



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE**

**DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y**

**CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**PORTADA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**SISTEMA PARA LA INSTALACIÓN DE UN RESERVORIO EN VIDRIO FUSIONADO AL ACERO PARA EL ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA RURAL CHANDUY, PROVINCIA DE SANTA ELENA.**

**TUTOR**

**MGTR. MAGALI GARCES ALAVA**

**AUTORES**

**ALEX DARIO ARMAS PAREDES**

**JOSÉ GREGORIO FLORES ANZULES**

**GUAYAQUIL**

**2022**

**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS**

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

Sistema para la instalación de un reservorio en vidrio fusionado al acero para el almacenamiento de agua potable en la parroquia rural Chanduy, provincia de Santa Elena.

**AUTORES:** Alex Darío Armas  
Paredes y José Gregorio Flores  
Anzules

**REVISORES O TUTORES:** Garces Alava,  
Magali Solange

**INSTITUCIÓN:** Universidad Laica  
Vicente Rocafuerte de Guayaquil

**Grado obtenido:** INGENIERO CIVIL

**FACULTAD:** INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

**CARRERA:** INGENIERO CIVIL

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**  
2022

**N. DE PAGS:** 69

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y construcción

**PALABRAS CLAVE:** reservorio de vidrio, EDT, metodología

**RESUMEN:** El abastecimiento de agua potable es fundamental para las poblaciones rurales que están en constante crecimiento demográfico, que por la falta de implementación de nuevas tecnologías constructivas se ven obligados a seguir viviendo en condiciones de escasez del líquido vital. En el Ecuador se están implementando nuevas tecnologías en el ámbito de la construcción, debido a la gran necesidad que pasan las poblaciones en su mayor parte las zonas rurales debido a la falta del abastecimiento de agua potable, es importante que se desarrollen nuevas planificaciones de infraestructura como la instalación de reservorios para el almacenamiento de agua, que estén diseñados eficientemente, y a su vez incorporando un reservorio elaborado de un material diferente a lo tradicional, el cual, conlleva a que se desarrollen nuevos métodos de instalación y así contar con nuevas alternativas de infraestructura, rápidos de construir y con una gran ventaja en cuestión de costos; para poder satisfacer las necesidades del líquido vital de las población rural de la parroquia Chanduy.

**N. DE REGISTRO (en base de  
datos):**

**N. DE CLASIFICACIÓN:**

<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTORES/ES:</b> Alex Darío Armas Paredes José Gregorio Flores Anzules	<b>Teléfono:</b> 0968551417 0990896876	<b>E-mail:</b> aarmasp@ulvr.edu.ec jfloresanz@ulvr.edu.ec
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	Mgtr. Milton Andrade Laborde Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. <b>Teléfono:</b> 04-2596500 <b>Ext.</b> 241 <b>E-mail:</b> mandradel@ulvr.edu.ec  Mgtr. Alexis Valle Benítez Director de carrera de Ingeniería Civil <b>Teléfono:</b> 04-2596500 <b>Ext.</b> 242 <b>E-mail:</b> avalleb@ulvr.edu.ec	

# CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

SISTEMA PARA LA INSTALACIÓN DE UN RESERVORIO EN VIDRIO FUSIONADO AL ACERO PARA EL ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA RURAL CHANDUY, PROVINCIA DE SANTA ELENA.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>5%</b>	<b>3%</b>	<b>0%</b>	<b>2%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>www.emaapq.gob.ec</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Systems Link</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Catolica De Cuenca</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>bol.sika.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.upse.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>www.yumpu.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

Atentamente,



**ARQ. MAGALI GARCÉS ALAV, MGTR.  
PROFESOR TUTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

Los estudiantes egresados ALEX DARÍO ARMAS PAREDES y JOSE GREGORIO FLORES ANZULES, declaran bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, SISTEMA PARA LA INSTALACIÓN DE UN RESERVORIO EN VIDRIO FUSIONADO AL ACERO PARA EL ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA RURAL CHANDUY, PROVINCIA DE SANTA ELENA, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor



Alex Darío Armas Paredes  
C.I. 0968551417



José Gregorio Flores Anzules  
C.I. 0940785306

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación SISTEMA PARA LA INSTALACIÓN DE UN RESERVORIO EN VIDRIO FUSIONADO AL ACERO PARA EL ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA RURAL CHANDUY, PROVINCIA DE SANTA ELENA, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: SISTEMA PARA LA INSTALACIÓN DE UN RESERVORIO EN VIDRIO FUSIONADO AL ACERO PARA EL ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA RURAL CHANDUY, PROVINCIA DE SANTA ELENA, presentado por los estudiantes ALEX DARÍO ARMAS PAREDES y JOSE GREGORIO FLORES ANZULES como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



ARQ. MAGALI GARCÉS ALAVA, MGTR

C.C.: 0924994114

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, doy gracias a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de mi universidad. Gracias a mi universidad por permitirme convertirme en ser un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación, que deja como producto terminado este grupo de graduados, y como recuerdo y prueba viviente en la historia, esta tesis, que perdurara dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar.

ALEX DARÍO ARMAS PAREDES

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo. A todos ellos dedico el presente trabajo, porque han fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida. Lo que ha contribuido a la consecución de este logro. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

JOSE GREGORIO FLORES ANZULES

## **DEDICATORIA**

A mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles.

A mi padre que siempre me da ese aliento y me ilumina para seguir adelante con mis proyectos.

ALEX DARÍO ARMAS PAREDES

## **DEDICATORIA**

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi madre, pues sin ella no lo había logrado. Tu bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien. Por eso te doy mi trabajo en ofrenda por tu paciencia y amor madre mía, te amo.

JOSE GREGORIO FLORES ANZULES

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1    Tema:.....	1
1.2    Planteamiento del Problema:.....	1
1.3    Formulación del Problema: .....	2
1.4    Objetivo General .....	2
1.5    Objetivos Específicos.....	3
1.6    Idea a Defender .....	3
1.7    Línea de Investigación Institucional/Facultad.....	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO .....	4
2.1    Marco Teórico:.....	4
2.2    Reservorio en vidrio fusionado al acero: Características.....	6
2.3    Ventajas y Desventajas del Reservorio. ....	7
2.3.1    Ventajas.....	7
2.1.1    Desventajas.....	8
CAPÍTULO III .....	9
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	9
3.1.    Enfoque de la investigación .....	9
3.2.    Alcance de la investigación.....	9
3.3.    Técnica e instrumentos para obtener los datos:.....	9
3.4.    Población y muestra .....	10
3.5.    Presentación y análisis de resultados .....	10
3.5.1.    Elaboración de la Estructura de Desglose de Trabajo.....	10
3.5.2    Estimación financiera.....	12
3.5.2    Programación en Project 2010 .....	13
3.5.3    Descripción de la Metodología de Construcción. ....	19
3.5.4    Actividades del proyecto según la EDT (Estructura de desglose de trabajo). 19	
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Las características de Vitrium y sus beneficios .....	6
Tabla 2 – Tabla de descripción de rubros, unidades, cantidades y precios. ....	12
Tabla 3 – Estructura de desglose de trabajo: Diagrama de Gantt.....	13
Tabla 4 – Estructura de desglose de trabajo: Diagrama de Gantt.....	14
Tabla 5 – Estructura de desglose de trabajo: Diagrama de Gantt.....	15
Tabla 6 – Estructura de desglose de trabajo: Diagrama de Gantt.....	16
Tabla 7 – Estructura de desglose de trabajo: Diagrama de Gantt.....	17
Tabla 8 – Estructura de desglose de trabajo: Diagrama de Gantt.....	18
Tabla 9. Granulometría necesaria grava para rellenos .....	28
Tabla 10 - Los diámetros de doblado prescritos por las normas INEN.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Línea de conducción de agua potable .....	4
Figura 2. Ubicación de parroquia Chanduy .....	4
Figura 3. Colocación de láminas de vidrio fusionado al acero.....	6
Figura 4. Estructura de desglose de trabajo .....	11
Figura 5. Tee de acero bridado $\varnothing 400\text{mm}$ .....	19
Figura 6. Junta de desmontaje. ....	20
Figura 7. Brida ciega. ....	20
Figura 8. Accesorios de acero bridado. ....	20
Figura 9. Tramo salida del reservorio.....	21
Figura 10. Reservorio importado.....	22
Figura 11. Tramo de llenado del reservorio. ....	23
Figura 12. Implantación general del reservorio.....	24
Figura 13. Colocación del material sub clase I.....	26
Figura 14. Colocación de piedra triturada .....	27
Figura 15. Colocación de relleno.....	28
Figura 16. Prueba del densímetro nuclear .....	31
Figura 17. Replanteo para la cimentación del reservorio.....	32
Figura 18. Construcción del replanteo .....	33
Figura 19. Instalación de armadura para estructura.....	33
Figura 20. Armadura para la cimentación del reservorio .....	35
Figura 21. Viga para la cimentación del reservorio.....	35
Figura 22. Colocación del hormigón premezclado.....	37
Figura 23. Recolección de muestras de hormigón para resistencia. ....	37
Figura 24. Vaciado del hormigón. ....	39
Figura 25. Recubrimiento mínimo de armaduras. ....	40
Figura 26. Curado del hormigón.....	41
Figura 27. Bloques de anclaje para tuberías. ....	42
Figura 28. Aplicación del Igol denso + Imprimante.....	44
Figura 29. Anclajes metálicos para tuberías de HD. ....	45
Figura 30. Gatas Hidráulicas para levantar los anillos. ....	45

Figura 31. Refuerzo de acero para el equilibrio. ....	46
Figura 32. Nivelación de los anclajes niveladores de anillo.....	48
Figura 33. Colocación de la primera hoja de cimentación. ....	48
Figura 34. Colocación del piso de concreto. ....	49
Figura 35. Sellador sikaflex Ts plus. ....	50
Figura 36. Sujetadores de tornillos. ....	50
Figura 37. Láminas de vidrio empernadas.....	50
Figura 38. Gatos para levantar el domo.....	51
Figura 39. Armado del primer anillo de láminas de vidrio .....	52
Figura 40. Construcción del domo de aluminio. ....	52
Figura 41. Construcción del reservorio completo. ....	53

# INTRODUCCIÓN

## DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Tema:

Sistema para la Instalación de un Reservorio en Vidrio Fusionado al Acero para el Almacenamiento de Agua Potable en la parroquia rural Chanduy, Provincia de Santa Elena.

### 1.2 Planteamiento del Problema:

El abastecimiento de agua potable es fundamental para las poblaciones rurales que están en constante crecimiento demográfico, debido a la falta de implementación de las nuevas tecnologías constructivas que se ven obligados a seguir viviendo en las condiciones de escasez del líquido vital.

Miles de peninsulares de las comunidades que se encuentran en las zonas apartadas en los cantones Santa Elena, La Libertad y Salinas, perteneciente a la provincia de Santa Elena, son beneficiados por la distribución de tanqueros de agua mediante un convenio entre la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) y la Empresa Municipal de Agua y Alcantarillado de Guayaquil (EMAPAG-EP).

Los tanqueros de agua cuentan con una capacidad de 7.5 metros cúbicos; que distribuyen el líquido vital diariamente durante todo el día en las zonas norte y sur de la península, como un aporte del Gobierno Nacional, a través de la SGR, que declaró estado de emergencia en esta provincia debido al déficit de distribución de

agua potable en los sectores ocasionados por el daño producido en las bombas succionadoras de la planta de captación de agua cruda de AGUAPEN en San Rafael, que lleva el líquido a la potabilizadora de Atahualpa.

