

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“CONSTRUCCIÓN DE CISTERNAS - CÁMARAS DE  
BOMBEO DE CONCRETO ARMADO PARA AGUAS  
RESIDUALES, SOBRE SUELOS ARENOSOS Y NAPA  
FREÁTICA ALTA”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR**

**EDERSON SMITH CIEZA ALVARADO**

**ASESOR**

**Ing. SABINO P. BASUALDO MONTES**

**Lima- Perú**

**2022**

## ÍNDICE

	Pág.
<b>RESUMEN</b> .....	5
<b>ABSTRACT</b> .....	6
<b>PRÓLOGO</b> .....	7
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	8
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	9
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b> .....	12
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	14
1.1 GENERALIDADES.....	14
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	14
1.2.1 Problemática de la agroindustria en el Perú.....	14
1.2.2 Problemática del proyecto.....	16
1.2.2.1 <i>Problema general</i> .....	17
1.2.2.2 <i>Problemas específicos</i> .....	17
1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	18
1.3.1 Objetivo general.....	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	18
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b> .....	19
2.1 SUBPRESIÓN DE SUELOS.....	19
2.2 NAPA FREÁTICA.....	19
2.3 SUELOS DE ARENA UNIFORME.....	19
2.4 LICUEFACCIÓN DE SUELOS.....	19
2.5 TÉCNICAS DE CONTROL DE NIVEL FREÁTICO EN EXCAVACIONES 20	19
2.6 GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES.....	22
2.7 CISTERNAS ENTERRADAS.....	22
2.8 CISTERNAS DE CONCRETO ARMADO.....	23
2.9 ESTRUCTURACIÓN DE LAS CISTERNAS.....	23
2.10 CÁMARA DE BOMBEO.....	24
<b>CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICA DE LAS ESTRUCTURAS EJECUTADAS EN EL PROYECTO</b> .....	25
3.1 ÁMBITOS DEL PROYECTO.....	25
3.1.1 Ubicación.....	25
3.1.2 Descripción de la ejecución de las estructuras.....	25
3.1.2.1 <i>Cisterna de agua tratada</i> .....	25
3.1.2.2 <i>Tanque ecualizador</i> .....	26

3.1.2.3	<i>Cámara de bombeo</i> .....	27
3.2	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	28
3.2.1	Sondajes realizados.....	28
3.2.2	Presencia de nivel freático.....	29
3.2.3	Ensayos de laboratorio.....	29
3.2.4	Descripción de los suelos.....	29
3.2.5	Estratos encontrados.....	30
3.2.6	Descripción del suelo de fundación.....	31
3.2.7	Problemas especiales del suelo de fundación.....	32
3.2.7.1	<i>Agresividad de los suelos de fundación</i> .....	32
3.2.7.2	<i>Parámetros para diseño de las obras de sostenimiento</i> .....	33
3.2.7.3	<i>Suelos expansivos</i> .....	33
3.2.7.4	<i>Suelos colapsables</i> .....	33
3.2.7.5	<i>Licuefacción de los suelos</i> .....	33
3.3	CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS.....	34
3.3.1	MATERIAL CONSTRUCTIVO.....	34
3.3.2	SISTEMA CONSTRUCTIVO.....	34
3.3.3	ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	35
3.3.3.1	<i>Cimentación</i> .....	35
3.3.3.2	<i>Muros</i> .....	35
3.3.3.3	<i>Vigas</i> .....	35
3.3.3.4	<i>Techo</i> .....	35
3.3.3.5	<i>Instalaciones sanitarias</i> .....	35
3.3.3.6	<i>Instalaciones eléctricas</i> .....	35
3.4	EVENTOS POTENCIALES DE DESASTRES NATUARALES EN EL PROYECTO Y LA GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES.....	36
3.5	PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DEL PROYECTO.....	36
	<b>CAPITULO IV: PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE CISTERNAS Y CÁMARA DE BOMBEO EN LA PLANTA TALSA</b> .....	37
4.1	CISTERNA DE AGUA TRATADA Y TANQUE ECUALIZADOR.....	37
4.1.1	Reconocimiento del terreno.....	37
4.1.2	Trazo y replanteo topográfico.....	37
4.1.3	Demolición de cerco perimétrico.....	37
4.1.4	Excavación masiva.....	37
4.1.5	Compactación de subrasante.....	38
4.1.6	Relleno y compactación de material afirmado.....	38
4.1.7	Excavación manual.....	39
4.1.8	Vaciado de concreto simple para solado.....	39

4.1.9	Habilitado y armado de acero en cimentación. ....	40
4.1.10	Encofrado de cimentación. ....	42
4.1.11	Vaciado de concreto premezclado para cimentación. ....	43
4.1.12	Acabado de losa de piso con equipo mecánico. ....	44
4.1.13	Curado de losa de piso. ....	45
4.1.14	Habilitado y armado de acero de acero en muros. ....	46
4.1.15	Habilitado y armado de acero en columnas centrales de cisterna de agua tratada. ....	46
4.1.16	Colocación de sello hidroexpansivo en juntas de muros verticales y losa de piso. ....	47
4.1.17	Encofrado de muros de cisterna de agua tratada y tanque ecualizador. ....	48
4.1.18	Encofrado de columnas centrales en cisterna de agua tratada. ....	51
4.1.19	Vaciado de concreto premezclado en muros y columnas. ....	52
4.1.20	Curado de muros y columnas. ....	54
4.1.21	Encofrado de losas de techo. ....	54
4.1.22	Encofrado de vigas de techo. ....	55
4.1.23	Habilitado y armado de acero en losas de techo y vigas. ....	56
4.1.24	Encofrado de friso en losa de techo. ....	57
4.1.25	Vaciado de concreto premezclado en losa de techo. ....	57
4.1.26	Acabado de losa de techo de cisterna de agua tratada con endurecedor. ....	58
4.1.27	Curado de losa de techo. ....	58
4.1.28	Resane de muros e impermeabilización exterior. ....	59
4.1.29	Impermeabilización interna de cisterna de agua tratada y tanque ecualizador. ....	60
4.1.30	Prueba de estanqueidad. ....	61
4.1.31	Corte de juntas de contracción y sellado. ....	62
4.1.32	Relleno de material propio. ....	63
4.1.33	Carpintería metálica. ....	63
4.2	CÁMARAS DE BOMBEO. ....	64
4.2.1	Excavación de material con maquinaria. ....	64
4.2.2	Control del nivel freático. ....	64
4.2.3	Relleno con material filtrante en zona de nivel freático y vaciado de solado. ....	66
4.2.4	Habilitado y armado de acero en cimentación. ....	67
4.2.5	Encofrado de losa de cimentación. ....	67
4.2.6	Vaciado de concreto premezclado en losa de cimentación. ....	68
4.2.7	Acabado de losa de piso con equipo mecánico. ....	68
4.2.8	Curado de losa de piso. ....	69

4.2.9	Habilitado y armado de acero en muros. ....	69
4.2.10	Colocación de sello hidroexpansivo en juntas de muros verticales y losa de cimentación. ....	69
4.2.11	Encofrado de muros de las cámaras de bombeo. ....	70
4.2.12	Vaciado de concreto premezclado en muros de cámaras de bombeo. ....	71
4.2.13	Curado de muros. ....	72
4.2.14	Encofrado de losas de techo. ....	72
4.2.15	Habilitado y armado de acero en losa de techo. ....	72
4.2.16	Vaciado de concreto premezclado en losa de techo. ....	73
4.2.17	Curado de losa de techo. ....	73
4.2.18	Resane de muros e impermeabilización exterior. ....	73
4.2.19	Impermeabilización interna y externa. ....	74
4.2.20	Prueba de estanqueidad. ....	74
4.2.21	Relleno de material propio. ....	74
4.2.22	Carpintería metálica. ....	75
<b>CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS Y LECCIONES APRENDIDAS</b> .....		77
5.1	Soluciones constructivas relevantes en el proyecto. ....	77
5.1.1	Mejoramiento del terreno de fundación mediante colocación de afirmado. ....	77
5.1.2	Encofrado usando formas moduladas. ....	77
5.1.3	Vaciado de concreto premezclado usando cemento tipo V. ....	78
5.1.4	Aplicación de sello hidro expansivo como sello de junta entre muro y losa de cimentación. ....	78
5.1.5	Control del nivel freático mediante la técnica del agotamiento de agua por extracción. ....	79
5.2	Lecciones aprendidas del proyecto. ....	80
<b>CONCLUSIONES</b> .....		81
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		82
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....		84
<b>ANEXOS</b> .....		86

## RESUMEN

El presente informe tiene como objetivo describir el proceso constructivo de cisternas y cámara de bombeo para aguas residuales cimentadas sobre un suelo arenoso con nivel freático alto, lo cual conlleva a tener un procedimiento en parte desviado de lo convencional, en donde se debe realizar un mejoramiento del terreno para lograr así ejecutar los cimientos, adicional para la cámara de bombeo por tener una cimentación más profunda se debe solucionar el problema del flujo constante de aguas subterráneas de la napa freática, las cuales deben ser derivadas hacia los desagües cercanos, además por ser estructuras enterradas y de almacenamiento de aguas residuales, el concreto usado fue de cemento tipo V y relación  $a/c=0.45$ , esto para garantizar la durabilidad del material frente a la agresividad del suelo y de los agentes químicos que poseen las aguas que se va almacenar, así mismo se realizó el sellado de las juntas entre losa de cimentación y placas, como también se procedió a impermeabilizar por dentro y fuera de las estructuras, como complemento se realiza la colocación de tapas metálicas para los ingresos de inspección a las cisternas, recubriendo esta carpintería metálica con pintura epóxica resistente a las condiciones ambientales propias de la costa cerca al mar, como parte de las pruebas finales se realizó la prueba de estanqueidad lo cual garantiza que las cisternas sean lo suficientemente impermeables para contener las aguas que se almacenaran y procesaran en las nuevas instalaciones de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) de la planta agroindustrial TALSA.

Al ser una estructura que se ejecutó como parte de una industria que se dedica a la producción agroindustrial, es importante conocer la problemática que tiene en el Perú, y que debe atenderse, a fin de que el mayor beneficiado sea el agricultor peruano y no solo las grandes empresas de este rubro.

## ABSTRACT

This report aims to describe the construction process of cisterns and pumping chamber for wastewater founded on a sandy soil with a high water table, which leads to having a procedure partly deviated from the conventional, where an improvement must be made. of the land to be able to execute the foundations, in addition to the pumping chamber, because it has a deeper foundation, the problem of the constant flow of groundwater from the water table must be solved, which must be derived to nearby drains, also because it is buried structures and wastewater storage, the concrete used was type V cement and  $w/c=0.45$  ratio, this to guarantee the durability of the material against the aggressiveness of the soil and the chemical agents that the water that leaves has store, likewise the sealing of the joints between the foundation slab and the plates was carried out, as well as waterproofing. Inside and outside the structures, as a complement, metal covers are placed for the inspection entrances to the cisterns, covering this metal carpentry with epoxy paint resistant to the environmental conditions typical of the coast near the sea, as part of The final tests will be carried out the tightness test, which guarantees that the tanks are waterproof enough to contain the water that will be stored and processed in the new facilities of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of the TALSA agro-industrial plant.

Being a structure that was executed as part of an industry that is dedicated to agro-industrial production, it is important to know the problems that it has in Peru, and that must be addressed, so that the greatest beneficiary is the Peruvian farmer and not only the big companies in this sector.

## PRÓLOGO

Las cisternas como se conoce comúnmente son elementos de almacenamiento de diversos tipos de líquidos, para este caso en particular se habla de aguas residuales producto de un tratamiento previo como parte de una PTAR, sin embargo, no solo se trata de una cisterna típica, sino de una estructura de concreto armado de gran capacidad de almacenamiento, cimentado en un terreno arenoso que a eso se le suma un nivel freático alto, esto debido a la ubicación y su cercanía al mar.

Se trata entonces de una estructura atípica, por las características medioambientales y de suelo donde se construye, en este trabajo se presenta las fases de construcción de este tipo de estructura y soluciones que se dieron en el proceso, así como las lecciones que deja esta experiencia constructiva.

También se expone la importancia y se da un análisis a los materiales involucrados en la ejecución de este tipo de obra, describiendo sus características físicas y químicas, así como su resistencia y durabilidad a los agentes agresivos tanto por el agua que almacena como por el tipo de medioambiente al cual se expone.

La experiencia que se deja en este trabajo es mostrar el desarrollado la ejecución de obra un proyecto de con características constructivas atípicas, que se plasma explicando los procesos constructivos de este tipo de construcciones en terrenos con napa freática, poco frecuente en obras comunes.

Se espera que este trabajo sirva de aporte para investigaciones futuras sobre estructuras que se ejecutan en terrenos de características similares, y así poder reforzar los conocimientos y soluciones que ayuden el desarrollo sostenible del país.

Ing. SABINO P. BASUALDO MONTES

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 3.1.2 Linderos y medidas perimétricas. ....	27
Cuadro N° 3.2.1 Cuadro de sondajes realizados en el estudio de campo. ....	28
Cuadro N° 3.2.2 Cuadro resumen de los estratos encontrados con sus principales propiedades .....	29
Cuadro N° 3.2.5 Cuadro de resumen de resultados de calicata C-1 .....	30
Cuadro N° 3.2.6 Cuadro de resumen de resultados de calicata C-2 .....	30
Cuadro N° 3.2.7 Cuadro de resumen de resultados de calicata C-3 .....	30
Cuadro N° 3.2.8 Cuadro de resumen de resultados de calicata C-4 .....	31
Cuadro N° 3.2.9 Resultados obtenidos de las muestras estudiadas. ....	32
Cuadro N° 3.2.10 Valores máximos de agentes que atacan a los materiales constructivos.....	32
Cuadro N° 4.1.11. Cuadro de dosificación de concreto para losa de cimentación de cisterna de agua tratada y tanque equalizador.....	43
Cuadro N° 4.1.16 Cuadro de rendimiento de SikaSwell®S-2.....	47
Cuadro N° 4.2.6. Cuadro de dosificación de concreto para losa de cimentación de cámaras de bombeo. ....	68
Cuadro 5.1. Requerimientos químicos del cemento portland tipo V. ....	78

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.5.1. Posibilidades de control del nivel freático mediante extracción del agua o por barreras impermeables. ....	20
Figura 2.5.2. Clasificación de las técnicas de control del agua. ....	21
Figura 3.1.1. Ubicación geográfica del proyecto. ....	25
Figura 3.1.2. Vista en planta de la arquitectura de la cisterna de agua tratada. .	26
Figura 3.1.3. Vista en planta de la arquitectura del tanque ecualizador. ....	26
Figura 3.1.4. Vista en planta de la arquitectura de las cámaras de bombeo. ....	27
Figura 3.1.5. Vista en planta del sistema de tratamiento de agua residual TALSA. 28	
Figura 3.2. Porcentajes de suelos en suelo de apoyo. ....	29
Figura 3.3. Perfil estratigráfico de los suelos. ....	31
Figura 3.4. Principales parámetros del terreno de fundación. ....	32
Figura 3.5. Criterios del potencial de colapso según la E.050. ....	33
Figura 3.6. Colocación de concreto premezclado sobre una armadura de acero para posteriormente formar una estructura de concreto armado. ....	34
Figura 4.1.3. Excavación masiva de la cisterna de agua tratada de 100 m <sup>3</sup> . ....	38
Figura 4.1.6.1. Relleno y compactación de plataforma de terreno natural y material propio. ....	38
Figura 4.1.6.2. Ensayo de densidad de campo. ....	39
Figura 4.1.8. Vaciado de solados para uñas de cimentación y zapata de columnas centrales en cisterna de agua tratada. ....	40
Figura 4.1.9.1. Detalle de armadura de acero en losa de cimentación y zapatas de columnas centrales en la cisterna de agua tratada. ....	40
Figura 4.1.9.2. Armado de losa de cimentación en cisterna de agua tratada. ....	41
Figura 4.1.9.3. Detalle de armadura de acero en losa de cimentación en el tanque ecualizador. ....	41
Figura 4.1.9.4. Armado de acero de losa de cimentación en el tanque ecualizador. ....	42
Figura 4.1.10. Encofrado de bordes de cimentación en cisterna de agua tratada, al fondo tanque ecualizador. ....	42
Figura 4.1.11.1. Vaciado de losa de cimentación de tanque ecualizador. ....	43
Figura 4.1.11.2. Vaciado de losa de cimentación de cisterna de agua tratada. .	44
Figura 4.1.12.1. Acabado de losa de piso en tanque ecualizador con alisadora.	44
Figura 4.1.12.2. Acabado de losa de piso en cisterna de agua tratada con alisadora. ....	45
Figura 4.1.13. Losa de cisterna de agua tratada con pequeños charcos de agua debido al curado constante del elemento. ....	45
Figura 4.1.14. Colocación de acero corrugado en muros de cisterna de. ....	46

agua tratada y tanque ecualizador. ....	46
Figura 4.1.15. Colocación de acero corrugado en columnas centrales de cisterna 47	
de agua tratada. ....	47
Figura 4.1.16. Colocación de sello hidroexpansivo .....	48
SikaSwell®S-2 en muro de cisterna de agua tratada. ....	48
Figura 4.1.17.1. Distribución de planchas de encofrado modulado. ....	48
Figura 4.1.17.2. Descripción en elevación de encofrado de muro. ....	49
Figura 4.1.17.3. Detalles de seguros en encofrado modulado de muros en cisternas. ....	49
Figura 4.1.17.4. Detalle de tubería pasante en muro de cisternas. ....	50
Figura 4.1.17.5. Proceso de encofrado de muros en tanque ecualizador. ....	50
Figura 4.1.17.6. Proceso de encofrado de muros en cisterna de agua tratada. .	51
Figura 4.1.18.1. Planta de encofrado de columnas centrales de cisterna de agua tratada. 51	
Figura 4.1.18.2. Detalle de encofrado de columnas de agua tratada. ....	52
Figura 4.1.18.3. Encofrado de columnas centrales en cisterna de agua tratada.52	
Figura 4.1.19.1. Vaciado de concreto premezclado en muros de tanque ecualizador, nótese la posición vertical de la punta de la manguera para el vertido de la mezcla. ....	53
Figura 4.1.19.2. Vaciado de concreto premezclado en muros de cisterna de agua tratada, 54	
mediante camión mixer y bomba pluma. ....	54
Figura 4.1.21. Esquema del sistema MULTIFLEX de PERI, para el encofrado de losas de techo. ....	55
Figura 4.1.22. Proceso de encofrado de vigas en cisterna de agua tratada. ....	55
Figura 4.1.23.1. Distribución de acero de refuerzo en vigas de techo de cisterna de agua tratada. ....	56
Figura 4.1.23.2. Colocación de acero en losa de techo de tanque ecualizador. .	57
Figura 4.1.25. Vaciado de concreto en losa de techo de tanque ecualizador. ....	58
Figura 4.1.27. Curado de losa de techo del tanque ecualizador, nótese .....	59
el agua sobre la superficie de la losa. ....	59
Figura 4.1.28. Impermeabilización exterior del tanque ecualizador. ....	59
Figura 4.1.29. Interior del tanque ecualizador con impermeabilización. ....	61
Figura 4.1.30. Llenado de tanque ecualizador para prueba de estanqueidad. ...	61
Figura 4.1.31.1. Detalle de junta de contracción según indicación de planos. ....	62
Figura 4.1.31.2. Junta con el sellado final. ....	63
Figura 4.1.32. Vista de la cisterna de agua tratada a nivel de suelo posterior al relleno. 63	
Figura 4.2.2.1. Sistema de bombeo abierto del agua de la napa freática. ....	65

Figura 4.2.2.2. Nivel freático alto que dificulta la cimentación de las	65
cámaras de bombeo.	65
Figura 4.2.2.3. Depresión del nivel freático, posterior al bombeo de aguas.	66
Figura 4.2.3.1. Colocación de cama filtrante por material granular y plástico.	66
Figura 4.2.3.2. Vaciado de solado sobre la cama de roca y plástico.	67
Figura 4.2.6. Encofrado de cimentación de cámaras de bombeo.	68
Figura 4.2.9. Armado de acero en muros de cámaras de bombeo, nótese la presencia de aguas del nivel freático.	69
Figura 4.2.10. Sello hidroexpansivo colocado entre el encuentro de la losa de cimentación y la base del muro de cámara de bombeo.	70
Figura 4.2.11. Encofrado de muros de cámaras de bombeo de agua residual y su caudalímetro.	71
Figura 4.2.12. Vaciado de concreto premezclado en muros de las cámaras de bombeo.	72
Figura 4.2.15. Armado de la malla inferior de la losa de las cámaras de bombeo.	73
Figura 4.2.19. Impermeabilizado interior de cámaras de bombeo.	74
Figura 4.2.21. Vista de las cámaras de bombeo a nivel de suelo posterior al relleno.	75
Figura 4.2.22. Instalación de tapas metálicas de inspección en cámaras de bombeo.	76
Figura 5.1. Esquema de aplicación del sello hidroexpansivo SikaSwell S-2.	79
Figura 5.2. Filtración del agua marina en el terreno de trabajo.	79

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

### SÍMBOLO:

%	: Porcentaje.
>	: Mayor.
>=	: Mayor igual.
S/.	: Soles peruanos.
∅	: Diámetro.
@	: Espaciamiento en acero.
”	: Pulgadas.
°	: Grados sexagesimales.

### SIGLA:

m	: Metro.
m <sup>2</sup>	: Metro cuadrado.
m <sup>3</sup>	: Metro cúbico.
cm	: Centímetro.
cm <sup>2</sup>	: Centímetro cuadrado.
cm <sup>3</sup>	: Centímetro cúbico.
s	: Segundos.
g	: Gramos
kg	: Kilogramo.
a/c	: Agua cemento.
ppm	: Partes por millón.
fy	: Esfuerzo de fluencia del acero.
f'c	: Esfuerzo de compresión del concreto.
MS	: Mediana resistencia a los sulfatos (tipo de cemento)
PVC	: Policloruro de vinilo.
PTAR	: Plan de Tratamiento de Agua Residual.
UPV	: Universidad Politécnica de Valencia.
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
EMS	: Estudio de mecánica de suelos.
NTN	: Nivel de terreno natural.
NTP	: Norma Técnica Peruana.

NAF : Nivel de agua freática.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 GENERALIDADES**

El proceso constructivo de cisternas y cámaras de bombeo enterradas de concreto armado de almacenamiento de agua residual, consiste en una secuencia lógica de trabajos los cuales va desde el trazo de la proyección de la estructura sobre el terreno a construir, la excavación, compactación del suelo, ejecución de cimientos, muros, losa de techo, impermeabilización y pruebas correspondientes para el correcto funcionamiento del elemento, para el caso de suelos con regular capacidad de carga como la arena, es necesario realizar el mejoramiento a fin de evitar asentamientos futuros de la estructura, a esto si se le suma la elevada napa freática, habrá que prever las medidas necesarias para resistir la subpresión ejercida por el agua freática exterior, así ante un eventual sismo que pueda provocar un fenómeno de licuefacción del suelo, la estructura sea lo suficientemente resistente y así mitigar daños. El proyecto que se describirá en el presente trabajo nace de la necesidad de trasladar y al mismo tiempo mejorar la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) dentro de la planta agroindustrial TALSA ubicada en el distrito de Salaverry, provincia de Trujillo, hacia una zona estratégica para las operaciones, con el fin de usar el agua tratada para el riego de las áreas verdes internas.

Esta infraestructura forma parte de un sistema que contribuye al tratado de aguas negras, producto del proceso agroindustrial dentro de la planta TALSA, la cual es la empresa agroexportadora líder en la región La Libertad la cual exporta arándanos, palta y espárrago.

### **1.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.**

#### **1.2.1 Problemática de la agroindustria en el Perú.**

El sector agroindustrial tiene como principal actividad la agroexportación, para el caso puntual de TALSA, ubicado en la región de la Libertad, la exportación de arándanos, espárragos y palta.

Este sector al tener una producción masiva de alimentos para la exportación, genera demanda de mano de obra local para los procesos agrícolas e industriales de sus productos, disminuyendo en parte el desempleo de la zona, sin embargo, también existen diversos problemas políticos, sociales y medioambientales lo cual conlleva a manifestaciones y afectaciones a la población del Perú.

