

Práctica Empresarial como Auxiliar de Ingeniería Civil en el Área de Acueductos y
Alcantarillado

Yulieth Adriana Ruiz Ortiz

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Civil

Director

Andres Almeyda Ortiz

Magíster en Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Físico-mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

A mi madre, Luz Herlinda. Por fomentar mis valores desde pequeña, enseñarme a enfrentar la vida sin miedo y apoyarme en cada paso que he dado desde el día uno. Gracias a su amor, comprensión y la nobleza que tiene en su corazón me hizo la mujer que soy ahora. Es la persona más valiente que conozco y a quien más admiro así que siempre será mi ejemplo para seguir. Todo lo que soy y lo que he logrado es en su nombre y todo ha sido posible gracias a ella

A mis hermanos, por hacer mi paso por la universidad más ameno, aconsejarme y alentarme a seguir cada día.

A Dios por darme la oportunidad de llegar hasta este punto y estar acompañada de las personas importantes para mí.

A mis profesores por formarme como profesional no solo con el contenido teórico sino también con consejos que quedaron grabados en mi memoria.

Agradecimientos

A la Ingeniera Sandy Guarin por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado en modalidad de práctica empresarial en la empresa E&C Construcciones, por su amabilidad y paciencia en mi paso por este lugar.

A el cuerpo de ingenieros y personal que hacen parte de E&C Construcciones por ayudarme durante todo el desarrollo de la pasantía, crear un ambiente laboral agradable y hacerme parte de su familia empresarial por un tiempo.

A mi director de proyecto, el profesor Andres Almeyda por su colaboración, acompañamiento y dedicar su tiempo durante el desarrollo del trabajo de grado.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos	15
1.1 Objetivo General	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. Marco de referencia	16
2.1 Marco teórico	16
2.1.1 Componentes de un acueducto.....	16
2.1.2 Plantas de tratamiento	16
2.1.3 Crecimiento poblacional	17
2.1.4 Fuentes de agua.....	17
2.2 Marco conceptual.....	17
2.2.1 Plano	17
2.2.2 Análisis de precios unitarios	18
2.2.3 Revit.....	18
2.2.4 Memoria de Cálculo.....	18
2.2.5 Acueducto	19
2.3 Marco legal	19
2.3.1 E&C Construcciones S.A.S.	19
2.3.2 Misión	19
2.3.3 Visión.....	19
2.3.4 Resolución 0330 de 2017.....	20

2.3.5 Resolución 0799 de 2021	20
2.3.6 Reglamento de construcción sismo resistente (NSR-10).....	20
3. Metodología	21
3.1 Inducción.....	21
3.2 Desarrollo de planos estructurales e hidráulicos.....	21
3.2.1 Planos hidráulicos	21
3.2.2 Planos estructurales.....	27
3.3 Memorias de cálculo estructural e hidráulico	33
3.3.1 Memorias estructurales	33
3.3.2 Memorias hidráulicas.....	38
3.4 Cantidades de obra.....	38
3.4.1 Aceros	38
3.4.2 Concreto.....	44
4. Conclusiones.....	45
5. Recomendaciones	48
Referencias Bibliográficas	49
Apéndices.....	51

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Diseño vertedero de mezcla rápida.</i>	21
Tabla 2 <i>Tabla de planificación de uniones de tubería</i>	26
Tabla 3 <i>Tabla de planificación de tuberías</i>	26
Tabla 4 <i>Tabla de planificación de acero</i>	30
Tabla 5 <i>Cómputo de materiales de multicategoría</i>	32
Tabla 6 <i>Código diseño: NSR10</i>	32
Tabla 7 <i>Especificaciones ganchos y traslapos</i>	32
Tabla 8 <i>Especificaciones de los materiales</i>	33
Tabla 9 <i>Cargas sísmicas</i>	34
Tabla 10 <i>Características del suelo</i>	34
Tabla 11 <i>Tabla de planificación de acero cuarto de bombeo</i>	39
Tabla 12 <i>Recuento de estribos totales</i>	43

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Vertedero de mezcla rápida</i>	23
Figura 2 <i>Modelo isométrico vertedero de mezcla rápida</i>	23
Figura 3 <i>Corte longitudinal</i>	24
Figura 4 <i>Vista en planta</i>	25
Figura 5 <i>Corte transversal</i>	25
Figura 6 <i>Modelo hidráulico isométrico tanque de almacenamiento</i>	27
Figura 7 <i>Modelo isométrico tanque de almacenamiento</i>	28
Figura 8 <i>Indicaciones de diseño estructural</i>	28
Figura 9 <i>Disposición del refuerzo en un muro corto</i>	29
Figura 10 <i>Corte transversal tanque de almacenamiento</i>	30
Figura 11 <i>Cargas vivas cárcamo de bombeo</i>	35
Figura 12 <i>Momento ultimo dirección x [kN*m/m]</i>	36
Figura 13 <i>Momento ultimo dirección y [kN*m/m]</i>	36
Figura 14 <i>Cortante ultimo dirección x [kN/m]</i>	37
Figura 15 <i>Cortante ultimo dirección y [kN/m]</i>	37
Figura 16 <i>Plano estructural cuarto de bombeo</i>	40
Figura 17 <i>Despiece viga tipo 1</i>	41
Figura 18 <i>Despiece viga tipo 3</i>	41
Figura 19 <i>Despiece viga tipo 4</i>	42
Figura 20 <i>Despiece viga tipo 1'</i>	42

Figura 21 <i>Disposición de vigas en el cuarto de bombeo</i>	43
Figura 22 <i>Interfaz de Revit</i>	44
Figura 23 <i>Elementos resaltados</i>	45

Glosario

Accesorios: son las diferentes uniones en las tuberías que permiten su enrutamiento, como yee, tee, codos.

Acueducto: es un sistema que permite abastecer a una población de agua potable.

Cantidad de obra: se refiere a la cuantificación de un material necesario para la obra.

Corte longitudinal: es una vista que atraviesa la parte más larga del isométrico.

Corte transversal: es una vista que atraviesa la parte más ancha del isométrico.

Isométrico: representación gráfica en 3D de una estructura.

Memoria de cálculo: es un documento que muestra el diseño de un elemento.

Plano: representación gráfica de un proyecto.

Armadura: acero colocado en cada estructura para mejorar su resistencia

Resumen

Título: Práctica Empresarial como Auxiliar de Ingeniería Civil en el Área de Acueductos y Alcantarillado*

Autor: Yulieth Adriana Ruiz Ortiz**

Palabras Clave: Acueducto, plano estructural, memoria de cálculo, cantidades de obra.

Descripción: El presente documento presenta el desarrollo de la práctica empresarial en la empresa E&C Construcciones S.A.S. como auxiliar de ingeniería civil, la cual estuvo enfocada en el área de acueductos. La ejecución de la práctica se basó en prestar apoyo al desarrollo de proyectos de acueductos para el municipio de Puente Nacional, Santander y posteriormente el municipio de Jesús María, Santander. Principalmente se realizaron planos estructurales, en el programa Revit, de las diferentes partes que componen el acueducto y planos hidráulicos de las mismas; como, por ejemplo: filtros de la planta de tratamiento de agua potable, floculador, espesador de lodos, lechos de secado, desarenador, cárcamos de bombeo y rebombeo, sedimentador, tanques de almacenamiento, entre otros. Además, se condensaba toda la información de diseño que brindaba el ingeniero estructural en memorias de cálculo estructural y memorias hidráulicas basadas en la información del ingeniero de aguas. Y, por último, se apoyó al análisis de precios unitarios específicamente del acero de refuerzo que se necesitaba para cada estructura modelada, obteniendo cantidades de obra del programa Revit y corroborando que fuera la misma cantidad en la representación isométrica que la obtenida en la tabla de planificación de aceros según las indicaciones dadas por el ingeniero estructural. Con esto se pudo ver la importancia del software BIM en el desarrollo de proyectos ya que simplifica el trabajo obteniendo cantidades de obra y sus representaciones gráficas hacen que sea más fácil entender las estructuras.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Civil. Director: Andres Almeyda Ortiz. Magister en Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental.

Abstract

Title: Business Practice as Civil Engineering Assistant in the Area of Aqueducts and Sewerage *

Author(s): Yulieth Adriana Ruiz Ortiz**

Key Words: Aqueduct, structural plan, calculation memory, quantities of work.

Description: This document presents the development of the business practice in the company E&C Construcciones S.A.S. as a civil engineering assistant, which was focused on the area of aqueducts. The execution of the practice was based on supporting the development of aqueduct projects for the municipality of Puente Nacional, Santander and later the municipality of Jesús María, Santander. Mainly structural plans were made, in the Revit program, of the different parts that make up the aqueduct and hydraulic plans of the same; such as: filters of the drinking water treatment plant, flocculator, sludge thickener, drying beds, desander, pumping and repumping stations, sedimentator, storage tanks, among others. In addition, all the design information provided by the structural engineer was condensed into structural calculation memories and hydraulic memories based on the information of the water engineer. And, finally, the analysis of unit prices specifically of the reinforcing steel that was needed for each modeled structure was supported, obtaining quantities of work from the Revit program licensed for students and corroborating that it was the same amount in the isometric representation as that obtained in the steel planning table according to the indications given by the structural engineer. With this it was possible to see the importance of BIM software in the development of projects since it simplifies the work obtaining quantities of work and its graphic representations make it easier to understand the structures.

* Degree Work

**Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Civil engineering. Director: Andres Almeyda Ortiz. Master in Water Resources and Environmental Sanitation.

Introducción

Con la urbanización en auge y el constante crecimiento de la población en todos los sectores del país, el agua potable es un recurso vital para el buen desarrollo de las comunidades, principalmente para satisfacer sus necesidades básicas, como alimentación e higiene. Esta agua tratada genera la confianza de que es apta para el consumo humano y por tal razón quienes la ingieran no estarán expuestos a sufrir enfermedades por utilizar agua contaminada. El agua en su estado natural no es adecuada para el consumo de las comunidades pues se ve “afectada tanto por las privatizaciones complejas como por el manejo del medio ambiente, deforestación y mal uso de tierras, mal manejo de las aguas residuales y desechos sólidos en las cuencas de los ríos” (Vargas, 2011, p.193). Por lo que se hace necesaria la presencia de agua tratada ya que, como se dijo anteriormente, la industrialización y los diferentes usos que se le da al agua la contaminan, por lo que no es seguro consumir agua sin que tenga un tratamiento adecuado.

En este orden de ideas el agua potable es un derecho fundamental en el país, pero se hace evidente que gran parte de la población aun presenta desabastecimiento de este recurso en su diario vivir, así lo demuestra un estudio hecho para 1066 municipios de Colombia en zona urbana arrojó que apenas en 295 municipios la calidad del agua estaba en un nivel sin riesgo mientras que 221 municipios mostraban la calidad de agua en un nivel de riesgo alto o inviabilidad sanitaria. Por otra parte, en la zona rural se estudiaron 825 municipios, de los cuales 79 contaban con el agua en un nivel sin riesgo, es decir, apta para el consumo mientras que 565 presentaron nivel de alto riesgo o inviabilidad sanitaria. Además, según el IDEAM para el año 2020, el servicio de acueducto tiene una cobertura a nivel municipal nacional de 71%, a nivel urbano nacional de 85% y a nivel rural nacional de apenas 37% (IDEAM, 2023); (Guzmán et al., 2015).