Otra de las acciones de la SGR, como contribución a la emergencia, es la donación de 40 tanques de almacenamiento con capacidad de 2.500 litros que fueron ubicados en las comunidades San Pedro Valdivia, San Marcos, Manantial de Colonche, Río Seco, Bambil Collao, Febres Cordero 1 y 2, Bajadita de Colonche, Las Lomas, Bambil Desecho, Juan Montalvo, Río Verde, Las Balsas, Salanguillo, La Aguadita, Juntas del Pacífico, Limoncito, El Puerto, El Real, Tugaduaja, San Rafael, Engunga, Villingota, Cerro Alto, San Pablo, Anconcito de las parroquias Colonche, Manglaralto, Chanduy, julio Moreno, Anconcito y Santa Elena.

Al no existir la reserva suficiente de agua potable para la parroquia de Chanduy se ha previsto proponer la instalación de un reservorio considerando las necesidades de la población.

### **1.3 Formulación del Problema:**

¿Es necesario proponer un sistema de instalación de un reservorio de vidrio fusionado al acero para cubrir las necesidades de la parroquia Chanduy?

### **1.4 Objetivo General**

Desarrollar un método de instalación para un reservorio en vidrio fusionado al acero destinado para el almacenamiento de agua potable en la parroquia rural Chanduy

## **1.5 Objetivos Específicos**

- Cuantificar las cantidades de obra en función de los planos de diseño y análisis de costos directos e indirectos del proyecto.
- Determinar la EDT
- Describir los pasos a seguir en las diferentes actividades del proyecto.

## **1.6 Idea a Defender**

La propuesta del sistema de instalación permitirá contribuir a la solución del problema del abastecimiento de agua potable que mejorará la calidad de vida para los habitantes del sector.

## **1.7 Línea de Investigación Institucional/Facultad.**

**Dominio:** Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco amigable, industria y desarrollo de energías renovables.

**Línea institucional:** Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción, sub línea de facultad – habitad y vivienda.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Marco Teórico:

Chanduy en Ecuador es una de las 6 parroquias rurales que conforman el cantón Santa Elena, limita al norte con las parroquias de Santa Elena y Simón Bolívar, al sur con el océano pacifico, al este con la provincia del Guayas, y al oeste con la parroquia de Atahualpa.



Figura 1. Línea de conducción de agua potable  
Fuente: AGUAPEN – Sistema de abastecimiento de agua potable Atahualpa - Chanduy



Figura 2. Ubicación de parroquia Chanduy  
Fuente: Google Earth

El vidrio fusionado al acero se ha convertido en la tecnología innovadora para mejorar la calidad del almacenamiento de agua y otros líquidos, que previene la reproducción de microorganismos que contaminan el agua. Las propiedades físicas del recubrimiento de vidrio hacen que se comporte de manera impermeable a líquidos y vapores especialmente para las aplicaciones de almacenamiento municipal e industrial y que no requiere de cuidados especiales para su mantenimiento. Para la fabricación de estos reservorios se producen grandes láminas de acero, estas laminas pasan por un proceso de desinfección y moldeado para llegar a tener una forma curva, posteriormente en fabrica se les adhiere una mezcla de silicato de boro, cobalto, y otros minerales que desarrolla en los reservorios una barrera dura tanto en las superficies interiores como en las exteriores para protegerlo del clima y la corrosión, luego de ese proceso las láminas se introducen a un horno que estará a una temperatura por encima de los 1500°F (815 °C) para que se fusionen la mezcla y el acero. Después de biselar los bordes de las láminas, estos son rociados térmicamente con una aleación de acero inoxidable, los orificios de los pernos son cubiertos con sellador durante el ensamble del reservorio de manera que el acero no este expuesto al aire o al producto almacenado. El vidrio fusionado al acero, controla la socavación causada por la corrosión y ofrece mayor resistencia al impacto y la abrasión.

El resultado es un material de color azul cobalto brillante sin poros, que no pierde intensidad ni se descolora con el pasar del tiempo y no necesita pintarse, dicha característica hace difícil la reproducción de bacterias y hongos como generalmente ocurre en los reservorios de concretos al ser más porosos.



Figura 3. Colocación de láminas de vidrio fusionado al acero.  
Fuente: EMAPAG-E.P.

## 2.2 Reservorio en vidrio fusionado al acero: Características.

**Tecnología de Vitrium:** Esta forma de revestimiento de vidrio Vitrium combina las propiedades resistentes químicas y físicas del vidrio mejorado con Dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) junto con una estructura de burbujas ultras finas, el grosor exterior de la capa está en un rango de 0.17 a 0.38 mm.

Tabla 1 - Las características de Vitrium y sus beneficios

Característica	Beneficios
TiO <sub>2</sub> (Oxido de Titanio)	Proporciona vida útil más larga
Aplicación electrostática del recubrimiento	Asegura la calidad consistente

Fuente: Catálogo de tanques Aquastore, Florida  
Elaborado por: Armas, A. y Flores, J. (2022)

## **2.3 Ventajas y Desventajas del Reservorio.**

### **2.3.1 Ventajas.**

- Su método de construcción más rápida, entre tres y cuatro semanas según sus dimensiones, fácil ensamblado sin necesidad de grúas ni equipo mecánico especial.
- Se requiere de mínimo mantenimiento a lo largo de la vida útil del reservorio, cuyo tiempo de vida útil es de 50 años. A diferencia de los reservorios de otros materiales tales como: los reservorios soldados o de concretos que requieren de mayor mantenimiento a lo largo del tiempo útil.
- Se pueden configurar para diámetros desde 3.3 m hasta 62.2 m y para capacidades desde 13 m<sup>3</sup> hasta 45.000 m<sup>3</sup>. Además, son expandibles a futuros requerimientos, no sufren por la corrosión ni se oxidan con el tiempo.
- Disminuye la pérdida de días de construcción debido a retrasos que se puedan desarrollar por el clima a diferencia de los reservorios soldados en campo y los de hormigón armado que no pueden evadir los efectos del clima. Este tipo de instalaciones contribuye también a evitar enfermedades, ya que tradicionalmente suelen desprenderse partículas que tienden a disolverse en el agua y que a la larga serán ingeridos por los consumidores, además la acumulación de las partículas va provocando averías en las válvulas y en las redes de distribución.
- Sus diseños cumplen con un gran rango de estándares, incluyendo AWWA (American Water Works Association), reservorios certificados con ISO 9001:2015 (Sistema de gestión de calidad), AISC (American Institute of Steel Construction)

Steel Construction), el Estándar NFPA 22 (Standard for Water Tanks for Private Fire Protection), entre otros.

- La ventaja económica es que este tipo de reservorio nunca necesita pintarse, el dinero presupuestado para las reparaciones de un reservorio de concreto o de volver a pintar un reservorio soldado cada 7 a 10 años puede ser dirigido a otras necesidades particulares del cliente, los ahorros en mantenimiento lo hacen muy rentable a largo plazo.

### **2.1.1 Desventajas.**

- Los reservorios de vidrio fusionado al acero a la diferencia de los reservorios soldados y de hormigón armados, no son fabricados en nuestro país, la cual se considera como desventaja, ya que son exportados directamente desde la fábrica que se encuentra en el extranjero.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Enfoque de la investigación**

El presente proyecto de titulación será la aplicación de un caso práctico en base a un estudio y diseño previamente realizado, es decir, se realizará una metodología descriptiva de un proceso de planificación para la construcción de este proyecto, para así desarrollar el procedimiento paso a paso del método de instalación del reservorio en Chanduy.

#### **3.2. Alcance de la investigación**

El alcance de la siguiente investigación es exploratorio y descriptivo, ya que se este proceso se desarrollará en base a observación, visitas técnicas, trabajo de campo, toma de rendimiento en obra, medición de cantidades para elaborar el presupuesto en un proyecto de construcción similar.

#### **3.3. Técnica e instrumentos para obtener los datos:**

En el presente proyecto de investigación, el método teórico empleado para una correcta organización de la información es:

- De análisis: Los estudios y diseños técnicos que fueron facilitados por la empresa Aguapen, se sacaron las cantidades de obra para elaborar el presupuesto y la programación de trabajos a realizarse.

- **Deductivo:** Se inicia del proyecto global para obtener resultados específicos del tema objeto en estudio, es decir, el sistema de instalación está elaborada en dos fases de construcción.

### **3.4. Población y muestra**

Se toma la característica de la población en base a la observación en obra, la delimitación de los residentes y el proceso de selección.

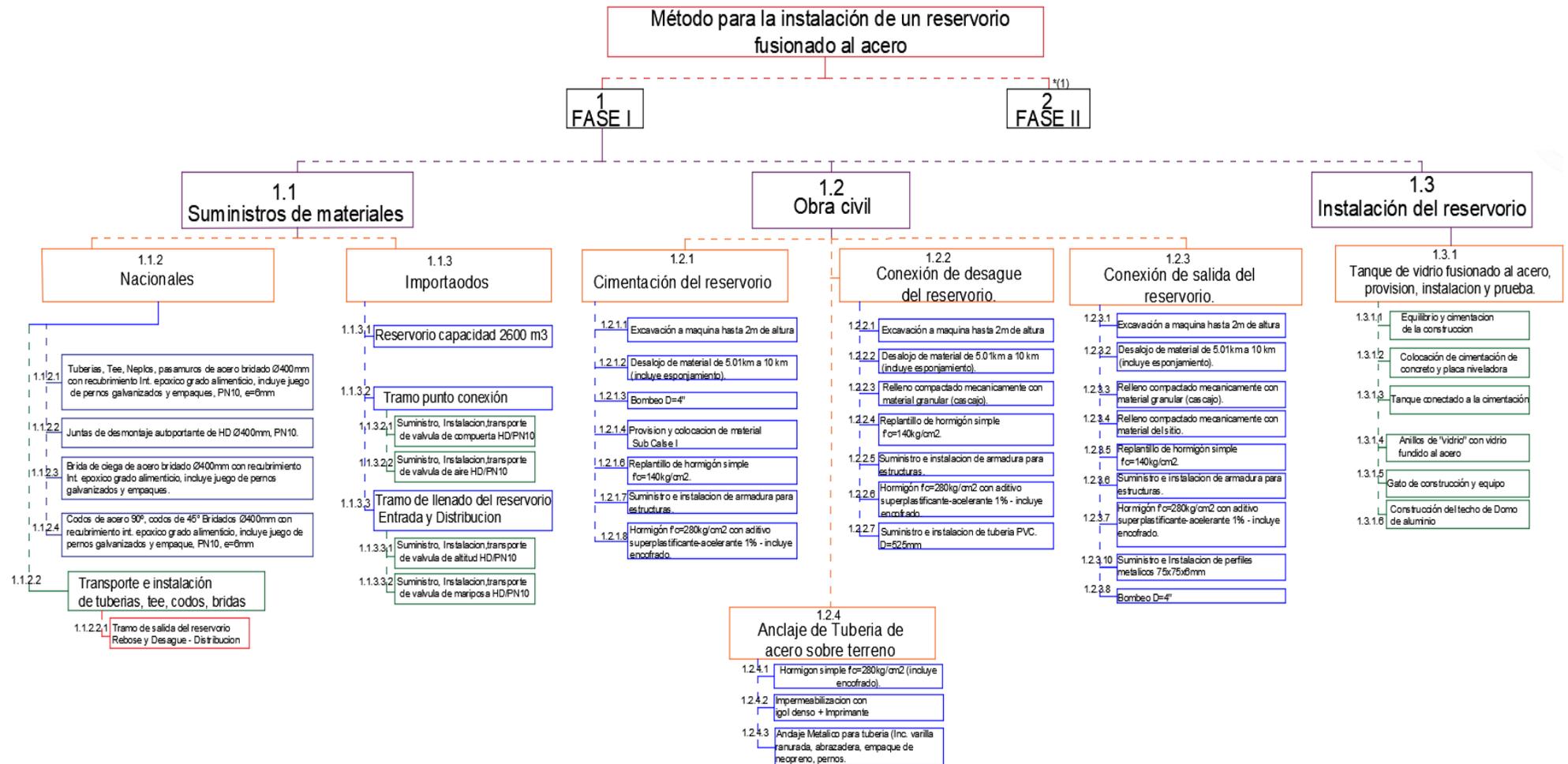
La población objeto para la instalación de un reservorio de vidrio fusionado al acero de la parroquia Chanduy, serán todos los residentes de dicha construcción, es decir, todo el personal que se empleará para que dicho proyecto se haga realidad, se establecerán las cuadrillas de trabajo de acuerdo a lo establecido en la planificación.