Un problema que aqueja en los últimos tiempos al trabajador agroindustrial es el tema de los salarios que reciben y las malas condiciones laborales, que ocurren en muchas empresas agroindustriales del país. Los S/. 39.19 que reciben como jornal diario es el mínimo legal al que se le han sumado los pagos por compensación por tiempo de servicios (CTS) y las gratificaciones. Sobre el punto, se deben señalar al menos tres problemas: el mínimo legal es muy bajo y no alcanza para cubrir las necesidades básicas de una persona, menos aún de una familia; no se pagan horas extras; y se desnaturaliza el carácter de la CTS al incluirse en el pago diario. A esto se suma que los trabajadores tienen que pagar el transporte a y desde el centro de trabajo, su alimentación y la vestimenta y equipos de protección personal. (CEPES,2020).

Mas allá del problema del salario y el cual es un problema de fondo es el modelo de desarrollo agrario del Perú, el cual se puede mencionar a continuación:

- Concentración de la propiedad agraria, el Perú es un país con escasez de tierras agrícolas y una cantidad muy grande de pequeños propietarios.
- Grandes grupos económicos y corporaciones dominan el sector en los principales valles del país, es decir que inversionistas y empresarios mas no agricultores-empresarios son los que predominan.
- Graves externalidades negativas ambientales (sobreexplotación de las aguas subterráneas, contaminación, reducción de la biodiversidad, utilización de energía de hidrocarburos, empobrecimiento de suelos, entre otras).
- Graves externalidades negativas sociales. Dejando de lado los salarios, ¿quién asume los costos de vivienda y servicios urbanos, salud y educación de las familias, muchas de las cuales son migrantes temporales?, ya que, por la naturaleza de la producción, esta es estacional, habiendo temporadas donde no realizan labores.
- Subsidios grandes por parte del estado a las empresas (rebaja en los impuestos, gran infraestructura de irrigación construida por parte del estado, bajos precios en las tierras). (CEPES,2020).

No solo es culpa de las empresas agroindustriales la problemática actual que se observa, sino también es responsabilidad fundamental del estado tener una mejor política de control, ya que este subsidia a las empresas con reducción de impuestos lo cual también debería hacerse para el pequeño agricultor. El estado debe tener una mejor política y no beneficiar más a las empresas agroindustriales,

sino que debería beneficiar al agricultor peruano con mejores condiciones y beneficios, así también debe regular la utilización de las aguas del subsuelo para evitar el colapso de las aguas del subsuelo, e imponer ejemplares sanciones a los que violen las regulaciones de la Ley de Recursos Hídricos.

A diferencia de los agricultores pequeños, las grandes empresas agroexportadoras estas disponen de recursos, producto de las utilidades, que generan cada año debido a las exportaciones a diversos países del mundo, así como el apoyo que recibe del estado con las exoneraciones de impuestos y las grandes obras que se ejecutan, estos recursos le sirven para mejorar su tecnología y mejorar su producción, estos beneficios son por ejemplo mejora en sus equipos de producción, mejor infraestructura, obras de irrigación y de complemento para las operaciones.

En este caso puntual se habla de la construcción de cisternas y cámaras de bombeo enterradas de concreto armado, como parte de la reubicación de la Planta de Tratamiento Aguas Residuales (PTAR), de la empresa TALSA, este tipo obras no puede ser ejecutadas por un agricultor pequeño, ya que no cuenta con los conocimientos, la ayuda técnica ni los recursos económicos para que la pueda implementar y mejorar su producción o evite generar un daño ambiental, esto sin embargo debería ser iniciativa del Estado para así contribuir a la mejora de la producción del pequeño agricultor.

### 1.2.2 Problemática del proyecto.

Como ya se ha mencionado anteriormente el problema nace de la necesidad de realizar un traslado y mejora de la Planta de Tratamiento de Aguas Residual (PTAR) dentro de la planta TALSA, lo que conlleva a la concepción y ejecución de una obra dentro de las instalaciones de la planta agroindustrial, este terreno y condiciones medioambientales así como la presencia de napa freática por su cercanía al mar y la infiltración de las aguas marinas, hizo que se busque soluciones para que el proceso constructivo se ejecute de la manera correcta bajo las condiciones antes mencionadas.

La construcción de cisternas y cámaras de bombeo enterradas de concreto armado sobre suelo arenoso con agentes agresivos al concreto y napa freática alta genera dos situaciones la cual se describe a continuación.

- a. La cisterna de agua tratada y el tanque ecualizador ambos enterrados, se construirán sobre un suelo de arena uniforme, donde la capacidad de

carga es pobre, por lo que se requiere la realización de un mejoramiento de suelo y a su vez se usa un material de construcción que sea lo suficientemente resistente a los agentes agresivos que contiene este tipo de suelo, cabe mencionar también que el diseño estructural obedece a las condiciones la capacidad del suelo arenoso.

- b. Las cámaras de bombeo por tener una cota de base mucho más bajas que las cisternas, se debe cimentar en condiciones de napa freática alta, el cual impediría la construcción en seco y a su vez se debe buscar el mejoramiento del terreno arenoso, así mismo ante una sollicitación sísmica dicha combinación podría generar un fenómeno de licuefacción de los suelos, ante esta problemática se buscó una solución constructiva adecuada para lograr la construcción de las estructuras.

#### *1.2.2.1 Problema general*

¿Qué medidas permitieron superar las dificultades presentadas durante la construcción de cisternas enterradas y cámaras de bombeo de concreto armado monolítico para aguas residuales sobre suelo arenoso con agentes agresivos al concreto y napa freática alta?

#### *1.2.2.2 Problemas específicos*

¿Cuál fue la solución para superar las dificultades que se presentaron en el proceso de excavación en la construcción de cisternas enterradas de concreto armado monolítico y cámaras de bombeo para aguas residuales sobre suelo arenoso con agentes agresivos al concreto, y el nivel de napa freática alta?

¿De qué manera se superó los inconvenientes presentados durante la depresión de la napa freática que impedía la ejecutar la construcción de las cámaras de bombeo de concreto armado?

¿De qué forma se superó el problema de la elección del sistema de encofrados con el propósito de disminuir tiempos y costos durante la construcción de cisternas y cámaras de bombeo para aguas residuales enterradas de concreto armado monolítico sobre suelos arenosos con agentes agresivos al concreto, así como con nivel de napa freática alta?

### 1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

#### 1.3.1 Objetivo general.

Elaborar un informe analítico descriptivo sobre los problemas presentados y soluciones propuestas durante el proceso constructivo de cisternas y cámaras de bombeo para agua residuales enterradas de concreto armado, sobre suelo arenoso con agentes agresivos al concreto, así como el alto nivel de aguas de la napa freática.

#### 1.3.2 Objetivos específicos.

- Analizar las disposiciones aplicadas para la superación de los inconvenientes presentados en el proceso de excavación de las cisternas y cámaras de bombeo de agua residual.
- Analizar las medidas aplicadas para superar las dificultades en la depresión de la napa freática a fin de poder realizar la excavación de la cámara de bombeo.
- Analizar las medidas ejecutadas para superar las dificultades en la elección del sistema de encofrado a fin de lograr disminuir tiempos y costos en la ejecución de las cisternas de agua residual y cámara de bombeo.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

### **2.1 SUBPRESIÓN DE SUELOS**

Cuando el nivel de agua freática pueda causar una subpresión en la base del depósito, antes de iniciar la construcción de la cimentación, se colocarán filtros y drenes para desalojar dicha agua.

Asimismo, será necesario mantener un bombeo constante durante la excavación y la construcción de la cimentación. Así, al mismo tiempo que se intenta suprimir el agua freática se propicia que se trabaje en seco, evitándose la posible flotación del depósito cuando éste se encuentre vacío. Deberán seguirse las recomendaciones del estudio de geotecnia. (Pavón, 2001)

### **2.2 NAPA FREÁTICA**

Las aguas subterráneas están situadas por debajo de la superficie del suelo, en los espacios porosos y en las fracturas de las formaciones rocosas. Una unidad de roca o un depósito no consolidado se denomina Acuífero cuando se puede producir una cantidad de agua utilizable. La profundidad a la que los espacios de los poros del suelo o las fracturas y los vacíos en la roca a ser completamente saturados de agua se llama napa freática. (Puemape, 2015)

### **2.3 SUELOS DE ARENA UNIFORME**

Los suelos de arena uniforme son aquellos que se caracterizan por presentar una compacidad semi densa con estructura tipo no cohesiva y partículas angulosas, generalmente estos materiales en este estado poseen regular capacidad de carga. (Huertas Ingenieros, 2017)

### **2.4 LICUEFACCIÓN DE SUELOS**

Fenómeno causado por la vibración de los sismos en los suelos granulares saturados y que produce el incremento de la presión del agua dentro del suelo con la consecuente reducción de la tensión efectiva. La licuación reduce la capacidad de carga y la rigidez del suelo. Dependiendo del estado del suelo granular saturado al ocurrir la licuación se produce el hundimiento y colapso de las estructuras cimentadas sobre dicho suelo. (Norma Técnica E050 Suelos y Cimentaciones-RNE, 2018)

## 2.5 TÉCNICAS DE CONTROL DE NIVEL FREÁTICO EN EXCAVACIONES

Cuando se realiza una excavación en un terreno donde existe napa freática, la presencia de agua subterránea siempre provoca problemas. No solo dificulta el desarrollo de los trabajos, sino que también debilita los taludes o el fondo, comprometiendo su estabilidad.

Las aguas interfieren el desarrollo de los trabajos, por lo que hay que evitar que lleguen a los tajos mediante captaciones locales, ataguía, canaletas, drenajes, etc., evacuándolas por gravedad, y reduciendo el bombeo a lo estrictamente necesario.

Todas las técnicas que permiten excavar en presencia de agua, tanto sea creando barreras impermeables al abrigo de las cuales es posible drenar la excavación, o bien extrayendo el agua con un caudal mayor al que el terreno puede proporcionar, se van a denominar técnicas de control del nivel freático. No obstante, y en términos estrictos, el “control del nivel freático” (dewatering) solo se debería aplicar a acuíferos libres formados por suelos de grano grueso. En acuíferos libres de grano fino o en acuíferos confinados deberíamos hablar de “control de la presión intersticial” (pore water pressure).

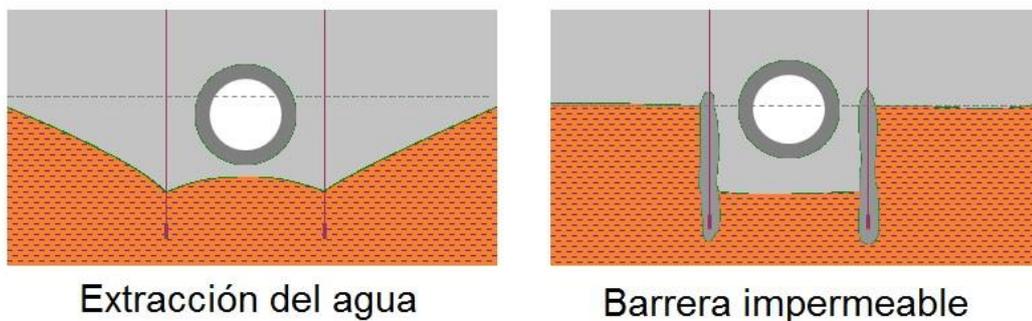


Figura 2.5.1. Posibilidades de control del nivel freático mediante extracción del agua o por barreras impermeables.

Fuente: Yepes, Blog UPV.

En la siguiente clasificación, la contención del agua se realiza mediante barreras físicas como ataguías o pantallas, o bien mediante métodos de exclusión; mientras que el drenaje se puede realizar antes o durante la excavación, diferenciando de esta forma el agotamiento del rebajamiento del nivel freático.

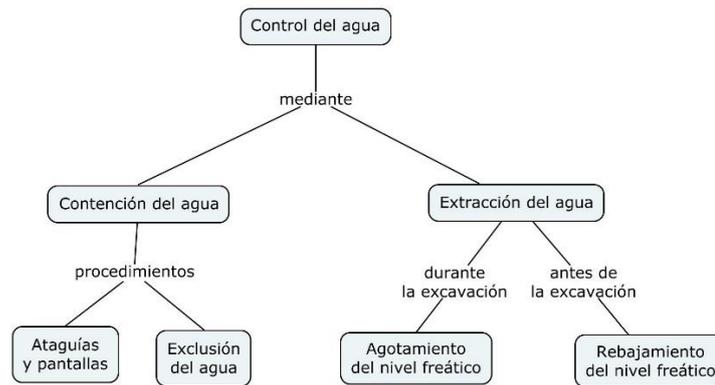


Figura 2.5.2. Clasificación de las técnicas de control del agua.  
Fuente: Yepes, Blog UPV.

En el caso de la extracción del agua, tenemos dos posibilidades en función del momento en que realiza en relación con la excavación:

- Agotamiento del nivel freático, cuando se evacua el agua que se filtra al recinto de la excavación conduciéndola a una zanja o un sumidero, donde se bombea. Las filtraciones se controlan y evacúan durante la excavación, sin depresión previa del freático.
- Rebajamiento del nivel freático, cuando se hace descender el nivel freático por debajo de los taludes y el fondo del recinto de la excavación. Se controla y evacua el agua antes de la excavación.

El procedimiento a utilizar depende de los caudales a bombear, que a su vez dependen de la importancia de los acuíferos y del coeficiente de permeabilidad del terreno. Normalmente el rebajamiento es preferible al agotamiento directo, entre otras, por las siguientes razones:

- En el caso del agotamiento, el recinto excavado está más o menos blando y encharcado, lo cual dificulta el paso de operarios y maquinaria. Con un rebajamiento previo, la excavación puede realizarse prácticamente en seco e incluso con un terreno ligeramente cohesionado debido a las fuerzas capilares. Además, es más sencillo excavar y transportar un terreno más bien seco que empapado.
- El agotamiento puede provocar sifonamiento y tubificación, puede descomprimir el terreno o degradarlo por arrastre de finos, convirtiéndolo en colapsable.
- El rebajamiento contribuye a aumentar la estabilidad de los taludes y disminuye los empujes sobre las estructuras de contención (entibación,

pantallas o tablestacas). El rebajamiento puede utilizarse, incluso, para aumentar la presión efectiva y provocar su consolidación.

Pero también existen algunos inconvenientes con el rebajamiento del nivel freático:

- Si falla el dispositivo que mantiene el rebajamiento, puede entrar en poco tiempo agua en la excavación, desmoronándose taludes o levantando el fondo.
- Como el rebajamiento no se realiza en un área muy concreta, en los alrededores se producirá un aumento de las tensiones efectivas, y, por tanto, asientos que pueden producir daños en estructuras próximas. (Yepes, Blog UPV, 2020)

## 2.6 GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES.

Según la ley 29664, en su artículo 3 define lo siguiente.

La Gestión del Riesgo de Desastres es un proceso social cuyo fin último es la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible.

Sin embargo, se debe diferenciar la gestión de riesgos de desastres antes (etapa de proyecto), durante (ejecución de obra) y después (puesta en marcha y operatividad de la infraestructura) de la ejecución de obra, para su aplicabilidad y el desempeño de la infraestructura en el tiempo para la que fue ejecutada. Estos aspectos deben ser considerados en estas tres etapas características de las obras de construcción, según la necesidad para la cual se está ejecutando, la ubicación de la cual dependerá los factores medioambientales y de terreno, así como los materiales de los cuales serán parte física de la estructura.

## 2.7 CISTERNAS ENTERRADAS

Las cisternas enterradas se construyen totalmente bajo la superficie del terreno. Se emplean cuando el terreno de desplante es adecuado para el funcionamiento hidráulico de la red de distribución y cuando es necesario excavar hasta encontrar un estrato de soporte más resistente. Tienen la ventaja de conservar el agua a resguardo de las grandes variaciones de temperatura; no alteran el paisaje y sus

cubiertas pueden utilizarse para las más diversas funciones, tales como: áreas verdes, canchas de juego para básquetbol, tenis, etc.; e incluso como helipuertos. Sus inconvenientes son el tener que efectuar excavaciones costosas, la dificultad de observar y mantener las instalaciones de conexión del abastecimiento y la red de distribución, así como, la dificultad para descubrir las posibles filtraciones y fugas del líquido. (Onofre, 2014).

## 2.8 CISTERNAS DE CONCRETO ARMADO

Gran parte de los depósitos para el almacenamiento del agua se construyen de concreto armado, de hecho, es el material de construcción más se utiliza en el mundo para este tipo de estructuras. Muchas son las ventajas que tienen las cisternas de concreto armado sobre otros materiales, algunas son la impermeabilidad que por sí misma contiene el concreto bien dosificado y compactado; requiere un mantenimiento mínimo, posee una gran resistencia al ataque de los agentes químicos según el tipo de cemento que se use y al intemperismo por mencionar algunas. Sin embargo, la impermeabilidad de los depósitos se ve afectada por la secuencia de la construcción, así como la ubicación y el detallado de las juntas. El concreto terminado tiene la gran ventaja de que se le puede dar la forma deseada, tan sólo con preparar los encofrados para tal objeto. Otra ventaja del concreto es la de poder establecer a voluntad la resistencia de proyecto, dentro de ciertos límites máximos, lo cual se logra mediante la dosificación apropiada de los ingredientes: agregados, cemento, agua y aditivos. (Onofre, 2014).

## 2.9 ESTRUCTURACIÓN DE LAS CISTERNAS

Es de primordial importancia que las cisternas para el almacenamiento de agua se mantengan impermeables a la filtración del agua. Se evitará, asimismo, la contaminación del agua potable por el contacto con el agua freática, así como la contaminación de los mantos acuíferos si se trata de aguas residuales. Las cisternas se componen de diversos elementos, como son:

- Muros que soportan los empujes de agua y de tierra; así como las fuerzas provocadas por el sismo y el viento.
- Cimentaciones que pueden consistir de zapatas corridas bajo los muros o una losa que ejerza una función estructural y que, al mismo tiempo, constituya el piso o fondo de los tanques.

- Pisos o fondos, los cuales pueden ser una losa estructural o una membrana impermeable de concreto.
  - Cubiertas o tapas en las ventanas de inspección.
- Accesorios tales como: escaleras, tuberías, válvulas, etc. (Onofre, 2014).

## 2.10 CÁMARA DE BOMBEO

Las cámaras de bombeo son instalaciones, construidas y equipadas para transportar el agua residual del nivel de succión o de llegada a las unidades de tratamiento, al nivel superior o de salida de la misma. Las estaciones de bombeo de aguas residuales son necesarias para elevar y/o transportar, cuando la disposición final del flujo por gravedad ya no es posible. En terrenos planos, los colectores que transportan el agua residual hacia la estación de tratamiento se pueden profundizar de tal modo que se tornaría impracticable la disposición final sólo por gravedad. Las tuberías de alcantarillado, al funcionar como conductos libres, necesitan tener cierta pendiente que permita el escurrimiento por gravedad, situación que en terrenos planos ocasiona que las mismas, en si desarrollo, cada vez sean más profundas. (Eddyhrbs, 2012)

## CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICA DE LAS ESTRUCTURAS EJECUTADAS EN EL PROYECTO

### 3.1 ÁMBITOS DEL PROYECTO.

#### 3.1.1 Ubicación.

El proyecto donde se ejecutan las obras de concreto armado (tanques cisternas y cámaras de bombeo) está ubicado dentro de la planta agroindustrial TAL S.A en el Km 2.5 de la autopista a Salaverry, distrito de Salaverry, provincia de Trujillo, región la Libertad.

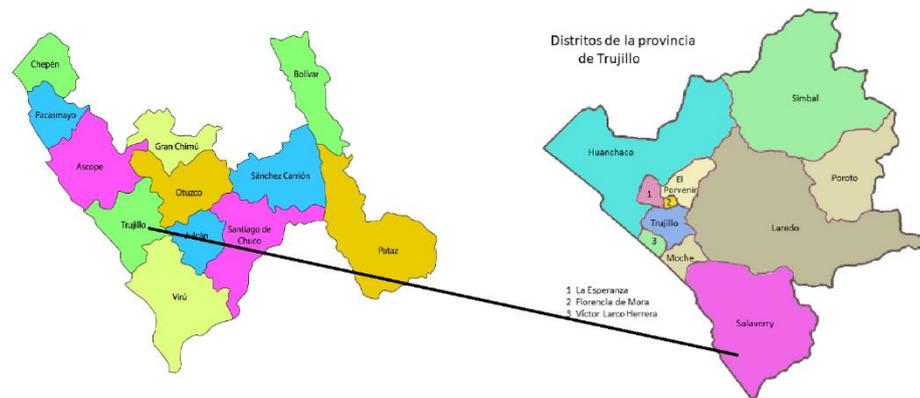


Figura 3.1.1. Ubicación geográfica del proyecto.  
Fuente: web familysearch

#### 3.1.2 Descripción de la ejecución de las estructuras.

Las estructuras fueron diseñadas y construidas según la necesidad del cliente y siguiendo las especificaciones técnicas figuradas en el expediente técnico y planos del proyecto, así como las recomendaciones de supervisión y los especialistas que lideraron la obra, cabe resaltar que las estructuras que describirán en el presente trabajo pertenecen a un conjunto de obras que se ejecutaron dentro de la planta TAL SA adjudicadas a la empresa con la cual se llevó a cabo este proyecto, a continuación se describe las características técnicas de las estructuras.

##### 3.1.2.1 Cisterna de agua tratada.

El proyecto es complemento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que, como lo indica su nombre, tiene el objetivo de tratar las aguas residuales que se generan en las instalaciones de la Planta Empacadora.

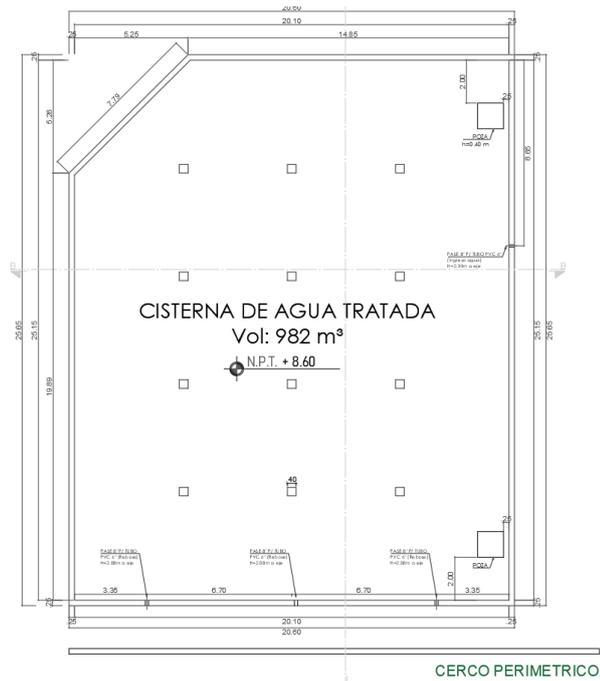


Figura 3.1.2. Vista en planta de la arquitectura de la cisterna de agua tratada.  
Fuente: Plano de arquitectura de la cisterna de agua tratada construida.

### 3.1.2.2 Tanque ecualizador.

Esta estructura es enterrada. La estructura principal es de concreto armado, los muros son de 25 cm de espesor. La losa de techo y vigas son de concreto armado y el piso de igual manera. Se disponen tapas de inspección metálicas para mantenimiento.

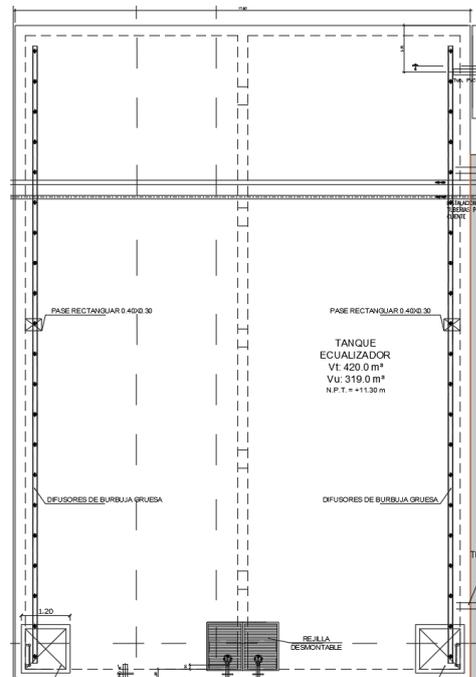


Figura 3.1.3. Vista en planta de la arquitectura del tanque ecualizador.  
Fuente: Plano de arquitectura del tanque ecualizador construido.

### 3.1.2.3 Cámara de bombeo.

El proyecto es complemento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que, como lo indica su nombre, tiene como objetivo elevar el agua servidas de un nivel de los buzones a un nivel más elevado de la planta de tratamiento.

