en el presupuesto. Para revisar el análisis detallado dirigirse al [anexo k](#).



Conformación de la base

- Corte-Nivelación-Perfilado Fondo y Talud

Su cálculo se llevó a cabo bajo las mismas consideraciones y procedimiento que la anterior. Se obtuvo un total de $159,127 \text{ m}^3$ dato que no correspondía al calculado en el presupuesto. Para revisar el análisis detallado dirigirse al [anexo k](#).

12.4.2. Evaluación de precios unitarios

Se realizó un análisis de los precios unitarios establecidos para este proyecto con la finalidad de determinar si existen irregularidades en los precios fijados. Para desarrollar este análisis se tuvieron en cuenta los precios de materiales, costos por alquiler de maquinaria y equipos, rendimientos y costos por mano de obra.

Realizado el análisis de precios unitarios a cada actividad contemplada en el proyecto se encontraron algunas irregularidades en las siguientes actividades:

A continuación, se presenta un análisis breve del seguimiento que se le hizo a los precios unitarios fijados en el contrato. Para una visualización más detallada del procedimiento llevado a cabo revisar el [anexo k](#).

- Excavación en Roca con compresor, profundidad 0 a 4m [m3]

Del análisis realizado al APU de la actividad se deduce un rendimiento que no es acorde a la maquinaria utilizada (retroexcavadora sobre oruga CAT 320); los detalles del análisis se muestran a continuación:

Calculo teórico del rendimiento de la maquinaria

$$R = \frac{3600 * Q * F * E * K}{Cm}$$

**Donde:**

3600: Numero de segundos en una hora

Q: Capacidad del cucharon de la pala

F: Factor de conversión de los suelos

E: Eficiencia de la pala

K: Factor de eficiencia del cucharon

Cm: Tiempo que dura el ciclo del trabajo en segundos

- $Q = 1 \text{ m}^3$
- $F = 1,2$
- $E = 80 \%$
- $K = 90\%$
- $Cm = 300$

$$R = \frac{3600 * 1 * 1,2 * 0,8 * 0,9}{300}$$

$$R = 10,4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Referencias de rendimientos:

Se realizó una búsqueda de rendimientos de la maquinaria con el fin de comparar el rendimiento calculado y poder mejorar la apreciación del cálculo.

Tabla 11

Rendimiento de la Retroexcavadora 320D según el Tipo de Trabajo (basada en catálogo del fabricante)

Modelo	Potencia (hp)	Tipo de trabajo	Capacidad del cucharon	Rendimiento
CAT 320D	138 HP	Excavación en tierra		100 m ³ /hr
		Excavación en Material	1,31 yd ³ o	70 m ³ /hr
		Heterogéneo	1,00 m ³	
		Excavación en Roca con voladura		40 m ³ /hr

Tabla 12

Rendimiento de la Retroexcavadora 320D para excavaciones varias en roca según el INVIAS

Modelo	Potencia (hp)	Tipo de trabajo	Capacidad del cucharón	Rendimiento
CAT 320D	138 HP	Excavaciones varias en Roca	1,5 m ³	16 m ³ /hr

De los rendimientos consultados se consideró que el más apropiado es el suministrado por el INVIAS ya que este correspondía a los APUS establecido por dicha entidad para el Norte de Santander. Teniendo en cuenta los diferentes factores que influyen en el rendimiento de la actividad de excavación entendiendo que este factor no puede ser calculado con exactitud y por el contrario puede ser muy variable; se consideró apropiado trabajar con el rendimiento teórico calculado ya que este se obtuvo considerando las condiciones más desfavorables que se pudieran presentar en obra.

De esta manera se definió que el rendimiento de la maquinaria sería de:

$$R = 10,4 \frac{m^3}{h}$$

- Excavación Mecánica en material común [m3]

Del análisis realizado al APU de la actividad se deduce un rendimiento que no es acorde a la maquinaria utilizada (retroexcavadora sobre oruga CAT 320) por lo tanto se realizó el mismo procedimiento de la actividad anterior de para determinar el rendimiento. Para revisar el análisis completo dirigirse al [anexo k](#).