Como se pudo evidenciar hay sectores que aún no cuentan con un sistema de acueducto, como es el caso de la vereda Popoa Sur ubicada en el municipio de Puente Nacional, Santander. Por lo que la finalidad de implementar un proyecto de acueducto es lograr que los sectores de Delicias, Santa Bárbara y El Peñón cuenten con un abastecimiento de agua potable, constante y suficiente para cubrir sus necesidades, ya que, actualmente la comunidad se ve obligada a recoger aguas lluvias, agua del río y de aljibes para su abastecimiento. De esta manera se hizo necesaria la construcción de un acueducto para mitigar los problemas de insalubridad y desabastecimiento de agua. Los acueductos recolectan el agua de una fuente natural, la pasan por distintos procesos para purificarla y finalmente la almacenan en unos tanques de almacenamiento para la posterior distribución hacia la población; es así como con sus controles de calidad a lo largo del acueducto se asegura que el agua es apta para el consumo humano de estas comunidades.

Por otra parte, está el municipio de Jesús María, Santander, si bien cuenta con un sistema de acueducto este ya no es apto para cubrir adecuadamente a toda la población que se beneficia de él, pues el constante crecimiento de la población hace necesario que se realice una optimización del acueducto para que funcione y abastezca al casco urbano de manera suficiente y eficaz.

En este orden de ideas el desarrollo de la práctica empresarial en la empresa E&C Construcciones S.A.S. como auxiliar de ingeniería civil, se basó en apoyar el desarrollo y avance en el diseño del acueducto para la vereda Popoa Sur del municipio de Puente Nacional, Santander y el diseño de la optimización del acueducto del municipio de Jesús María, Santander. Principalmente el apoyo se hizo con el dibujo de planos estructurales -con ayuda del programa Revit- de las diferentes partes que componen el acueducto, entre ellas: desarenador, sedimentador, tanques de almacenamiento, espesador de lodos, torre de aireación, entre otros. El refuerzo

correspondiente para cada estructura fue dado por el ingeniero estructural en cuestión por lo que en Revit se modelaba y se obtenían las cantidades de obra de acero, concreto y fibra de vidrio según correspondiera, con el detallado pertinente se aseguraba que las especificaciones de construcción fueron las adecuadas para una correcta ejecución de la obra. Simultáneamente se hicieron las memorias de cálculo estructural para cada componente del sistema según los resultados e indicaciones que entregaba el ingeniero estructural. Adicionalmente se hicieron planos hidráulicos de tanques de almacenamiento donde se indica el conteo de tubería y accesorios necesarios para su buen funcionamiento y de igual manera se hizo una memoria hidráulica del diseño del acueducto donde se evidencia y justifica el diseño de esta. Por último, se verificaron las cantidades halladas, tales como aceros, concreto 28MPa y concreto ciclópeo.

En el presente documento se presenta el desarrollo de la práctica comenzando con la enmarcación teórica y legal de esta, seguida de los objetivos, la metodología desarrollada, los resultados obtenidos, las conclusiones y recomendaciones.

Se espera dar a conocer la importancia de la implementación de tecnologías BIM, como lo es el software Revit. Cómo fácilmente se pueden implementar cambios a los proyectos y estos no representarán atrasos en el cronograma, pues sus cálculos son inmediatos por lo que no hay que esperar días para ver los resultados, lo que sería el caso de los cálculos a mano con métodos tradicionales.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Desarrollar las actividades de apoyo indicadas por la empresa E&C Construcciones S.A.S. con el fin de contribuir al diseño del proyecto de acueductos.

1.2 Objetivos Específicos

Proveer las especificaciones correctas y necesarias para la construcción en obra mediante el desarrollo de planos estructurales con el detallado pertinente.

Organizar la información de las estructuras condensándola en memorias de cálculo estructural e hidráulico.

Apoyar la estimación del valor de la obra obteniendo cantidades de obra con el programa Revit para posteriormente hacer un análisis de precios unitarios.

2. Marco de referencia

2.1 Marco teórico

2.1.1 Componentes de un acueducto

Un acueducto se compone de diferentes partes, la captación del agua empieza por un bocatoma diseñada según la fuente de abastecimiento; un sistema de aducción para conducir el agua al desarenador ya sea con bombeo o no según la topografía del terreno; seguido de la conducción que transporta el agua del desarenador a la planta de tratamiento; finalmente un tanque de almacenamiento y la red de distribución que lleva el agua a la población.

2.1.2 Plantas de tratamiento

Una planta de potabilización es una estructura que se encarga de pasar el agua por diferentes procesos para que sea apta para el consumo humano. Dentro de los diferentes tipos de plantas, se encuentran: las plantas de ciclo completo que realizan los procesos de coagulación, sedimentación, filtración, cloración en diferentes componentes; las plantas de filtración en múltiples etapas; las plantas de filtración directa que llevan el agua directamente a filtración y luego a cloración; la planta de filtración en línea que hace los procesos de coagulación, filtración y cloración y la planta compacta que tiene todos los procesos en un módulo prefabricado (Group, 2016).

Para el diseño del acueducto nombrado se optó por una planta de tratamiento de ciclo completo que consta de una torre de aireación, un vertedero rectangular, un floculador, un sedimentador, los filtros y el tanque de desinfección.

2.1.3 Crecimiento poblacional

El número de personas beneficiadas es fundamental para el diseño del acueducto, pues es la base para estimar la población futura. Las comunidades crecen por nacimientos, inmigraciones y el desarrollo comercial e industrial, por lo que se debe proyectar la población actual al mismo tiempo del periodo de diseño, comúnmente se utilizan los métodos: lineal, geométrico y logarítmico (López Cualla, 1995).

2.1.4 Fuentes de agua

La fuente de agua que sea elegida para abastecer a la comunidad ya sea superficial, subterránea, aguas lluvias o un abastecimiento, debe cumplir con tres criterios fundamentales: cantidad, calidad y localización. Debe contar con un caudal superior al caudal de diseño en cualquier época del año para garantizar un suministro de agua continuo; si bien el agua natural no es potable, el tratamiento de esta debe ser lo más económico posible y, por último, la fuente debe estar en un lugar asequible para minimizar gastos en la captación y la conducción de este recurso (López Cualla, 1995).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Plano

Es una representación gráfica de los componentes estructurales o hidráulicos de una estructura -barras, ganchos, juntas de construcción con su respectivo detallado espaciado y número de barras, traslapos, cantidades de obra, ubicación de juntas, accesorios de tuberías, tuberías -. Es una guía para la construcción de la estructura en campo, ya que contiene las especificaciones necesarias para garantizar su correcta ejecución (Vargas Martinez, 2021)

2.2.2 Análisis de precios unitarios

Se trata de una metodología que permite estimar el costo final de un proyecto, para lo que se divide el costo de una actividad en la unidad mínima que le corresponda -km, m, unidad, litro, metro cuadrado, hora, etc.- por lo que esta estructura de trabajo relaciona los materiales y su cantidad necesaria, así como también el rendimiento de maquinaria y la mano de obra necesaria para desarrollar cualquier proyecto. Se deben tener en cuenta diversos factores como ubicación del proyecto, condiciones actuales del mercado, riesgos, inflación y tamaño del proyecto (INVIAS, 2023); (Moena, 2012).

2.2.3 Revit

Revit es la tecnología más novedosa y avanzada en la aplicación BIM (Building Information Modeling). Fue creado para abordar problemáticas de las áreas de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC): comunicación, coordinación y administración de cambios. Debido a su avanzada funcionalidad es necesario trabajar constantemente para conocer más a fondo este programa. Aunque se enfoca en las disciplinas nombradas, las posibilidades de ampliar sus aplicaciones son inmensas. Es un software líder en el mercado internacional (Demchak et al., 2009).

2.2.4 Memoria de Cálculo

Se refiere a un documento de diseño de una estructura para evaluar criterios de diseño basados en las normas que rigen el diseño de la estructura y/o componentes con el fin de determinar si se cumple con los requisitos de construcción (Vargas Martinez, 2021).

2.2.5 Acueducto

Es una estructura que se diseña para trasportar agua desde un nacimiento natural de agua, por ejemplo, un río, hasta el punto final que es donde se consume. Se encargan de facilitar el acceso a agua potable de las comunidades (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2021).

2.3 Marco legal

2.3.1 E&C Construcciones S.A.S.

La empresa E&C CONSTRUCCIONES S.A.S con NIT. 900621582-4, ubicada en Floridablanca-Santander. Consta de un recorrido de más de diez años, pues fue fundada el 29 de mayo de 2013 por Eduar Andrés Medina. Las actividades principales a las que se dedica la empresa es la consultoría de proyectos, lo que implica el diseño y construcción de proyectos de ingeniería civil ya sea para el sector público y/o privado.

2.3.2 Misión

“Construimos y alquilamos maquinaria para obras civiles comerciales, industriales, de salud, educación, vivienda e infraestructura vial, para el sector público y privado cumpliendo los tiempos de respuesta requeridos por el cliente a precios justos y a la medida.”

2.3.3 Visión

“E&C CONSTRUCCIONES S.A.S Planea para el 2025, convertirse en una empresa líder en el sector de la construcción en Santander, ampliando progresivamente su participación en el territorio nacional con productos y servicios de calidad, siempre comprometidos con la innovación, la competitividad, la seguridad, la salud en el trabajo y el Medio Ambiente. Para el cumplimiento de esta meta, la empresa, hará uso de todo su potencial basado en el talento humano, la tecnología, los recursos financieros y la adecuada gestión empresarial.”

2.3.4 Resolución 0330 de 2017

Enmarca los requisitos a cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y se acoge el Reglamento técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS. También consagra la rehabilitación de infraestructura relacionada con los servicios de acueducto y alcantarillado. Con el cumplimiento de esta normativa se garantiza la calidad de los servicios a prestar, atender prioritariamente necesidades básicas como agua potable y saneamiento, ampliación del servicio para tener una mayor cobertura, garantizar un servicio continuo e incluir la participación de la comunidad durante el desarrollo de los proyectos (*resolucion-0330-2017.pdf*, 2017).

2.3.5 Resolución 0799 de 2021

Esta resolución en el marco de la implementación del reglamento técnico es el documento donde queda consagrado el ajuste de algunas disposiciones establecidas en la resolución 0330 de 2017 con el fin de brindar al lector una mayor claridad en su aplicación (*Resolucion-799-de-2021.pdf*, 2021).

2.3.6 Reglamento de construcción sismo resistente (NSR-10)

Esta normativa surge tras la catástrofe del sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983 y su última actualización data en el año 2010. Divida en 11 títulos, se encarga de enmarcar las obras de infraestructura dentro de una reglamentación que deben cumplir para garantizar una respuesta estructural adecuada al momento que se presente un sismo, con el fin de brindar seguridad y calidad (NSR-10, 2010).