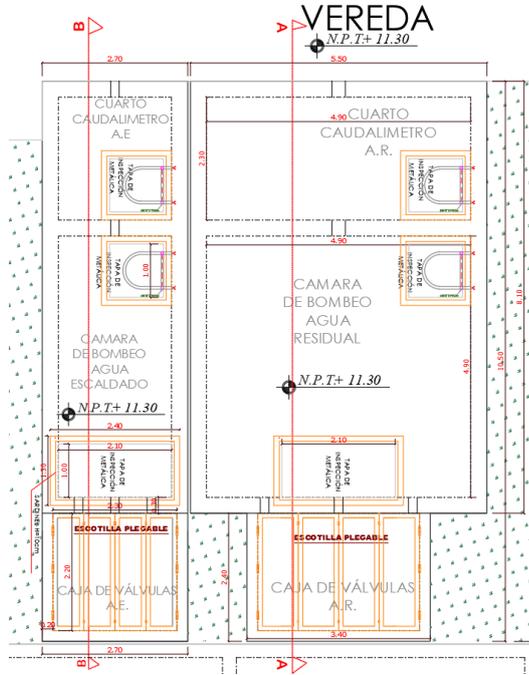


Figura 3.1.4. Vista en planta de la arquitectura de las cámaras de bombeo.  
Fuente: Plano de arquitectura de las cámaras de bombeo construidas.

Cuadro N° 3.1.2 Linderos y medidas perimétricas.

Estructura	Frente (m)	Costado izquierdo (m)	Costado derecho (m)	Fondo (m)	Perímetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Cisterna de agua tratada	22.89	20.14	25.65	20.60	91.28	513.22
Tanque ecualizador	11.20	16.20	16.20	11.20	54.80	181.44
<b>ESTACION DE BOMBEO</b>						
Cámara de bombeo	8.25	8.10	8.10	8.25	32.70	66.83
Caja de válvula izquierda	2.70	2.40	2.40	2.70	10.20	6.48
Caja de válvula derecha	3.40	2.40	2.40	2.70	10.20	6.48

Fuente: Expediente técnico del proyecto.

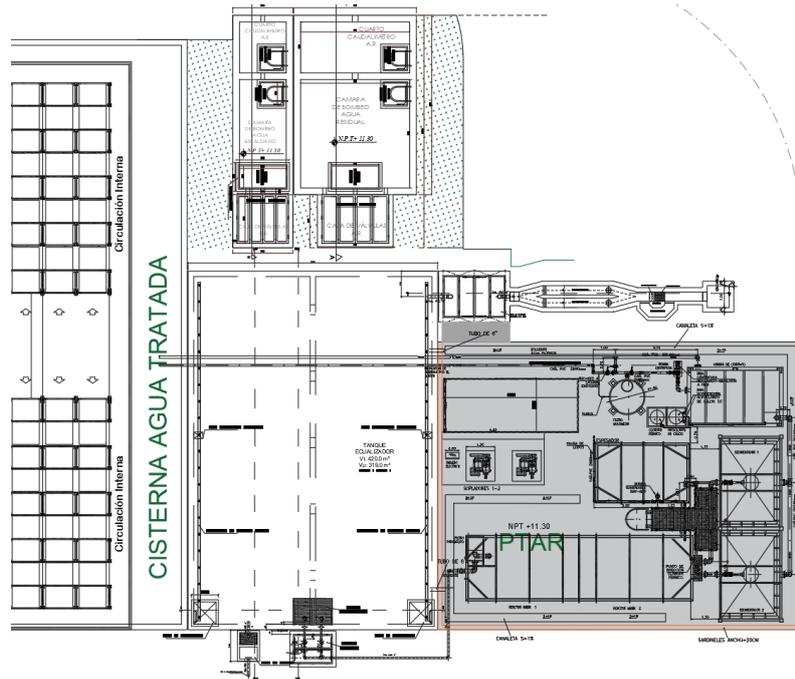


Figura 3.1.5. Vista en planta del sistema de tratamiento de agua residual TALSA.  
Fuente: Plano de arquitectura del proyecto construido.

### 3.2 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

#### 3.2.1 Sondajes realizados.

Se realizaron 07 sondajes de exploración subterránea (04 Calicatas + 03 Pruebas de DPL), distribuidos en el terreno de acuerdo al proyecto de arquitectura. Las cotas del terreno están referenciadas a cotas absolutas que coinciden con la información brindada por el solicitante.

Cuadro N° 3.2.1 Cuadro de sondajes realizados en el estudio de campo.

Sondaje	Tipo de Sondaje	Profundidad(m)	Muestras extraídas	Prof. del NAF (m)	Cota (m.s. n.m.)
C-1	Calicata	3.00	1	2.45	9.50
C-2	Calicata	3.00	1	No presenta	12.00
C-3	Calicata	3.00	1	No presenta	11.00
C-4	Calicata	3.00	1	No presenta	11.00
DPL-1	Auscultación	4.10	0	No presenta	9.50
DPL-2	Auscultación	4.10	0	No presenta	12.00
DPL-3	Auscultación	4.10	0	No presenta	11.00

Fuente: EMS separación de plantas TALSA.

Siendo la calicata C-2 y DPL2 los sondajes pertenecientes a las cisternas de agua tratada y cámaras de bombeo de agua residual.

### 3.2.2 Presencia de nivel freático.

En la zona de la calicata C-1, a una profundidad de -2.45 m del nivel del terreno se encontró presencia de nivel freático.

### 3.2.3 Ensayos de laboratorio.

Se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio a las muestras obtenidas.

- Contenido de humedad (NTP 339.127).
- Análisis granulométrico (NTP 339.128).
- Clasificación Unificada de Suelos (SUCS) (NTP 339.134)
- Descripción Visual-Manual (NTP 339.150)
- Contenido de Sales Solubles Totales en Suelos y Agua Subterránea (NTP 339.152)
- Prueba de DPL (NTE 339.159)

Pudiendo obtener los siguientes resultados.

Cuadro N° 3.2.2 Cuadro resumen de los estratos encontrados con sus principales propiedades

Muestra	SUCS	Prof.(m)	Cont. De Hum (%)	Porcentaje de muestra de:			Límite de consistencia		
				Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)
C-1, M-1	SP	0.70-3.00	9.85	0.00%	96.56%	3.45%	No presenta	No presenta	No presenta
C-2, M-1	SP	0.30-3.00	4.51	0.00%	95.44%	4.56%	No presenta	No presenta	No presenta
C-3, M-1	SP	1.20-2.50	4.23	0.00%	96.56%	3.44%	No presenta	No presenta	No presenta
C-4, M-1	SP	0.20-3.00	3.78	0.00%	95.89%	4.11%	No presenta	No presenta	No presenta

Fuente: EMS separación de plantas TALSA.

### 3.2.4 Descripción de los suelos.

Como resultado de los trabajos de campo se pudo establecer los materiales que conforman los subsuelos en la siguiente distribución.

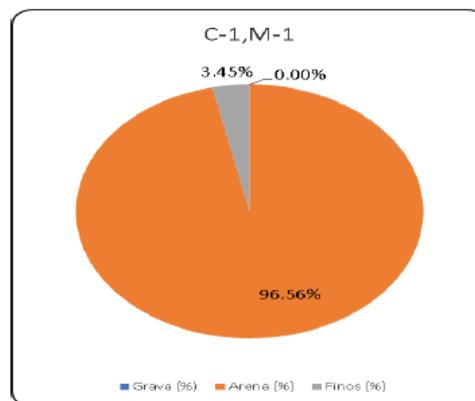


Figura 3.2. Porcentajes de suelos en suelo de apoyo.  
Fuente: EMS separación de plantas TALSA.

### 3.2.5 Estratos encontrados.

Según lo hallado referente a las calicatas elaboradas, ensayos de laboratorio e información recopilada, se tiene los siguientes perfiles estratigráficos.

Cuadro N° 3.2.5 Cuadro de resumen de resultados de calicata C-1

Nivel de desplante de calicata C-1 (m)	Tipo de Suelo (SUCS)	Descripción
0.00 – 0.70	OL	Material de relleno orgánico con presencia de raíces y plantas
0.70 – 3.00	SP	Arena uniforme, color beige claro, parcialmente seco y partículas angulosas. Hay presencia del nivel freático. (-2.45 m)

Fuente: EMS separación de plantas TALSA.

Cuadro N° 3.2.6 Cuadro de resumen de resultados de calicata C-2

Nivel de desplante de calicata C-2 (m)	Tipo de Suelo (SUCS)	Descripción
0.00 – 0.30	OL	Material de relleno orgánico con presencia de raíces y plantas
0.30 – 3.00	SP	Arena uniforme, color beige claro, parcialmente seco y partículas angulosas. No hay presencia del nivel freático.

Fuente: EMS separación de plantas TALSA.

Cuadro N° 3.2.7 Cuadro de resumen de resultados de calicata C-3

Nivel de desplante de calicata C-3 (m)	Tipo de Suelo (SUCS)	Descripción
0.00 – 1.20	OL	Material de relleno orgánico con presencia de raíces y plantas
1.20 – 2.50	SP	Arena uniforme, color beige claro, parcialmente seco y partículas angulosas. No hay presencia del nivel freático.

Fuente: EMS separación de plantas TALSA.

Cuadro N° 3.2.8 Cuadro de resumen de resultados de calicata C-4

Nivel de desplante de calicata C-4 (m)	Tipo de Suelo (SUCS)	Descripción
0.00 – 0.20	OL	Material de relleno orgánico con presencia de raíces y plantas.
0.20 – 3.00	SP	Arena uniforme, color beige claro, parcialmente seco y partículas angulosas. No hay presencia del nivel freático.

Fuente: EMS separación de plantas TALSA.

Así mismo a continuación se muestra el perfil estratigráfico en la siguiente figura.

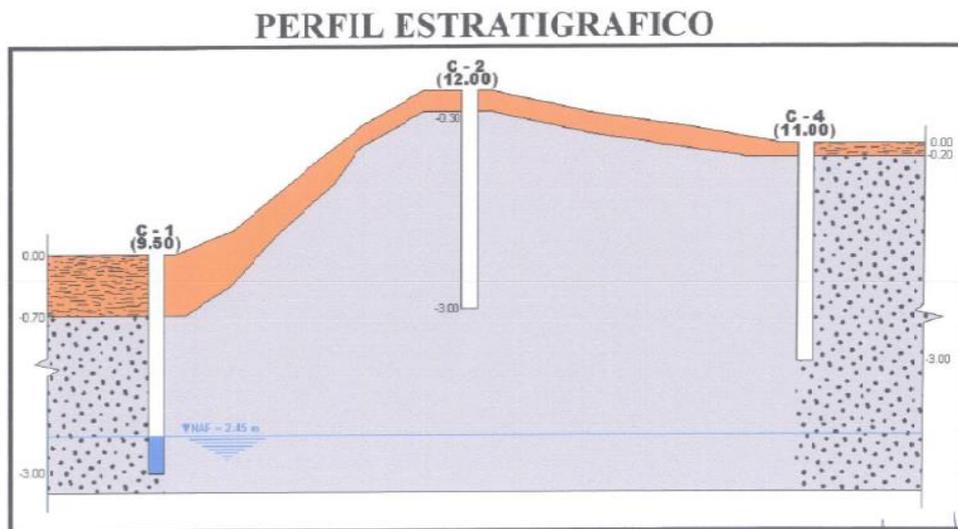


Figura 3.3. Perfil estratigráfico de los suelos.  
Fuente: EMS separación de plantas TALSA.

### 3.2.6 Descripción del suelo de fundación.

El suelo estudiado donde se cimentarán las estructuras de desarrolla a partir de -0.70 m desde el nivel de terreno natural, presentándose como una arena uniforme (SP), se encuentra en un estado de compacidad semi densa con estructura tipo no cohesiva y partículas angulosas. Generalmente estos materiales en este estado poseen regular capacidad de carga; el diseño estructural será proyectado en base a las cargas que llegan a la cimentación por medio de las columnas y/o muros estructurales.

Se detectó presencia se severa cantidad de sales solubles totales, por lo que se recomendó usar cemento tipo V o similar en el diseño de las cimentaciones. En los cálculos el agua freática satura el suelo de apoyo, por lo que se estima que la cimentación estará en la condición de parcialmente saturada y drenada en toda su vida útil ( $c = 0$ ,  $\phi \neq 0$ )

<b>Principales Parámetros</b>	
Tipo de Suelo: <b>Arena uniforme (SP)</b>	
Desarrollo: Desde 0.70 m del nivel del terreno natural, NTN.	
Contenido de humedad:	9.85 %
Peso Específico:	1.65 g/cm <sup>3</sup>
Cohesión:	0.00 kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de Fricción interna:	30 °
Permeabilidad:	2.10E-02 cm/seg
Módulo Elástico:	120 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Poisson:	0.25
Módulo de Corte:	48 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente de Balasto:	1.58 kg/cm <sup>3</sup>
Velocidad de Onda de Corte:	166 m/seg

Figura 3.4. Principales parámetros del terreno de fundación.  
Fuente: EMS separación de plantas TALSA.

### 3.2.7 Problemas especiales del suelo de fundación.

#### 3.2.7.1 Agresividad de los suelos de fundación.

La agresividad del suelo hacia el concreto y el acero de refuerzo de las estructuras, está directamente relacionado con la presencia de los elementos químicos en el terreno de fundación, los cuales causan efectos nocivos y hasta destructivos sobre las estructuras (sulfatos y cloruros principalmente).

Cuadro N° 3.2.9 Resultados obtenidos de las muestras estudiadas.

Muestra	Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) (ppm)	Cloruros (Cl) (ppm)	Sales Solubles Totales (ppm)	Exposición del concreto	Tipo de cemento
C-1, M-1	2164	2447	2419	Severo	V

Fuente: EMS separación de plantas TALSA.

En base a los valores máximos permitidos se puede comprobar que el suelo de apoyo presenta un ataque químico del suelo del tipo: **MODERADA**.

Cuadro N° 3.2.10 Valores máximos de agentes que atacan a los materiales constructivos.

Presencia en el suelo	ppm	Grado de alteración	Observaciones
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	0 – 150	Leve	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
	150 – 1500	Moderado	
	1500 – 10000	Severo	
	>10000	Muy severo	
Cloruros (Cl)	>6,000	Perjudicial	Corrosión en armaduras
Sales Solubles Totales	>15,000	Perjudicial	Perdida. de resistencia mecánica (lixiviación)

Fuente: EMS separación de plantas TALSA.

De lo antes mencionado por lo tanto se recomienda usar **CEMENTO TIPO V O SIMILAR**, en las obras cimentación, recomendándose además tener en cuenta lo indicado el capítulo 5.0 de las Normas E.060 (concreto en obra), respecto al mezclado, transporte, colocación, consolidación, protección y curado del concreto.

### 3.2.7.2 Parámetros para diseño de las obras de sostenimiento

En la obra se debe tomar las precauciones debidas para la protección de las paredes de las excavaciones y cimientos de las estructuras que limitan con el proyecto, mediante entibaciones y/o calzaduras con la finalidad de proteger a los operarios y evitar daños a terceros conforme lo indica la Norma E.050.

### 3.2.7.3 Suelos expansivos

Según la E.050 del R.N.E, los suelos expansivos se presentan en suelos cohesivos con bajo grado de saturación y plasticidad alta (Límite Líquido  $\geq 50$ ). Según los estudios realizados al terreno se presenta suelos del tipo arena uniforme, los cuales **NO PRESENTAN** problemas de expansión de los suelos.

### 3.2.7.4 Suelos colapsables

Según la E.050 del R.N.E, la relación entre los Suelos Colapsables y No Colapsables y los parámetros de Límite Líquido y Densidad Natural Seca se muestran en la figura 3.5, para el caso del suelo del proyecto al ser un suelo grueso no presenta límites de consistencia y esta no posee cohesión entre sus partículas, por lo tanto, el suelo es **NO COLAPSABLE**.

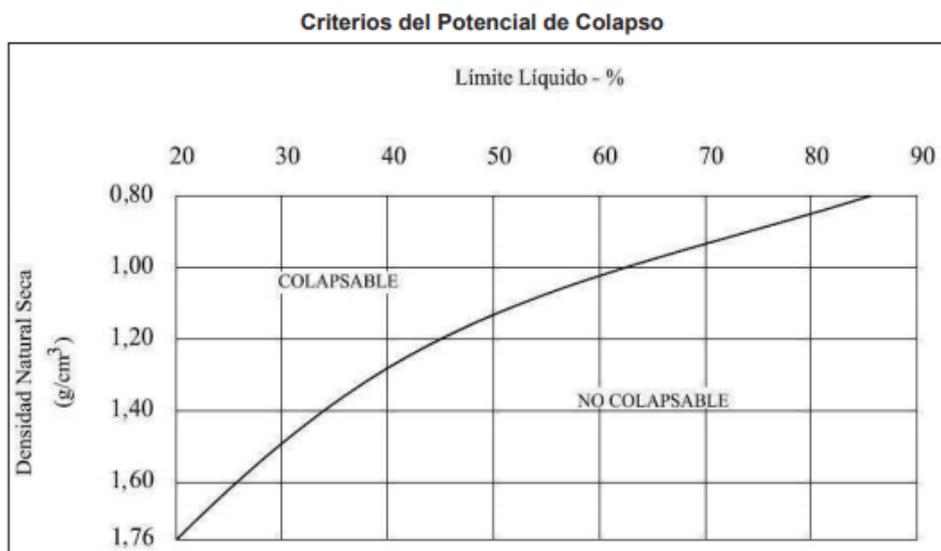


Figura 3.5. Criterios del potencial de colapso según la E.050.  
 Fuente: EMS separación de plantas TALSA.

### 3.2.7.5 Licuefacción de los suelos

Según la E.050 del R.N.E, en suelos granulares y en algunos suelos granulares con finos cohesivos ubicados bajo la Napa Freática, las vibraciones de los sismos

pueden generar el fenómeno denominado Licuación, el cual consiste en la pérdida momentánea de la resistencia al corte del suelo, como consecuencia del incremento de la presión de poros que se genera en el agua contenida en sus vacíos. Dado que los suelos de la zona están constituidos principalmente por Arenas uniformes y al realizar los cálculos correspondientes se pudo concluir que los suelos de la zona en estudio **NO PRESENTA EL FENOMENO DE LICUACION** (Norma Técnica E050 Suelos y Cimentaciones-RNE, 2018).

### 3.3 CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS.

#### 3.3.1 MATERIAL CONSTRUCTIVO.

El material predominante es el concreto donde la resistencia depende del tipo de estructura y el uso que tendrá, dicho concreto esta reforzado con acero corrugado grado 60 y un  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

Como parte de los accesorios para las cisternas y cámaras de bombeo se usó materiales como fierro negro con base epóxica y pintura anticorrosiva en las ventanas de inspección, así como escaleras de acero inoxidable y tuberías de PVC para la canalización de las instalaciones sanitarias y eléctricas que complementan a las estructuras.



Figura 3.6. Colocación de concreto premezclado sobre una armadura de acero para posteriormente formar una estructura de concreto armado.

Fuente: ANDINA/Difusión.

#### 3.3.2 SISTEMA CONSTRUCTIVO.

Las estructuras fueron construidas en base a sobre cimientos, muros, columnas y vigas de concreto armado.

### 3.3.3 ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

#### 3.3.3.1 *Cimentación.*

Se excavaron zanjas, para la cimentación de 0.75 m. de ancho por 0.30 m en Agua tratada y Tanque equalizador, para la cimentación de Cámara de bombeo de 0.40 m de ancho por 0.40 de alto, en Caudalímetro de 0.40 m de ancho por 0.30 m de alto y, de concreto armado según especificación de planos

#### 3.3.3.2 *Muros.*

Los muros fueron placas de concreto armado y vaciados en un solo tiempo para alturas de 2.10 m y en dos tiempos para alturas mayores a 2.10m, según especificaciones de planos.

#### 3.3.3.3 *Vigas.*

Todas las vigas fueron peraltadas de concreto armado según indicación de planos.

#### 3.3.3.4 *Techo.*

Fue de concreto armado, dejando pases y ventanas de inspección futura con tapas metálicas, según especificación indicadas en planos.

#### 3.3.3.5 *Instalaciones sanitarias.*

Red de desagüe. - Se ejecutó instalación interna como externa en cuarto de bombas, tanto como en reboses de cisterna como en derivación de aguas.

#### 3.3.3.6 *Instalaciones eléctricas.*

Se tendió un sistema de tuberías de PVC para las instalaciones eléctricas como complemento a la PTAR.

### 3.4 EVENTOS POTENCIALES DE DESASTRES NATURALES EN EL PROYECTO Y LA GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES.

En caso de sismo el diseño cumple con los análisis realizados según el terreno y los esfuerzos el cual estará sometido la infraestructura, así mismo se ha realizado el cálculo correspondiente según la zonificación del proyecto en base la norma de diseño sismorresistente E.030, para la ciudad de Trujillo correspondería a la zona 4, la edificación es considerada de tipo esencial por ser una estructura que forma parte de una planta de tratamiento de agua, el suelo por ser una arena uniforme se considera de tipo de suelo intermedio .

Otro riesgo potencial del cual se puede comentar al respecto por la napa freática alta dada por la cercanía a las costas del Océano Pacífico, es el fenómeno de licuefacción, sin embargo, según el Estudio de Mecánica de Suelos por ser una arena uniforme, en la zona no presenta fenómeno de licuefacción según los cálculos realizado en el mencionado estudio.

Dada la ubicación del proyecto por ser una zona costera de mucha cercanía al mar existe riesgo de que ocurra oleaje anómalo lo cual genera olas de tamaño mayor a lo normal, sin embargo, por la distancia a la costa para que las aguas marinas alcancen a las estructuras ejecutadas tendría que darse un tsunami el cual se generaría a partir de un terremoto en el fondo marino lo cual generaría olas lo suficientemente altas para que ocurra una inundación.

Todos estos riesgos potenciales dados según las características del proyecto conllevan a tener una gestión de riesgos de desastres, tanto antes, durante y después de la ejecución de la obra, lo cual plantea soluciones y métodos constructivos con el fin de que la estructura final para la cual se ejecuta, en este caso cisternas y cámara de bombeo para tratamiento de aguas residuales, según la definición de gestión de desastres, se debe analizar la concepción del proyecto y que soluciones se han planteado para cubrir la necesidad para la cual se lleva a cabo la ejecución de la obra de modo que al momento de realizar la ejecución y post operación, esta conlleve a evitar o mitigar los desastres naturales que se pueden producir como los antes ya mencionados.

### 3.5 PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DEL PROYECTO.

El presupuesto de la ejecución de las estructuras descritas fue de **S/. 1,612,354.03** para la cisterna de agua tratada y el tanque ecualizador solamente se generó un adicional de **S/. 373,884.31** por las cámaras de bombeo, sumando un total de **S/. 1,986,238.34** incluido el Impuesto General a las Ventas (I.G.V), y teniendo una duración total de 100 días calendarios.

El detalle del presupuesto mencionado y cronograma se muestra en los anexos adjunto.

## **CAPITULO IV: PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE CISTERNAS Y CÁMARA DE BOMBEO EN LA PLANTA TALSA**

### **4.1 CISTERNA DE AGUA TRATADA Y TANQUE ECUALIZADOR.**

Dado que estas estructuras son adyacentes la construcción fue muy similar y casi al mismo tiempo por lo que se va detallar el procedimiento constructivo de ambas estructuras en el siguiente orden de partidas.

#### **4.1.1 Reconocimiento del terreno.**

Antes de iniciar la ejecución de la obra se procedió a realizar el reconocimiento del terreno y verificar en qué condiciones se encontraba, esto se realizó previamente en la etapa de licitación de obra para de esa manera realizar la planificación y ejecución.

#### **4.1.2 Trazo y replanteo topográfico.**

Mediante equipos topográficos de precisión se realizó el replanteo de las estructuras a ejecutar, marcando los trazos correspondientes según los planos del proyecto, en la ejecución de todo el proyecto se acompañó de la partida mencionada, se encontró una interferencia en el trazado de los linderos de la cisterna de agua tratada con unos de los buzones de la red de desagüe de la planta, por lo que tuvo que modificarse la geometría de la cisterna, ya que era más factible en costos y plazos esta última solución a la reubicación del buzón.