Con los rendimientos calculados se realizan nuevos APUS para estas actividades y se obtienen una diferencia de costos considerables. En la figura 36 se puede observar uno de los APU modificados. Para visualizar las modificaciones completas dirigirse al [anexo k](#).

Figura 39

APU Excavación Mecánica en Material Común

	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	29/06/2022
A. DATOS GENERALES		
CONTRATO: OPTIMIZACION DEL RELLENO SANITARIO REGIONAL LA CORTADA DEL MUNICIPIO DE PAMPLONA FASE II		
B. DATOS ESPECIFICOS		
Item	Descripción	Unidad
NP-041	Excavación Mecánica en material común	m3
1. Equipo		
Descripción	Código	Unidad
Herramienta menor		%
Retroexcavadora sobre oruga CAT	10.55	h
		Tipo
		Tarifa/Unidad
		Rendimiento
		Vr. Unitario

Con estos análisis realizados se realizó un ajuste al presupuesto el cual se puede ver en la tabla 13. Estos resultados fueron socializados con el tutor de practica y jefe de obras señor Mauricio Flórez en la oficina de obras de Empopamplona S.A E.S:P. Para visualizar en detalle el ajuste al presupuesto dirigirse al [anexo k](#).



Tabla 13

Ajuste al Presupuesto del Proyecto

Descripción	Und	Vr total	Total Corregido
Actividad 1			
Adecuaciones generales			
Excavación en roca con compresor	m3	\$ 66.618.596	\$ 48.822.568
Excavación mecánica en material común	m3	\$ 91.686.515	\$ 31.510.441
Corte-nivelación-perfilado fondo y talud	m3	\$ 23.743.239	\$ 2.205.979
Actividad 2			
Adecuaciones vaso de disposición final - sector norte			
Excavación en roca con compresor	m3	\$ 238.863.356	\$ 175.055.064
Excavación mecánica en material común	m3	\$ 328.743.679	\$ 112.981.262
Corte-nivelación-perfilado fondo y talud	m3	\$ 23.743.239	\$ 4.850.198
Construcción de filtro subdren			
Excavación en roca con compresor	m3	\$ 10.785.406	\$ 7.904.268
Excavación mecánica en material común	m3	\$ 14.843.776	\$ 5.101.447
Corte-nivelación-perfilado fondo y talud	m3	\$ 22.024.768	\$ 2.202.477
Manejo de lixiviados - red principal de lixiviados			
Excavación en roca con compresor	m3	\$ 4.119.246	\$ 3.018.859
Excavación Mecánica en material común	m3	\$ 5.669.250	\$ 1.948.384
Manejo de lixiviados - red espina de pescado			
Excavación en roca con compresor	m3	\$ 3.994.432	\$ 2.927.387
Excavación mecánica en material común	m3	\$ 5.497.470	\$ 1.889.348
Total costo directo		\$ 840.332.971	\$ 400.417.681
Diferencia de costo directo		\$	439.915.290



12.5. Construir los Informes Quincenales que Permitan Llevar una Satisfactoria

Conclusión de la Asignatura de Trabajo de Grado

Se realizó la entrega de los informes quincenales por medio de la plataforma Moodle y estos fueron revisados por el director de trabajo de grado. A continuación, se presenta las evidencias de las entregas realizadas. Si desea visualizar los informes presentados dirigirse al [anexo L](#).

Figura 40

Entrega Primer Informes en la Plataforma Moodle

Informe 1

En este espacio Cargue el Informe en formato Pdf

Estado de la entrega

Estado de la entrega	Enviado para calificar
Estado de la calificación	Sin calificar
Fecha de entrega	viernes, 30 de diciembre de 2022, 23:00
Tiempo restante	37 días 21 horas
Última modificación	miércoles, 16 de noviembre de 2022, 18:24
Archivos enviados	 Informe Quincenal N°01 y 02.pdf

**Figura 41**

Entrega Último Informes en la Plataforma Moodle

Informe 8

En este espacio Cargue el Informe en formato Pdf

Estado de la entrega

Estado de la entrega	Enviado para calificar
Estado de la calificación	Sin calificar
Fecha de entrega	viernes, 30 de diciembre de 2022, 23:00
Tiempo restante	37 días 21 horas
Última modificación	miércoles, 16 de noviembre de 2022, 18:30
Archivos enviados	 Informe Quincenal N°07 y 08.pdf