3. Metodología

3.1 Inducción

En primera instancia se hizo una inducción por parte recursos humanos donde se mostraron las instalaciones de la empresa, así como el lugar de trabajo, seguidamente de una entrevista. A continuación, el tutor presentó al equipo de trabajo y enfocó la pasantía en el área de acueductos apoyando a los ingenieros diseñadores.

Los proyectos para apoyar fueron dos: Construcción del acueducto rural en la vereda Popoa sur, sectores de Delicias, Santa Barbara y el Peñón, del municipio de Puente Nacional, Santander y optimización del sistema de acueducto para el casco urbano del municipio de Jesús María, Santander. A continuación, se decidió que el apoyo iba a ser dibujando planos estructurales e hidráulicos de diferentes estructuras en Revit y haciendo sus respectivas memorias de cálculo, adicionalmente de obtener y corroborar cantidades de obra.

3.2 Desarrollo de planos estructurales e hidráulicos

3.2.1 Planos hidráulicos

Para el desarrollo de planos hidráulicos el ingeniero encargado del diseño del acueducto proporcionaba las medidas y espesores de los muros, según el diseño hecho por él. A continuación, se ejemplifica para el diseño de un canal vertedero para el municipio de Jesús María:

Tabla 1

Diseño vertedero de mezcla rápida.

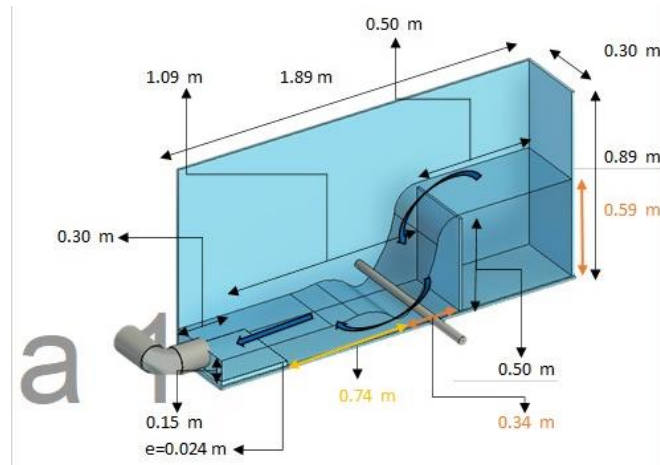
DISEÑO VERTEDERO DE MEZCLA RÁPIDA		
CAUDAL DE DISEÑO	15.72 lt/seg	.01572 m3/seg
ALTURA VERTEDERO [P]	.5 m	
ANCHO DEL CANAL [B]	.3 m	
CAUDAL POR UNIDAD DE ANCHO [q]	0.052 m3/seg-m	

ALTURA CRÍTICA [hc]	(Potabilización del agua J. Romero) $hc=(q^2/g)^{1/3}$	0.07 m
RELACIÓN [P/hc]	Vertedero puede ser usado como aforador (J. Romero)	7.56
LONGITUD DE CAIDA [Lm]	(Potabilización del agua J. Romero) $Lm=4.3(P)^{0.1} * hc^{(0.9)}$	0.34 m
ALTURA ANTES DEL RESALTO [h1]	$h_1 = h_c \frac{\sqrt{2}}{1.06 + \sqrt{(P/h_c) + 1.5}}$ (J. Romero)	0.02 m
VELOCIDAD ANTES DEL RESALTO [V1]	2.31 m/seg	
FROUDE [F]	(Potabilización del agua J. Romero) $F=V1/\sqrt{(g h1)}$	4.9076
ALTURA DESPUÉS DEL RESALTO [h2]	$h_2 = h_1 \frac{\sqrt{1+8Fr^2}-1}{2}$ (J. Romero)	0.15
VELOCIDAD ANTES DEL RESALTO [V2]	.36 m/seg	
PERDIDA DE ENERGÍA [Δh]	(Potabilización del agua J. Romero) $\Delta h=(h2-h1)^3/(4 h2 h1)$	0.14
LONGITUD DEL RESALTO [Lj]	(Potabilización del agua J. Romero) $lj=6(h2-h1)$	0.74
VELOCIDAD MEDIA [Vm]	1.34 m/seg	
TIEMPO DE MEZCLA [T]	(Potabilización del agua J. Romero) $T=lj/Vm$	0.56 seg
GRADIENTE DE VELOCIDAD [G]	1,486 seg-1	
LÁMINA DE AGUA SOBRE VERTEDERO [H]	(Potabilización del agua J. Romero) $H=(Q/(1.84 B))^{2/3}$	0.093 m
BORDE LIBRE [BL]	.3 m	
ALTURA TOTAL	.9 m	
LONGITUD TOTAL	1.9 m	
ALTURA ESCALÓN	.024 m	

Nota. Esta tabla muestra el dimensionamiento de un vertedero de mezcla rápida para el municipio de Puente Nacional, Santander. Adaptado de E&C Construcciones, 2023.

Figura 1

Vertedero de mezcla rápida

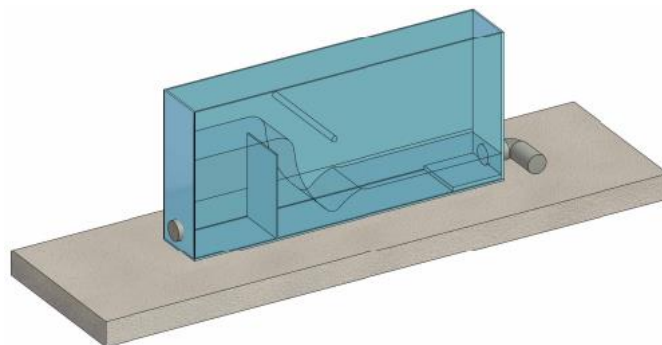


Nota. El gráfico muestra el vertedero de mezcla rápida con sus respectivas medidas. Adaptado de E&C Construcciones, 2023.

A partir de esta información se dibuja el modelo en Revit, asignando el material a los muros -fibra de vidrio, en este caso- y colocando las tuberías con su diámetro y accesorios respectivos según las indicaciones dadas, con esto ya se tiene el isométrico de la estructura:

Figura 2

Modelo isométrico vertedero de mezcla rápida

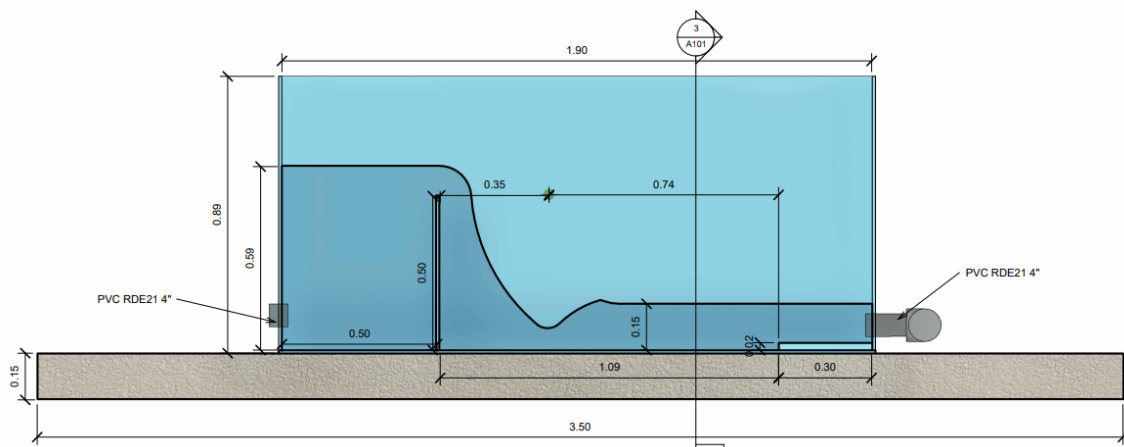


Nota. El gráfico muestra el vertedero de mezcla rápida modelado en el programa Revit para el acueducto de Jesús María, Santander

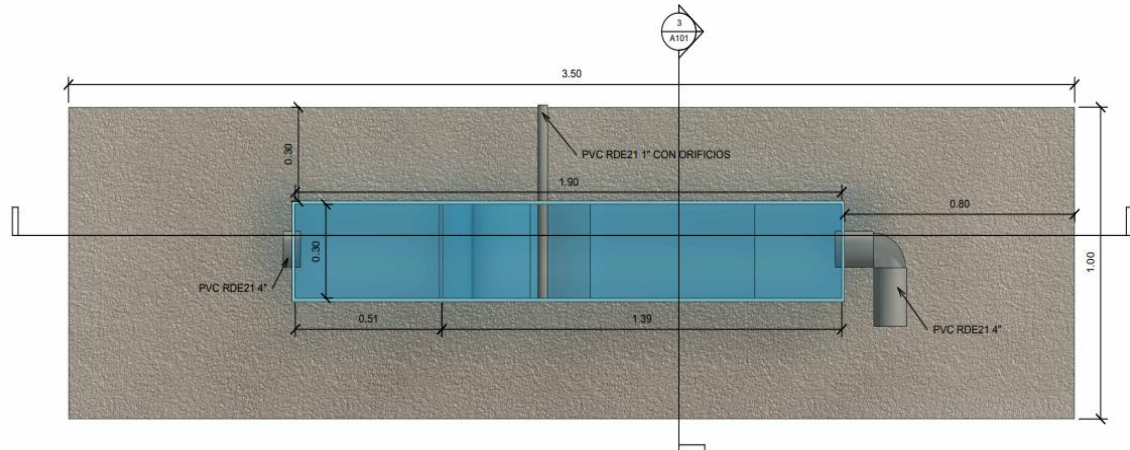
Con el modelo 3D de la estructura, se generan las vistas, cortes y detalles necesarios para proveer especificaciones correctas y fundamentales para su comprensión y construcción en campo. Dentro de las cuales se incluye corte transversal, corte longitudinal, vista en planta y una vista isométrica de la estructura. Posteriormente se etiquetan las tuberías y se acota cada vista, los resultados se muestran a continuación:

Figura 3

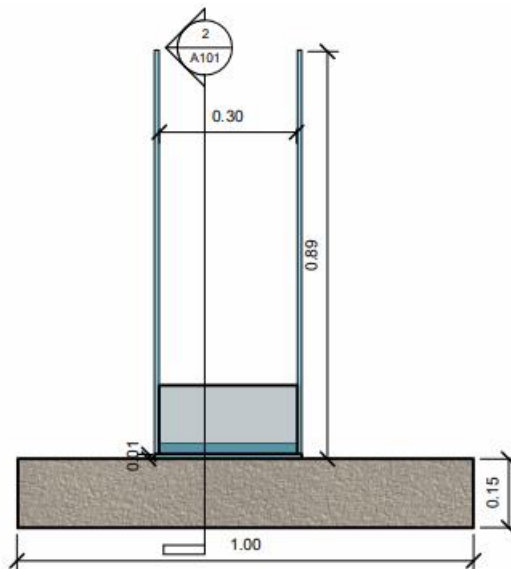
Corte longitudinal



Nota: El gráfico muestra el corte longitudinal acotado del vertedero de mezcla rápida para el acueducto de Jesús María, Santander

Figura 4*Vista en planta*

Nota: El gráfico muestra una vista en planta acotada del vertedero de mezcla rápida para el acueducto de Jesús María, Santander

Figura 5*Corte transversal*

Nota: El gráfico muestra un corte transversal acotado del vertedero de mezcla rápida para el acueducto de Jesús María, Santander

Seguidamente, se obtienen tablas de planificación de tuberías con campos de recuento, que es el número de tuberías que hay de cierto diámetro y cierta longitud; y la tabla de planificación de uniones de tubería donde se filtra por tipo, ya sea codo, tee, vee, su tamaño y el número correspondiente. En estas tablas se evidencia el recuento de los materiales.