#### **4.1.3 Demolición de cerco perimétrico.**

Debido a que las estructuras se encontraban cerca al cerco perimétrico de la planta que el talud de excavación comprometía la cimentación del cerco mencionado, se decidió la demolición inmediata y posterior construcción, esta acción se tomó como parte de la gestión de riesgos de desastres, con el fin de evitar accidentes y salvaguardar la vida de los trabajadores obreros y personal de línea de mando.

#### **4.1.4 Excavación masiva.**

El volumen de excavación para la estructura de cisterna de agua tratada fue de 2,601.50 m<sup>3</sup>, se realizó mediante una excavadora de oruga y eliminación de material con volquetes de 20 m<sup>3</sup>, conservando un volumen de 10003 m<sup>3</sup> para el relleno posterior. El suelo encontrado fue una arena uniforme (SP) la cual fue validada con el estudio de mecánica de suelos realizado previo a la ejecución del proyecto.



Figura 4.1.3. Excavación masiva de la cisterna de agua tratada de 100 m<sup>3</sup>.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.5 Compactación de subrasante.

Después de la excavación de gran volumen, se procedió a realizar la conformación y compactación de la plataforma subrasante mediante rodillo compactador, por ser un terreno arenoso el proceso de compactado requiere abundante agua para lograr un grado de compactación óptimo.

#### 4.1.6 Relleno y compactación de material afirmado.

Como mejoramiento de terreno se usó una capa de material afirmado de 30 cm de espesor, sobre la plataforma donde se realizó la cimentación, este material fue traído de la cantera "Soledad", ubicada en la ciudad de Trujillo.

Este material según indicación de los planos, especificaciones técnicas y en coordinación con la supervisión, se compacto al 95% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor modificado.



Figura 4.1.6.1. Relleno y compactación de plataforma de terreno natural y material propio.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 4.1.6.2. Ensayo de densidad de campo.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.7 Excavación manual.

Para poder realizar el vaciado de las uñas de la losa de cimentación se realizó la excavación lineal de 80 cm de ancho superior, 50 cm de ancho inferior y 40 cm de profundidad, a esto se le considera 10 cm de solado, estas medidas se dan según los planos del proyecto. En zonas donde se situaba las pozas de succión las medias variaban según lo indicado en planos, tanto para la cisterna de agua tratada como para el tanque equalizador.

De la misma manera se realizó la excavación de las zapatas de las columnas centrales de la cisterna de agua tratada.

#### 4.1.8 Vaciado de concreto simple para solado.

Mediante una indicación de supervisión y por un tema de rapidez en el avance de los trabajos la colocación de concreto simple para solado se realizó solo en las zonas donde se indica uñas de cimentación y zapatas de columnas estas últimas para el caso de las cisternas de agua tratada.

El tipo de concreto usado fue premezclado de la concretera Pacasmayo de resistencia  $f'c=100 \text{ Kg/cm}^2$  con cemento tipo MS, esto último por tener contacto directo con el terreno, el cual posee sulfatos levemente agresivos para el concreto. Este solado se da para la colocación de aceros de la cimentación y realizar los trazos respectivos para los muros que se construyeron posteriormente.



Figura 4.1.8. Vaciado de solados para uñas de cimentación y zapata de columnas centrales en cisterna de agua tratada.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.9 Habilitado y armado de acero en cimentación.

Debido a que el diseño estructural indicaba que la cimentación de la cisterna de agua tratada y tanque ecualizador debía ser una platea de concreto armado, se procedió a colocar el acero de refuerzo tal como se indica en los planos, esta armadura consistía de una doble malla con la siguiente configuración.

- Cisterna de agua tratada: Doble malla de  $\varnothing 1/2'' @ 0.20$  m en ambas direcciones, para la parte de uñas de cimentación se añadió 3 aceros de  $3/8''$  y para las zapatas de las columnas centrales aceros de  $5/8'' @ 0.20$  en cada sentido. El espesor de la losa de cimentación fue de 0.50 m aumentando el peralte en 0.30 m en las uñas de cimentación y zapatas de columnas centrales. Cabe mencionar que al mismo tiempo también se realizó el armado de los elementos verticales como parte del proceso constructivo.

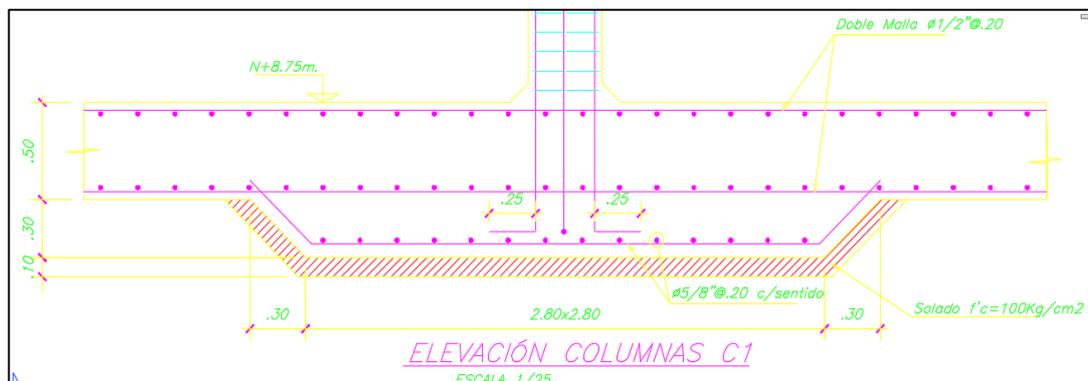


Figura 4.1.9.1. Detalle de armadura de acero en losa de cimentación y zapatas de columnas centrales en la cisterna de agua tratada.

Fuente: Planos de construcción de la cisterna de agua tratada.



Figura 4.1.9.2. Armado de losa de cimentación en cisterna de agua tratada.  
Fuente: Elaboración propia.

- Tanque ecualizador: Doble malla de  $\text{Ø}3/8'' @ 0.15 \text{ m}$  en ambas direcciones, para la parte de uñas de cimentación se añadió 3 aceros de  $3/8''$ . El espesor de la losa de cimentación fue de  $0.30 \text{ m}$  aumentando el peralte en  $0.30 \text{ m}$  en las uñas de cimentación. Cabe mencionar que al mismo tiempo también se realizó el armado de los elementos verticales como parte del proceso constructivo.

En ambos casos se realizó la inspección de campo, tal que se cumpla con la disposición de los planos indicados, así mismo en coordinación con supervisión se liberó los elementos para la continuidad del proceso constructivo.

El proveedor del acero era la marca Sider Perú, la cual nos abastecía de la ciudad de Chimbote por su cercanía a la zona, la calidad del material fue validada mediante los certificados de calidad del proveedor.

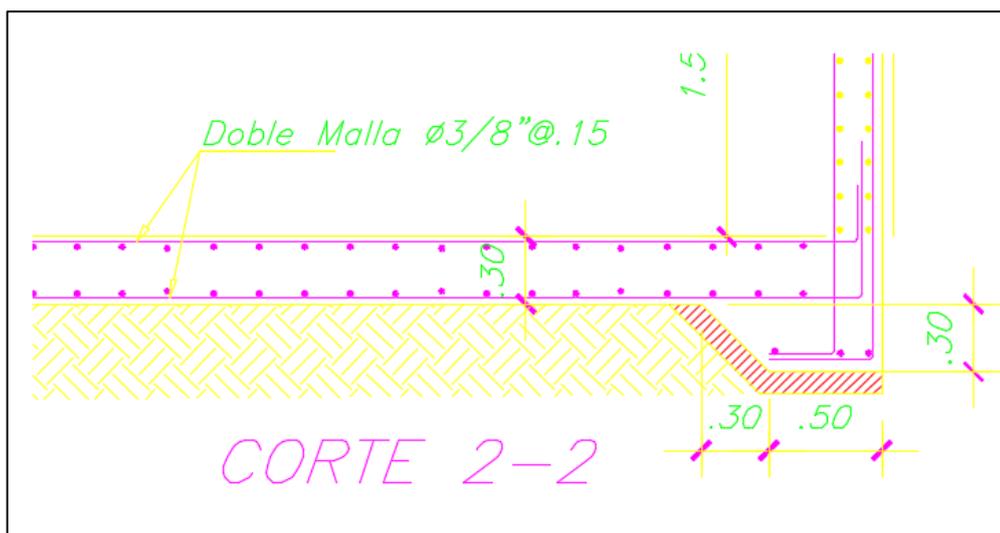


Figura 4.1.9.3. Detalle de armadura de acero en losa de cimentación en el tanque ecualizador.  
Fuente: Plano de construcción del tanque ecualizador.



Figura 4.1.9.4. Armado de acero de losa de cimentación en el tanque equalizador.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.10 Encofrado de cimentación.

Para esta actividad se usó el sistema de encofrado modulado LIWA de PERI Peruana S.A.C.

LIWA es el encofrado de bastidor de acero más ligero y apuntando a una reducción de los costos de inversión, desiste conscientemente de un mayor equipamiento (PERI, 2016).

Se realizó el encofrado según las medidas indicadas en los planos y con las prácticas constructivas correctas tales como la alineación y aplicación de desmoldante Z Membrana – Transparente, para un desencofrado practico y evitar que el encofrado se quede adherido al concreto seco, tanto para la cisterna de agua tratada como para el tanque equalizador.



Figura 4.1.10. Encofrado de bordes de cimentación en cisterna de agua tratada, al fondo tanque equalizador.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.11 Vaciado de concreto premezclado para cimentación.

Para el vaciado de la losa de cimentación de la cisterna de agua tratada y tanque equalizador se utilizó concreto premezclado de resistencia a la compresión  $f'c = 315 \text{ Kg/cm}^2$ , el tipo de cemento usado para este diseño fue Tipo V, y su relación a/c de 0.43, esto debido a que el terreno de contacto posee sulfatos agresivos al concreto y también por tratarse de una estructura de contención de aguas residuales, la distribuidora de concreto fue PACASMAYO.

Cuadro N° 4.1.11. Cuadro de dosificación de concreto para losa de cimentación de cisterna de agua tratada y tanque equalizador.

1.- DATOS GENERALES			
Cliente	:	TAC GERENCIA Y CONSTRUCCION	
Lugar	:	CARRETERA SALAVERRY KM 2,5	
Obra	:	"Construcción de cisternas en akmacenes TAL SA"	
Fecha	:	2/1/2019	
2.- CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Tipo de concreto	:	C315-V-H67-A5	
Tipo de suministro	:	Bombeado	
3.- DOSIFICACIÓN PARA 1 M <sup>3</sup> DE CONCRETO			
MATERIAL	IDENTIFICACIÓN	INCIDENCIA (%)	CANTIDAD (Kg)
Relación agua/masa cementante	--	--	0.43
Cemento Tipo V	Cemento Tipo V - Pacasmayo	--	437
Agua	VI-Agua de Concreto(P)-S-TER	--	188
Agregado fino, cantera Quebrada de Leon	VI-F(0/4.75)-Z-QLE-(R)-V	46	839
Agregado grueso H67, Quebrada de Leon	VI-H67-M-QLE-V	54	994
Aditivo reductor de agua de alto rango Tipo F	Sikament TM-190	1,20	5,24
Aditivo reductor de agua con retardo Tipo D	Plastiment TM-12	0.15	0.66
Peso unitario del concreto fresco (PUCF)	--	--	<b>2464</b>

Fuente: Distribuidora Norte PACASMAYO SRL.

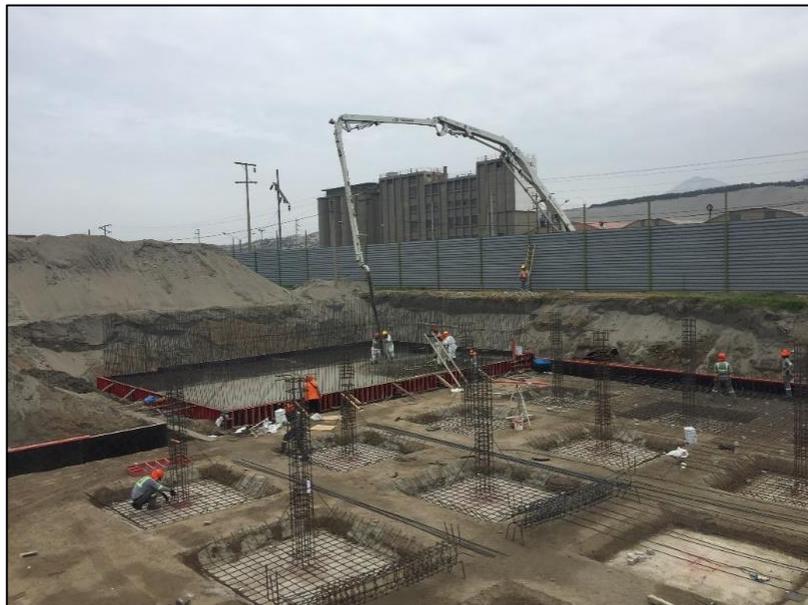


Figura 4.1.11.1. Vaciado de losa de cimentación de tanque equalizador.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 4.1.11.2. Vaciado de losa de cimentación de cisterna de agua tratada.  
Fuente: Elaboración propia.

Para la ejecución de la cimentación de agua tratada se realizó un vaciado masivo de 315 m<sup>3</sup> de volumen de concreto, para el cual se usó dos bombas plumas y se dispuso del abastecimiento de toda la planta concretera para la obra, realizando el control de calidad respectivo, mediante el control de slump y garantizar la trabajabilidad de la mezcla.

#### 4.1.12 Acabado de losa de piso con equipo mecánico.

Después del vaciado de las losas de cimentación se realizó el acabado semipulido mediante alisadora mecánica con el fin de darle un acabado más fino y de forma más rápida.



Figura 4.1.12.1. Acabado de losa de piso en tanque equalizador con alisadora.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 4.1.12.2. Acabado de losa de piso en cisterna de agua tratada con alisadora.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.13 Curado de losa de piso.

El curado de este elemento horizontal se realizó mediante la inundación constante del elemento con agua, esto durante los primeros 7 días después del vaciado, para así garantizar que el concreto logre la resistencia requerida.



Figura 4.1.13. Losa de cisterna de agua tratada con pequeños charcos de agua debido al curado constante del elemento.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.14 Habilitado y armado de acero de acero en muros.

Los elementos verticales en las estructuras descritas se definieron como muros de concreto armado, se procedió a colocar el acero de refuerzo tal como se indica en los planos, esta armadura consistía de una doble malla con la siguiente configuración.

Cisterna de agua tratada y tanque ecualizador: Doble malla de  $\varnothing=3/8"$  @ 0.15 m en aceros verticales como en horizontales.

El proveedor del acero era la marca Sider Perú, la cual nos abastecía de la ciudad de Chimbote por su cercanía a la zona.



Figura 4.1.14. Colocación de acero corrugado en muros de cisterna de agua tratada y tanque ecualizador.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.15 Habilitado y armado de acero en columnas centrales de cisterna de agua tratada.

Dado que la cisterna de agua tratada es un reservorio de gran volumen unos 1000 m<sup>3</sup> de capacidad aproximadamente, según el diseño estructural requiere de columnas centrales y vigas para el sostenimiento de la losa de techo, estas dos últimas serán comentadas más adelante, estas columnas están conformadas por 8 aceros verticales de  $\varnothing5/8"$  y estribos  $\varnothing3/8"$  1 @ 0.05m, 6 @ 0.10m, resto @ 0.25 m cada lado.



Figura 4.1.15. Colocación de acero corrugado en columnas centrales de cisterna de agua tratada.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.16 Colocación de sello hidroexpansivo en juntas de muros verticales y losa de piso.

El sello hidroexpansivo se usó en reemplazo del wáter stop el producto usado fue el SikaSwell®S-2 de la marca Sika, SikaSwell®S-2 es un sellante especialmente formulado, de alto rendimiento, expandible, en base a poliuretano mono-componente aplicable por extrusión y muy adaptable en todo tipo de juntas de construcción. El perfil expandible crea un sello de compresión dentro de la junta, bloqueando así el paso del agua (SikaSwell®S-2, 2014).

El sello se coloca en la base del muro a vaciar en la junta de contacto entre el muro y la losa de piso, previo al encofrado de la segunda cara del muro, se debe evitar el contacto con el agua pues esto activaría su expansión antes de colocar el nuevo concreto, el producto se presenta en salchicha de 600 ml y se aplica mediante una pistola de extrusión. Este producto se usó para todas las cisternas del proyecto, como reemplazo el waterstop.

Cuadro N° 4.1.16 Cuadro de rendimiento de SikaSwell®S-2

CONSUMO		
El consumo efectivo depende de la rugosidad de la superficie y de la regularidad de la aplicación. Según la dimensión de la sección del perfil se obtiene el siguiente rendimiento, como longitud teórica, por salchicha de 600 ml.		
Tamaño de la boquilla (mm)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Rendimiento Teórico (m)
15 X 15 X 15	98	6,12
17 X 17 X 17	125	4,80
20 X 20 X 20	173	3,47
Espesor de concreto (cm)	Número de perfiles	Lado de la sección triangular (mm)
10 – 30	1	15
30 – 50	1	20
>50	2	20
En concretos con tamaño máximo del árido mayor a 25mm puede utilizarse una sección triangular de 20 mm de lado; en concretos de con tamaño máximo del árido menor a 25 mm puede utilizarse una sección triangular de 15 mm de lado.		
Otros tipos de sección son utilizables de acuerdo a las condiciones operativas de la obra.		

Fuente: Ficha técnica SikaSwell®S-2.



Figura 4.1.16. Colocación de sello hidroexpansivo SikaSwell@S-2 en muro de cisterna de agua tratada.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.17 Encofrado de muros de cisterna de agua tratada y tanque equalizador.

Al igual que el encofrado de cimentación se usó el sistema SIWA de PERI, para el caso de los muros de la cisterna de agua tratada y tanque equalizador, se usaron planchas de 75 cm de ancho x 250 cm de alto en su mayoría, con excepciones de anchos de 25 cm, 40 cm y 50 cm, para remates de las esquinas.

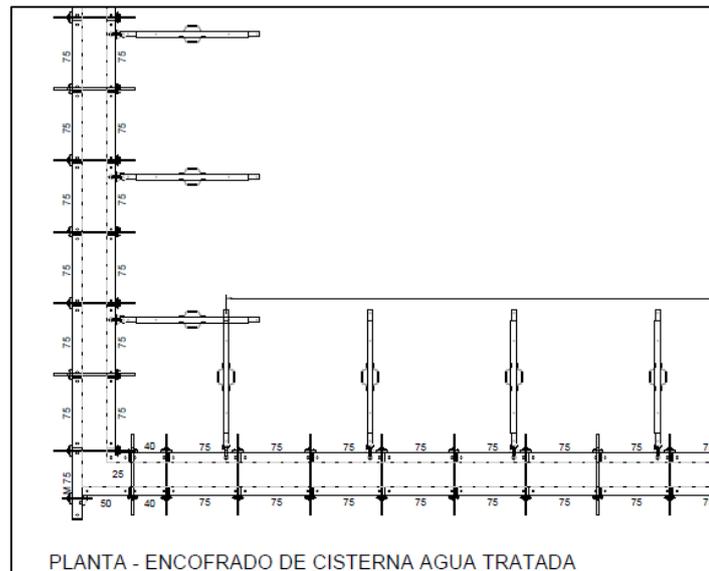


Figura 4.1.17.1. Distribución de planchas de encofrado modulado.  
Fuente: Plano de encofrado modulado PERI para la cisterna de agua tratada.

Para la unión de paneles se usan cerrojos y conectores, así como estabilizadores que sujetan los paneles, también se colocaron barandas en forma de escuadras

en la parte superior del muro a vaciar, esto último precisamente para facilitar el vertido del concreto y cuidar la seguridad del personal encargado tal como se muestra en la figura 4.1.16.2.

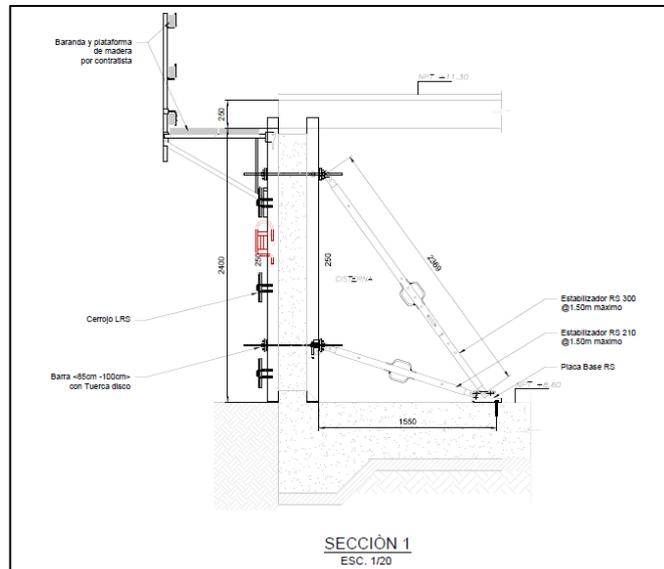


Figura 4.1.17.2. Descripción en elevación de encofrado de muro.  
Fuente: Plano de encofrado modulado PERI para la cisterna de agua tratada.

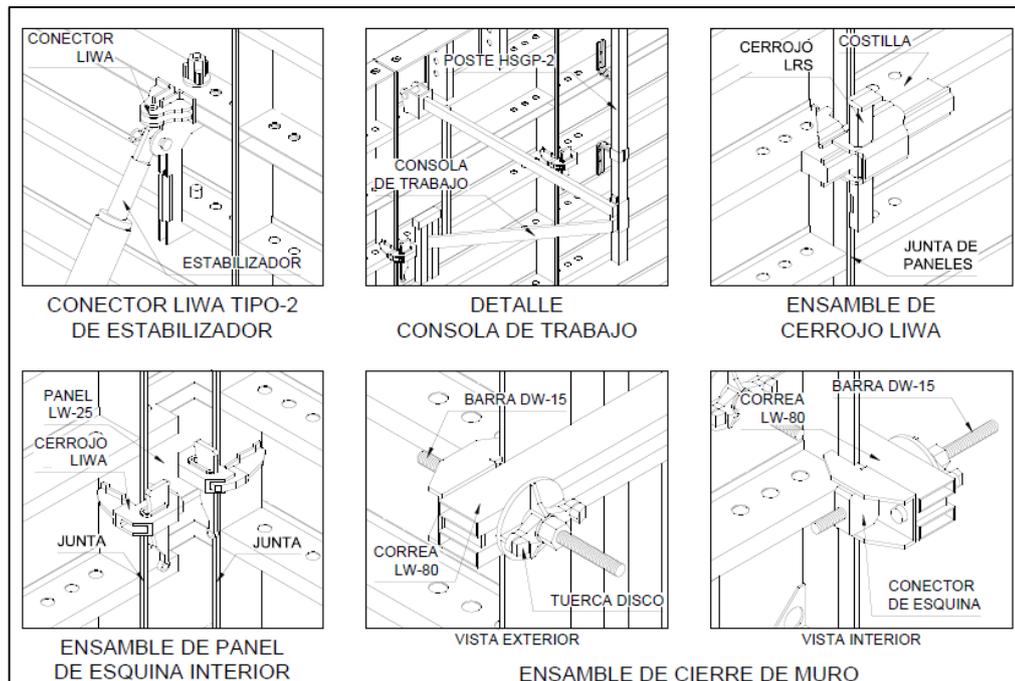


Figura 4.1.17.3. Detalles de seguros en encofrado modulado de muros en cisternas.  
Fuente: Plano de encofrado modulado PERI para la cisterna de agua tratada.

Para el ajuste del encofrado modulado en los muros de las cisternas se usaron pasantes barra de entre 85cm y 100cm de longitud y 5/8" de diámetro, pasados a través de una tubería rugosa de PVC de 25 cm de longitud lo cual asegura el espesor del muro y ajustado con la ayuda de tuercas disco, previamente en los terminales de la tubería un cono de PVC DR-22, posteriormente al vaciado y previa

impermeabilización del lado mojado del muro se debe colocar el tampón de 22mm de diámetro tal como se muestra en la figura 4.1.16.4.

Se verifico la alineación y verticalidad del muro mediante el uso de cordel de nylon, siendo la tolerancia de 3mm en la verticalidad del muro, así como la aplicación de desmoldante Z-Cron, para un desencofrado practico y evitar que el encofrado se quede adherido al concreto seco.