### **3.5. Presentación y análisis de resultados**

Según con la definición del (PMBOK, 6ta edición). “La Gestión del Alcance del Proyecto incluye los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluya todo (y únicamente todo) el trabajo requerido para completarlo con éxito”.

#### **3.5.1. Elaboración de la Estructura de Desglose de Trabajo**

La Estructura de Desglose del Trabajo es una descomposición jerárquica, orientada al producto entregable del trabajo que será ejecutado por el equipo del proyecto, para lograr los objetivos del proyecto y crear los productos integrables requeridos” (PMBOK, 6ta edición).



\*(1) :Se excluyen los trabajos complementarios que corresponden al cerramiento perimetral, sistema de rectoración, pozo séptico, relleno con piedra triturada caseta de cloración, bodega y guardiania.

Figura 4. Estructura de desglose de trabajo  
Elaborado por: Armas, A. y Flores, J. (2022)

### 3.5.2 Estimación financiera

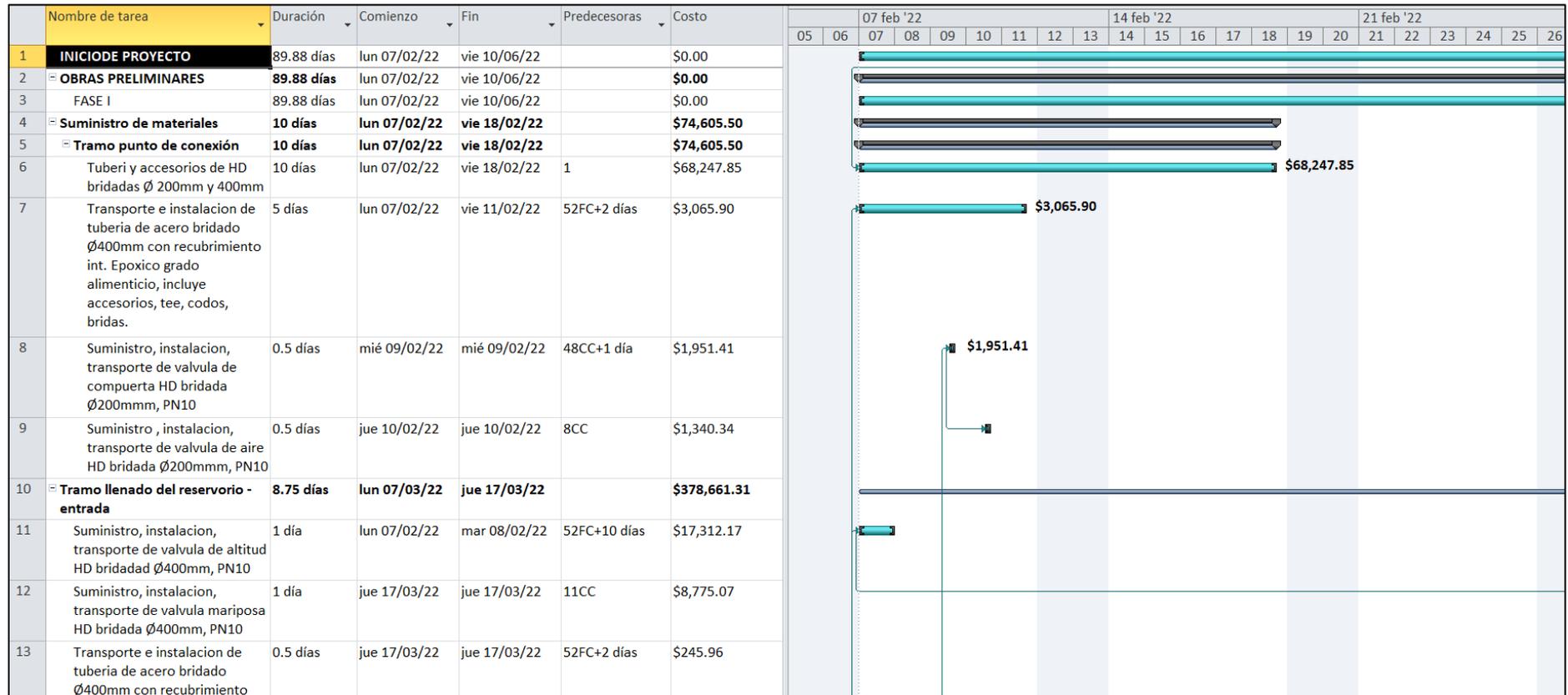
Tabla 2 – Tabla de descripción de rubros, unidades, cantidades y precios.

ITEM	CODIGO EDT	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIOS	P. TOTAL
		<b>I.1 Suministro de materiales</b>				
		<b>Tramo punto de conexión</b>				
1	1.1.2	Tubería y accesorios de HD bridadas Ø 200mm y 400mm	gobal	1.00	\$ 68,247.85	\$ 68,247.85
2	1.1.3.2.1	Suministro, instalacion, transporte de valvula de compuerta HD bridadada Ø200mmm, PN10	u	1.00	\$ 1,951.39	\$ 1,951.39
3	1.1.3.2.2	Suministro , instalacion, transporte de valvula de aire HD bridadada Ø200mmm, PN10	u	1.00	\$ 1,340.32	\$ 1,340.32
4	1.1.2.2	Transporte e instalacion de tubería de acero bridadado Ø400mm con recubrimiento int. Epoxico grado alimenticio, incluye accesorios, tee, codos, bridas.	m	67.80	\$ 45.22	\$ 3,065.92
		<b>Tramo llenado del reservorio - entrada</b>				
5	1.1.3.3.1	Suministro, instalacion, transporte de valvula de altitud HD bridadada Ø400mm, PN10	u	1.00	\$ 17,312.31	\$ 17,312.31
6	1.1.3.3.2	Suministro, instalacion, transporte de valvula mariposa HD bridadada Ø400mm, PN10	u	2.00	\$ 4,390.04	\$ 8,780.08
7	1.1.2.2	Transporte e instalacion de tubería de acero bridadado Ø400mm con recubrimiento int. Epoxico grado alimenticio, incliuye accesorios, tee, codos, bridas	m	3.20	\$ 76.88	\$ 246.02
		<b>Tramo de salida del reservorio - rebose y desague</b>				
8	1.1.2.2	Transporte e instalacion de tubería de acero bridadado Ø400mm con recubrimiento int. Epoxico grado alimenticio, incliuye accesorios, tee, codos, bridas	m	34.95	\$ 49.87	\$ 1,742.96
		<b>Tramo de salida del reservorio - distribucion</b>				
9	1.1.2.2	Transporte e instalacion de tubería de acero bridadado Ø400mm con recubrimiento int. Epoxico grado alimenticio, incliuye accesorios, tee, codos, bridas	m	11.70	\$ 57.91	\$ 677.55
		<b>I.2 Obra civil</b>				
		<b>Cimentacion del reservorio</b>				
10	1.2.11-1.2.2.1-1.2.3.1	Excavacion a maquina hasta 2.00m de altura	m3	395.53	2.6	\$ 1,028.38
11	1.2.1.2-1.2.2.2-1.2.3.2	Desalojo de material de 5.01km a 10 km (incluye esponjamiento)	m3	474.64	3.2	\$ 1,518.85
12	2.1.5-1.2.2.3-1.2.3	Suministro e instalacion de armadura para estructuras	qq	336.1	67.35	\$ 22,636.34
13	1.2.24-1.2.3.4	Relleno compactado mecanicamente con material granular (cascajo)	m3	22.48	12.85	\$ 288.87
14	1.2.3.5	Relleno compactado mecanicamente con material de sitio	m3	15.85	7.13	\$ 113.01
15	2.1.6-1.2.2.5-1.2.3	Replantillo de hormigón simple F'c= 140 kg/cm2	m3	24.14	109.68	\$ 2,647.68
16	7-1.2.2.6-1.2.3.7-1	Hormigon F'c= 280 kg/cm2 con aditivo superplastificante-acelerante 1% del peso del cemento (incluye encofrado)	m3	252.67	150.22	\$ 37,956.09
17	1.2.1.3-1.2.3.8	Bombeo D=4"	dia	2	233.36	\$ 466.72
18	1.2.4.2	Impermeabilización con igol denso + imprimante	m2	62	8.91	\$ 552.42
19	1.2.3.10	Suministro e instalacion de perfiles metalicos angulos 75x75x6mm	m	12.4	20.08	\$ 248.99
20	1.2.4.3	Anclaje metalico para tubería (inc. Varilla ranurada, abrazadera, empaque de neopreno, pernos)	u	20	50.4	\$ 1,008.00
21	1.2.1.4	Provision y colocacion de material sub clase 1	m3	193.32	28.94	\$ 5,594.68
22	1.2.2.7	Suministro e instalacion de tuberías pvc D=525mm	m	7	92.5	\$ 647.50
		<b>Instalacion del reservorio Cap. 2600 m3</b>				
23	1.3.1	Tanque de vidrio fusionado al acero para almacenamiento de agua potable cap. 2600m3 (inc. Provision, instalacion y prueba)	u	1	274325.71	\$ 274,325.71
24	1.3.1.6	Hormigon simple premezclado f'c=350 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	3.58	204.9	\$ 733.54
					Subtotal	\$ 453,131.15
					Indirecto	\$ 113,282.79
					Total	\$ 566,413.94

Elaborado por: Armas, A. y Flores, J. (2022)