Tabla 2

Tabla de planificación de uniones de tubería

Tabla de planificación de uniones de tubería		
Tipo	Tamaño	Recuento
CODO	4 in ϕ -4in ϕ	1

Nota. Esta tabla muestra las uniones de tubería utilizadas en el vertedero de mezcla rápida para el acueducto de Jesús María, Santander.

Tabla 3

Tabla de planificación de tuberías

Tabla de planificación de tuberías		
Recuento	Diámetro	Longitud
1	1in	0.62
		0.62
1	4 in	0.06
1	4 in	0.13
1	4 in	0.19
		0.38

Nota. Esta tabla muestra el número de tuberías de cierta longitud y diámetro utilizadas en el vertedero de mezcla rápida para el acueducto de Jesús María, Santander.

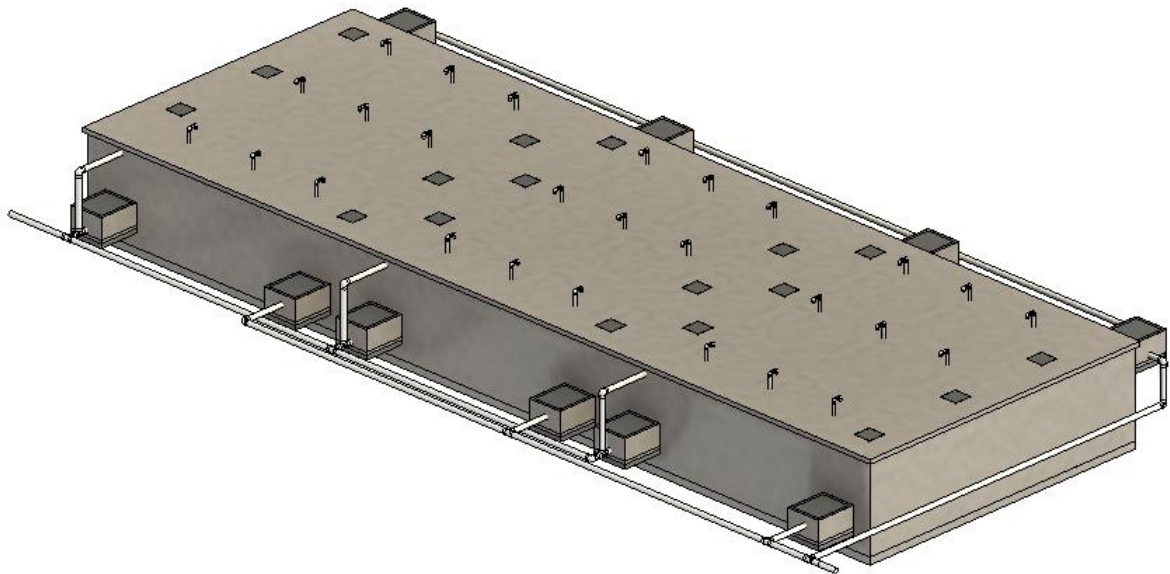
Por último, se colocan las vistas y las tablas para hacer el plano, utilizando el rótulo hecho por la empresa para cada proyecto. Ver apéndice A.

3.2.2 Planos estructurales

Para el desarrollo de planos estructurales se toma como base el isométrico hecho para el plano hidráulico, es decir, se le borran tuberías, accesorios y demás detalles que no correspondan a los muros en sí, ejemplificando para un tanque de almacenamiento para Jesús María.

Figura 6

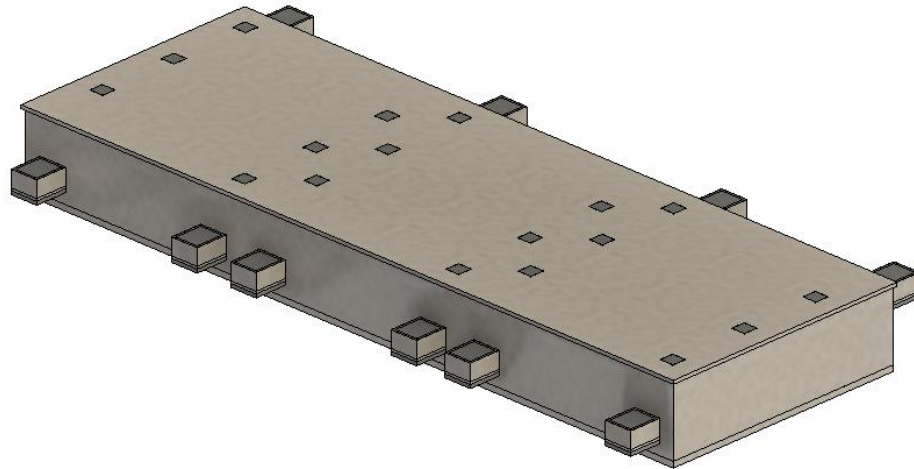
Modelo hidráulico isométrico tanque de almacenamiento



Nota: El gráfico muestra un modelo hidráulico en Revit de un tanque de almacenamiento como base para hacer un modelo estructural para el acueducto de Jesús María, Santander

Figura 7

Modelo isométrico tanque de almacenamiento



Nota: El gráfico muestra un modelo en Revit de un tanque de almacenamiento solo con los elementos estructurales para el acueducto de Jesús María, Santander

El ingeniero estructural proporciona el acero que se debe colocar, según su diseño:

Figura 8

Indicaciones de diseño estructural

TANQUE URBANO
PLACA FONDO Espesor=25cm As Ref= 2 parrillas 1#4c/25cm
MUROS LARGOS Espesor=25cm As Ref= 2 parrillas Horizontal 1#4c/30cm Vertical 1#5c/20cm
MUROS CORTOS Espesor=25cm As Ref= 2 parrillas 1#4c/30cm

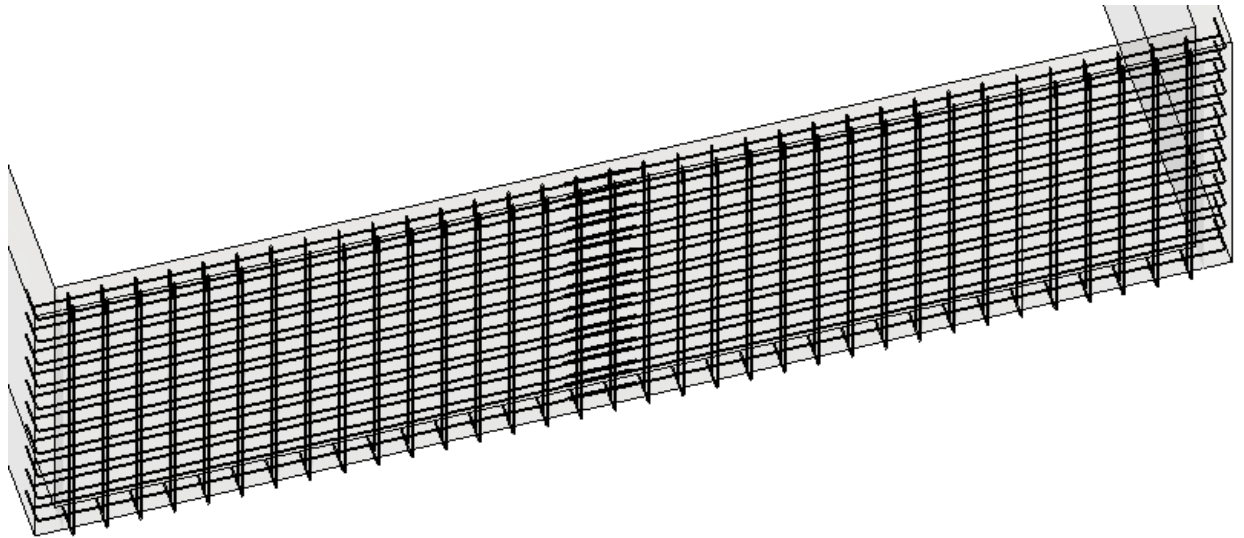
8:32 a. m. .

Nota: El gráfico muestra las especificaciones dadas por el ingeniero estructural para el desarrollo del modelado del refuerzo del tanque de almacenamiento en Revit para el acueducto de Jesús María, Santander

Con base en esta información se coloca el acero, respetando un recubrimiento de 25 mm, la cantidad de barras en cada sentido es el mayor número posible, siempre y cuando cumpla con espaciamiento y recubrimiento. Las barras utilizadas para la construcción son de 6m, por lo que se hacen los traslapos necesarios en cada caso, además la terminación de las barras son ganchos estándar a 90° y a 180°. Para los elementos monolíticos se usan ganchos a 90°, mientras que para la tapa o muros que no se conectan con otros, la terminación de sus barras es en 180°.