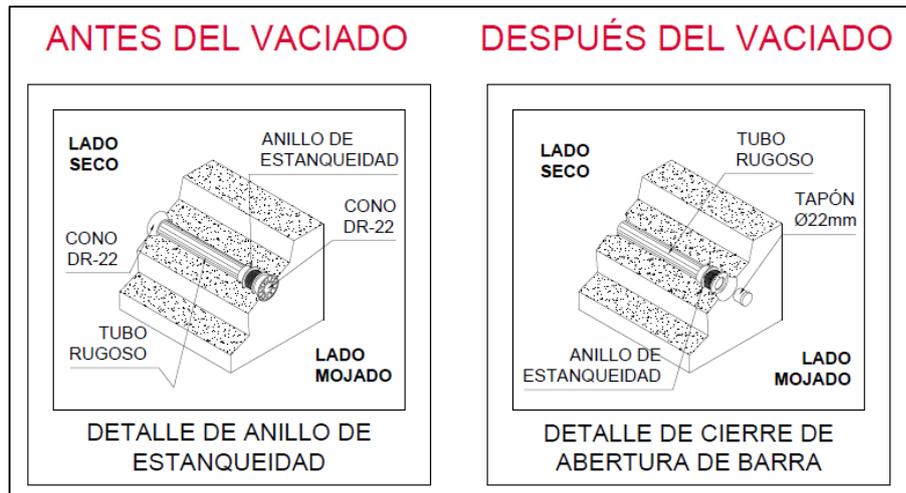


Figura 4.1.17.4. Detalle de tubería pasante en muro de cisternas.  
Fuente: Plano de encofrado modulado PERI para la cisterna de agua tratada.



Figura 4.1.17.5. Proceso de encofrado de muros en tanque ecualizador.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 4.1.17.6. Proceso de encofrado de muros en cisterna de agua tratada.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.18 Encofrado de columnas centrales en cisterna de agua tratada.

Al igual que los muros, el encofrado de las columnas centrales de la cisterna de agua tratada fueron encofradas con el sistema LIWA de PERI, las dimensiones de las columnas son de 40 cm x 40 cm y altura de 2.15 m hasta el fondo de viga, la cantidad de columnas centrales son 12 unidades, para lo que se usaron paneles de encofrado modulado LIWA de 150 cm x 40 cm, 75 cm x 40 cm y 250 cm x 40 cm, tal como se muestra en la figura 4.1.16.8.

El aseguramiento de este encofrado es igual a la de los muros ya antes descritos.

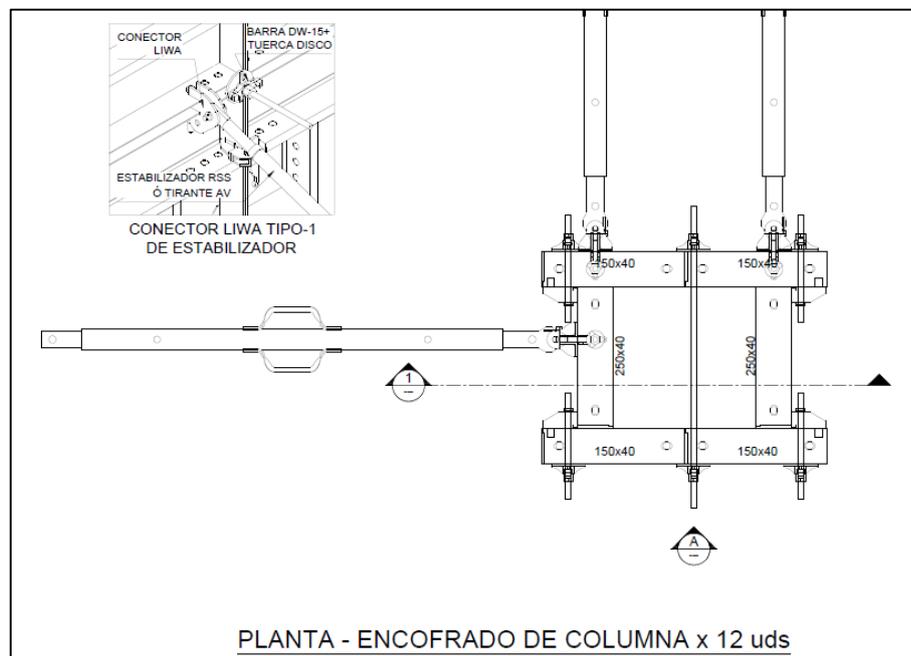


Figura 4.1.18.1. Planta de encofrado de columnas centrales de cisterna de agua tratada.  
Fuente: Plano de encofrado modulado PERI para la cisterna de agua tratada.

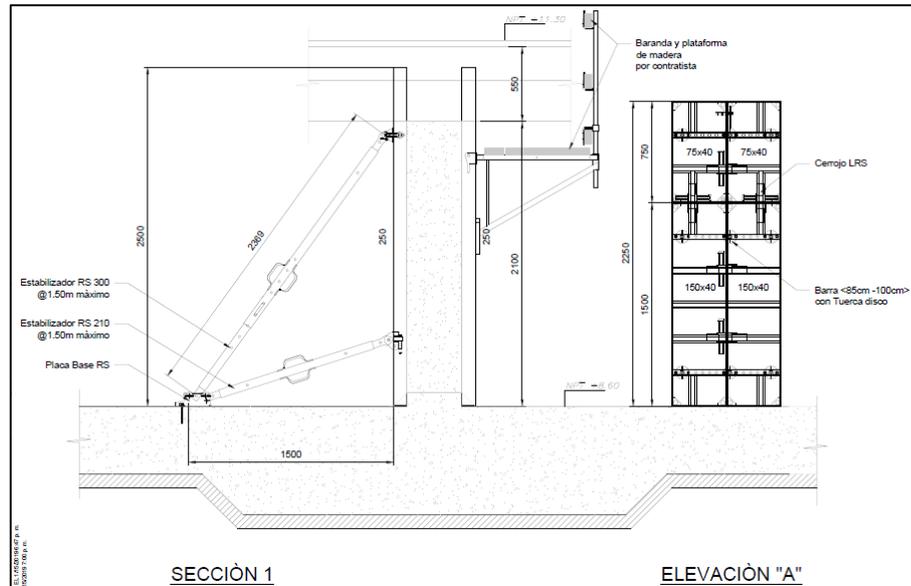


Figura 4.1.18.2. Detalle de encofrado de columnas de agua tratada.  
Fuente: Plano de encofrado modulado PERI para la cisterna de agua tratada.



Figura 4.1.18.3. Encofrado de columnas centrales en cisterna de agua tratada.  
Fuente: Elaboración propia.

Se verifico la alineación y verticalidad del muro mediante el uso de cordel de nylon, siendo la tolerancia de 3mm en la verticalidad del muro, así como la aplicación de desmoldante Z Membrana – Transparente, para un desencofrado practico y evitar que el encofrado se quede adherido al concreto seco.

#### 4.1.19 Vaciado de concreto premezclado en muros y columnas.

Para el vaciado de los muros y columnas de la cisterna de agua tratada y tanque equalizador se utilizó concreto premezclado de resistencia a la compresión  $f'c = 315 \text{ Kg/cm}^2$ , el tipo de cemento usado para este diseño fue Tipo V, y su relación a/c de 0.43, esto debido a que el terreno de contacto posee sulfatos agresivos al

concreto y también por tratarse de una estructura de contención de aguas residuales, la distribuidora de concreto fue PACASMAYO.

La mezcla se vertió mediante el bombeo de esta, desde los camiones mixer hasta la estructura usando un camión bomba, el cual contaba con una pluma de 36 m de longitud, así mismo para evitar la segregación del concreto en su fase líquida la manguera ubicada en la punta de la pluma se colocó de forma vertical, esto para que la mezcla pueda caer lo más uniformemente posible. La altura de vaciado fue de 2 m, por lo cual adicional a lo antes mencionado se usó equipos de vibración y se realizaron golpes con martillos de goma y barros de madera en la parte inferior del encofrado, como parte del control de calidad se realizó la medición del slump, el cual debía ser como mínimo de 5”.

La dosificación de la mezcla se presentó en el cuadro N° 4.1.11.



Figura 4.1.19.1. Vaciado de concreto premezclado en muros de tanque equalizador, nótese la posición vertical de la punta de la manguera para el vertido de la mezcla.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4.1.19.2. Vaciado de concreto premezclado en muros de cisterna de agua tratada, mediante camión mixer y bomba pluma.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.20 Curado de muros y columnas.

El curado de se realizó con agua y curador químico, el producto usado fue el Z Membrana – Transparente, realizado con rodillo como si fuera un pintado del elemento, en el caso de agua se usó mangueras conectadas directamente a la red.

#### 4.1.21 Encofrado de losas de techo.

Para el encofrado del techo de las cisternas de agua tratada y tanque ecualizador, se usó el sistema MULTIFLEX de PERI, los principales componentes del MULTIFLEX son las vigas de encofrado VT 20K o GT 24. Dado que las vigas principales y secundarias, su posición y separación al igual que los tableros de encofrado, se eligen libremente, MULTIFLEX ofrece máxima flexibilidad para las más diversas exigencias. Si se usa la viga GT 24 de gran capacidad de carga, puede trabajarse grandes luces con las vigas principales y secundarias (PERI,2021).

Para el proyecto se usó vigas principales y secundarias GT 24 y VT 20K respectivamente, de longitudes 2.45 m, 2.70 m y 2.40 m, según la modulación de la zona de encofrado.



Figura 4.1.21. Esquema del sistema MULTIFLEX de PERI, para el encofrado de losas de techo.  
Fuente: Web de PERI.

Luego de colocar el sistema MULTIFLEX, sobre ello se procedió a colocar paneles fenólicos de 1.22 m x 2.44 m asegurándolos con clavos y colocando cinta de papel entre las juntas, para evitar que el agua de la mezcla de concreto escape por esa zona, cabe mencionar también que en el encofrado se dejaba los vanos de 1.00 m x 1.00 m según lo indicaba el plano para las ventanas de inspección e ingreso a las cisternas.

#### 4.1.22 Encofrado de vigas de techo.

Al igual que la losa de techo el sistema para el encofrado de vigas será el MULTIFLEX, con vigas principales GT 20 y vigas secundarias solo barrotes de 3"x2", esto para el soporte de secciones lineales de paneles fenólicos verticales y paneles modulados de 150 cm x 30 cm, ajustados mediante barras de  $\text{Ø}=5/8"$  y tuercas disco, tal como se ha descrito en el encofrado de muros y columnas.



Figura 4.1.22. Proceso de encofrado de vigas en cisterna de agua tratada.  
Fuente: Elaboración propia.

El desencofrado de techos y vigas se realizó 15 días después del vaciado controlando el curado y resistencia del concreto mediante ensayos de laboratorio de las probetas extraídas en el momento del vaciado.

#### 4.1.23 Habilitado y armado de acero en losas de techo y vigas.

Tal como se ha venido describiendo el proyecto el acero usado fue el corrugado Grado 60 de  $f'y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ , para el caso de la cisterna de agua tratada se usó acero de  $\varnothing = 1/2" @ 0.20 \text{ m}$  en doble malla y refuerzos adicionales en el perímetro de la losa y transversal a las vigas en la malla superior, así como en los vanos para las ventanas de inspección, estos últimos del mismo diámetro de la malla, el espesor de la losa fue de 25cm y el recubrimiento en la cara inferior y superior de 4 cm y 5 cm respectivamente.

Para las vigas de techo de la cisterna de agua tratada los aceros longitudinales colocador fueron de 8 de  $\varnothing = 3/4"$  en zona positiva y negativa y 2 de  $\varnothing = 3/8"$  en a la altura de la zona inferior de la losa. La distribución de estribos fue la siguiente,  $\varnothing = 3/8"$ : 1@ 0.05 m, 10@ 0.10m resto. @ 0.20m c/ extremo.

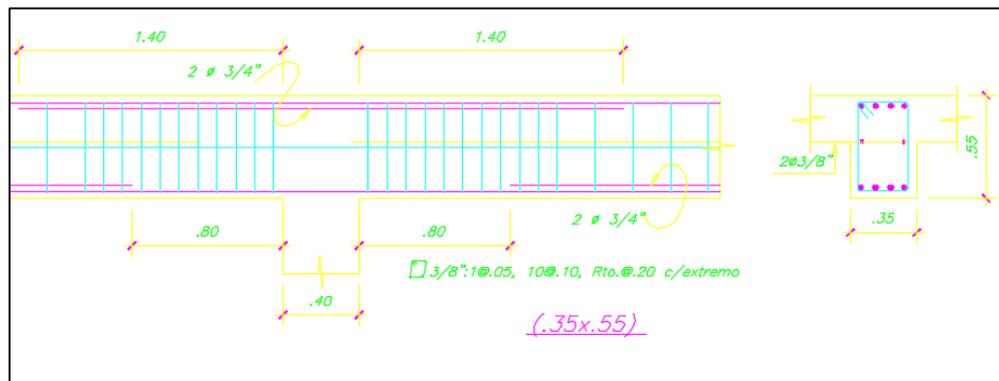


Figura 4.1.23.1. Distribución de acero de refuerzo en vigas de techo de cisterna de agua tratada.  
Fuente: Plano de construcción de la cisterna de agua tratada.

En el tanque ecualizador la colocación del acero de refuerzo fue de  $\varnothing = 3/8" @ 0.18 \text{ m}$  en doble malla y refuerzos adicionales en el perímetro de la losa y transversal a la parte superior del muro central, así como en los vanos para las ventanas de inspección, estos últimos del mismo diámetro de la malla, el espesor de la losa fue de 25 cm y el recubrimiento en la cara inferior y superior de 4 cm y 5 cm respectivamente.



Figura 4.1.23.2. Colocación de acero en losa de techo de tanque equalizador.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.24 Encofrado de friso en losa de techo.

Como parte complementaria al encofrado de la losa de techo se colocaron paneles pequeños de  $h=30$  cm, para el encofrado de la parte lateral del techo.

#### 4.1.25 Vaciado de concreto premezclado en losa de techo.

Para el vaciado de la losa de techo de la cisterna de agua tratada y tanque equalizador se utilizó concreto premezclado de resistencia a la compresión  $f'c = 315$  Kg/cm<sup>2</sup>, el tipo de cemento usado para este diseño fue Tipo V, y su relación  $a/c$  de 0.43, esto debido a que el terreno de contacto posee sulfatos agresivos al concreto y también por tratarse de una estructura de contención de aguas residuales, la distribuidora de concreto fue PACASMAYO.

La mezcla se vertió mediante el bombeo de esta, desde los camiones mixer hasta la estructura usando un camión bomba, el cual contaba con una pluma de 36 m de longitud, el espesor de la losa fue de 25 cm, como parte del control de calidad se realizó la medición del slump, el cual debía ser como mínimo de 5".

La dosificación de la mezcla se presentó en el cuadro N° 4.1.11.



Figura 4.1.25. Vaciado de concreto en losa de techo de tanque equalizador.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.26 Acabado de losa de techo de cisterna de agua tratada con endurecedor.

Ya que al uso a posterioridad de la superficie superior de la cisterna de agua tratada sería parte de un almacén, según lo indicado por el expediente se aplicó un endurecedor de piso, el cual previamente aprobado por la supervisión fue el Sikafloor® -3 Cuarzo Top, este se incorpora superficialmente al concreto fresco. Está compuesto de cemento, pigmentos especiales, aditivos y agregados de cuarzo de gran pureza, especialmente gradados y seleccionados de acuerdo con su forma, tamaño y propiedades físicas y mecánicas (Sikafloor® -3 Cuarzo Top, 2015).

Este endurecedor según las especificaciones de la ficha técnica del producto se debe aplicar en el proceso de exudación del concreto, para luego dar el acabado con alisadora mecánica hasta su secado.

#### 4.1.27 Curado de losa de techo.

Para mantener la humedad de la losa de techo y esta pueda alcanzar su resistencia requerida tal como lo indica las especificaciones, se realizó el curado respectivo mediante la inundación con agua constante durante un periodo mínimo de 7 días.



Figura 4.1.27. Curado de losa de techo del tanque equalizador, nótese el agua sobre la superficie de la losa.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.28 Resane de muros e impermeabilización exterior.

Como parte de la finalización de la construcción de la cisterna de agua tratada y tanque equalizador, se procedió a realizar el resane exterior de los muros de concreto armado, esto según las especificaciones se realizó con mortero reforzado con fibras SIKA REP-350, para tapar los agujeros que dejaron los pasantes producto del aseguramiento del encofrado, así como también zonas donde hubo segregación retirando previamente el exceso de agregado grueso suelto, para luego preparar la mezcla de mortero de refuerzo y realizarse la aplicación, las demás zonas solo fueron solaqueadas con mortero simple. Posteriormente se cubrió la superficie exterior de los muros con alquitrán líquido y cubierto con plástico azul, esto último para evitar tener menor contacto físico con el terreno arenoso.



Figura 4.1.28. Impermeabilización exterior del tanque equalizador.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.29 Impermeabilización interna de cisterna de agua tratada y tanque ecualizador.

Debido a que se trata de una estructura de contención de líquidos esta debe tener un proceso de impermeabilización con el fin de evitar que las aguas servidas se filtren a través de los poros del concreto dañando la estructura propiamente, así como la contaminación del terreno donde se encuentra la estructura. Previamente a la aplicación del material impermeabilizante, se realiza el resane de las segregaciones en el muro con mortero de refuerzo con fibras SIKA REP-350 y solaquear las superficies del elemento a tratar, para este caso se aplicó a piso, techo y muro de las cisternas ejecutadas, cabe mencionar que en este proceso también se ejecutó los sócalos sanitarios o llamadas también mediacaña en la parte inferior del muro esto para facilitar la adhesión de la impermeabilización.

La cisterna de agua tratada como el tanque ecualizador fueron impermeabilizados interiormente por el método de cristalización, es un sistema que consiste en la saturación del sistema capilar del concreto, con una ventaja adicional del relleno de micro fisuras y otros pequeños huecos, es decir, el transporte de la humedad por los poros de la estructura del concreto tiene un papel importante en muchos términos ambientales y tecnológicos, llevando así a la degradación del material de construcción (concreto y mortero). Para impedir esta degradación del concreto hay que bloquear el paso del agua y la dilución de sustancias exteriores que usa ésta para su transporte y posterior reacción dentro de la masa del material. (WordPress, 2016).

El producto usado para esta tarea fue PENETRON de la marca Aditivos Especiales y fue realizado por técnicos y trabajadores de la misma marca, se aplicaron 2 capas de impermeabilizante previa limpieza y escarificado de la superficie, posteriormente se cura el producto para lograr el sellado de la superficie, la relación de la mezcla se da según la siguiente tabla.

Cuadro N° 4.1.29. Relación de mezcla para la aplicación de PENETRON.

Relaciones de mezcla:		
	Superficies Verticales	Superficies Horizontales
Aplicación con brocha	5 partes PENETRON® por 2 partes de agua	3 partes PENETRON® por 1 parte de agua
Aplicación con Pulverizador	5 partes PENETRON® por 2,75 – 3,25 partes de agua.	

Fuente: Ficha técnica PENETRON.



Figura 4.1.29. Interior del tanque equalizador con impermeabilización.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.30 Prueba de estanqueidad.

Para comprobar la correcta impermeabilización de las cisternas, se procede a realizar la prueba de estanqueidad, el cual consiste en el llenado de las cisternas con agua, para luego dejar una marca de nivel la cual se deja por 24 horas, posteriormente se da la revisión, en donde la marca de nivel no debe variar, esto comprobaría que no hay escape de líquido de la estructura.



Figura 4.1.30. Llenado de tanque equalizador para prueba de estanqueidad.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.31 Corte de juntas de contracción y sellado.

El concreto se expande y se contrae con los cambios de humedad y de temperatura. La tendencia general es a contraerse y esto causa el agrietamiento a edad temprana. Las grietas irregulares son feas y difíciles de manejar, pero generalmente no afectan la integridad del concreto. Las juntas son simplemente grietas planificadas previamente. Las juntas en las losas de concreto pueden ser creadas mediante moldes, herramientas, aserrado y con la colocación de formadores de juntas (NRMCA, 2014).

En las superficies de las losas de techo de la cisterna de agua tratada y tanque equalizador se realizaron las juntas de contracción el cual tiene como finalidad crear planos débiles en el concreto y regular la ubicación de grietas que se formarán como resultado de cambios dimensionales. Estas juntas se realizaron con una cortadora de piso eléctrica con una profundidad de 1" y un ancho de 6mm.

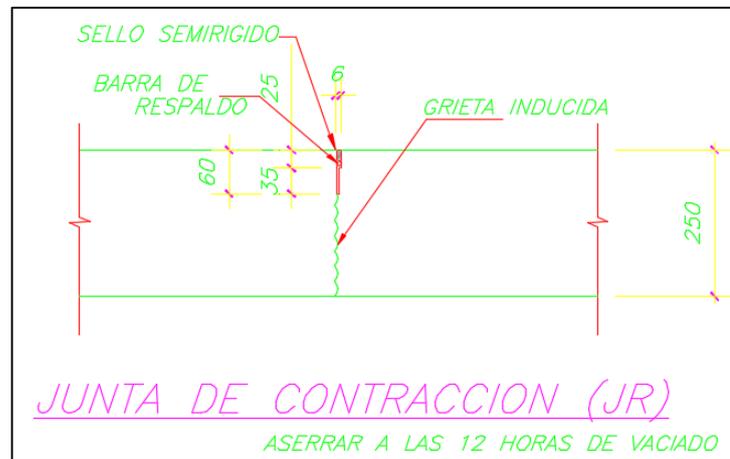


Figura 4.1.31.1. Detalle de junta de contracción según indicación de planos.  
Fuente: Plano de construcción de la cisterna de agua tratada.

Como procedimiento siguiente al corte de la junta de contracción, se realizó el sellado de junta, primero instalando un cordón de espuma de polietileno impermeable y flexible que se coloca en el interior de la junta como material de respaldo antes del sellador.

Luego se realizó la colocación del sellador epóxico SELLAFLEX POXI de la marca Aditivos Especiales, este sello se instaló en forma líquida vertiéndolo con un recipiente pequeño sobre la junta, cubriendo primero los bordes con una cinta de papel.

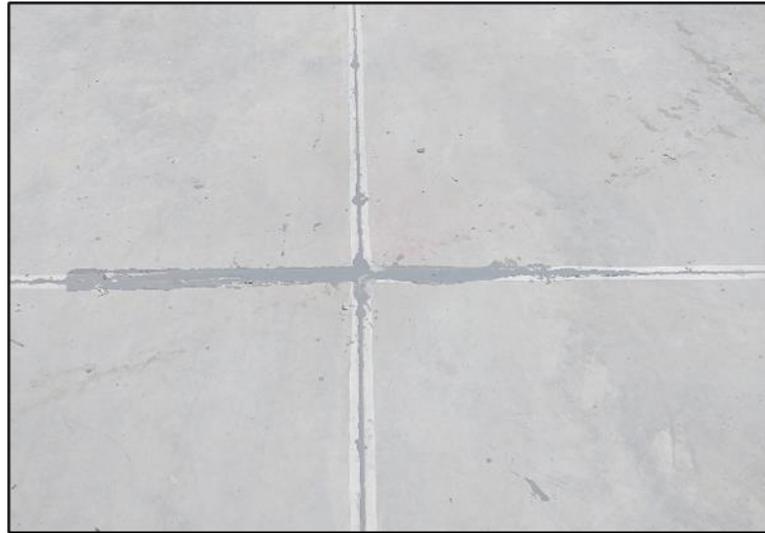


Figura 4.1.31.2. Junta con el sellado final.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.32 Relleno de material propio.

Como procedimiento final se realiza el relleno de material propio en la zona de sobre excavación de la cisterna de agua tratada y tanque ecualizador, al tratarse de material de arena, esta debe saturarse con agua y compactarse con rodillo en capas de 20 cm.



Figura 4.1.32. Vista de la cisterna de agua tratada a nivel de suelo posterior al relleno.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.33 Carpintería metálica.

Como complemento a la estructura se colocaron elementos metálicos principalmente para la inspección de las cisternas y mantenimientos de las mismas según lo requiera.

Los elementos instalados fueron las siguientes:

Tapas metálicas 1.00m x 1.00m con estructura marco ángulo 1 1/4"x11/4"x1/8", estructura de tapa ángulo 1"x1"x1/8" A36, tapa metálica estriada 2.5mm, fusionada mediante electrodo 6011, dos en la cisterna de agua tratada y dos en el tanque equalizador.

Rejillas desmontables con estructura marco platina 1"x1"x3/16", emparrillado platina 1"x1"x3/16", fusionada mediante electrodo 6011.