### 3.5.2 Programación en Project 2010

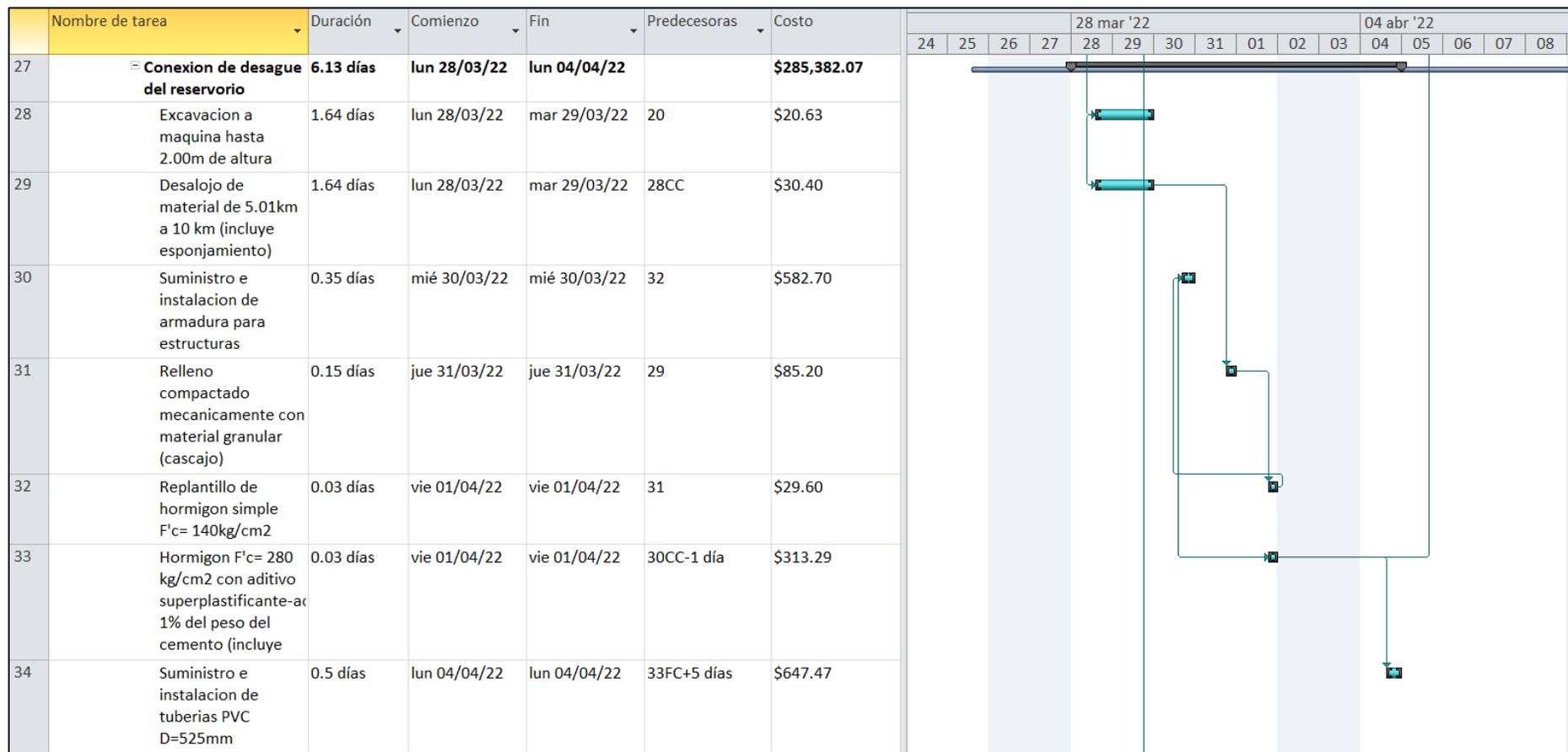
Tabla 3 – Estructura de desglose de trabajo: Diagrama de Gantt.



Elaborado por: Armas, A. y Flores, J. (2022)

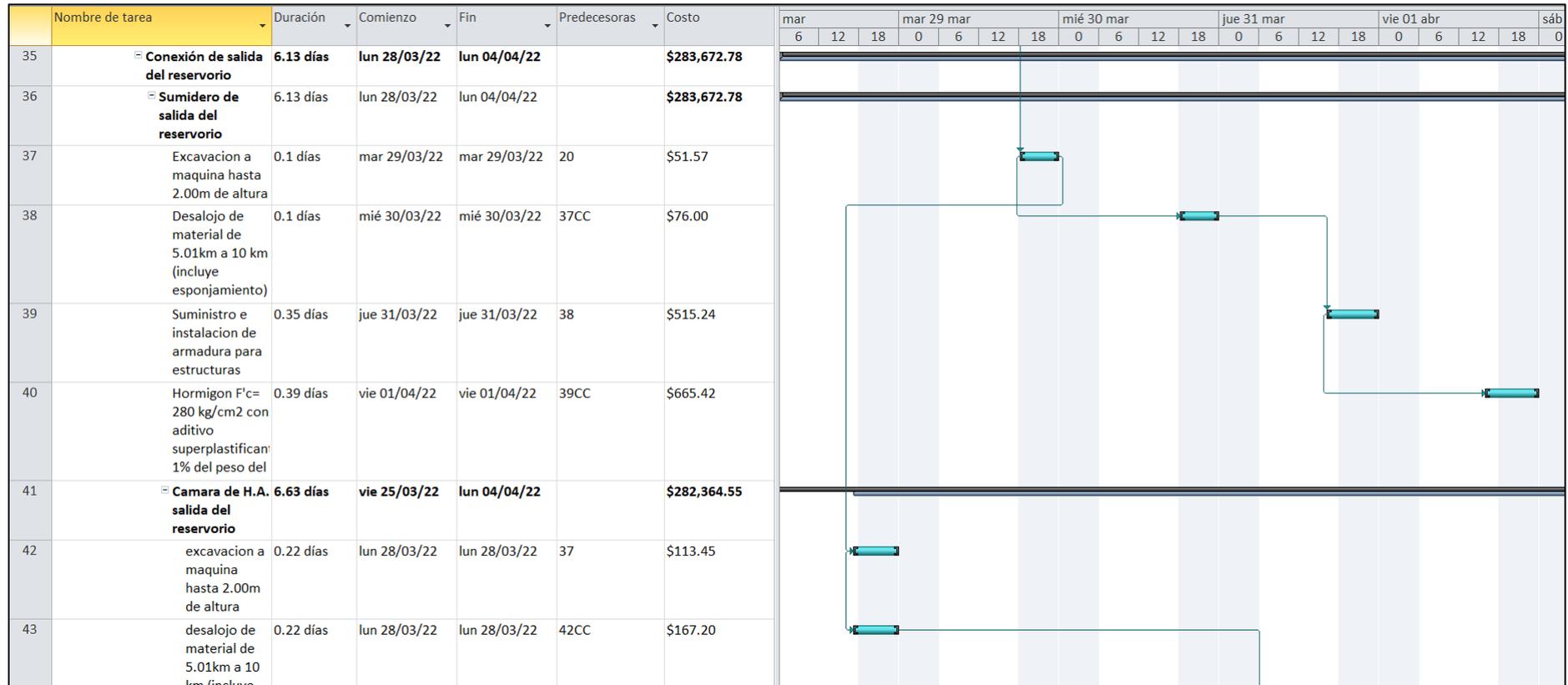


Tabla 5 – Estructura de desglose de trabajo: Diagrama de Gantt.



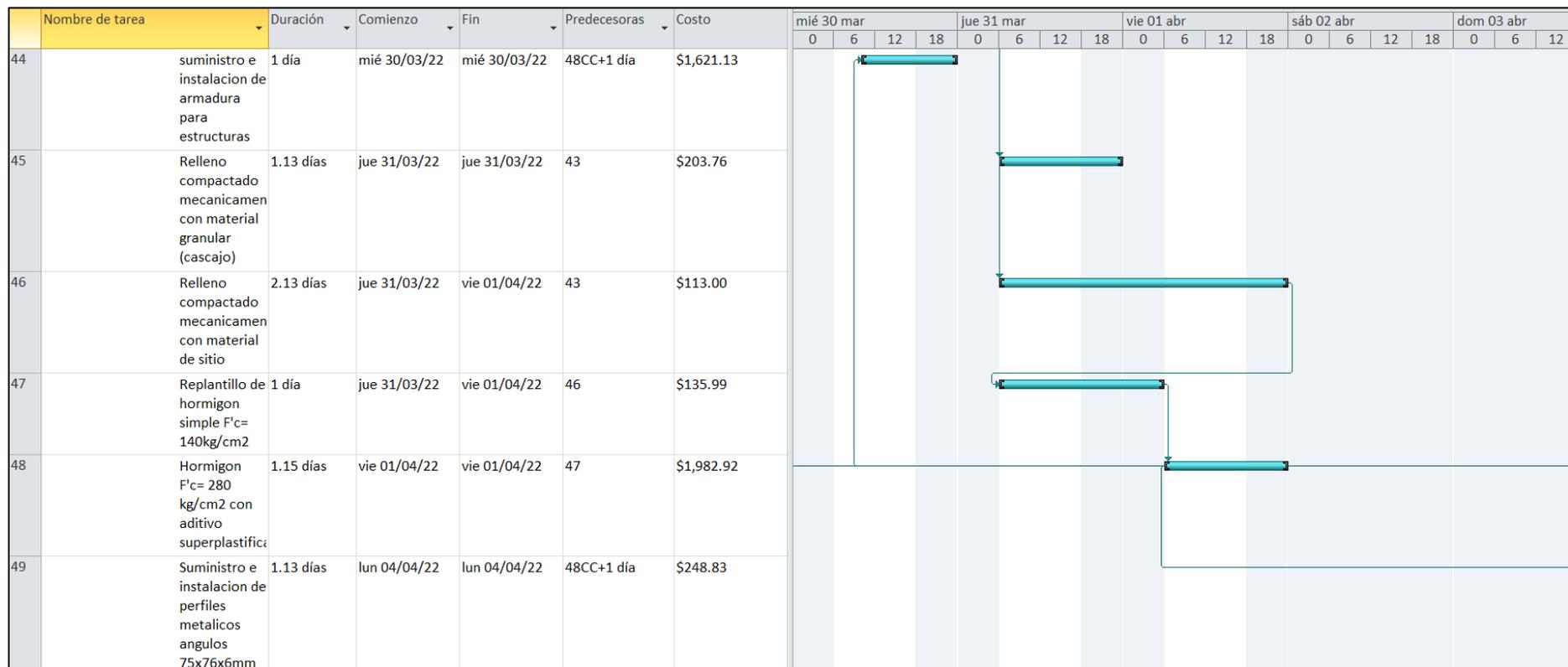
Elaborado por: Armas, A. y Flores, J. (2022)

Tabla 6 – Estructura de desglose de trabajo: Diagrama de Gantt.



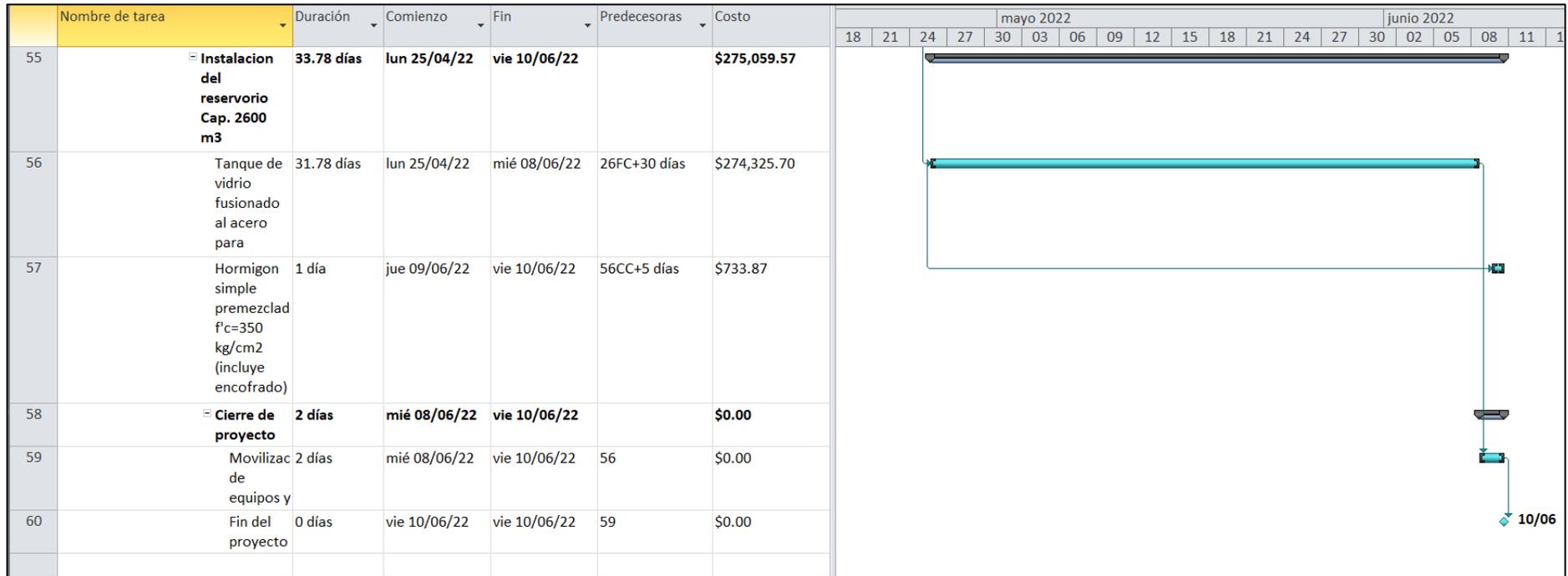
Elaborado por: Armas, A. y Flores, J. (2022)

Tabla 7 – Estructura de desglose de trabajo: Diagrama de Gantt.