Conclusiones

Como auxiliar de supervisión de obra se logró poner en práctica las diferentes aptitudes académicas adquiridas durante mi proceso de formación en la universidad y además se logró aprender nuevos procesos constructivos como lo fue la construcción del muro en tierra armada el cual se elaboró bajo estudios y principios de ingeniería que ya había adquirido a lo largo del proceso académico en las diferentes áreas de enseñanza; de esta manera la adaptación a las labores en el campo profesional resultó muy eficiente y complementaria al proceso de formación.

Durante la supervisión que se llevó a cabo a la obra se logró corregir diferentes procesos constructivos y garantizar la calidad de las obras siguiendo los lineamientos dispuestos en el contrato. En la construcción de sistemas de aguas lluvia y la red principal de lixiviados se encontraron deficiencias en las pendientes de estos sistemas lo que ocasionaba la incorrecta conducción de los caudales; por este motivo se generaron reportes lo que llevo a demoler o corregir cuando hubo lugar los sistemas que presentaron estos inconvenientes. En la construcción del muro en tierra armada se presentó durante su ejecución que no se estaba cumpliendo con los ensayos para determinar el grado de compactación que se había especificado; lo que presento incertidumbre al momento de garantizar la calidad del proceso y además retrasos en la obra debido a la tardanza para llevar a cabo dichos ensayos; por este motivo se decidió afrontar la responsabilidad en la realización de los ensayos para cumplir con las especificaciones de construcción y no generar retrasos en la ejecución de la obra.

Para llevar a cabo el seguimiento al cronograma se realizó como primera medida el estudio de la ruta crítica del proyecto para determinar las actividades con holgura igual a cero y de esta manera se ejerció mayor control sobre estas actividades ya que su retraso significaba aumentos en el tiempo de ejecución del contrato. Una de las actividades que mayor retraso generó durante el



proyecto fue la construcción del muro en tierra armada; esto se debió en gran medida a las condiciones climáticas presentadas; debido a la abundante presencia de agua no se lograba llegar al porcentaje de humedad óptimo lo que no permitía alcanzar el máximo de compactación del material pétreo; además durante la construcción del muro se presentó insuficiencia de material de conformación del muro lo que no permitía avanzar en su construcción en condiciones de buen clima. Para contrarrestar estos retrasos se sugirió la disposición oportuna del material de conformación del muro y el uso de cal como agregado al material pétreo cuando el exceso de humedad no era tan elevado para alcanzar el grado de compactación requerido. De esta manera se logró optimizar el tiempo de construcción del muro para tratar de cumplir con los tiempos establecido en el cronograma.

La supervisión no solo debe velar por el cumplimiento de los requerimientos estipulados en el contrato, sino que también debe brindar apoyo para permitir que las obras avancen sin contratiempos y garantizando la calidad de su construcción. Durante la ejecución del proyecto se presentaron diferentes adversidades las cuales no se encontraban previstas entre las que se resaltan la elaboración oportuna de los ensayos para determinar el grado de compactación de las capas del muro en tierra y elaboración de drenajes temporales para la evacuación de aguas lluvia que perjudicaban la estabilidad del muro. Para contrarrestar estas dificultades se brindó apoyo planeado alternativas y ejecutándolas para continuar con el desarrollo de la obra optimizando tiempos y garantizando la correcta ejecución de las actividades; de esta manera se logró cumplir con los objetivos de la supervisión.

Con el seguimiento al presupuesto se logró determinar la influencia de los rendimientos en el valor de los precios unitarios. Al realizar un análisis a las diferentes actividades de excavación mecánica se encontró según cálculo teórico, algunas referencias del Invias y del fabricante de la



maquinaria un estimado de rendimiento muy por debajo de los estipulados en los APU del contrato lo que generaba una diferencia en los costos de dichas actividades hasta de un 64%. También se logró evidenciar que los rendimientos no pueden ser fijos para todas las obras ya que este valor varía según las condiciones de la obra; por eso es muy importante que este cálculo se determine teniendo en cuenta todos los factores que pueden influir en su valor de tal manera que el estimado no esté muy por encima o muy por debajo del valor real lo que puede generar sobrecostos o insuficiencias presupuestales en el desarrollo de las actividades.