Figura 9

Disposición del refuerzo en un muro corto



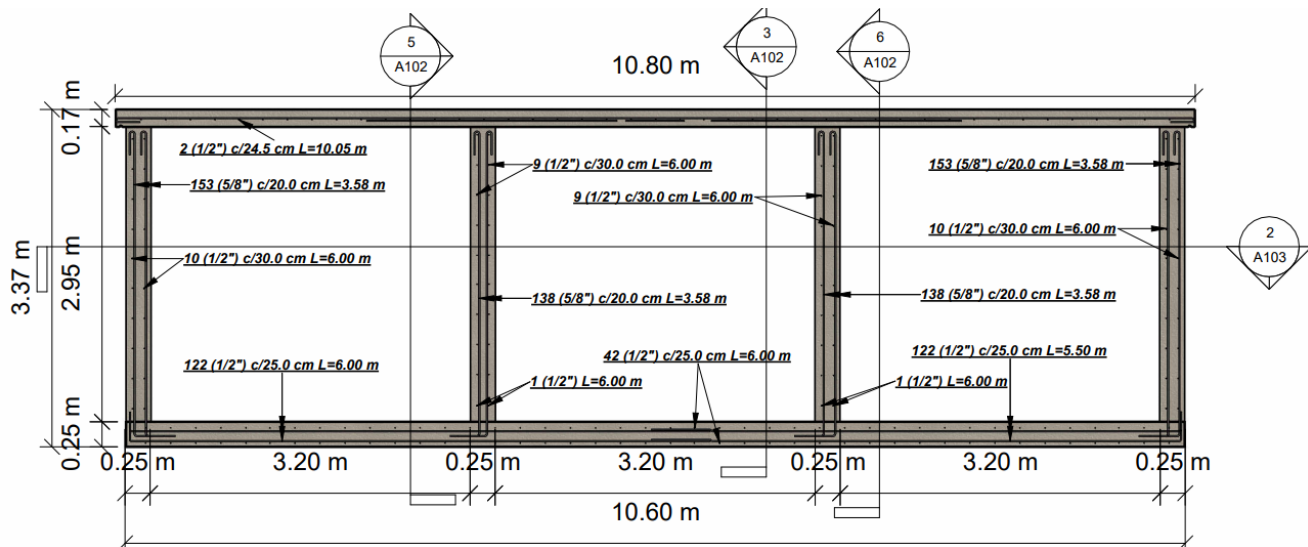
Nota: El gráfico muestra el modelado del refuerzo, dos parrillas horizontales y dos verticales, del tanque de almacenamiento en Revit para el acueducto de Jesús María, Santander

Después de asignar el acero a toda la estructura, se procede a generar las vistas necesarias para una buena explicación de la estructura, incluyendo: vista isométrica, vista en planta, corte transversal, corte longitudinal y detalles. -Para el caso de cuartos de bombeo y casetas, se hace

un despiece de vigas, columnas y se muestran sus secciones transversales - Cada vista se acota y se le nombra su refuerzo.

Figura 10

Corte transversal tanque de almacenamiento



Nota: El gráfico muestra el corte transversal del tanque de almacenamiento en Revit debidamente acotado y nombrado su acero de refuerzo para el acueducto de Jesús María, Santander

Se obtiene la tabla de planificación de acero donde se puede ver la cantidad de barras de cierta longitud y diámetro que se requieren para la estructura, además presenta la densidad permitiendo cuantificar el acero necesario.

Tabla 4

Tabla de planificación de acero

TABLA PLANIFICACION DE ACERO					
Cantidad	Diámetro de barra	Longitud de barra	Longitud	densidad acero	peso
			total de barra		

112	3/8"	0.60 m	67.19 m	0.56 kgf/m	37.63 kgf
6	3/8"	1.66 m	9.99 m	0.56 kgf/m	5.59 kgf
6	3/8"	1.81 m	10.84 m	0.56 kgf/m	6.07 kgf
112	3/8"	2.50 m	280.00 m	0.56 kgf/m	156.80 kgf
197	1/2"	0.60 m	118.20 m	0.56 kgf/m	66.19 kgf
72	1/2"	0.80 m	57.60 m	0.56 kgf/m	32.26 kgf
24	1/2"	1.00 m	24.00 m	0.99 kgf/m	23.76 kgf
21	1/2"	1.35 m	28.38 m	0.99 kgf/m	28.09 kgf
7	1/2"	1.36 m	9.49 m	0.99 kgf/m	9.40 kgf
6	1/2"	1.50 m	9.00 m	0.99 kgf/m	8.91 kgf
12	1/2"	1.65 m	19.82 m	0.99 kgf/m	19.63 kgf
14	1/2"	2.95 m	41.30 m	0.99 kgf/m	40.89 kgf
28	1/2"	3.35 m	93.80 m	0.99 kgf/m	92.86 kgf
272	1/2"	3.50 m	952.53 m	0.99 kgf/m	943.01 kgf
84	1/2"	3.95 m	331.85 m	0.99 kgf/m	328.53 kgf
76	1/2"	4.01 m	304.57 m	0.99 kgf/m	301.52 kgf
11	1/2"	4.18 m	45.94 m	0.99 kgf/m	45.48 kgf
1	1/2"	4.19 m	4.19 m	0.99 kgf/m	4.15 kgf
324	1/2"	5.50 m	1781.69 m	0.99 kgf/m	1763.87 kgf
1136	1/2"	6.00 m	6815.99 m	0.99 kgf/m	6747.83 kgf
7	1/2"	9.65 m	67.58 m	0.99 kgf/m	66.90 kgf
7	1/2"	9.66 m	67.59 m	0.99 kgf/m	66.92 kgf
28	1/2"	10.05 m	281.40 m	0.99 kgf/m	278.59 kgf
111	1/2"	11.30 m	1254.30 m	0.99 kgf/m	1241.76 kgf
31	1/2"	31.41 m	973.71 m	0.99 kgf/m	963.97 kgf
60	5/8"	2.98 m	179.01 m	1.55 kgf/m	277.47 kgf
1164	5/8"	3.58 m	4171.54 m	1.55 kgf/m	6465.89 kgf
3929			18001.52 m		20023.97 kgf

Nota: La tabla muestra la cantidad de barras de acero según su diámetro y longitud, donde permite cuantificar el total de acero automáticamente en Revit necesario del tanque de almacenamiento para el acueducto de Jesús María, Santander

Adicionalmente se obtiene la tabla de cómputo de materiales multicategoría, donde se puede ver la cantidad de los diferentes concretos que requiere la estructura.

Tabla 5*Cómputo de materiales de multicategoría*

Cómputo de materiales de multicategoría	
Material: Nombre	Material: Volumen
CONCRETO 28MPA	260.90 m ³
CONCRETO POBRE	2.52 m ³
	263.42 m ³

Nota: La tabla muestra la cantidad de concreto, calculado en Revit, necesario para el tanque de almacenamiento para el acueducto de Jesús María, Santander

Además, se insertan tablas de especificaciones de los ganchos, traslapos y recomendaciones para los materiales de la estructura.

Tabla 6*Código diseño: NSR10*

CÓDIGO DISEÑO: NSR10	
MATERIALES	NOTAS
ACERO DE REFUERZO FY=420 MPA	TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN METROS
CONCRETO: F'C= 21 MPS	CURADO MÍNIMO DE 8 DÍAS
TAMAÑO MÁX. TRITURADO= 3/4"	RECUBRIMIENTO EN LOSA= 0.75m
RELACIÓN A/C= 0.45	RECUBRIMIENTO= 0.05m
	CONCRETO POBRE (SOLADO) e=0.05M
	DOBLES DE GANCHO= 180°

Nota: La tabla muestra algunas recomendaciones y aclaraciones del tanque de almacenamiento para el acueducto de Jesús María, Santander

Tabla 7*Especificaciones ganchos y traslapos*

TIPO	GANCHO [m]		TRASLAPO [m]
	180°	90°	

#3	0.2	0.15	0.5
#4	0.25	0.2	0.6
#5	0.3	0.25	0.8
#6	0.35	0.3	1
#7	0.4	0.35	1.2
#8	0.45	0.4	1.4

Nota: La tabla muestra la longitud de los ganchos y traslapos según el número de barra utilizada para el refuerzo del tanque de almacenamiento para el acueducto de Jesús María, Santander

Por último, se disponen las vistas y tablas en un plano para su impresión. Ver apéndice B y C.

3.3 Memorias de cálculo estructural e hidráulico

3.3.1 Memorias estructurales

Como documento de cálculo, estas memorias constan de: portada, tabla de contenido, introducción, geografía municipal, ya sea Puente Nacional o Jesús María, donde se incluye datos geográficos y composición veredal; ubicación de la estructura.

Además, se incluye las especificaciones de los materiales y especificaciones del lugar

Tabla 8

Especificaciones de los materiales

MATERIALES	RESISTENCIA		
	Mpa	Kg/Cm2	Psi
Concreto f'c	28	280	4000
Acero De Refuerzo fy	420	4200	60000

Nota: La tabla muestra las especificaciones de los materiales de la memoria estructural

Tabla 9*Cargas sísmicas*

CARGAS SÍSMICAS	
Zona de Amenaza Sísmica	Intermedia
Aa	0.15
Av	0.2
Kh	0.075
Kv	0.2
Grupo de Uso	<u>IV</u>
Coefficiente Importancia	1.5

Nota: La tabla muestra las cargas sísmicas tomadas de la NSR10 para el departamento de Santander. Adaptado de E&C Construcciones, 2023.

Tabla 10*Características del suelo*

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	
Tipo de perfil	D
Fa	2.1
Fv	3.2

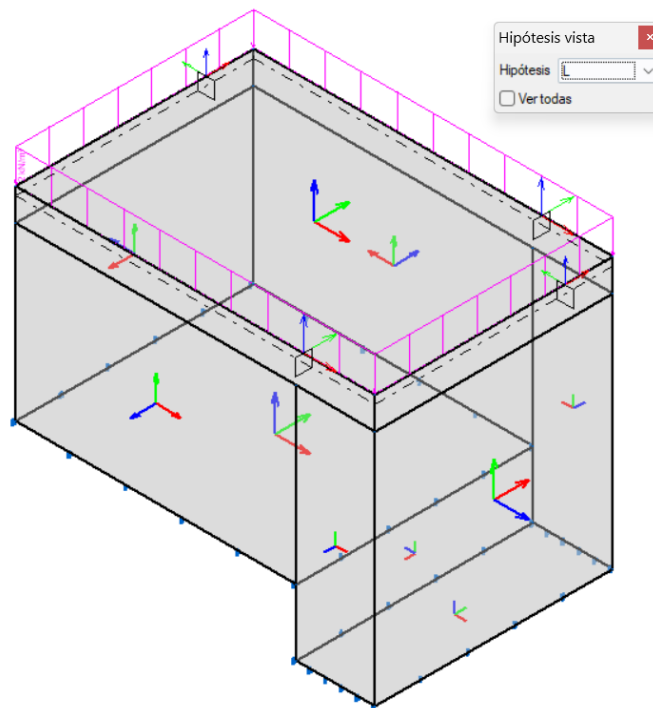
Nota: La tabla muestra la clasificación y factores del suelo tomadas de la NSR10 para el departamento de Santander. Adaptado de E&C Construcciones, 2023.

Los datos generales de la estructura tales como sistema de unidades, normas de diseño, especificaciones de los materiales y el método de análisis, así como el análisis en x y y. Cabe resaltar que para la primera memoria esta información fue suministrada por el ingeniero estructural.

Los datos de entrada al software tales como norma, combinaciones de cargas; la estructura donde se puede ver los datos del análisis con sus ilustraciones, incluyendo cargas hidrostáticas, dinámicas del agua sismo x y y, cargas por empuje del terreno, cargas vías, cargas inerciales en la tapa. A continuación, se muestra un ejemplo para cargas vivas de un cárcamo de rebombeo para Puente Nacional.