Elaborado por: Armas, A. y Flores, J. (2022)

Tabla 8 – Estructura de desglose de trabajo: Diagrama de Gantt.



Elaborado por: Armas, A. y Flores, J. (2022)

### **3.5.3 Descripción de la Metodología de Construcción.**

Se realizó la inspección geotécnica del sector proyecto, observándose geomorfología de ondulaciones moderadas. El sector en que se proyecta la ampliación presenta terraza conformada por relleno compactado.

### **3.5.4 Actividades del proyecto según la EDT (Estructura de desglose de trabajo).**

1.1. Suministros de Materiales.

1.1.2 Suministros Nacionales.

1.1.2.1 Tuberías, tee, neoplos, pasamuros de acero bridado  $\varnothing 400\text{mm}$  con recubrimiento interior epóxico grado alimenticio, incluye juegos de pernos galvanizados y empaques, PN 10,  $e=6\text{mm}$ .



Figura 5. Tee de acero bridado  $\varnothing 400\text{mm}$   
Fuente: EMAPAG-E.P.

1.1.2.2 Juntas de desmontaje auto-portantes de HD  $\phi$ 400mm, PN 10.



Figura 6. Junta de desmontaje.  
Fuente: EMAPAG-E.P.

1.1.2.3 Brida de ciega de acero bridado  $\phi$ 400mm con recubrimiento interior epóxico grado alimenticio, incluye juegos de pernos galvanizados y empaques.



Figura 7. Brida ciega.  
Fuente: EMAPAG-E.P.

1.1.2.4 Codos de acero de 90°, codos de 45° de acero bridado  $\phi$ 400mm con recubrimiento interior epóxico grado alimenticio, incluye juegos de pernos galvanizados y empaques PN 10, e=6mm.



Figura 8. Accesorios de acero bridado.  
Fuente: EMAPAG-E.P.

### 1.1.2.2 Transporte e instalación de tuberías, tee, codos, bridas.

La instalación de tuberías de acero recubiertas, para agua potable comprende las siguientes actividades: la carga en camiones o plataformas; la descarga de éstos y la carga en los camiones que deberán transportarla hasta el lugar de su colocación o almacenamiento provisional; las maniobras y acarreo locales que deba hacer el Constructor para distribuirla a lo largo de las zanjas; la operación de bajar la tubería a la zanja; su instalación propiamente dicha ya sea que se conecte con otros tramos de tubería ya instalados o con piezas especiales o accesorios; y finalmente la prueba de las tuberías ya instaladas para su aceptación por la entidad contratante. El constructor proporcionará la tubería de acero, que señale el proyecto, incluyendo las uniones y los empaques de las uniones que se requieran para su instalación si es del caso.

#### 1.1.2.2.1 Tramo de salida del reservorio-Rebose y Desagüe.

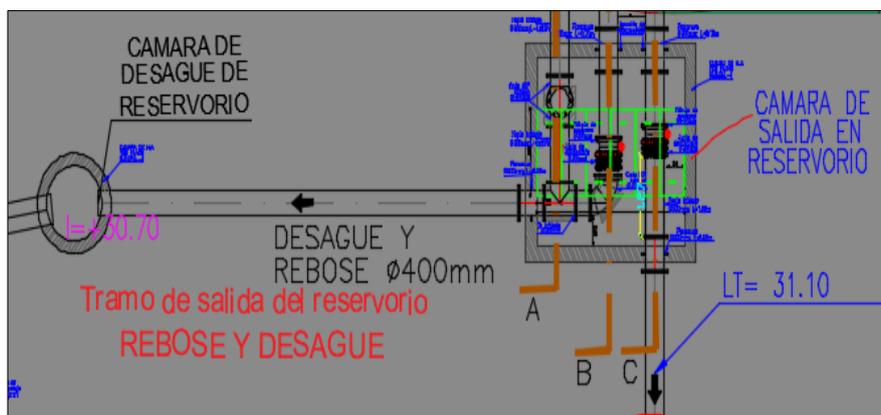


Figura 9. Tramo salida del reservorio.  
Fuente: EMAPAG-E.P.

Todo el trabajo realizado y el material provisto bajo los requerimientos podrán ser inspeccionados por el comprador, pero dicha inspección no liberará al fabricante de su responsabilidad de entregar materiales y realizar trabajos conforme a esta especificación y norma AWWA C200. Si el comprador desea inspeccionar la Tubería o presenciar las

pruebas, el fabricante deberá notificar razonablemente el momento en que se podrá realizar la inspección.

### 1.1.3 Importados.

#### 1.1.3.1 Reservorio Capacidad 2600 m<sup>3</sup>.



Figura 10. Reservorio importado  
Fuente: EMAPAG-E.P.

#### 1.1.3.2 Tramo punto de conexión.

##### 1.1.3.2.1 Suministro, instalación, transporte de válvula de compuerta HD/PN 10.

Se entenderá por válvula de compuerta el dispositivo de apertura o cierre para controlar el paso de agua por una tubería. El dispositivo de control consiste de una compuerta de desplazamiento transversal a la dirección del flujo. En el presente proyecto se emplearán válvulas de compuerta de extremos lisos y bridados. En cuanto a los dispositivos de maniobra, se tiene: Volante para operación manual; en estos casos, el suministro debe incluir el respectivo volante. El rubro incluye el suministro e instalación tanto de la válvula como del sistema de maniobra.

##### 1.1.3.2.2 Suministro, instalación, transporte de válvula de aire HD/PN 10.

Dispositivo que permiten el ingreso y salida de aire durante los procesos de llenado y vaciado de una tubería, así como la expulsión de aire acumulado en puntos altos de una tubería en operación.

### 1.1.3.3 Tramo de llenado del reservorio-Entrada y Distribución.

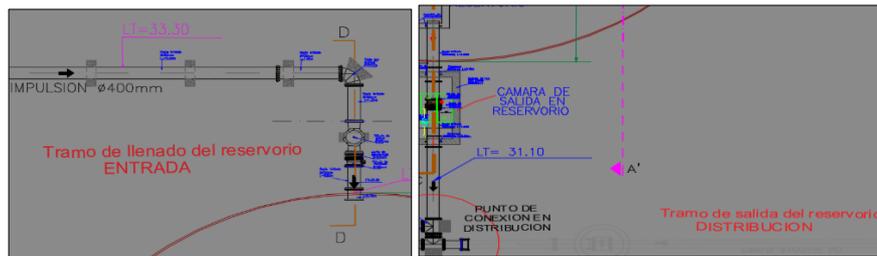


Figura 11. Tramo de llenado del reservorio.  
Fuente: EMAPAG-E.P.

#### 1.1.3.3.1 Suministro, instalación, transporte de válvula mariposa HD/PN 10.

Se entenderá por válvula mariposa el dispositivo de apertura o cierre para controlar el paso de agua por una tubería. En este caso, el control se lo realiza mediante una compuerta que gira alrededor de un eje centrado perpendicular a la dirección del flujo.

#### 1.1.3.3.2 Suministro, instalación, transporte de válvula de altitud HD/PN 10.

Válvula de altitud estará ubicada en el ingreso al reservorio, este dispositivo es el encargado de control de llenado del reservorio, una vez que el agua llega a su nivel máximo este se encargara del cerrado de la tubería, así mismo una vez que el nivel del agua llegue a su nivel mínimo esta se encargara de la apertura de la misma.

## 1.2 Obra Civil.

### 1.2.1 Cimentación del reservorio.

Todo el reservorio debe estar colocado en un área bien drenada con suelo adecuado para soportar la carga de 26.0 T/m<sup>2</sup> valor determinado por el ingeniero en suelos.

1.2.1.1, 1.2.2.1, 1.2.3.1 Excavación a máquina hasta 2m de altura.

Se realizarán las excavaciones para la cimentación del reservorio, la conexión de desagüe del reservorio y la conexión de salida del reservorio. El fondo de las excavaciones tendrá la pendiente de  $s=1.15\%$  como indican los planos de la fiscalización.

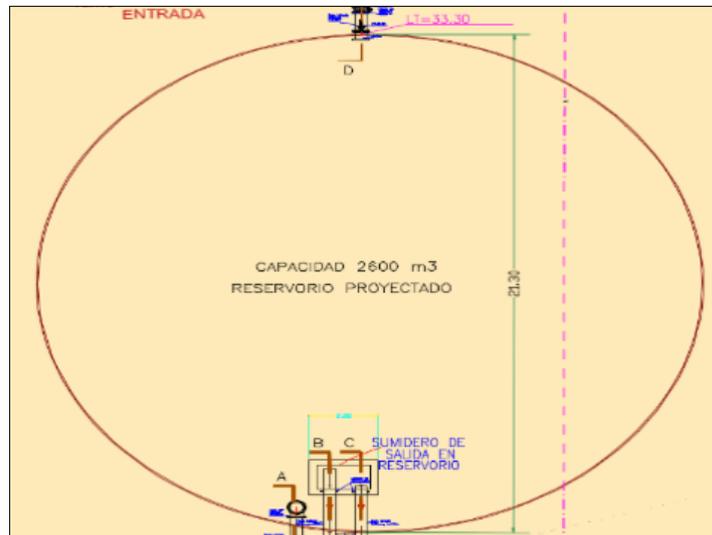


Figura 12. Implantación general del reservorio  
Fuente: EMAPAG-E.P.

- Procedimiento.

Se utilizará una excavadora, y el frente empleado estará conformado por 1 maestro, 2 peones y el operador grupo I; en primera instancia no se alcanzará nunca de primera intención la cota definitiva del fondo de las excavaciones, sino que se dejará siempre una capa de 10 cm que posteriormente se recortará en el momento de asentar las obras correspondientes o instalar las tuberías. Ya sea una excavación manual o mecánica las zanjas a efectuar para la instalación de tuberías serán lo más rectas posibles en su diseño en planta y con la rasante uniforme.

Se deberá controlar cada 15 m la profundidad y el ancho de la zanja no admitiéndose desviaciones superiores a  $\pm 10\%$  sobre lo especificado en los Planos de Proyecto. Durante la ejecución de los trabajos se cuidará de que el fondo de la excavación no se esponje o sufra hinchamiento y si ello no fuera posible, se compactará con medios adecuados hasta la densidad original. Si la capacidad portante del fondo es baja, y como tal se entenderá aquella cuya carga admisible sea inferior a  $0,5 \text{ kg/cm}^2$ , esto es suelos de arcillas muy blandas o peores, deberá mejorarse el terreno mediante sustitución o modificación, utilizando el tipo de cimentación que corresponda. La modificación o consolidación del terreno se efectuará mediante la adición de material seleccionado al suelo original y posterior compactación.

1.2.1.2, 1.2.2.2, 1.2.3.2 Desalojo de material de 5.01 a 10 km (incluye esponjamiento).

Se realizará el desalojo del todo el material considerando un factor de esponjamiento del 20% adicional, debido al que el material este suelto, este rubro se ejecutará para la cimentación del reservorio, la conexión de desagüe del reservorio y la conexión de salida del reservorio. Se desalojará el material de cualquiera naturaleza encontrado, incluyendo todas las obstrucciones que pudieran interferir con la propia ejecución y terminación del trabajo. La remoción de tal material debe estar de acuerdo con los diseños y perfiles mostrados u ordenados.

1.2.1.3, 1.2.3.8 Bombeo D=4”.