Para el correcto desarrollo de la práctica empresarial es indispensable que los practicantes tengan acceso durante este proceso a los laboratorios ya que en muchas ocasiones es necesario por parte del estudiante acceder a equipos y herramientas que le permitan llevar a cabo los diferentes ensayos requeridos en la obra y que regularmente no son permitidos por la empresa o no permiten el acceso a los resultados; esto no permite el desarrollo completo de las competencias por parte de los estudiantes que adoptan la práctica empresarial como modalidad de trabajo de grado.



Bibliografía

Empopamplona S.A. E.S.P. Informacion de la entidad. Disponible en internet:

<https://www.empopamplona.com.co/institucional/nuestraentidad/>

BADIALI, German. Informe de Prácticas Profesionales Supervisadas. El Challao del Departamento de Las Heras, Provincia de Mendoza. Universidad Nacional de Cuyo. 2017.

ALVAREZ, Aníbal. Informe final del proyecto práctica empresarial facultad de ingeniería. Proyecto final prácticas empresariales. Medellín. Universidad cooperativa de Colombia. 2019.

VERA, Marly. Auxiliar de ingeniería en la construcción del proyecto Urbanización del Alisos en el Municipio de Pamplona, a cargo de la empresa Unión Temporal Nueva Pamplona, Norte de Santander. Trabajo de grado Tecnólogo en obras Civiles. San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander.2018.

DAZA, Luis. Auxiliar de Ingeniero Residente en la construcción del edificio Doctor López-Popayán. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Popayán: Universidad del Cauca. 2020. 14p.

AVENA, Roberto. (s.f) Manejo de la Bitácora de obra. Disponible en internet:

https://www.emagister.com/uploads_courses/Comunidad_Emagister_66588_66588.pdf

GÓMEZ, Laura. Apoyo técnico en elaboración de presupuestos, balance y cortes de obra en Giraldo Ingenieria SAS. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Neiva: Universidad Cooperativa de Colombia. 2020. 23-24p.



SOLÍS, Rómel. La supervisión de obra. En: Ingeniería Revista Académica, Enero-abril, 2004, vol. 8, no.1, p.55-60.

RODRÍGUEZ, Felipe. Método para una adecuada supervisión de obra en los procesos constructivos. Trabajo de grado Maestro en Administración de la Construcción. Pachuca de Soto: Instituto Tecnológico de la Construcción A.C, 2004. 14 p.

VQ Ingeniería - Consultoría E Interventoría de Proyectos (no date) Español. Available at: <https://www.vqingenieria.com/> (Accessed: December 19, 2022).

Lesur, L. (2007). Manual del Residente de Obra: una guía paso a paso.

<https://www.chilecuica.com>

Burgos, M. y Vela, D. (2015). Análisis de las causas del incumplimiento de la programación en las obras civiles. [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada].

Ingegeek (2022) Ensayo del Cono de Arena: Definición Y Procedimiento, Ingegeek. Available at: <https://www.ingegeek.site/2021/06/06/ensayo-del-cono-de-arena-definicion-y-procedimiento> (Accessed: December 19, 2022).

CARVAJAL, Angie. Práctica empresarial como ingeniero auxiliar de residencia de obra y supervisión en las obras de mejoramiento de redes de distribución de agua potable en el municipio de Herrán, mantenimiento de muros y cubierta del centro cultural Ramón Gonzales valencia y adecuación y mantenimiento de sedes educativas en el municipio de Pamplona - Norte de Santander: Universidad de pamplona. 2022.



13. Anexos

[anexo A](#): presupuesto

[anexo B](#): cronograma

[anexo C](#): especificaciones técnicas de los materiales

[anexo D](#): especificaciones de construcción

[anexo E](#): planos

[anexo F](#): bitácora

[anexo G](#): proceso constructivo de muro en tierra armada

[anexo H](#): planos vía de acceso

[anexo I](#): reportes de avance de obra

[anexo J](#): ensayos de densidad en campo

[anexo k](#): control del presupuesto

[anexo L](#): informes quincenales