Figura 11

Cargas vivas cárcamo de bombeo

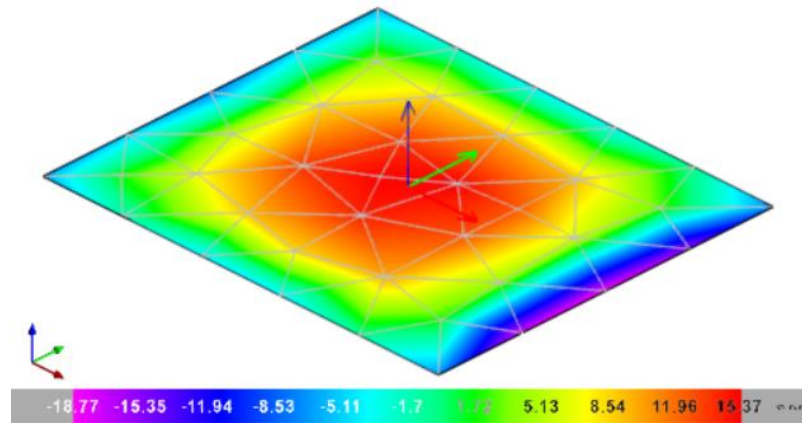


Nota: El gráfico muestra el modelado de cargas vivas para el cárcamo de bombeo para el acueducto de Puente Nacional, Santander. Adaptado de E&C Construcciones, 2023.

Lo datos de salida referente a cortante y momento último en x y y para cada muro, tapa y placan de fondo, a continuación, se muestra el resultado para la placa de fondo del cárcamo de rebombeo en Puente Nacional

Figura 12

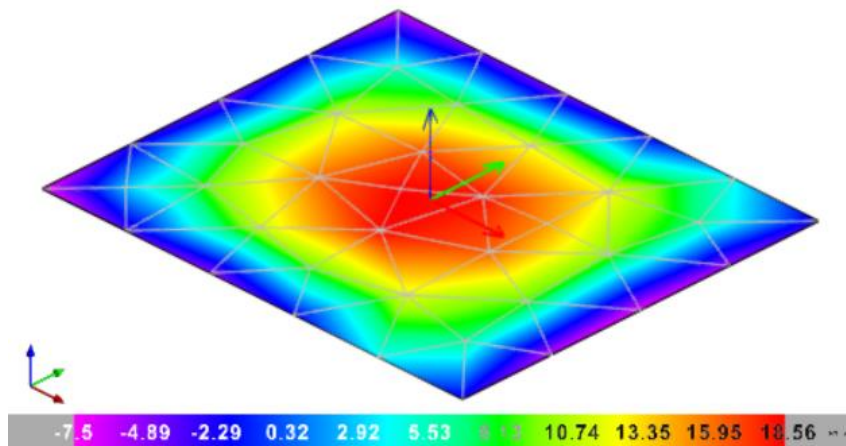
*Momento ultimo dirección x [kN*m/m]*



Nota: El gráfico muestra los datos de salida momento último en dirección x para el acueducto de Jesús María, Santander. Adaptado de E&C Construcciones, 2023.

Figura 13

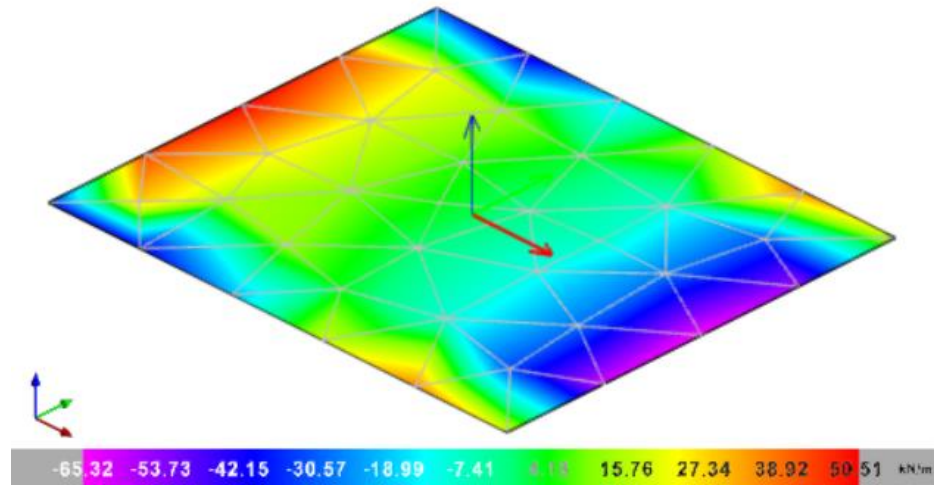
*Momento ultimo dirección y [kN*m/m]*



Nota: El gráfico muestra los datos de salida momento último en dirección y para el acueducto de Jesús María, Santander. Adaptado de E&C Construcciones, 2023.

Figura 14

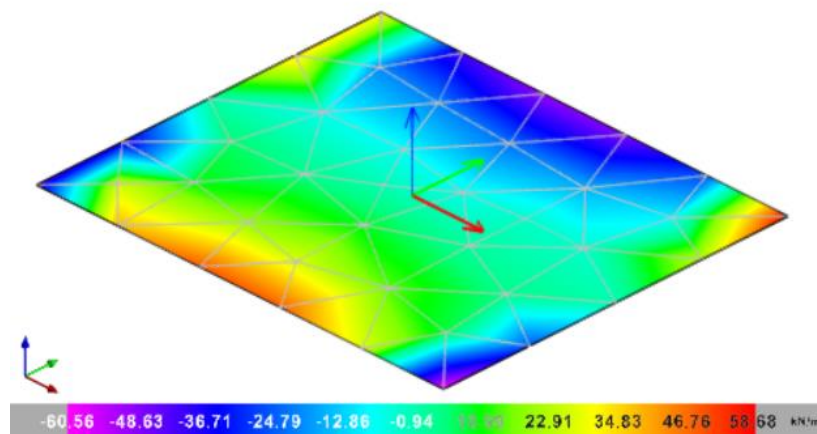
Cortante ultimo dirección x [kN/m]



Nota: El gráfico muestra los datos de salida cortante último en dirección x para el acueducto de Jesús María, Santander. Adaptado de E&C Construcciones, 2023.

Figura 15

Cortante ultimo dirección y [kN/m]



Nota: El gráfico muestra los datos de salida cortante último en dirección Y para el acueducto de Jesús María, Santander. Adaptado de E&C Construcciones, 2023.

El diseño de elementos en concreto reforzado muestra el cálculo de la losa de fondo, la tapa y los muros que conforman cada estructura. Por último, se presentan las conclusiones y firmas.

Este documento se diseñó de tal manera que sirviera como base para las demás estructuras, es decir, cambian los ítems de datos generales de la estructura, datos de entrada al software, estructura, datos de salida y diseño de elementos en concreto reforzado. Por lo que una vez hecho el primero, para las demás estructuras solo fue cambiar datos. Ver apéndice D.

3.3.2 Memorias hidráulicas

Para la memoria hidráulica se proporcionó un documento guía de un proyecto anterior y basándose en su estructura, esta memoria se hizo de una manera similar para el acueducto de Puente Nacional. Este documento consta de una introducción, objetivos, cuerpo del trabajo y conclusiones, seguidamente de la firma del diseñador a cargo.

La sección cuerpo del trabajo incluye la proyección de la población por diferentes métodos, la cuantificación de la demanda según información suministrada por la comunidad con lo que se calculan los suscriptores al servicio, los usos del agua, el cálculo del caudal de diseño y los componentes del sistema, como torre de aireación, un vertedero para la mezcla rápida, floculador, sedimentador, espesador de lodos y lechos de secado. Esta sección fue dirigida por el ingeniero hidráulico del proyecto. Ver apéndice E.

3.4 Cantidades de obra

Para asegurar un presupuesto estimado correcto, se deben hacer verificaciones de las modelaciones hechas en Revit, como se verá a continuación:

3.4.1 Aceros

Dada la tabla de planificación de aceros y el plano impreso, se debe verificar que el número de barras mostrada sea el mismo que se pueda contar en el plano, esto debido a que por errores se

ponen barras de más, en ocasiones no se interpretaba la información correctamente por lo que se borran elementos y luego se ponen de otra manera, así que hay que verificar que las cantidades halladas sean las correctas. Se ejemplificará con el cuarto de bombeo para el municipio de Puente Nacional:

Tabla 11

Tabla de planificación de acero cuarto de bombeo

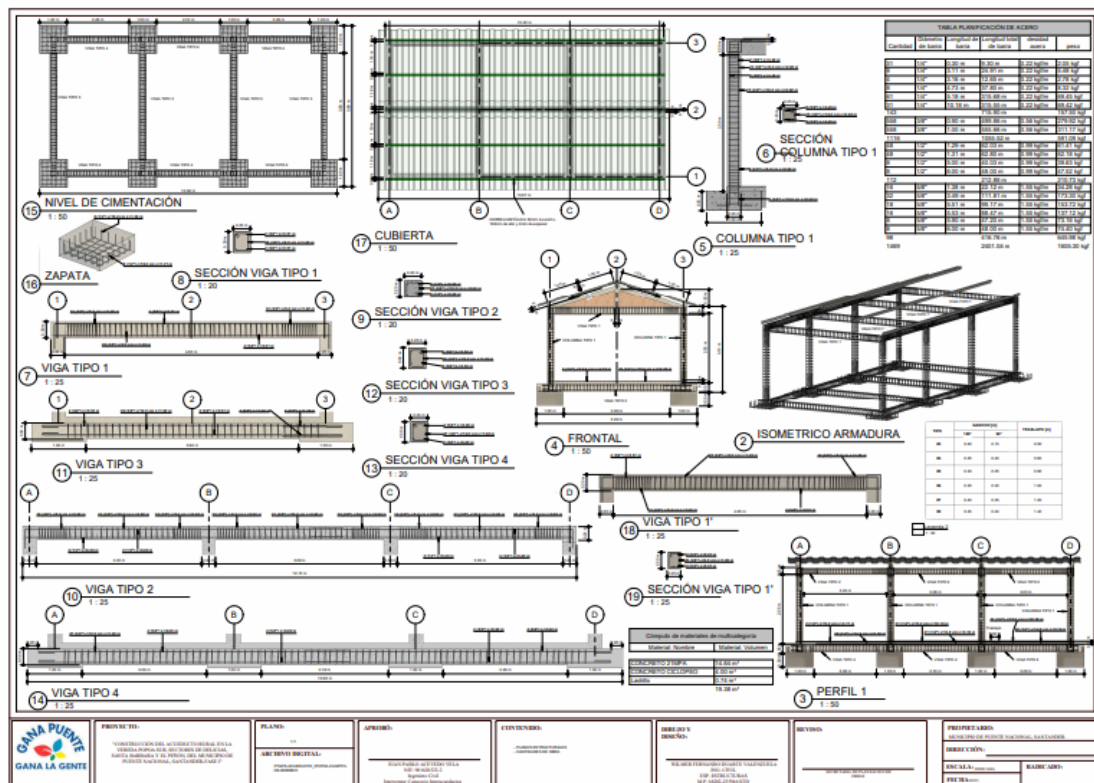
TABLA PLANIFICACIÓN DE ACERO					
Cantidad	Diámetro de barra	Longitud de barra	Longitud total de barra	densidad acero	peso
31	1/4"	0.30 m	9.30 m	0.22 kgf/m	2.05 kgf
8	1/4"	3.11 m	24.91 m	0.22 kgf/m	5.48 kgf
4	1/4"	3.16 m	12.65 m	0.22 kgf/m	2.78 kgf
8	1/4"	4.73 m	37.80 m	0.22 kgf/m	8.32 kgf
61	1/4"	5.18 m	315.68 m	0.22 kgf/m	69.45 kgf
31	1/4"	10.18 m	315.55 m	0.22 kgf/m	69.42 kgf
143			715.90 m		157.50 kgf
558	3/8"	0.90 m	499.86 m	0.56 kgf/m	279.92 kgf
558	3/8"	1.00 m	555.66 m	0.56 kgf/m	311.17 kgf
1116			1055.52 m		591.09 kgf
48	1/2"	1.29 m	62.03 m	0.99 kgf/m	61.41 kgf
48	1/2"	1.31 m	62.80 m	0.99 kgf/m	62.18 kgf
8	1/2"	5.00 m	40.03 m	0.99 kgf/m	39.63 kgf
8	1/2"	6.00 m	48.00 m	0.99 kgf/m	47.52 kgf
112			212.86 m		210.73 kgf
16	5/8"	1.38 m	22.12 m	1.55 kgf/m	34.28 kgf
32	5/8"	3.49 m	111.81 m	1.55 kgf/m	173.30 kgf
18	5/8"	5.51 m	99.17 m	1.55 kgf/m	153.72 kgf
16	5/8"	5.53 m	88.47 m	1.55 kgf/m	137.12 kgf
8	5/8"	5.90 m	47.20 m	1.55 kgf/m	73.16 kgf
8	5/8"	6.00 m	48.00 m	1.55 kgf/m	74.40 kgf
98			416.76 m		645.98 kgf
1469			2401.04 m		1605.30 kgf