Escalera de gato con tubo Ø 1 1/2"x 1.5mm en los pasamos y tubo Ø 1 1/4"x 1.5mm en los pasos, de acero inoxidable 304, ancho de 0.55 m y largos de 2.15m y 2.35m, para el tanque equalizador y cisterna de agua tratada respectivamente.

Como acabado final de la carpintería metálica se procedió a realizar el pintado con dos capas de base epoxica gris y dos capas de esmalte superficial color verde, siendo estos recubrimientos anticorrosivos.

## 4.2 CÁMARAS DE BOMBEO.

Como se mencionó anteriormente en la sección 3.4, las cámaras de bombeo no era parte inicial del alcance adjudicado, por lo que surgió como un adicional de obra, modificando el alcance y por ende también el plazo contratado.

El sistema de cámaras de bombeo consiste en una cámara para agua escaldado y otra cámara de agua residual, cada una con su respectivo caudalímetro y cámara de válvulas, todas estas estructuras de concreto armado.

Debido a que la estructura posee un nivel de cimentación más profunda a la cisterna de agua tratada y tanque equalizador, al momento de la excavación se encontró con la napa freática, la cual impedía la ejecución de la cimentación, por lo que se debió tener un drenaje controlado del agua del subsuelo, a continuación, se describe el proceso constructivo de las cámaras de bombeo, el cual fue análogo a las cisternas de concreto armado anteriormente descritas.

### 4.2.1 Excavación de material con maquinaria.

Al igual que las cisternas, la excavación se realizó con excavadora de oruga a una profundidad de desplante de 5.00 m según planos, al llegar a la cota más baja de la excavación se encontró napa freática alta ya que, según el EMS, la profundidad de nivel freático fue ubicada a 2.45 m del nivel de terreno natural, por lo que era predecible la presencia del nivel freático en la excavación de esta estructura.

### 4.2.2 Control del nivel freático.

Unos de los problemas presentados en la ejecución de la cámara de bombeo por la profundidad de esta, fue la presencia del nivel freático y dada la premura del proyecto se debía buscar una solución pronta para continuar con el avance de los trabajos.

Para realizar el control del nivel freático, se realizó mediante el sistema de bombeo abierto, colocando la manguera de succión de 6" en un sumidero a menor profundidad de la cota más baja de excavación y así evacuando el agua hasta el desagüe más cercano, este procedimiento se realizó alternando 2 motobombas de manera alternada a fin de que el bombeo sea continuo y no se detenga en medio de los trabajos.

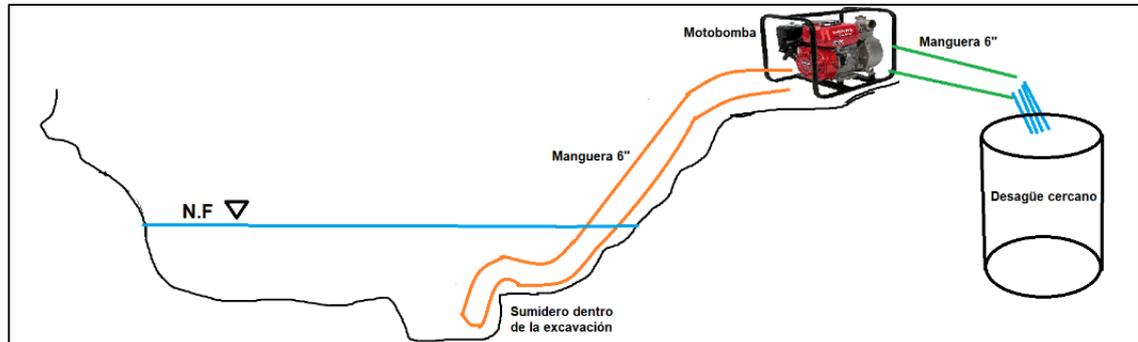


Figura 4.2.2.1. Sistema de bombeo abierto del agua de la napa freática.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 4.2.2.2. Nivel freático alto que dificulta la cimentación de las  
cámaras de bombeo.  
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, después de haber evacuado el agua del nivel freático de manera constante teniendo personal a cargo de manera diurna y nocturna, se tiene limpio el terreno para llevar a cabo la ejecución de la cimentación de la estructura.



Figura 4.2.2.3. Depresión del nivel freático, posterior al bombeo de aguas.  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3 Relleno con material filtrante en zona de nivel freático y vaciado de solado.

Con el fin de proteger la base de la cimentación de la cámara de bombeo se colocó una cama filtrante de material granular de diámetros que oscilaban entre las 4" y 6", esta cama fue de un espesor de 20 cm, esto con el fin de drenar las aguas del nivel freático y así disminuir las presiones ejercidas sobre la estructura, así como mejorar el terreno de fundación sobre el cual se va a cimentar las cámaras de bombeo, se cubre esta cama de roca con plástico a fin de impermeabilizarla exteriormente.

Posteriormente a la colocación de la cama de material filtrante mencionada anteriormente, se procedió a realizar el solado de la cimentación de la cámara de bombeo, al igual que las cisternas el tipo de concreto usado fue premezclado de la concretera Pacasmayo de resistencia  $f'c=100 \text{ Kg/cm}^2$  con cemento tipo MS.



Figura 4.2.3.1. Colocación de cama filtrante por material granular y plástico.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 4.2.3.2. Vaciado de solado sobre la cama de roca y plástico.  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4 Habilitado y armado de acero en cimentación.

Para esta estructura en la zona de losa de cimentación se tuvo la siguiente configuración de aceros:

Doble malla de  $\varnothing 1/2'' @ 0.20$  m en ambas direcciones, esta losa de cimentación no tuvo uña de agarre con el terreno esto debido a que se cimenta encima de una cama filtrante de material granular como se detalló en 4.2.3. en compensación a eso el espesor de la losa aumento 0.20 m de peralte quedando finalmente en 0.40 m, esto último coordinado junto con el ingeniero de supervisión. Cabe mencionar que al mismo tiempo también se realizó el armado de los elementos verticales como parte del proceso constructivo.

#### 4.2.5 Encofrado de losa de cimentación.

El método de encofrado de la cámara de bombeo fue usando el material modulado de PERI, para esta actividad no se tuvo algún plano de modulación debido a que se copió la modulación de las estructuras antes ejecutadas y se realizó el encofrado siguiendo los procedimientos antes realizados.

El procedimiento se supervisó, verificando las dimensiones y verticalidades indicadas en planos.

#### 4.2.6 Vaciado de concreto premezclado en losa de cimentación.

Para el vaciado de la losa de cimentación de las cámaras de bombeo se utilizó concreto premezclado de resistencia a la compresión  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ , el tipo de cemento usado para este diseño fue Tipo V, y su relación a/c de 0.50, esto debido a que el terreno de contacto posee sulfatos agresivos al concreto y también por tratarse de una estructura de contención de aguas servidas, la distribuidora de concreto fue PACASMAYO al igual que las cisternas anteriormente descritas.

Cuadro N° 4.2.6. Cuadro de dosificación de concreto para losa de cimentación de cámaras de bombeo.

1.- DATOS GENERALES			
Cliente	:	TAC GERENCIA Y CONSTRUCCION	
Lugar	:	CARRETERA SALAVERRY KM 2.5	
Obra	:	"Construcción de cisternas en akmacenes TAL SA"	
Fecha	:	2/1/2019	
2.- CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Tipo de concreto	:	C280-V-H67-A5/0.50	
Tipo de suministro	:	Bombeado	
3.- DOSIFICACIÓN PARA 1 M <sup>3</sup> DE CONCRETO			
MATERIAL	IDENTIFICACIÓN	INCIDENCIA (%)	CANTIDAD (Kg)
Relación agua/masa cementante	--	--	0.48
Cemento Tipo V	Cemento Tipo V - Pacasmayo	--	388
Agua	VI-Agua de Concreto(P)-S-TER	--	186
Agregado fino, cantera Quebrada de Leon	VI-F(04.75)-Z-QLE-(R)-V	50	938
Agregado grueso H67, Quebrada de Leon	VI-H67-M-QLE-V	50	938
Aditivo reductor de agua de alto rango Tipo F	Sikament TM-190	1.75	6.79
Aditivo reductor de agua con retardo Tipo D	Plastiment TM-12	0.15	0.58
Peso unitario del concreto fresco (PUCF)	--	--	2457

Fuente: Distribuidora Norte PACASMAYO SRL.



Figura 4.2.6. Encofrado de cimentación de cámaras de bombeo.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.7 Acabado de losa de piso con equipo mecánico.

Con la finalidad de dar un acabado más óptimo y rápido, se realizó el pulido de la superficie de la losa de cimentación con la ayuda de una alisadora mecánica.

#### 4.2.8 Curado de losa de piso.

El curado se realizó mediante el riego constante a fin de mantener la humedad óptima del concreto y alcanzar la resistencia requerida.

#### 4.2.9 Habilitado y armado de acero en muros.

Los muros realizados para estructura fueron elementos de concreto reforzado los cuales tuvieron la siguiente configuración de aceros en su armadura:

Doble malla de varillas de acero de  $\varnothing=1/2"$  @ 0.20 m, tanto horizontal como verticalmente, adicionalmente se colocaron varillas del mismo diámetro con un traslape de 2.00 m desde la base de la cámara de bombeo, tal como se muestra en la siguiente figura.



Figura 4.2.9. Armado de acero en muros de cámaras de bombeo, nótese la presencia de aguas del nivel freático.

Fuente: Elaboración propia.

Por ser esta una actividad previa al encofrado se verifico los separadores de concreto que debe llevar la malla de acero, con el fin de mantener los recubrimientos indicados en planos.

#### 4.2.10 Colocación de sello hidroexpansivo en juntas de muros verticales y losa de cimentación.

Este sello fue el mismo que se usó en las cisternas descritas anteriormente y cumple la función de un sello de junta entre el muro y la losa de cimentación, reaccionando al contacto con el agua expandiéndose y restringiendo el paso del agua por la junta entre la losa de cimentación y los muros de las cámaras de

bombeo, el producto usado fue el SikaSwel®S-2 de la marca Sika sus características se muestran en el cuadro 4.1.16.



Figura 4.2.10. Sello hidroexpansivo colocado entre el encuentro de la losa de cimentación y la base del muro de cámara de bombeo.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.11 Encofrado de muros de las cámaras de bombeo.

El encofrado de los muros se realizó usando el mismo método con la cual se encofro la cisterna de agua tratada, los paneles fueron modulados de tal manera que pueda dar la forma de los muros según lo indicado en planos, con el fin de optimizar el material se realizó el encofrado en dos etapas encofrando primero la cámara de bombeo de agua escaldado y su caudalímetro para luego de ser vaciado con concreto, encofrar la cámara de bombeo de agua residual con su respectivo caudalímetro, posteriormente a esto se ejecutó las cajas de válvulas, completando el sistema de cámaras de bombeo final .



Figura 4.2.11. Encofrado de muros de cámaras de bombeo de agua residual y su caudalímetro.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.12 Vaciado de concreto premezclado en muros de cámaras de bombeo.

Para el vaciado de todos los muros de la estructura se utilizó concreto premezclado de resistencia a la compresión  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ , el tipo de cemento usado para este diseño fue Tipo V, y su relación a/c de 0.50, igual al diseño usado en la losa de cimentación.

La mezcla se vertió mediante el bombeo de esta, desde los camiones mixer hasta la estructura usando un camión bomba, el cual contaba con una pluma de 36 m de longitud, así mismo para evitar la segregación del concreto en su fase líquida la manguera ubicada en la punta de la pluma se colocó de forma vertical, esto para que la mezcla pueda caer lo más uniformemente posible. La altura de vaciado fue de 4.45 m como máximo para las cámaras de agua escaldado y residual, por lo que se realizó en 2 etapas vaciando primero hasta una altura de 2.0 m en la primera etapa y luego completando la altura total en una segunda etapa, el slump de la mezcla de concreto para esta actividad fue de 5" como mínimo.

La dosificación de la mezcla se presentó en el cuadro N° 4.2.6.



Figura 4.2.12. Vaciado de concreto premezclado en muros de las cámaras de bombeo.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.13 Curado de muros.

El curado de se realizó con agua y curador químico, el producto usado fue el Z Membrana – Transparente, realizado con rodillo como si fuera un pintado del elemento, en el caso de agua se usó mangueras conectadas directamente a la red.

#### 4.2.14 Encofrado de losas de techo.

Para el encofrado del techo de las cámaras de bombeo, se usó el mismo encofrado modular de las cisternas antes descritas, ya que la altura libre de las cámaras de bombeo fueron de más de 4 m, se realizó un primer encofrado arriestrándolo a los muros de concreto armado para asegurar la estabilidad y posteriormente realizar un encofrado y así llegar a la altura requerida, adicionalmente sobre los muros a nivel inferior de losa se adosaron soleras de madera para sostener los paneles fenólicos de la losa.

#### 4.2.15 Habilitado y armado de acero en losa de techo.

Para el caso de este elemento se usó acero de  $\varnothing=1/2''$  @ 0.20 m en doble malla por ambos sentidos, el espesor de la losa fue de 20cm y el recubrimiento en la cara inferior y superior de 4cm y 5 cm respectivamente.

El armado de la malla inferior se realizó fuera del encofrado, esto con el fin de optimizar los tiempos de producción y ajustar los plazos.



Figura 4.2.15. Armado de la malla inferior de la losa de las cámaras de bombeo.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.16 Vaciado de concreto premezclado en losa de techo.

Para el vaciado de la losa de techo de la cámara de bombeo se utilizó concreto premezclado de resistencia a la compresión  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ , el tipo de cemento usado para este diseño fue Tipo V, y su relación a/c de 0.50, esto debido a que el terreno de contacto posee sulfatos agresivos al concreto y también por tratarse de una estructura de contención de aguas residuales, la distribuidora de concreto fue PACASMAYO.

La mezcla se vertió mediante el bombeo de esta, desde los camiones mixer hasta la estructura usando un camión bomba, el cual contaba con una pluma de 36 m de longitud, el espesor de la losa fue de 20 cm, como parte del control de calidad se realizó la medición del slump, el cual debía ser como mínimo de 5".

La dosificación de la mezcla se presentó en el cuadro N° 4.2.6.

#### 4.2.17 Curado de losa de techo.

Para mantener la humedad de la losa de techo y esta pueda alcanzar su resistencia requerida tal como lo indica las especificaciones, se realizó el curado respectivo mediante la inundación con agua constante durante un periodo mínimo de 7 días.

#### 4.2.18 Resane de muros e impermeabilización exterior.

Los resanes exteriores se realizaron con mortero reforzado con fibras SIKA REP-350, así como el tapado de los agujeros que dejaron los pasantes producto del aseguramiento del encofrado, y zonas donde hubo segregación y sea requerido por el supervisor en acuerdo en el ingeniero residente, las demás zonas solo fueron solaqueadas con mortero simple.

Posteriormente se cubrió la superficie exterior de los muros con alquitrán líquido y cubierto con plástico azul, esto último para evitar tener menor contacto físico con el terreno arenoso.

#### 4.2.19 Impermeabilización interna y externa.

La impermeabilización interna de este elemento fue realizada usando la misma técnica de las cisternas descritas anteriormente mediante la impermeabilización por cristalización, cabe resaltar que también se realizó de manera externa ya la estructura tendría contacto con el agua subterránea de la napa freática, este procedimiento se describe con mayor detalle en 4.1.29.



Figura 4.2.19. Impermeabilizado interior de cámaras de bombeo.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.20 Prueba de estanqueidad.

Para comprobar la correcta impermeabilización de las cisternas, se procede a realizar la prueba de estanqueidad, el cual consiste en el llenado de las cisternas con agua, para luego dejar una marca de nivel la cual se deja por 24 horas, posteriormente se da la revisión, en donde la marca de nivel no debe variar, esto comprobaría que no hay escape de líquido de la estructura.

#### 4.2.21 Relleno de material propio.

Se realiza el relleno con el material propio excavado, al tratarse de material de arena, esta debe saturarse con agua y compactarse con rodillo en capas de 20 cm.



Figura 4.2.21. Vista de las cámaras de bombeo a nivel de suelo posterior al relleno.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.22 Carpintería metálica.

Análogamente a las cisternas se instalaron elementos metálicos de acero inoxidable y fierro negro para la inspección y mantenimiento de las cámaras de bombeo.

Los elementos instalados fueron las siguientes:

Tapas metálicas con estructura marco ángulo 1 1/4"x1 1/4"x1/8", estructura de tapa ángulo 1"x1"x1/8" A36, tapa metálica estriada 2.5mm, fusionada mediante electrodo 6011, dos de 1.00 m x 1.00 m, dos de 1.00 x 2.10, una de 2.20 x 2.30 y una de 2.20 x 3.00.

Escalera de gato con tubo  $\varnothing$  1 1/2"x 1.5mm en los pasamos y tubo  $\varnothing$  1 1/4"x 1.5mm en los pasos, de acero inoxidable 304, ancho de 0.55 m y largos de 3.38m y 4.10m, para los cuartos caudalímetro y cámaras de bombeo respectivamente.

Como acabado final de la carpintería metálica se procedió a realizar el pintado con dos capas de base epoxica gris y dos capas de esmalte superficial color verde, siendo estos recubrimientos anticorrosivos.



Figura 4.2.22. Instalación de tapas metálicas de inspección en cámaras de bombeo.  
Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS Y LECCIONES APRENDIDAS**

### 5.1 Soluciones constructivas relevantes en el proyecto.

En el transcurso de la ejecución de las obras descritas en los capítulos anteriores, se ejecutaron soluciones constructivas que ayudaron de alguna manera a agilizar los procesos y a su vez a resolver problemas encontrados al momento de realizar los trabajos.

A continuación, se presenta el análisis de las soluciones constructivas más resaltantes que se realizaron en el proyecto.

#### 5.1.1 Mejoramiento del terreno de fundación mediante colocación de afirmado.

Debido a que el terreno de fundación encontrado según el EMS, fue de arena uniforme SP siendo este un suelo de regular capacidad de carga, se realizó el mejoramiento colocando 2 capas de afirmado de 0.20 m de espesor cada una, el afirmado colocado cumplió con todas las especificaciones requeridas por el proyecto, superando todas las pruebas y ensayos en laboratorios certificados locales a la zona de ejecución de la obra y aprobados por supervisión.

#### 5.1.2 Encofrado usando formas moduladas.

El encofrado es un sistema de moldes temporales que se usa para dar forma al concreto antes de iniciado el proceso de fraguado previo al vertido de este. Existen diferentes tipos de sistemas de encofrado, tal como es el sistema tradicional, usando elemento de madera aserrada, como soleras, bastidores, tablonés, paneles, etc. usado en su mayoría en obras de pequeña envergadura; el encofrado modular (usado en este proyecto), constituido por módulos prefabricados normalmente de metal, que agilizan su instalación y mejora el rendimiento de los trabajos, siendo usado este sistema en obras de mayor tamaño; existen también encofrados de aluminio, deslizantes y más, los cuales no se darán mayor profundidad ya que el análisis se enfoca principalmente en comparar el sistema tradicional con el modulado.

Para el presente trabajo y debido a la premura que se tenía en los plazos de obra, se empleó el encofrado modular para la ejecución de la partida mencionada, esto ayudo mucho en los rendimientos de las cuadrillas de encofrado, siendo el rendimiento promedio en un sistema tradicional de 18 a 20 m<sup>2</sup>/día a de 20 a 25 m<sup>2</sup>/día, pudiendo con esto terminar de forma más ágil el encofrado de los elementos de concreto armado previo vaciado del concreto premezclado.

Las modulaciones del sistema de encofrado eran elaboradas en gabinete en base a los planos de arquitectura y estuvieron a cargo de la empresa PERI, el cual fue el proveedor de este proyecto, el material y detalles de las formas ya fueron descritas en los capítulos donde se expone la ejecución de las partidas de encofrado.

### 5.1.3 Vaciado de concreto premezclado usando cemento tipo V.

El concreto utilizado para el vaciado de las estructuras ejecutadas, fue del tipo premezclado y bombeado, con la particularidad del uso del cemento portland tipo V, el uso de este cemento como se ha comentado en los capítulos anteriores; se dio debido al terreno de contacto que estaría sometida la estructura y también por el tipo de líquido que va contener.

Según el análisis del EMS la presencia de sales solubles, cloruros y sulfatos obligan a que el concreto sea de una resistencia adecuada contra estos agentes agresivos para la estructura. Uno de los elementos que componen los cementos portland es el aluminato tricálcico ( $C_3A$ ), siendo este último el principal afectado en los ataques de iones sulfatos, por lo que un cemento del tipo V que contiene cantidades bajas de  $C_3A$ , 5% como máximo según NTP 334.009, que es menor en comparación al cemento tipo I, es el adecuado para ser usado en la mezcla de concreto en las estructuras ejecutadas.

Cuadro 5.1. Requerimientos químicos del cemento portland tipo V.

Cemento Portland tipo V					
Requisitos Normalizados					
NTP 334.009 / ASTM C150					
REQUERIMIENTOS QUÍMICOS					
ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO <sup>(1)</sup>
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.2
SO <sub>3</sub>	Máximo	2.3	%	NTP 334.086	2.0
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	3.3
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.8
C <sub>3</sub> A	Máximo	5.0	%	NTP 334.009	4.0
2C <sub>3</sub> A+C <sub>4</sub> AF	Máximo	25.0	%	NTP 334.009	20.6

Fuente: Ficha informativa cementos Pacasmayo.

### 5.1.4 Aplicación de sello hidro expansivo como sello de junta entre muro y losa de cimentación.

Como solución inicialmente planteada en el proyecto se indicó la instalación de un wáter stop, este elemento el cual es una cinta de PVC sirve como sello de junta entre dos elementos de concreto sometidos a presión de agua, tales como es en caso de cisternas de concreto armado; sin embargo con ayuda de profesionales de la marca Sika se optó por una solución similar y de rápida aplicación, este elemento aplicado fue un sello hidroexpansivo aplicado en la junta entre la losa de cimentación y el muro de concreto de las cisternas ejecutadas, este sello como se presentó en los capítulos anteriores, se colocó en la base de los muros previo a la colocación de la última tapa de encofrado y posterior vaciado, se debía proteger del contacto del agua puesto que su reacción al contacto con el agua es de expandirse y sellar la junta evitando así el paso del agua por lo que si llegase a tener contacto antes del vaciado este quedaría inservible.

Este sello en comparación al tradicional wáter stop es de uso práctico y fácil instalación mediante aplicador manual.

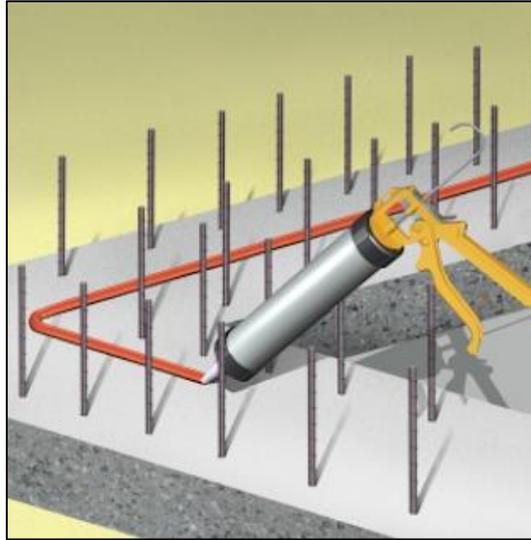


Figura 5.1. Esquema de aplicación del sello hidroexpansivo SikaSwel S-2.  
Fuente: Sika Peru

#### 5.1.5 Control del nivel freático mediante la técnica del agotamiento de agua por extracción.

Uno de los principales inconvenientes para la ejecución de la cámara de bombeo de aguas servidas fue el nivel freático alto, esto debido a las filtraciones del agua de mar lo cual saturaba el suelo.