Se deberá proveer, instalar y mantener todos los sistemas de apuntalamientos o tablestacados que pudieran ser necesarios y requeridos para las paredes de la excavación

como también deberá mantener un sistema de bombeo u otro método aprobado de desagüe o abatimiento del nivel freático que se encargará de remover toda el agua que llegue a la excavación proviniendo de cualquier fuente.

#### 1.2.1.4 Provisión y colocación de material Sub-Clase I.

Se realizará esta actividad con equipos como herramienta menor, 1 rodillo liso de 10 toneladas, 1 retroexcavadora y un tanquero, con un frente de trabajo conformado por 1 maestro, 1 operador grupo I, y II, chofer medio tiempo y 3 peones.

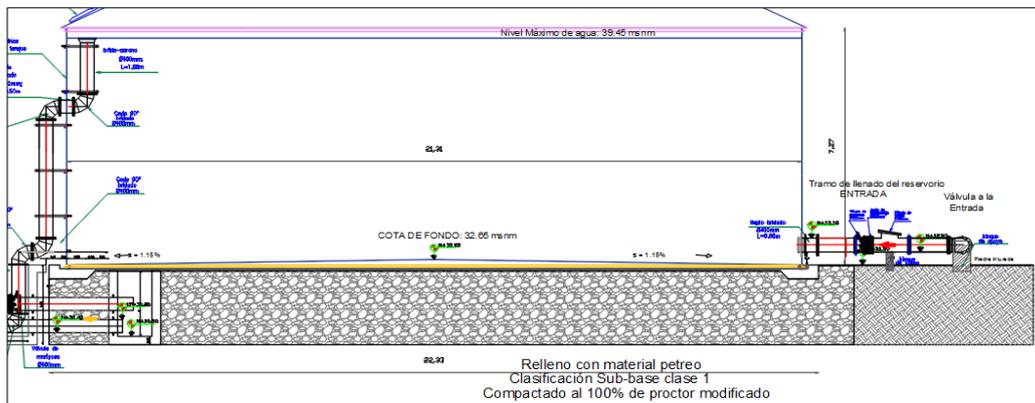


Figura 13. Colocación del material sub clase I  
Fuente: EMAPAG E.P

El relleno no será volcado directamente sobre los tubos o estructuras. No se colocará relleno hasta haber drenado totalmente el agua existente en la excavación, excepto cuando se trate de materiales para drenaje colocados en sectores sobre excavados. El material de relleno se colocará en capas. El espesor de cada capa será compatible con el sistema y equipo de compactación empleado. En cualquier caso, el espesor de cada capa luego de compactada no excederá de 20 cm. La operación será continua hasta la terminación del relleno. El Contratista procederá tan pronto como sea posible a rellenar las áreas excavadas. Cuando sea necesario excavar más allá de los límites normales para retirar obstáculos, los vacíos remanentes serán rellenos con material apropiado.

- Piedra triturada para relleno.

Se utilizará piedra triturada para relleno en los casos indicados en los Planos de Taller, pudiendo emplearse para los siguientes fines: Relleno del área de circulación y maniobras, que se encuentran junto al reservorio.

- Gravas para rellenos.

Se utilizará grava para relleno en los casos indicados en los Planos de Taller, pudiendo emplearse para los siguientes fines:

Relleno de excavaciones alrededor de estructuras.

Conformación de bases de grava para soporte de tuberías o estructuras.

Para efecto de aprobación el contratista deberá presentar lo siguiente:

Ensayos granulométricos.

Ensayos de clasificación.



Figura 14. Colocación de piedra triturada  
Fuente: EMAPAG-EP.

Se considerará grava para relleno a todo material que pueda clasificarse como grava limpia (GW, GP). A menos que el Fiscalizador indique lo contrario, este relleno se usará en general para la cama de las tuberías de diámetro superior a 8", que no sea PVC o similar y estará constituido por material granular duro con tamaño máximo no mayor de 1", ni inferior a 3/8".

Tabla 9. *Granulometría necesaria grava para rellenos*

TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA AL PESO	PORCENTAJE QUE PASA AL PESO		
	Mínimo	Medio	Máximo
1"	100	100	-
½"	90	95	-
NO. 4	0	7.5	15
NO. 8	0	7.5	5

Elaborado por: Armas, A. y Flores, J. (2022)

El material debe cumplir con las especificaciones de dureza, gravedad específica y resistencia al desgaste similar a las exigidas al agregado grueso para hormigón de cemento se compactará por medio de compactadores. El material se colocará por capas no más de diez (10) cm de espesor y se distribuirá y compactará de manera que llegue a la elevación indicada en los planos y que sirva para recibir la estructura o tubería respectiva. La grava para relleno estará libre de pastos, raíces, matas u otra vegetación.

1.2.2.3, 1.2.3.3 Relleno compactado mecánicamente con material granular (cascajo).

1.2.3.4 Relleno compactado mecánicamente con material de sitio.

Esta actividad se realizará para la cámara de desagüe y la carama de salida del reservorio.



Figura 15. Colocación de relleno  
Fuente: EMAPAG-EP.

- Procedimiento.

La zona de tubo consiste en la parte del corte transversal vertical de la zanja ubicada entre un plano de 10 cm por debajo de la superficie inferior del tubo, es decir, la rasante de la zanja, y el plano que pasa por un punto situado de 20 a 30 cm por encima de la superficie superior del tubo. Del replantillo para los tubos es la parte del material de relleno para la zona de tubo que se encuentra entre la rasante de la zanja y la parte inferior del tubo. Es decir, para tuberías plásticas 10 cm de replantillo más diámetro exterior del tubo y 20 cm sobre la clave del tubo, que nos da un total de 30 cm más el diámetro exterior del tubo.

Para tuberías no plásticas 10 cm de replantillo más diámetro exterior del tubo y 30 cm sobre la clave del tubo, que nos da un total de 40 cm más diámetro exterior del tubo. El material de relleno de la zona de tubo será colocado y compactado de manera tal de proveer asiento uniforme y soporte lateral a la tubería. Para tuberías con protección exterior, el material del replantillo y la ejecución de éste deberá ser tal que el recubrimiento protector no sufra daños. Si la tubería estuviera colocada en zonas de agua circulante deberá adoptarse un sistema tal que evite el lavado y transporte del material constituyente del lecho, para esto podrá confinarlo en sacos de polipropileno llenos de arena.

Después de la compactación del replantillo, el Contratista realizará el recorte final utilizando una línea de hilo tensado para establecer la inclinación, de modo que, desde el momento en que se lo tienda por primera vez, cada tramo del tubo esté continuamente en contacto con el replantillo a lo largo de la parte inferior extrema del tubo. Las

excavaciones de nichos de remache para las uniones espiga y campana y soldaduras de tubos se realizarán según se requieran.

#### Relleno de la zona de zanja.

Una vez colocado el relleno en la zona de tubo en la forma indicada, y después de drenar por completo todo excedente de agua de la zanja, se procederá a rellenar la zona de zanja. La zona de zanja es la parte del corte transversal vertical ubicada entre un plano de 15 cm por encima de la superficie superior del tubo y el plano que se encuentra a un punto de 45 cm por debajo de la superficie terminada, o si la zanja se encuentra debajo de pavimento, 45 cm por debajo de la rasante del mismo.

#### Relleno Final.

Se considera relleno final a todo relleno en el área de corte transversal de zanja dentro de los 45 cm de la superficie terminada, o si la zanja se encuentra debajo de pavimento, todo relleno dentro de los 45 cm de la rasante del mismo.

#### Pruebas de compactación

Los rellenos se compactarán de acuerdo a uno o varios de los métodos indicados en el presente documento, de acuerdo con la naturaleza del relleno, el grado de compactación a alcanzar y el equipo que se empleará. Sólo se permitirá el empleo de otros métodos de compactación si la Fiscalización lo autoriza expresamente. En el momento de efectuarse la compactación el contenido de humedad del material de relleno será tal que el grado de compactación especificado pueda ser obtenido y el relleno resulte firme y resistente. El material de relleno que contenga exceso de humedad, no será compactado hasta que el mismo se reduzca lo suficiente como para obtener la compactación especificada.



Figura 16. Prueba del densímetro nuclear  
Fuente: EMAPAG E.P.

Los métodos de compactación a emplear serán:

- Compactación Mecánica: empleando equipos estáticos o dinámicos.
- Compactación Manual: empleando pisones de tamaño y peso adecuados.

En la compactación del relleno de zanjas para tuberías sólo podrá emplearse compactación manual dentro de la zona de tubo y hasta 0.20 m por encima de la misma. Por encima de ese nivel, podrá emplearse compactación mecánica. Grado de compactación requerido, salvo que se especifique otro, el grado de compactación referido al ensayo Proctor Modificado requerido será:

Zona de tubo 80%

Zona de zanja 95%

Relleno final 95%

Relleno alrededor de estructuras 95%.

- Colocación y compactación.

El relleno se usará contra los muros de las estructuras, para rellenar las zanjas de las tuberías a partir de un nivel situado a 20 cm o 30 cm por encima de la clave exterior del tubo hasta el tope de la zona de zanja, para rellenar las zanjas de los ductos y para conformar los terraplenes de las vías internas y de acceso. Este relleno estará constituido por material proveniente de las excavaciones, siempre que no sea: limo, materia orgánica, sobrantes de construcción o cualquier otro material inconveniente, caso contrario se colocará material importado. El material se colocará y compactará en capas horizontales uniformes que no excedan de 20 centímetros de espesor antes de la compactación. Cada capa se compactará convenientemente hasta obtener una densidad del 95% del Proctor Modificado, determinado en el laboratorio, mediante ensayos por cuenta del contratista, para el material que esté usando. No se colocará una nueva capa mientras la anterior no haya sido compactada debidamente y recibida por el Fiscalizador.

1.2.1.6, 1.2.2.4, 1.2.3.5 Replanteo de hormigón simple  $f^c = 140 \text{ kg/cm}^2$ .

Esta actividad se realizará para la cimentación del reservorio, para la cámara de salida del reservorio y la cámara de desagüe.



Figura 17. Replanteo para la cimentación del reservorio  
Fuente: EMAPAG E.P.



Figura 18. Construcción del replantillo  
Fuente: EMAPAG E.P.

Se realiza el replantillo que es la mezcla de hormigón simple y agua necesario para empezar a colocar sobre el la armadura de acero necesaria para la viga de cimentación.

#### 1.2.1.7, 1.2.2.5, 1.2.3.6 Suministro e instalación de armadura para estructuras.

Se entiende por armadura de refuerzo, las barras y mallas de acero estructural corrugado, que se fundirán con el hormigón de acuerdo a características de diámetro, longitudes, separación y demás, obedeciendo a un diseño estructural para cada obra en particular. Se realizará esta actividad una vez que ya se haya realizado la excavación, y relleno de la cimentación, se empieza con la armadura para el sumidero de salida del reservorio, luego la cámara de salida del reservorio y la cámara de desagüe.



Figura 19. Instalación de armadura para estructura  
Fuente: EMAPAG E.P.

- Especificaciones que debe cumplir la armadura.
  - Se utilizarán barras de acero corrugado y mallas de acero de las características y dimensiones indicadas en los planos.
  - De no especificarse en el proyecto, el acero tendrá las siguientes características: Acero refuerzo en barras: Límite de fluencia mínimo  $f_y = 4.200 \text{ kg/cm}^2$ .
  - Malla electrosoldada: Diámetro  $>$  de 4mm. Límite de fluencia mínimo  $f_y = 5.200 \text{ kg/cm}^2$ .
  - El acero de las armaduras se almacenará clasificado y separado, según la calidad, longitud y diámetros.
  
- Doblada de la armadura.

Las barras de acero se cortarán y doblarán de acuerdo a los planos, listas de acero de armadura y según las especificaciones correspondientes.