Nota: La tabla muestra la cantidad de barras de acero por diámetro y longitud utilizadas en el refuerzo del cuarto de bombeo de Puente Nacional, Santander

Se puede ver en la tabla una cuantificación de 558 barras No. 4 (3/8'') de longitud 1m que se contarán en el plano:

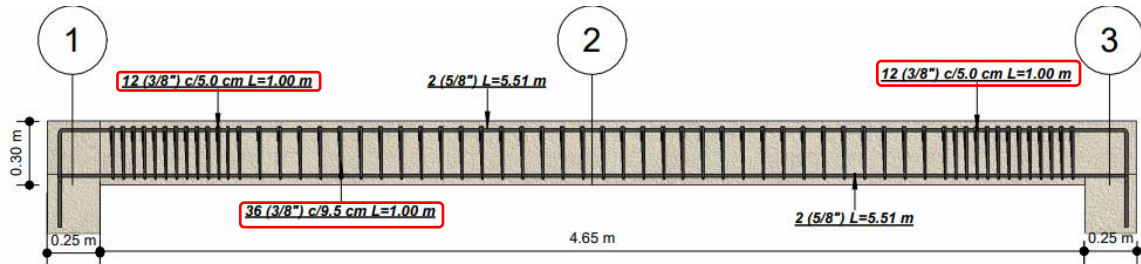
Figura 16

Plano estructural cuarto de bombeo



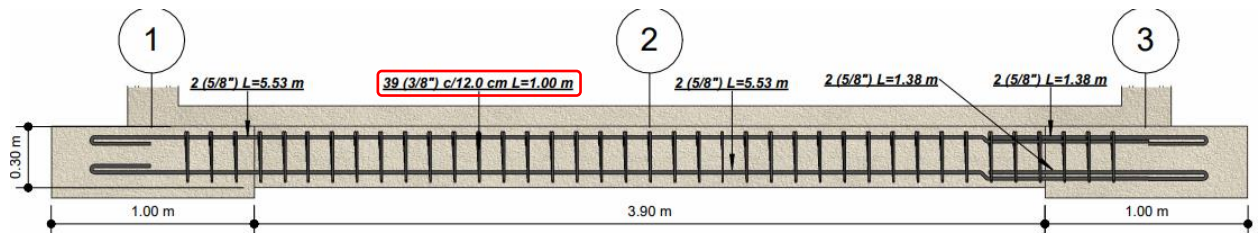
Nota: El gráfico muestra el plano estructural del cuarto de bombeo del acueducto de Puente Nacional, Santander. Para mayor claridad ver apéndice F.

Haciendo una evaluación se puede ver que corresponde a los estribos de las vigas:

Figura 17*Despiece viga tipo 1*

Nota: El gráfico muestra el despiece de la viga tipo 1 -viga aérea externa- del cuarto de bombeo del acueducto de Puente Nacional, Santander

En la viga tipo uno se pueden contar 60 estribos en total

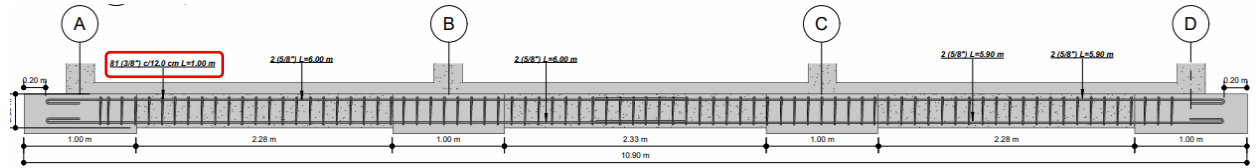
Figura 18*Despiece viga tipo 3*

Nota: El gráfico muestra el despiece de la viga tipo 3 -viga de cimentación- del cuarto de bombeo del acueducto de Puente Nacional, Santander

En la viga tipo 3 se pueden apreciar 39 estribos

Figura 19

Despiece viga tipo 4

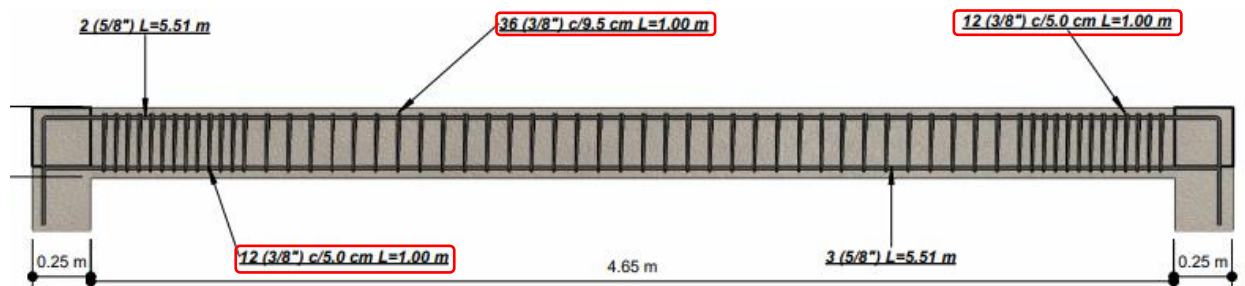


Nota: El gráfico muestra el despiece de la viga tipo 4 -viga de cimentación- del cuarto de bombeo del acueducto de Puente Nacional, Santander

En la viga tipo 4 se pueden ver 81 estribos

Figura 20

Despiece viga tipo 1'

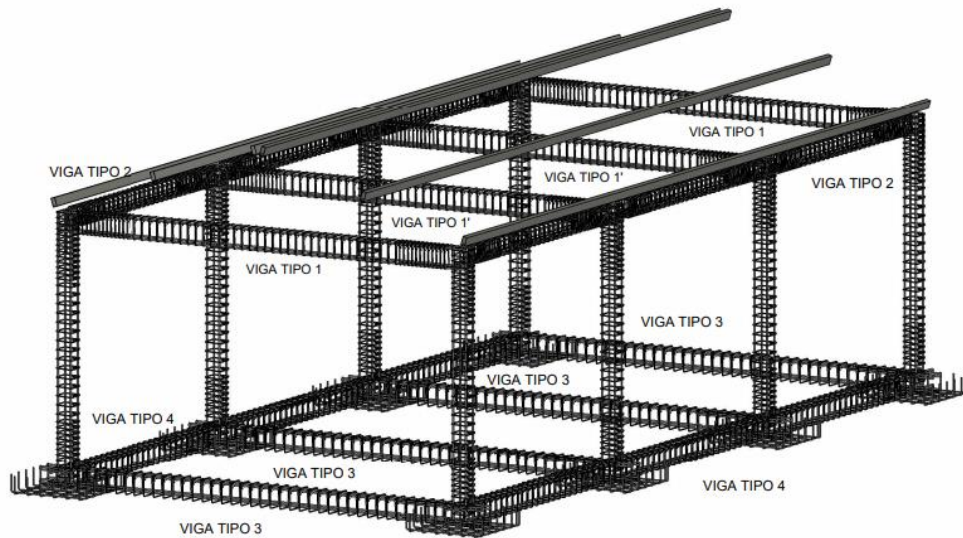


Nota: El gráfico muestra el despiece de la viga tipo 1' -viga aérea interna- del cuarto de bombeo del acueducto de Puente Nacional, Santander

En la viga tipo 1' se aprecian 60 estribos

Figura 21

Disposición de vigas en el cuarto de bombeo



Nota: El gráfico muestra el tipo y cantidad de vigas que componen el cuarto de bombeo del acueducto de Puente Nacional, Santander

Los resultados de la cantidad de estribos y cantidad de vigas por tipo se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 12

Recuento de estribos totales

Viga tipo	Cantidad estribos	No vigas	Estribos totales
1	60	2	120
1'	60	2	120
3	39	4	156
4	81	2	162
TOTAL			558

Nota: La tabla muestra el conteo de estribos por cada viga tipo y le total según la cantidad de vigas de cada tipo para el cuarto de bombeo del acueducto de Puente Nacional, Santander

Este procedimiento de verificación se realiza para todos los elementos contados en la tabla de planificación de aceros y al final todo tiene que corresponder.

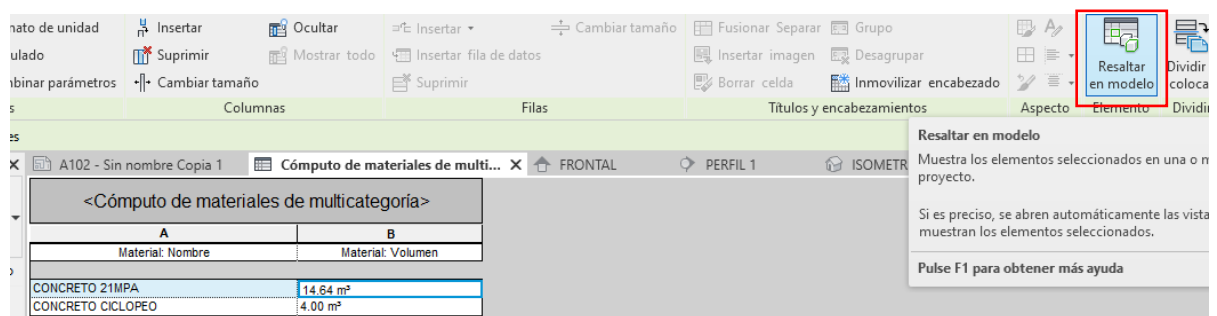
3.4.2 Concreto

Como algunos modelos van de un dibujante a otro, se podían hacer cambios de muros a los cuales no se les asigna el material, por lo que no se cuenta en el cómputo de materiales que hace Revit, por lo que se debe verificar que los elementos estructurales tengan asignado el material y sean del espesor correcto según las especificaciones del ingeniero estructural; siguiendo con el ejemplo del cuarto de bombeo.