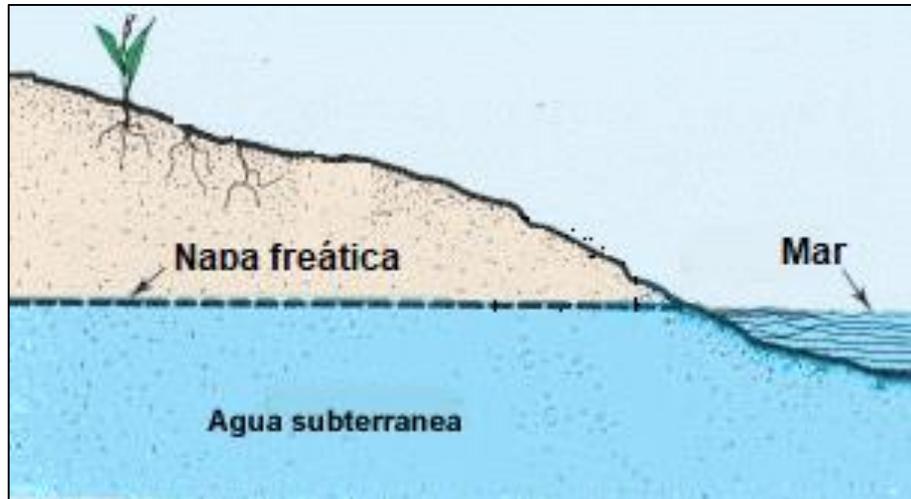


Figura 5.2. Filtración del agua marina en el terreno de trabajo.  
Fuente: Elaboración propia.

El método usado para deprimir el nivel freático fue el del agotamiento por extracción mediante motobomba, la extracción del agua debe ser constante para así mantener el suelo de cimentación lo más seco posible, inicialmente el agua extraída se estaba vertiendo cerca al terreno de trabajo, lo cual provocaba un ciclo sin fin y el nivel del agua subterránea no disminuía, ya que esta se filtraba en el terreno y volvía al nivel freático, por lo que se debía evacuar hacia un desagüe cercano, derivando así esta agua lo más lejos del terreno, pudiendo realizar los trabajos de cimentación de la cámara de bombeo.

## 5.2 Lecciones aprendidas del proyecto.

La programación y control de los trabajos en turnos extendidos y doble turnos fue necesaria debido a la premura del proyecto, lo que llevo a un manejo de personal más controlado y gestiones de campo con el proveedor de concreto principalmente y así poder llegar a las metas alcanzadas.

La ejecución de trabajos usando encofrado modulado fue ventajoso ya que el rendimiento aumenta y con eso se da un menos tiempo en la ejecución de las partidas, generando la reducción de plazo y costo.

La gestión de recursos para la ejecución de los trabajos en el tiempo prudente siguiendo el cronograma de trabajo contribuyo a un control adecuado de los rendimientos, sin embargo, eventualmente pueden suscitar problemas en obra, a lo cual por la experiencia y en coordinación con el equipo de trabajo se tiene que superar.

Al tratarse de una obra dentro de una planta agroindustrial las gestiones entre las áreas de trabajo y los encargados del recinto donde se ejecuta los trabajos es constante, por lo que la planificación de trabajos fue de vital importancia para el proyecto, tal como los días claves de vaciado, ingreso de material, recurso humano y todo lo relacionado a la obra.

Para la etapa de movimiento de tierras de la cisterna de agua tratada se presentaron interferencias con el sistema de desagüe de la planta, ya que el trazo de uno de los muros pasaba justo por uno de los buzones, a lo que mediante coordinaciones con supervisión y el cliente, se tuvo que cambiar la geometría de la estructura, dado que reubicar el buzón tomaría más tiempo y como ya se comentó anteriormente el proyecto contaba con un plazo relativamente corto.

El control de calidad de los trabajos desde la topografía, movimiento de tierras, relleno y compactación, armado de acero, encofrado, vaciado y post vaciado, hasta los acabados finales, fue seguido mediante la elaboración de protocolos de calidad para la liberación de frentes de trabajo, siguiendo las observaciones y recomendaciones de la supervisión, para posteriormente adjuntarse junto al dossier de calidad del proyecto.

El momento más crítico de la obra sin dunda fue realizar la cimentación de las cámaras de bombeo con una napa freática alta, y lo que conlleva la post ejecución de la estructura, ya que esta iba quedar de alguna manera sumergida en el agua subterránea, sin embargo, el EMS nos dio información importante para dicha ejecución.

Las reuniones de coordinaciones de obra del equipo de ingenieros ejecutores y especialistas del proyecto son muy importantes para definir los correctos procedimientos constructivos y métodos para la ejecución de los trabajos.

## CONCLUSIONES

Es poco frecuente la construcción de cisternas y cámara de bombeo sobre suelos arenosos con agentes agresivos y presencia de napa freática alta, por lo que se requiere un cuidado especial en las técnicas constructivas y en la selección de los materiales a utilizarse como es el caso del concreto, que es el material de más incidencia y que se encuentra expuesto directamente al medio ambiente, por lo que su diseño y preparación debe contemplar aspectos de resistencia a la compresión y resistencia a la durabilidad.

En el proceso de excavación, al ser un suelo arenoso, este tiende al desmoronamiento, por lo que el corte se realizó en un talud de 45°, dejando un espacio de trabajo entre el pie del talud y la cara exterior del muro de entre 60cm a 70cm, además de esto se saturó el suelo con abundante agua lo cual beneficiaba la estabilidad del talud y contribuía al proceso constructivo.

La depresión del nivel freático alto mediante uso de motobomba, tuvo problemas inicialmente debido a que el agua extraída solo era depositada en un área más alejada del terreno de ejecución del frente de trabajo, puesto que estas aguas se drenaban nuevamente hacia la zona de ejecución teniendo un círculo interminable, por lo que se tuvo que evacuar el agua hacia el buzón de desagüe más cercano, teniendo personal obrero encargado para esta actividad de manera diurna y nocturna con motobombas alternadas, pudiendo así lograr liberar el terreno de fundación de las aguas de la napa freática y así ejecutar los trabajos.

El encofrado utilizado fue de tipo modular con un sistema de pre dimensionado en las formas, siendo esta una solución muy eficaz, dado que se incrementa el rendimiento de la actividad en comparación de un sistema convencional, disminuyendo los tiempos de ejecución de la partida, así como los costos involucrados.

En el caso del acero no se tuvo un tratamiento especial, usándolo de manera típica siguiendo las especificaciones de diámetro, dimensionado y colocación indicada en planos, este material en comparación al encofrado era habilitado en un banco, y posteriormente trasladado a los frentes de trabajo, sin embargo el concreto, si tuvo componentes especiales tales como el cemento tipo V que garantizaba la resistencia a los sulfatos, dado que como se vio el suelo al que iba tener contacto directo la estructura tenía estos agentes agresivos en su composición.

Las reuniones semanales de programación de actividades del equipo de trabajo liderados por el residente de obra y el gerente de proyectos junto con los ingenieros de campo, calidad y especialistas fueron de vital importancia en la planificación de trabajos y mejoras para la ejecución de la obra, en estas reuniones se buscaba siempre la optimización de trabajos, siguiendo metodologías de reducción de pérdidas y manteniendo el flujo de trabajo continuo todo esto según las especificaciones técnicas del proyecto.

## RECOMENDACIONES

Al tener un proyecto atípico se debe analizar los métodos constructivos más favorables según las condiciones de terreno, medio ambiente y demás factores que incidan en el proceso constructivo, así mismo también examinar el tipo de material según las especificaciones técnicas y estudios previos realizados, y con esto garantizar un producto adecuado según las necesidades que se requiera.

Para la estabilidad de los taludes de excavación en arena, existen otros métodos como entibados, colocación de gaviones, muros de concreto, confinamiento celular, etc., los cuales son funcionales sin embargo pueden escapar de la consideración presupuestal de la partida para una excavación temporal que posteriormente será rellenada, se recomienda una solución práctica tal como la que se utilizó en el proyecto.

Se pueden usar otros métodos de control de nivel freático tal como contención, drenado u otras, se recomienda analizar que otras técnicas podrían ser validas según las condiciones que se tenga el proyecto donde se presente nivel freático. Así mismo se recomienda conocer el origen de las aguas subterráneas a fin de no contaminar y causar un impacto en el medio ambiente, dado que estas aguas en algunos casos son fuente hídrica de habitantes cercanas a la zona de ejecución del proyecto que extraen estas aguas mediante uso de pozos.

En el caso del encofrado existen otras soluciones factibles que pueden usarse, como es el caso del tipo metálico que puede usarse reiteradas veces, o los encofrados de madera que son los más usados en obra, las cuales a diferencia de los modulados necesitan un banco de habilitado, teniendo necesariamente un personal de habilitado constante que realice la producción de las formas para los elementos a vaciar, este último posee un rendimiento menor en comparación a los encofrados modulado o metálicos.

Con respecto al acero, existen proveedores que los abastecen de manera predimensionada, es decir según las especificaciones indicadas en planos el acero llega en elementos ya doblados y cortados, solo para colocarlos, así mismo existen conexiones mecánicas para la unión de aceros, reemplazado a los típicos traslapes que se da al momento de el amarre de las mallas, pudiendo reducir tiempos y desperdicios previa evaluación. Para el concreto se recomienda hacer un análisis o solicitar al proveedor de premezclado si fuera el caso, para garantizar que el concreto cumplirá con la calidad necesaria para las condiciones según el tipo de proyecto, así también visitar la planta de elaboración del premezclado para evaluar las condiciones de preparación. Para el caso de concreto preparado en obra se debe tener los ensayos de las características físicas y químicas de los agregados, así como conocer el tipo de cemento a usar según las condiciones medioambientales, adicional a esto el diseño de mezcla aprobado por un laboratorio de calidad que garantice las proporciones adecuadas para la mezcla.

Se pueden usar otros métodos de control de nivel freático tal como contención, drenado u otras, se recomienda analizar que otras técnicas podrían ser validas según las condiciones que se tenga el proyecto donde se presente nivel freático. Así mismo se recomienda conocer el origen de las aguas subterráneas a fin de no contaminar y causar un impacto en el medio ambiente, dado que estas aguas en algunos casos son fuente hídrica de habitantes cercanas a la zona de ejecución del proyecto que extraen estas aguas mediante uso de pozos.

Antes de iniciar cada actividad se debe realizar las coordinaciones respectivas entre los profesionales especialistas, sub contratos, personal obrero y de prevención de riesgos de manera que se lleve una correcta ejecución de los trabajos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cementos Pacasmayo, (2021). Ficha técnica de cemento tipo V, Lima, Perú.
2. CEPES, (2020). Agroindustria y conflictos laborales. Recuperado de <https://cepes.org.pe/2020/12/04/agroindustria-y-conflictos-laborales/>
3. Eddyhrbs, (2012). ESTACIONES DE BOMBEO Y BOMBAS. Recuperado de <https://www.ingenierocivilinfo.com/2012/02/estaciones-de-bombeo-y-bombas.html>
4. Huertas Ingenieros, (2017). Estudio de mecánica de suelos, separación de planta – Cisternas. TALSA, Trujillo, Perú.
5. Norma Técnica E050 Suelos y Cimentaciones-RNE, (2018). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima, Perú.
6. Norma Técnica E030 Diseño Sismo Resistente -RNE, (2019). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima, Perú.
7. National Ready Mixed Concrete Association -NRMCA, (2014). CIP6 – Joints in Concrete Slabs on Grade, Virginia, EE. UU.
8. Onofre, (2014). Procedimiento constructivo de tanques rectos en la planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco. Universidad Autónoma de México, México D.F, México.
9. Pavón, (2001). Diseño y construcción de estructuras de concreto para contener líquidos. Recuperado de <https://www.cuevadelcivil.com/2017/12/disen-y-construccion-de-estructuras.html>
10. PERI, (2016). LIWA El encofrado de bastidor de acero más fácil y ligero con ingenioso panel de esquina, Weissenhorn, Alemania.
11. PERI, (2021). Encofrado para losas con vigas MULTIFLEX. Recuperado de <https://www.peri.com.pe/products/encofrados/encofrados-para-losas/multiflex-girder-slab-formwork.html>.
12. Puemape, (2015). Cimentación de edificaciones en terreno con napa freática alta – Aplicación al condominio Ciudad Verde. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
13. SikaSwell®S-2, (2014). Hoja técnica, edición 2. Sika Perú S.A, Lima, Perú.
14. Sikafloor® -3 Cuarzo Top, (2015). Hoja técnica, edición 8. Sika Perú S.A, Lima, Perú.
15. Wordpress, (2016). ¿QUE ES EL SISTEMA IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN? Recuperado de

<https://impermeabilizaciondelconcreto.wordpress.com/2016/08/15/que-es-el-sistema-impermeabilizante-por-cristalizacion/>

16. Yepes, (2020). Clasificación de las técnicas de control del agua en excavaciones Recuperado de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2020/02/28/clasificacion-de-las-tecnicas-de-control-del-nivel-freatico-en-excavaciones>.

## ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. PRESUPUESTO POR OBRAS DE CISTERNAS DE AGUA TRATADA TANQUE Y TANQUE ECUALIZADOR. ....	87
ANEXO B. PRESUPUESTO POR OBRAS EN ESTACION DE BOMBEO. ....	88
ANEXO C. PLANOS DE ESTRUCTURAS DE LA CISTERNA DE AGUA TRATADA. ....	89
ANEXO D. PLANOS DE ARQUITECTURA DE LA CISTERNA DE AGUA TRATADA. ....	92
ANEXO E. PLANOS DE ESTRUCTURAS DE TANQUE ECUALIZADOR. ....	95
ANEXO F. PLANOS DE ARQUITECTURA DE TANQUE ECUALIZADOR. ....	96
ANEXO G. PLANOS DE ESTRUCTURAS DE CÁMARA DE BOMBEO. ....	99
ANEXO H. PLANOS DE ARQUITECTURA DE CÁMARA DE BOMBEO. ....	100
ANEXO I. CRONOGRAMA GANTT DEL PROYECTO. ....	101

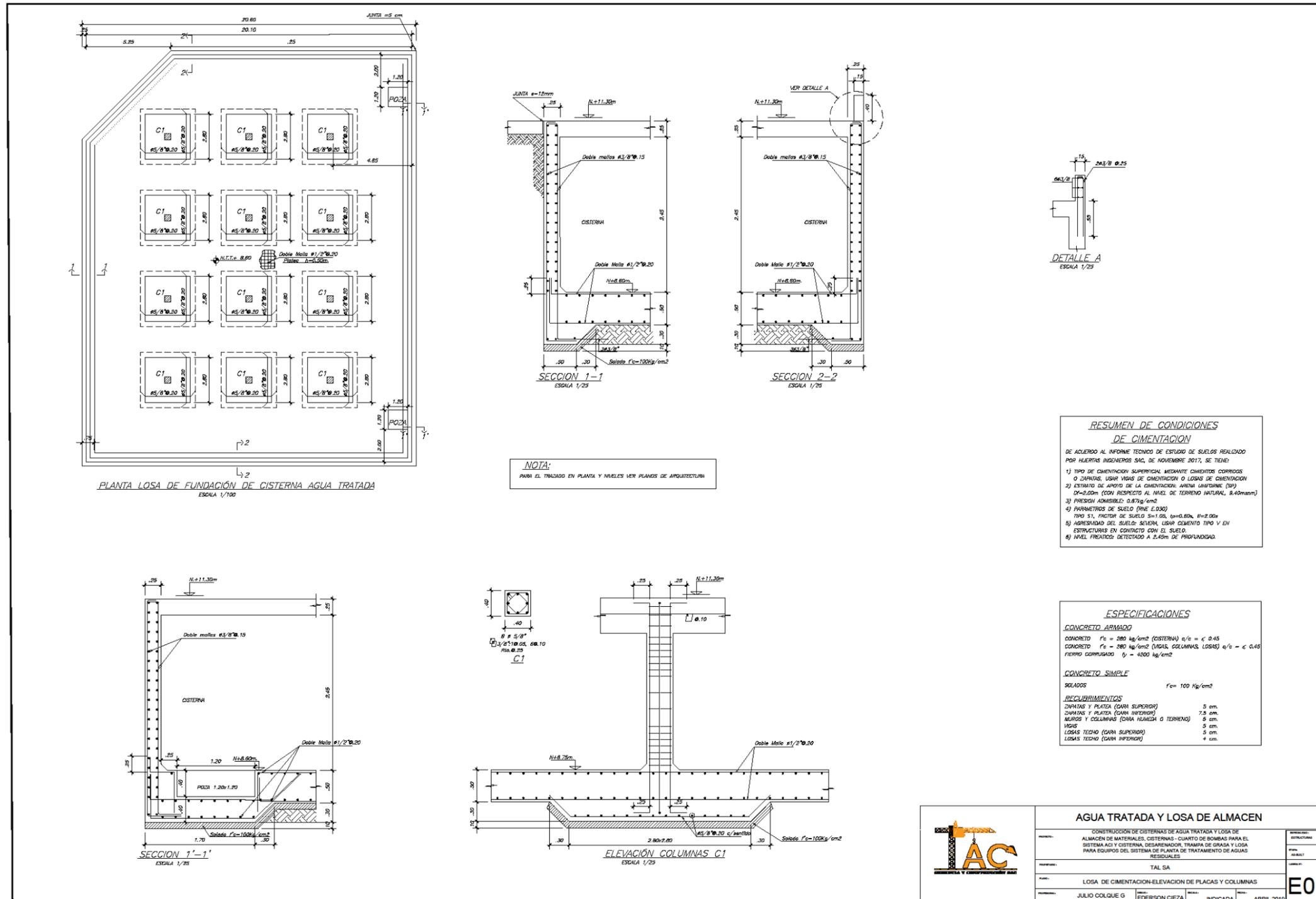
**ANEXO A. PRESUPUESTO POR OBRAS DE CISTERNAS DE AGUA TRATADA TANQUE Y TANQUE ECUALIZADOR.**

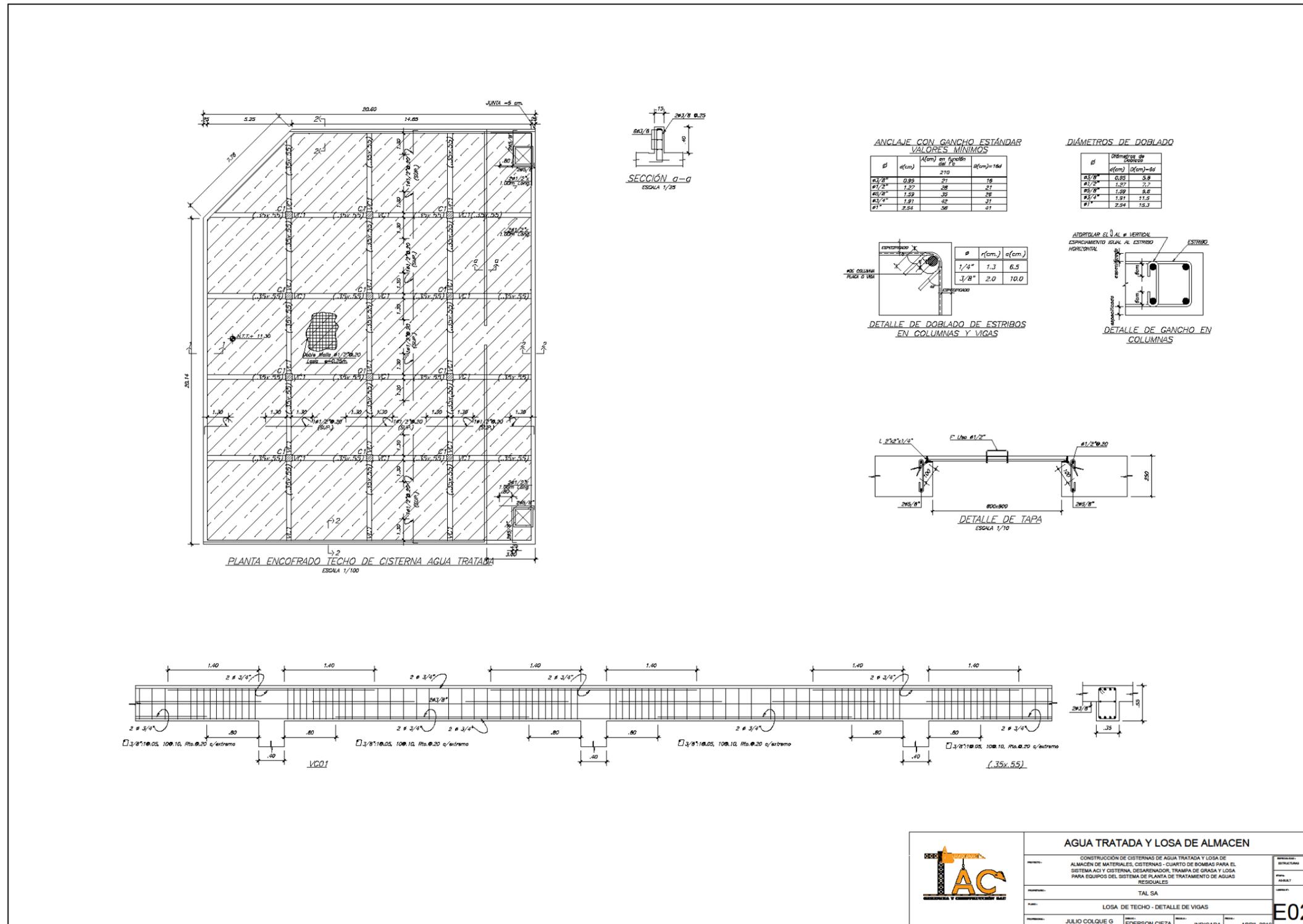
		<b>TAC GERENCIA Y CONSTRUCCION S.A.C.</b> RUC 20601237840 Ofic: Av. Guardia Civil N°1321 of 604 RPC: 992-757-482 E-mail: thomas.araoz@tacgyc.com	
<b>PRESUPUESTO N° 31122018</b>			
<b>CLIENTE</b>	TAL S.A.		
<b>ATENCION</b>	ING. HAJIME KUNJUSHI		
<b>OBRA</b>	<b>OBRAS CIVILES</b> CISTERNA AGUA TRATADA TANQUE ECUALIZADOR PARA PTAR		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	CONSTRUCCION DE CISTERNA DE AGUA TRATADA Y TANQUE ECUALIZADOR		
<b>UBICACIÓN</b>	AUTOPISTA A SALAVERRY KM 2.5 DISTRITO DE SALAVERRY, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGION LA LIBERTAD		
<b>FECHA</b>	31 DE DICIEMBRE DEL 2018		
<b>MONEDA</b>	SOLES		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PARCIAL \$/.</b>	<b>SUB TOTAL \$/.</b>
	<b>OBRAS CIVILES</b>		
	<b>CISTERNA AGUA TRATADA</b>		
	<b>TANQUE ECUALIZADOR PARA PTAR</b>		
	<b>I OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES</b>		<b>83,948.74</b>
	A CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	19,980.48	
	B INSTALACIONES PROVISIONALES	11,139.00	
	C TRABAJOS PRELIMINARES	52,829.26	
	<b>II SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL</b>		<b>32,050.00</b>
	A SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	32,050.00	
	<b>III CISTERNA DE AGUA TRATADA</b>		<b>784,857.35</b>
	A CISTERNA AGUA TRATADA	784,857.35	
	<b>V OBRAS CIVILES DE PTAR TANQUE ECUALIZADOR</b>		<b>297,741.91</b>
	A ESTRUCTURAS	242,661.90	
	B ARQUITECTURA	55,080.01	
	<b>COSTO DIRECTO</b>		<b>1,198,598.00</b>
	GASTOS GENERALES	9.0%	107,873.82
	UTILIDAD	5.0%	59,929.90
	<b>SUB TOTAL</b>		<b>1,366,401.72</b>
	IGV	18.0%	245,952.31
	<b>TOTAL</b>		<b>1,612,354.03</b>
<b>CONSIDERACIONES:</b>			
1 PLAZO DE EJECUCION: 60 DIAS CALENDARIOS 2 FORMA DE PAGO: ADELANTO 20% SALDO VALORIZACIONES QUINCENALES 3 EL CONSUMO DE AGUA Y ELECTRICIDAD ES A CUENTA DEL CLIENTE. 4 NO SE CONSIDERA TRAMITES MUNICIPALES DE LICENCIA DE OBRA Y/O CONFORMIDAD MUNICIPAL 5 EL CONCRETO CONSIDERADO ES LA MARCA DE PACASMAYO TIPO V, MS Y I SEGÚN INDICA LOS PLANOS 6 EL ACERO CONSIDERADO ES DE LA MARCA SIDER PERU Y/O ACEROS AREQUIPA. 7 EL ENCOFRADO CONSIDERA ES METALICO, CON PLANOS DE APROBACION. 8 EL ACABADO DEL ENDURECEDOR EN PISO SE CONSIDERA COLOR GRIS - CEMENTO 9 SE CONSIDERA APUNTALAR Y CALZAR EL CERCO PERIMETRICO PARALELO A LA CISTERNA 10 NO SE CONSIDERA INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS 11 SE CONSIDERA SOLO ACABADO SOLAQUEADO 12 VALIDEZ DE LA OFERTA, 15 DÍAS			