Tabla 10 - *Los diámetros de doblado prescritos por las normas INEN*

10mm. $> df < 25 \text{ mm}$ : $dd = 6 df$
25mm $> df > 34 \text{ mm}$ : $dd = 8 df$
$df > 36 \text{ mm}$ : $dd = 10 df$
$df =$ diámetro fierro
$dd =$ diámetro doblado.

Elaborado por: Armas, A. y Flores, J. (2022)

El diámetro interior de doblado para estribos y anillos no debe ser menor de 4 df para varillas de df menor o igual a 16 mm. Para varillas mayores serán como se ha indicado anteriormente. Todas las varillas de la armadura serán cortadas y dobladas con

exactitud, como se indica en los planos. Todas las varillas serán dobladas en frío y esta operación preferiblemente será hecha en el taller. La armadura no será deformada o vuelta a doblar de manera tal que pueda producir la fatiga del material. Las varillas con dobleces no indicados en los planos no deben ser usados. El calentamiento de la armadura será permitido, con la autorización por escrito de la Fiscalización. La armadura, antes de ser colocada se encontrará libre de residuos de fábricas, escamas de óxido que pudieran destruir o reducir la adherencia. Cuando se produzca una demora en la colocación del hormigón, la armadura será inspeccionará nuevamente y se limpiará donde sea necesario.

- Armadura de la cimentación.



Figura 20. Armadura para la cimentación del reservorio  
Fuente: EMAPAG E.P.



Figura 21. Viga para la cimentación del reservorio.  
Fuente: EMAPAG E.P.

1.2.2.6, 1.2.3.7, 1.2.4.1 Hormigón simple  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con aditivo superplastificante acelerante 1% del peso del cemento (incluye encofrado).

El hormigón se preparará de acuerdo a las normas INEN o ASTM equivalentes para hormigón armado, empleando cemento Portland, y agregados graduados en tres grupos granulométricos y agua. Se podrá usar aditivos con autorización del Fiscalizador; esta actividad se realizara para fundir la cámara de salida del reservorio, la de desagüe, la cimentación completa del reservorio y también para los anclajes que son soporte para las tuberías de acero.

La composición del hormigón deberá proporcionar:

- Buena consistencia plástica, de acuerdo a INEN o ASTM.
- Cumplirá con las exigencias de resistencia, durabilidad e impermeabilidad.

Para obtener un hormigón de buena calidad, uniforme y que ofrezca resistencia, capacidad de duración y economía, se debe controlar en el diseño:

- Calidad de los materiales
- Dosificación de los componentes
- Manejo, colocación y curado del hormigón.
- Hormigón premezclado.

Se podrá usar hormigón premezclado, siempre que cumpla con los requisitos técnicos exigidos para el hormigón mezclado en sitio, definido para la obra. El hormigón premezclado cumplirá los requisitos INEN Y A.S.T.M. C-94. No se aceptará más de 45 minutos entre el inicio del mezclado hasta su colocación en los encofrados, caso contrario la Fiscalización no debería aceptar dicho concreto.



Figura 22. Colocación del hormigón premezclado.  
Fuente: EMAPAG E.P.

- Control de calidad del hormigón durante la puesta en obra.

Los ensayos de calidad del hormigón se efectuarán durante todo el tiempo que duren los trabajos de hormigonado en las obras.

- Contenido de cemento: El contenido en kilogramo de cemento por metro cúbico de hormigón será controlado por lo menos por cada 50 m<sup>3</sup> de hormigón producido.



Figura 23. Recolección de muestras de hormigón para resistencia.  
Fuente: EMAPAG-E.P.

- Resistencia a la compresión.
  - La resistencia a la compresión del hormigón será determinada mediante ensayos de rotura de por lo menos tres probetas de cada una de las tomas.
  - La toma de muestras y los ensayos consecuentes, se efectuarán para cada hormigonada, por lo menos para cada 30 m<sup>3</sup> de hormigón colocado o cuando lo solicite la Fiscalización.

Para las probetas se usará cilindros según Norma INEN o equivalente.

Con el objeto de adelantar información sobre las probetas, las roturas podrán efectuarse a los siete días de la toma de la muestra y podrá estimarse la resistencia a los 28 días mediante las fórmulas indicadas en la Norma DIN 1045 o equivalente. Cuando el promedio del resultado de los cilindros tomados en un día y probados a los siete días, no llegue al 80% de la resistencia exigida, se debe ordenar un curado adicional a la estructura por un lapso máximo de catorce días y se ordenarán pruebas de cargas en la estructura. Si luego de realizadas las pruebas determinamos que el hormigón no es de la calidad especificada, se debe reforzar la estructura o ser reemplazada total o parcialmente según sea el caso y proceder a realizar un nuevo diseño del hormigón para las estructuras siguientes.

- Transporte del hormigón.

El hormigón se deberá llevar directamente y lo antes posible desde la planta mezcladora al lugar de su colocación, teniendo especial cuidado para que no se produzca segregación, ni pérdidas de materiales. Al vaciar, la caída libre del hormigón no deberá exceder 1.0 m, salvo el caso que se emplee equipo especial que evite la segregación de los agregados, aprobado por la Fiscalización. Se autoriza el uso de hormigón premezclado de camiones mezcladores, siempre que cumpla con los requisitos de

calidad establecido para la obra y el fabricante se someta a las condiciones y controles de la Fiscalización. El transporte del hormigón por medio de cintas transportadoras, canaletas inclinadas, bombas o equipos similares deberá ser aprobado y autorizado por la Fiscalización.



Figura 24. Vaciado del hormigón.  
Fuente: EMAPAG-E.P.

- Recubrimiento mínimo de armaduras.

La armadura deberá guardar las distancias mínimas a las caras interiores del encofrado, presentadas en los planos o especificaciones. En el caso de que no existan otras indicaciones, todos los hierros de la armadura deberán ser recubiertos por una capa de hormigón de por lo menos 2,0 cm para estructuras que no estén en contacto permanente con agua, y 4,0 cm para aquellas en contacto permanente con agua. Para estructuras que vayan a soportar materiales abrasivos o líquidos agresivos al hormigón, el recubrimiento debe aumentarse a 7.0 cm como mínimo. Las distancias requeridas se fijarán mediante dados de mortero de una superficie de 4 x 4 cm y un espesor igual al recubrimiento especificado. El mortero deberá tener las mismas proporciones de cemento y arena que la mezcla de hormigón. Antes de la colocación del hormigón se asegurarán y limpiarán las armaduras y piezas a empotrarse.



Figura 25. Recubrimiento mínimo de armaduras.  
Fuente: EMAPAG E.P.

- Compactación del hormigón

El hormigón se compactará en forma mecánica, mediante vibradores de hormigón de aplicación interior, cuyas frecuencias, tipos y tamaños deberán ser aprobados por la Fiscalización. El Contratista estará obligado a tener a disposición un número suficiente de vibradores para poder compactar inmediatamente y en grado suficiente cada vaciado del hormigón. Deberá tener en sitio por lo menos dos vibradores. Los vibradores se introducirán y se sacarán lentamente del hormigón. Su efecto dentro del hormigón se extenderá por un tiempo suficiente, no debiendo dar lugar a una segregación o exceso de compactación. Los vibradores se introducirán en el hormigón a distancias regulares que no deberán ser mayores a dos veces el radio del efecto de vibración visible en el hormigón o a intervalos horizontales que no excedan 75 cm y por períodos de 5 a 15 segundos. Se dedicará especial atención a la compactación en las zonas alrededor de las armaduras y de piezas empotradas, así como en los rincones y esquinas del encofrado. Así mismo, se pondrá sumo cuidado en que las piezas empotradas y localizadas dentro del hormigón ya fraguado no sufran posteriormente a causa de las vibraciones. En ningún caso el efecto de vibración deberá ser aprovechado para trasladar el hormigón fresco a lo largo del encofrado por el peligro.

- Curado del hormigón.

Luego del hormigonado, las estructuras se deberán mantener húmedas constantemente y se deberán proteger contra la insolación y el viento durante el período apropiado para cada caso (normalmente siete días consecutivos). Se deberán tomar todas las medidas necesarias para que el hormigón permanezca suficientemente húmedo. Se dedicará particular atención a las superficies al aire libre. Estas se cubrirán con paja, lonas o arena que se mantendrá siempre en estado húmedo.



Figura 26. Curado del hormigón.  
Fuente: EMAPAG E.P.

- Prueba de impermeabilidad.

- Todas las estructuras de hormigón dispuestas a almacenar agua o impedir la presencia de ella, serán sujetas a la prueba de impermeabilidad.
- La prueba se efectuará 7 días después de la saturación del hormigón con agua.
- La prueba se considerará satisfactoria si el nivel del agua dentro de la estructura no baja más del 0.5% (cero punto cinco por ciento), en el lapso de 24 horas.
- Para estructuras a cielo abierto hay que considerar la evaporación.

- Bloques de anclaje.

Son estructuras de hormigón que sirven para anclar o empotrar tuberías, válvulas, piezas especiales (codos, tees, y otros accesorios), para evitar los desplazamientos que puedan ocurrir, por la acción de la presión de trabajo hidrostática o sobrepresiones que tienen lugar en las líneas de impulsión. Los bloques de anclaje se diseñarán en cada proyecto, dependiendo de los siguientes parámetros, diámetros, presión de trabajo, presión de prueba, resistencia del terreno de instalación, tipos de unión de las tuberías y accesorios, así como, su ubicación y número según se indique en los planos de diseños. Se construirán en hormigón simple Clase B u Hormigón Ciclópeo, según especifique el proyecto u ordene el Fiscalizador.



Figura 27. Bloques de anclaje para tuberías.  
Fuente: EMAPAG E.P.

#### 1.2.3.10 Suministro e instalación de perfiles metálicos 75x75x6mm.

Los perfiles, planchas, angulares, pasamuros y demás elementos metálicos que serán empotrados en las estructuras de hormigón, se deberán colocar en el lugar exacto de los encofrados y fijados mediante anclajes adecuados, de manera que quede asegurada su posición durante el hormigonado. La mano de obra y el acabado estarán conformes a las mejores prácticas generales de las fábricas o talleres modernos de estructuras de acero. Las partes que estarán expuestas a la vista tendrán un acabado nítido. El cizallamiento, los cortes a soplete y el martilleo, se ejecutarán en forma precisa y cuidadosa. Todas las esquinas y filos agudos, así como los filos que se produzcan por cortes y asperezas durante el manejo o erección, serán debidamente redondeados con esmeril o métodos adecuados. Todo material laminado estará completamente recto antes de ser colocado o trabajado. Si fuera necesario enderezar algún elemento en la obra, se lo hará utilizando métodos que no dañen el metal y que sean aprobados por el Fiscalizador. El enderezamiento de aceros ASTM A514 o ASTM A517, utilizando calor, se lo hará únicamente con procedimientos controlados rigurosamente y aprobados por el Fiscalizador. En ningún caso la temperatura máxima del acero excederá de 600 grados centígrados.

#### 1.2.2.7 Suministro e instalación de tubería PVC D=525mm. Ø

Comprende el suministro en obra o bodegas, según especifique el contratante, de las tuberías para sistemas de desagüe de acuerdo a especificaciones técnicas y demás requerimientos definidos para cada proyecto. Las tuberías serán de PVC rígido con superficie interior y exterior lisa, o superficie interior lisa y exterior corrugada, con uniones de cementado solvente o con sellos de caucho o elastómeros y cumplirán las especificaciones de fabricación, pruebas y ensayos.

#### 1.2.4.2 Impermeabilización con igol denso + Imprimante.

Es necesario que luego se realice un recubrimiento con igol denso que es una pintura altamente impermeabilizante y anticorrosiva, protege contra aguas agresivas y soluciones salinas o ácidas, no contamina al agua potable ni tiene olor ni sabor.