Se abre la tabla de cómputo de materiales de multicategoría, se selecciona el concreto 21MPa y se le da a la opción de resaltar en el modelo

Figura 22

Interfaz de Revit

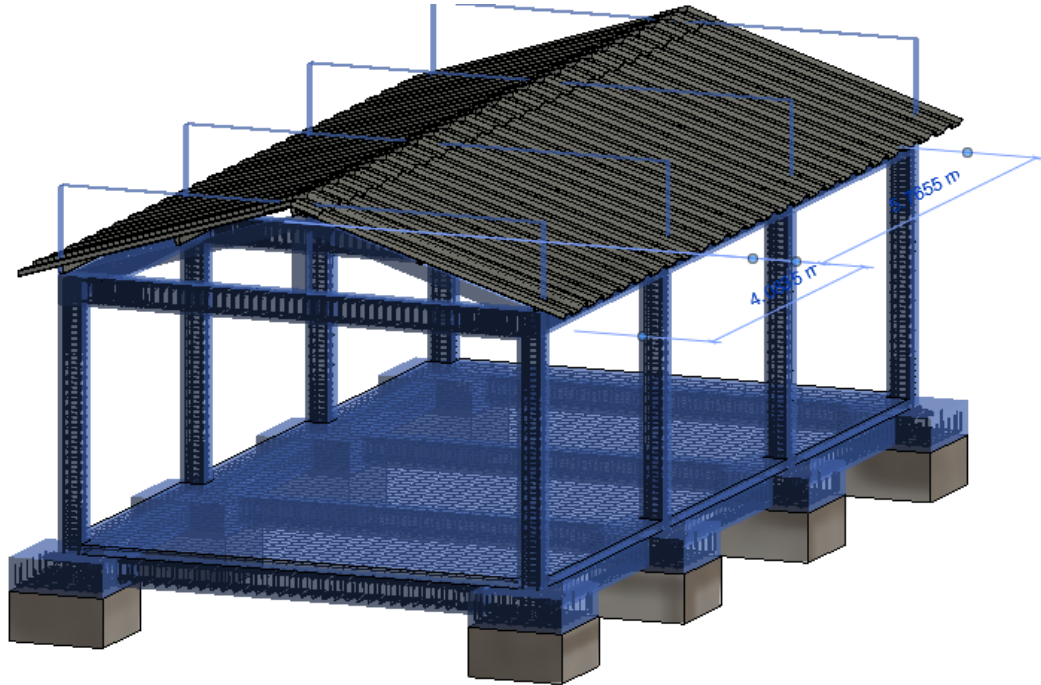


Nota: El gráfico se muestra las herramientas que hay que seleccionar para que los elementos hechos de concreto 21MPa se resalten en el modelo del cuarto de bombeo.

Entonces se abrirá las diferentes vistas, en este caso se muestra la isométrica y en ella se pueden ver lo elementos seleccionados

Figura 23

Elementos resaltados



Nota: El gráfico se muestra los elementos hechos en concreto de 21MPa, tales como vigas, columnas, zapatas y la placa de piso del cuarto de bombeo.

Este procedimiento se realiza para cada material y se verifica que sea el material correspondiente en los elementos correctos. Cabe aclarar que este proceso también se aplicó a las cantidades obtenidas de los planos hidráulicos, es decir, tuberías y accesorios de tubería.

4. Conclusiones

Según el trabajo desarrollado durante la ejecución de las prácticas se puede concluir que:

Se realizaron con éxito todas las actividades asignadas -como planos estructurales, planos hidráulicos, memorias de cálculo estructural e hidráulico y la corroboración de cantidades obtenidas en Revit -por la empresa E&C Construcciones S.A.S. por lo que se ayudó a la culminación de los dos proyectos de acueducto, uno en Puente Nacional, Santander y el otro en Jesús María, Santander.

Se dibujaron los planos estructurales e hidráulicos finales que se expusieron en la socialización y sustentación de los proyectos hechas por los ingenieros a cargo. Es decir, el trabajo colaborativo dibujando planos, recibiendo indicaciones y haciendo correcciones de estos, se hizo de la manera correcta, pues estos planos fueron los definitivos en la entrega de los proyectos.

El desarrollo de las memorias estructurales desde cero no solo contribuyó a el proyecto de Puente Nacional sino también se tomó como base para el municipio de Jesús María, y de igual manera puede ser la base de cualquier otro proyecto de acueductos. Es decir, la manera en que se hizo la estructura del documento, su redacción, organización y automatización de algunas partes, hace posible que sirva como un documento base para hacer la memoria estructural de otra estructura, lo cual fue precisamente lo que se hizo, teniendo como base la primera memoria realizada para los lechos de secado -acueducto de Puente Nacional-, el desarrollo de las demás memorias fue óptimo, automatizado y rápido. De esta manera la plantilla base desarrollada fue un aporte significativo para la empresa E&C Construcciones S.A.S. pues optimiza los recursos de esta entidad.

La culminación de la memoria hidráulica para el acueducto de Puente Nacional sirvió como base para la memoria hidráulica del acueducto de Jesús María, por lo que también se dejó una plantilla que optimiza recursos -tales como tiempo que se traduce en dinero- a la empresa E&C Construcciones S.A.S.

La corroboración de cantidades obtenidas en Revit, como acero, concreto, fibra de vidrio, tuberías y accesorios, si bien, parece un proceso innecesario es fundamental realizarlo, ya que la cuantificación de cantidades adecuadas acerca el precio del proyecto a la realidad. Así pues, cantidades sobre estimadas hace que el proyecto presente un sobre costo y esto puede implicar que no se realice por falta de recursos; por otro lado, cotizar solo una parte de lo que se necesita puede hacer que el proyecto se ponga en marcha con cierto presupuesto y luego tenga que pararse la obra porque hizo falta material, lo que se traduce en invertir más recursos de los previstos, lo cual muchas veces no es posible. Si bien, el proyecto presenta un porcentaje de imprevistos, las cantidades imprecisas no hacen parte de este presupuesto. Por estas razones es que se debe verificar la modelación de las estructuras, es decir, asignar materiales adecuados, verificar que el programa sí está contando todo el material, revisar que no haya duplicaciones de los elementos, revisar que no se esté contando elementos ocultos que no van, verificar las terminaciones de las barras ya que el programa presenta un bug que las cambia en ocasiones por otras que no tienen las mismas medidas.

La implementación de herramientas BIM, más exactamente Revit, optimiza mucho el tiempo que se dedica a obtener cantidades de obra. Pues pasar de métodos tradicionales que en su

mayoría se realizan manualmente a obtener cantidades de manera automática hace todo más sencillo y rápido, tanto la contabilización como los cambios que se necesiten hacer al proyecto.

5. Recomendaciones

Se recomienda a los usuarios de Revit tener precaución con los modelamientos que se hacen, a veces las tareas se pueden volver repetitivas y automatizadas, pero hay que estar pendiente de utilizar las herramientas correctamente, colocarle sentido común y llevar los proyectos a la vida real.

Desarrollar capacidades de comunicación asertiva es fundamental en la vida laboral, pues la mayoría de las veces, estos proyectos de consultoría necesitan un equipo de trabajadores y que cada uno se encargue de tareas en específico. Hay tareas que son la base de otras que corresponden a otros integrantes del equipo y muchas veces, por falta de organización y poca capacidad para hacerse entender, el desarrollo de las tareas se ve entorpecido y atrasado.

La implementación de herramientas BIM representa un gran avance en cualquier tarea, pues algún cambio en el proyecto se puede reflejar de manera casi que inmediata mientras que, con los métodos tradicionales, estos cambios podían representar días de trabajo, verificando lo que ya se había hecho y mirando los nuevos cambios. Lo cual representa atrasos en los proyectos, tiempo que se traduce en recursos invertidos y un porcentaje de error mayor por error humano al hacer tantos cálculos.

Referencias Bibliográficas

- Demchak, G., Dzambazova, T., & Krygiel, E. (2009). *Introducing Revit Architecture 2009: BIM for Beginners*. John Wiley and Sons.
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2021, julio 17). Sistemas de Acueducto. *TÉRMINOS Y DEFINICIONES*. <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/acueducto/>
- Group, H. O. P. (2016, junio 24). *Tipos de plantas de tratamiento de agua potable*. Acuatécnica. <https://acuatecnica.com/tipos-plantas-tratamiento-agua-potable/>
- Guzmán, B. L., Nava, G., & Díaz, P. (2015). Calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012. *Biomédica*, 35(0). <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2511>
- IDEAM. (2022). *ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2022*.
- INVIAS. (2023, abril). *Análisis de Precios Unitarios*. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/hechos-de-transparencia/analisis-de-precio-unitarios>
- López Cualla, R. A. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Moena Madrid, Cristóbal Ignacio. (2012). *ROAD MAINTENANCE UNIT COSTS ESTIMATION THROUGH AN EXPONENTIAL ROBUST REGRESSION MODEL* [Pontificia Universidad Católica de Chile]. <https://www.proquest.com/openview/a610b1dd103c53cc3ecf7558f366ad2c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=51922&diss=y>
- NSR-10. (2010). *Diseño y Construcción sismo-resistente*.

Resolucion-0330-2017.pdf. (2017). Recuperado 10 de abril de 2023, de <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/resolucion-0330-2017.pdf>

Resolucion-799-de-2021.pdf. (2021). Recuperado 10 de abril de 2023, de <https://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-799-de-2021.pdf>

Vargas Martinez, Y. A. (2021). *ELABORACIÓN DE UNA GUÍA DE SUPERVISIÓN TÉCNICA PARA DISEÑOS Y PLANOS ESTRUCTURALES DE EDIFICACIONES DE CONCRETO REFORZADO BASADOS EN NSR-10* [Thesis]. <http://repositorio.ufpso.edu.co/jspui/handle/123456789/3174>

Vargas, R. M. (2011). Multinational spanish water in Colombia And Water Resource management corporate. *Misión Jurídica*, 4(4), 191-207.

Apéndices

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS.

Apéndice A. Plano hidráulico vertedero de mezcla rápida acueducto de Jesús María.

Apéndice B. Plano estructural 1 tanque de almacenamiento acueducto de Jesús María.

Apéndice C. Plano estructural 2 tanque de almacenamiento acueducto de Jesús María.

Apéndice D. Memoria estructural cárcamo de bombeo acueducto de Puente Nacional.

Apéndice E. Diseño hidráulico acueducto de Puente Nacional.

Apéndice F. Plano estructural cuarto de bombeo acueducto de Puente Nacional.