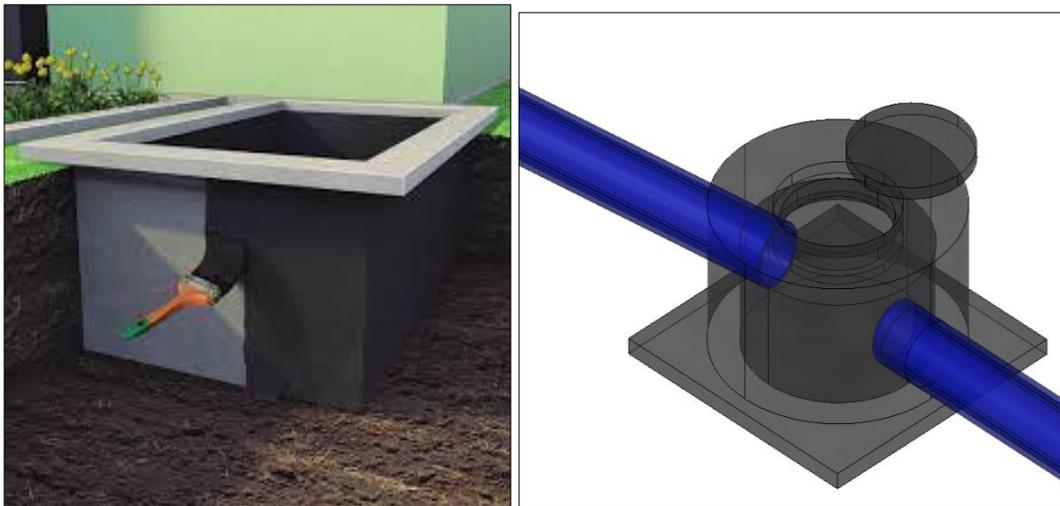


Figura 28. Aplicación del Igol denso + Imprimante.  
Elaborado por: Armas, A. y Flores, J. (2022)

El Igol Denso se aplica siempre sobre una primera mano de Igol imprimante, mediante brocha o rodillo. Primero debe colocarse mínimo ocho horas antes de pintar con Igol Denso. Caso contrario que se especifique diferente, es aconsejable colocar siempre dos manos de Igol Denso, para aplicar la segunda mano de Igol Denso, se debe verificar que la primera este seca al tacto, este tiempo dependerá de las condiciones ambientales de la zona. En caso de que la base presente excesiva porosidad, rellene los poros previamente con una pasta confeccionada con Igol Denso y cemento.

#### 1.2.4.3 Anclaje metálico para tubería (Inc. Varilla ranurada, abrazadera, empaque de neopreno, pernos.)

Los anclajes metálicos sirven para protección de la tubería una vez puesto sobre el anclaje de hormigón, este sirve para mayor seguridad al movimiento de la tubería.



Herramientas y Equipo de construcción.

Para revisar la lámina de vidrio de las cubiertas durante la construcción del reservorio se emplea un probador Holiday. Después de que cada anillo de las cubiertas ha sido instalado, las cubiertas son probadas por fugas eléctricas. Las pruebas de un piso de acero con capa de vidrio también son requeridas, pero puede esperar hasta que todas las capas de la cubierta han sido instaladas. Un probador de resistencia con una almohadilla húmeda con salida de 9 volts es usado con agua de la llave o destilado. Cuando la resistencia de la capa cae a 50,000 - 80,000 ohms, sonará una señal audible. Un ligero gorjeo indica que la resistencia es mayor a 80,000 ohms y debe ser ignorado. El sellador usado durante la construcción del reservorio es también usado para arreglar cualquier discontinuidad.

#### 1.3.1.1 Equilibrio y Cimentación de la construcción.

- Colocación de Refuerzo de Acero para el equilibrio.



Figura 31. Refuerzo de acero para el equilibrio.  
Fuente: EMAPAG E.P.

## Procedimiento

- Determinar la posición angular de los ensambles de la placa niveladora y la ubicación del estribo usando un tránsito.
- Dirigir las varillas de posicionamiento adyacentes en cada cuarta ubicación del estribo.
- Posicionar los estribos del fondo o la varilla de refuerzo a lado de las varillas puestas anteriormente, usando bloques de concreto o con banquillos para obtener la altura adecuada. Anexar a las varillas usando un alambre para atarlo.
- Colocar el fondo del juego de la barra de refuerzo circunferencial y acóplelo al fondo de los estribos o de la barra de refuerzo de soporte usando un cable para atarlo.
- Instalar los estribos sobrantes o las barras de refuerzo de apoyo y acoplar la barra de refuerzo usando un cable para unirlo.
- Instalar la barra circunferencial restante.
- Si los estribos son utilizados, coloque la parte superior de los estribos sobre cada fondo del estribo, ajustando la altura del estribo de acuerdo con el dibujo del proyecto de cimentación. Una los estribos.
- Una los juegos superiores de las barras de refuerzo circunferencial a cada parte superior del estribo.

### 1.3.1.2 Colocación de cimentación de concreto y placa niveladora.

- Inserte las placas niveladoras en el concreto fresco en las ubicaciones predeterminadas. Inserte la barra de refuerzo circunferencial y ate las barras como es requerido en los lugares determinados.

- Formar la ranura en la cimentación del concreto. La ranura debe ser ubicada entre los pernos del interior y el exterior de la cimentación de cada ensamble de placa niveladora.



Figura 32. Nivelación de los anclajes niveladores de anillo.  
Fuente: EMAPAG E.P.

Coloque los ensambles de la primera hoja de cimentación/el primer ángulo de cimentación en las placas niveladoras. Aplique gotas de sellador sobre las líneas verticales de pernos de la siguiente hoja de cimentación y junto con la línea horizontal de pernos que no esté ya cubierta con el ángulo de cimentación.

#### 1.3.1.3 Tanque conectado a la cimentación.



Figura 33. Colocación de la primera hoja de cimentación.  
Fuente: EMAPAG E.P.

El concreto de resistencia a la compresión simple  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup> debe ser sacudido mientras es colocado, pero las buenas prácticas dictan que la vibración no de ser usada para mover el concreto. Nivela la parte superior del concreto, pero no extienda con una paleta.

El concreto cerca de las láminas debe ser sacudido debajo del ángulo de cimentación durante la colocación del concreto. Debe tenerse cuidado de que la vibración no se ponga en contacto con las láminas de vidrio o las tiras de sellado. Y luego limpiar el concreto salpicado de las hojas de cimentación.



Figura 34. Colocación del piso de concreto.  
Fuente: EMAPAG E.P.

#### 1.3.1.4 Anillos de “Vidrio” con vidrio fusionado al acero.

El ensamble del piso de vidrio usando láminas rectangulares, comienza en el perímetro. Todas láminas del perímetro están numeradas para facilitar el proceso de ensamble es usado para determinar la orientación adecuada de las láminas de vidrio, de los ángulos de piso, tuberías, líneas verticales de cubiertas de tornillos y los compartimentos del tanque. El ensamble procede de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha como sigue.

- Materiales de construcción.

Selladores.



Figura 35. Sellador sikaflex Ts plus.  
Fuente: EMAPAG E.P.

Sujetadores.



Figura 36. Sujetadores de tornillos.  
Fuente: EMAPAG E.P.

Ensamble de láminas de vidrio.



Figura 37. Láminas de vidrio empernadas.  
Fuente: EMAPAG E.P.

Instale tornillos a través de la pata horizontal de cada ángulo de piso. Use cinta para sostener las cabezas de los tornillos por debajo del ángulo. Instale sin apretar una placa de llenado en el extremo de un ángulo de piso, usando generosas cantidades de sellador. Aplique sellador a la superficie superior de la pata horizontal del ángulo de piso. Coloque el ángulo de piso en una posición de las 10 horas, tomando en consideración las ubicaciones de las tuberías y los compartimentos del tanque. Ligeramente atornille el primer panel de piso del perímetro, como es indicado en el dibujo detallado de construcción.

#### 1.3.1.5 Gatos de Construcción y Equipo.

La fijación adecuada de los gatos de construcción es muy importante, y el procedimiento para hacer esto es como sigue: Un accesorio de anclaje es usado para ubicar apropiadamente los gatos con respecto a las hojas de cimentación. En los tanques con pisos de concreto, los accesorios de anclaje de gatos se anclan al piso de concreto.



Figura 38. Gatos para levantar el domo.  
Fuente: EMAPAG E.P.

Acople el poste ajustable del gato a la parte superior de cada gato de construcción y extiéndalos hacia abajo en donde están acoplados al piso o al accesorio central. Nivele todas las placas del gato en preparación para el primer anillo de las hojas de la cubierta. Una vez que todos los gatos son nivelados, instale los ejes de poder entre los gatos. En algunos tanques, los gatos están localizados en las uniones de las alternativas verticales, y los ensambles de conectores de ejes de poder están localizados en las otras uniones alternativas verticales.

Primera lámina de acero del anillo.



Figura 39. Armado del primer anillo de láminas de vidrio  
Fuente: EMAPAG E.P.

#### 1.3.1.6 Construcción del techo de Domo de Aluminio.



Figura 40. Construcción del domo de aluminio.  
Fuente: EMAPAG E.P.

El techo de domo de aluminio puede ser construido en el lugar en que están las hojas de cubiertas del anillo superior, o construido en el suelo y levantado hacia el anillo superior de las hojas de cubierta como un ensamble completo.



Figura 41. Construcción del reservorio completo.  
Fuente: EMAPAG-E.P.

## CONCLUSIONES

- Se desarrolló una metodología de construcción de un reservorio de vidrio fusionado al acero, implementando así nuevas tecnologías para la minimización de tiempos de ejecución y poder solucionar las necesidades de la población.
- Se elaboró el presupuesto del proyecto, cuantificación de cantidades en función a los planos de diseño, se calcularon los costos directos e indirectos, se desarrolló La estructura de desglose de trabajo para realizar una mayor distribución de las actividades a realizarse, se empleó el programa Project 2010 para elaborar la programación con los tiempos y recursos establecidos.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer un orden lógico a las actividades a ejecutar, ya que esto permitiría que se eviten contratiempos en obra, siempre que se haya realizado una adecuada programación de actividades, este proyecto tiene un plazo aproximadamente de 90 días de ejecución.
- Se recomienda realizar gestiones de cotización de materiales y equipos, aun mas cuando el material debe importarse porque no se desarrolla en nuestro país. La ruta crítica de este proyecto es el tiempo en que tarda la gestión del reservorio debido a que se lo debe exportar de estados unidos, o de Colombia, según el estudio de logística.
- Se recomienda hacer el análisis de los costos indirectos dependiendo del tipo de proyecto a ejecutarse, para así poder obtener los logros deseados del proyecto y no existan contratiempos durante la ejecución del proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Secretaría del Agua (2015). Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos en el área urbana- Ecuador.
- Comisión Nacional del Agua (2007), Manual de agua potable, alcantarillado y, saneamiento – México.
- Aguilar, P., & Ballesteros , M. (1995). Operación y Mantenimiento de Sistema Rurales de Agua Potable con captación superficial: Guía para operadoras y operadores de los sistemas. MIDUVI, 6.
- Alvarez, A., & Muenala, D. (2013). Infraestructura de los sistemas de agua potable y su relación con la cantidad y calidad de agua en zonas rurales del cantón Cayambe. Quito, Ecuador.
- Empresa Pública Municipal De Agua Potable Y Alcantarillado De Guayaquil, (2011). Normas EMAPAG-EP – Ecuador.
- Faustino y Jiménez. (2000). Principios y criterios para la congestión de cuencas hidrográficas en América Triposal – CR. CATIE.25p. – Costa Rica.
- Arias, B. A. (2011). Diseño de un sistema de tratamiento para potabilizar el agua del cantón Caluma. Riobamba.
- PMBOK, Proyect Management Institute (Sexta edición). Guía de los Fundamentos para la dirección de proyectos.