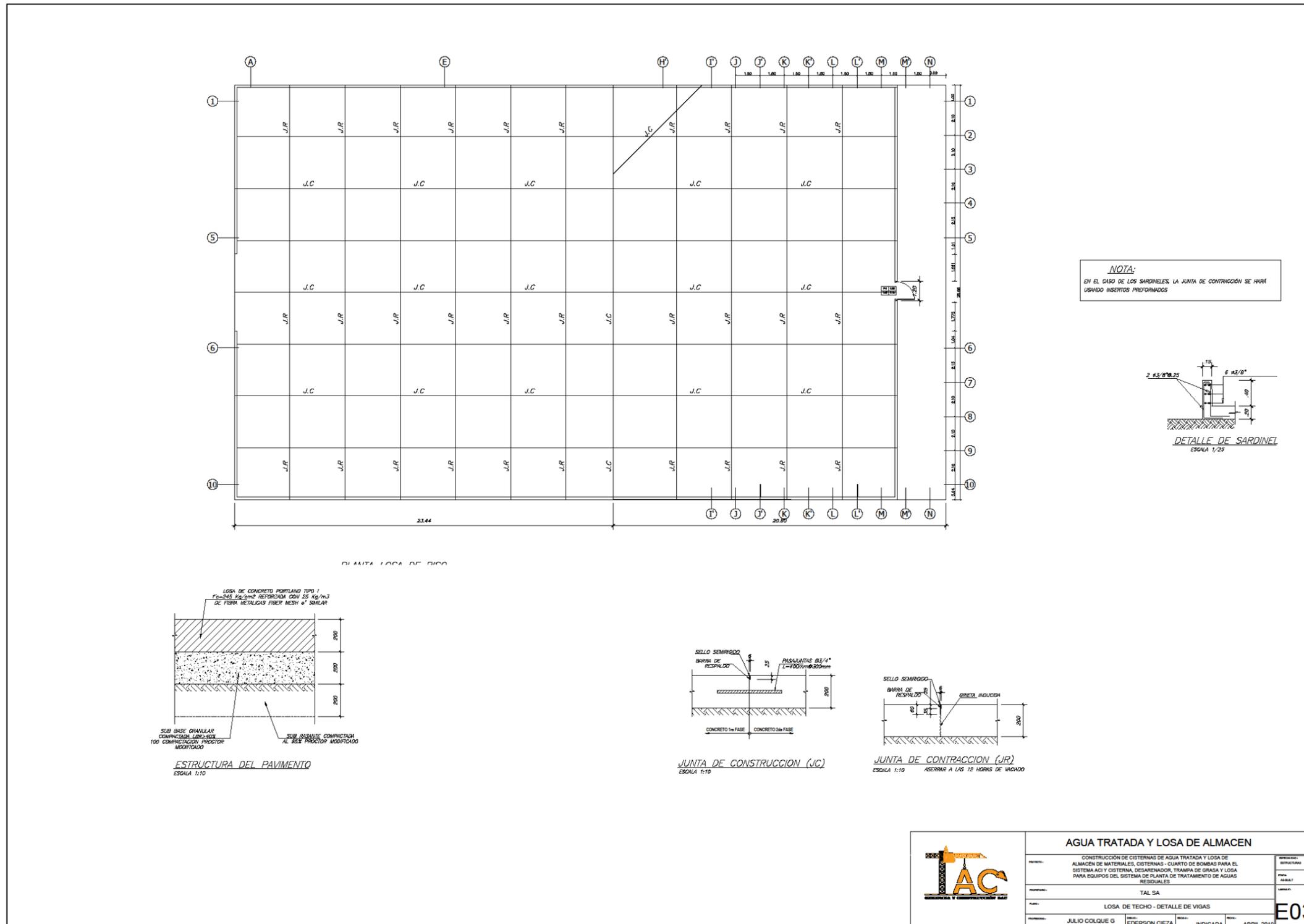
## ANEXO B. PRESUPUESTO POR OBRAS EN ESTACION DE BOMBEO.

			
<b>TAC GERENCIA Y CONSTRUCCION S.A.C.</b> RUC 20601237840 Ofic: Av. Guardia Civil N° 1321 of 604 RPC: 992-757-482 E-mail: thomas.araoz@tacgyc.com			
PRESUPUESTO N° 28022019			
<b>CLIENTE</b>	TAL S.A.		
<b>ATENCION</b>	ING. HAJIME KUNJUSHI		
<b>OBRA</b>	OBRAS CIVILES		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	CONSTRUCCION DE CAMARA DE BOMBEO, CAUDALIMETRO Y CAMARA DE VALVULAS DE AGUA RESIDUAL Y AGUA ESCALDADOS		
<b>UBICACIÓN</b>	AUTOPISTA A SALAVERRY KM 2.5 DISTRITO DE SALAVERRY, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGION LA LIBERTAD		
<b>FECHA</b>	28/02/2019		
<b>MONEDA</b>	SOLES		
ITEM	DESCRIPCION	PARCIAL S/.	SUB TOTAL S/.
<b>1</b>	<b>ESTACION DE BOMBEO</b>		
<b>1.01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</b>		<b>19,480.00</b>
1.01.01	OBRAS PROVISIONALES	2,930.00	
1.01.02	TRABAJOS PRELIMINARES	10,550.00	
1.01.03	SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	6,000.00	
<b>1.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		<b>37,261.06</b>
<b>1.03</b>	<b>CONCRETO SIMPLE</b>		<b>10,151.25</b>
<b>1.04</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>		<b>159,332.15</b>
1.04.01	LOSA DE CIMENTACION ARMADA	28,608.59	
1.04.02	MUROS	112,978.63	
1.04.03	LOSA DE TECHO	17,744.93	
<b>1.05</b>	<b>ARQUITECTURA</b>		<b>18,728.56</b>
<b>1.06</b>	<b>CARPINTERIA METALICA</b>		<b>28,800.00</b>
<b>1.07</b>	<b>VARIOS</b>		<b>4,186.55</b>
	<b>COSTO DIRECTO</b>		<b>277,939.57</b>
	GASTOS GENERALES	9.0%	25,014.56
	UTILIDAD	5.0%	13,896.98
	<b>SUB TOTAL</b>		<b>316,851.11</b>
	IGV	18.0%	57,033.20
	<b>TOTAL</b>		<b>373,884.31</b>
<b>CONSIDERACIONES:</b>			
1 PLAZO DE EJECUCION: 45 DIAS CALENDARIOS			
2 FORMA DE PAGO: CONTRAENTREGA			
3 EL CONSUMO DE AGUA Y ELECTRICIDAD ES A CUENTA DEL CLIENTE.			
4 NO SE CONSIDERA TRAMITES MUNICIPALES DE LICENCIA DE OBRA Y/O CONFORMIDAD MUNICIPAL			
5 EL CONCRETO CONSIDERADO ES LA MARCA DE PACASMAYO TIPO V, MS Y I SEGÚN INDICA LOS PLANOS			
6 EL ACERO CONSIDERADO ES DE LA MARCA SIDER PERU Y/O ACEROS AREQUIPA.			
7 EL ENCOFRADO CONSIDERA ES METALICO, CON PLANOS DE APROBACION.			
8 NO SE CONSIDERA ISNTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS.			
9 SE CONSIDERA TRABAJOS CON NIVELES FREATICOS ALTOS.			
10 SE CONSIDERA BOMBEO CON EQUIPOS Y PERSONAL PERMANENTE DE AGUAS FILTRADAS INCLUSO NOCTURNOS			
11 PERSONAL OBRERO Y STAFF A DOBLE TURNO			
12 PERSONAL CON EPP APROPIADO PARA TRABAJOS SOBRE NIVEL FREATICO ALTO			

ANEXO C. PLANOS DE ESTRUCTURAS DE LA CISTERNA DE AGUA TRATADA.

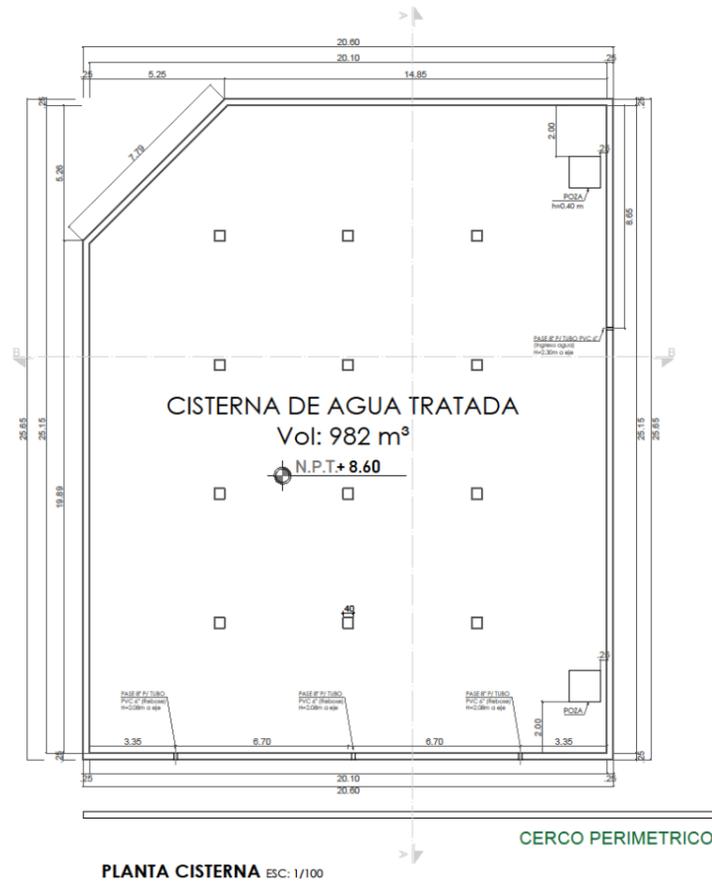






ANEXO D. PLANOS DE ARQUITECTURA DE LA CISTERNA DE AGUA TRATADA.



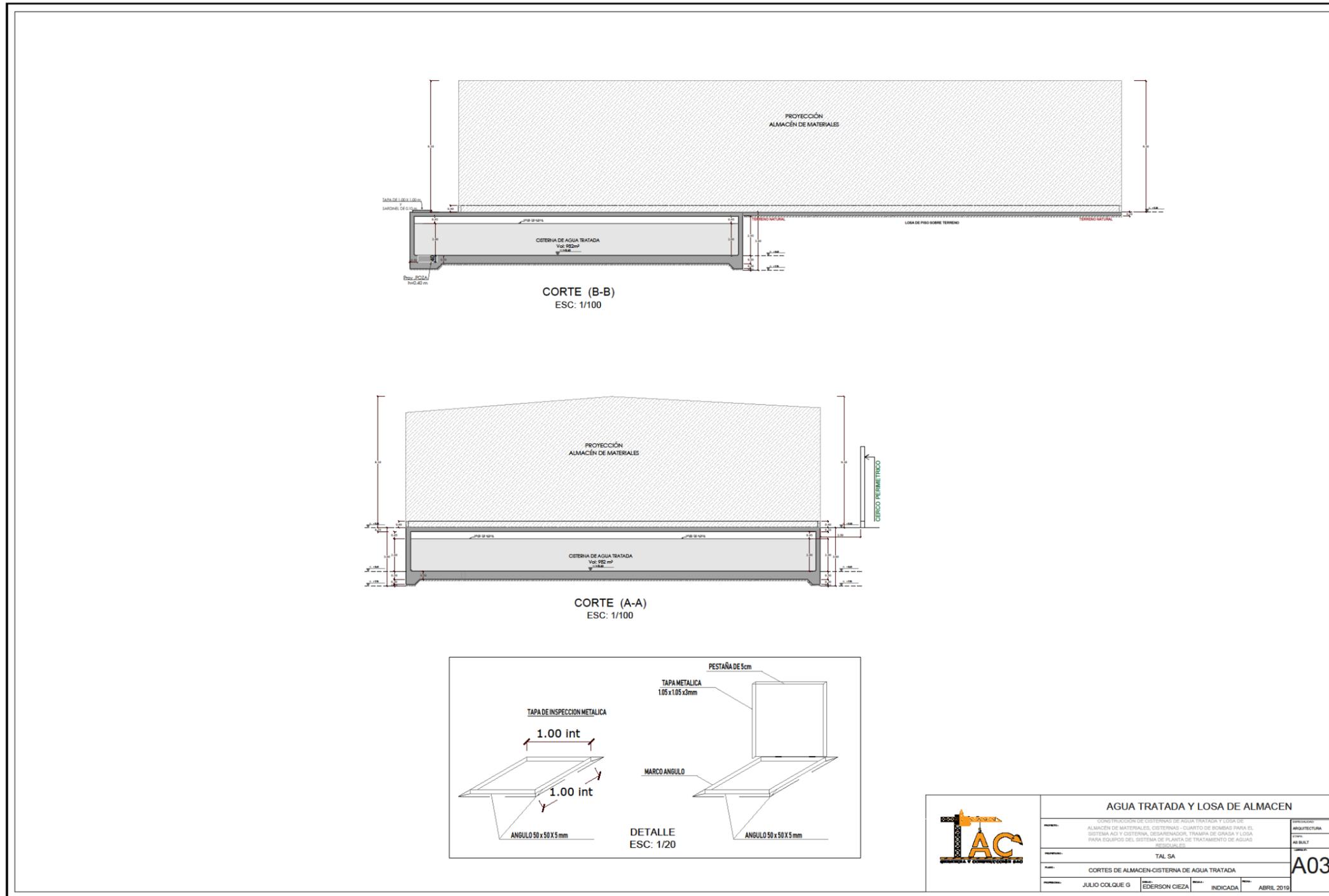


CERCO PERIMETRICO

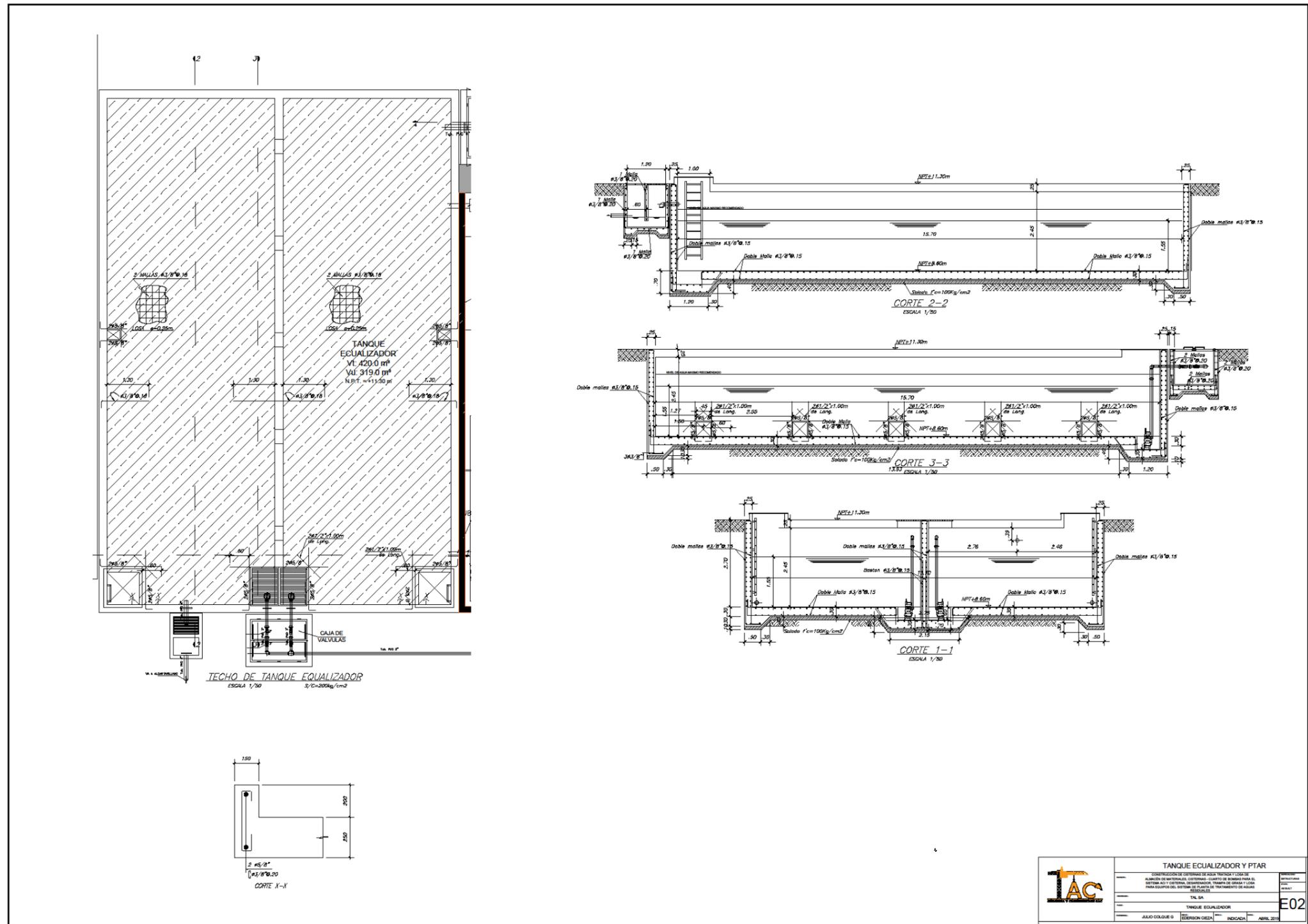


CERCO PERIMETRICO

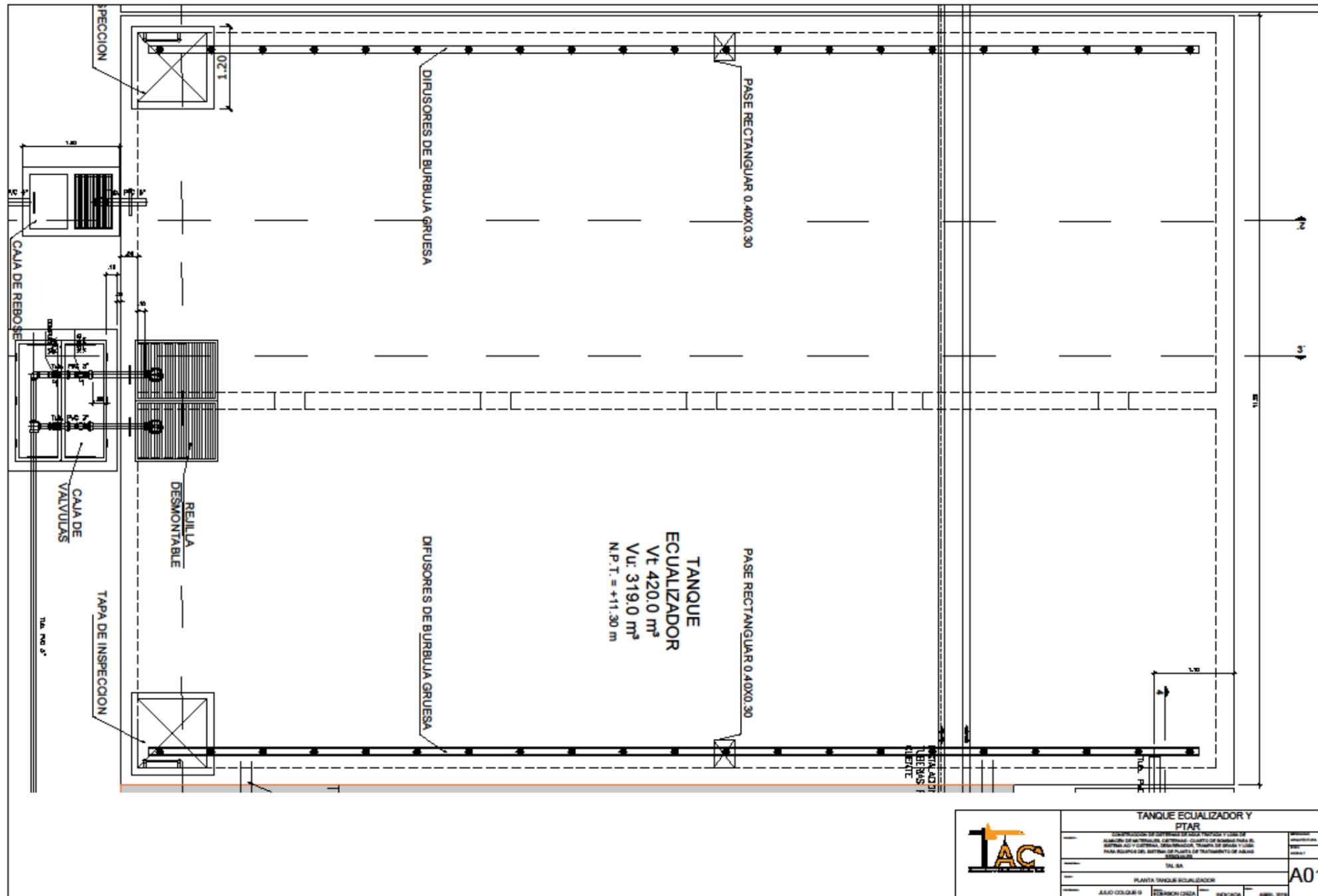
	<b>AS BUILT-AGUA TRATADA Y LOSA DE ALMACEN</b>		ESPECIALIDAD: ARQUITECTURA
	CONSTRUCCION DE CISTERNAS DE AGUA TRATADA Y LOSA DE ALMACEN DE MATERIALES, CISTERNAS - CUARTO DE BOMBAS PARA EL SISTEMA AGU Y CISTERNA, DESARROLADOR, TRAMPA DE GRASA Y LOSA PARA EQUIPOS DEL SISTEMA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS		PROYECTO: AS BUILT
TAL SA		<b>A02</b>	
PLANTA CISTERNA DE AGUA TRATADA			
PROYECTADO: JULIO COLQUE G	DISEÑADO: EDERSON CIEZA	ESCALA: INDICADA	FECHA: ABRIL 2019

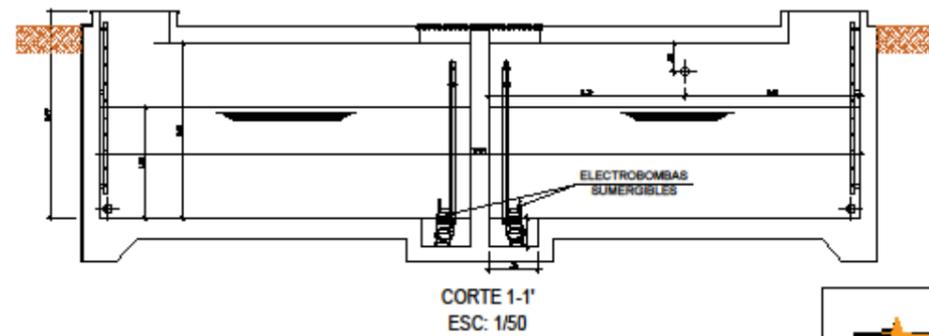
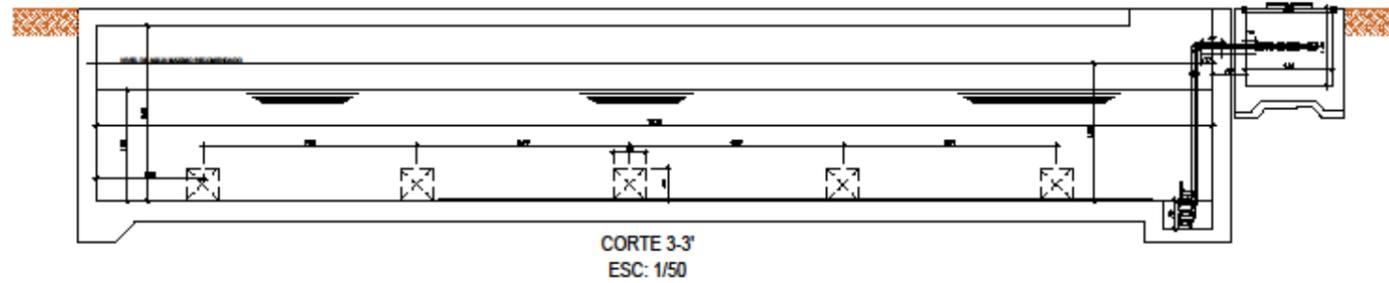
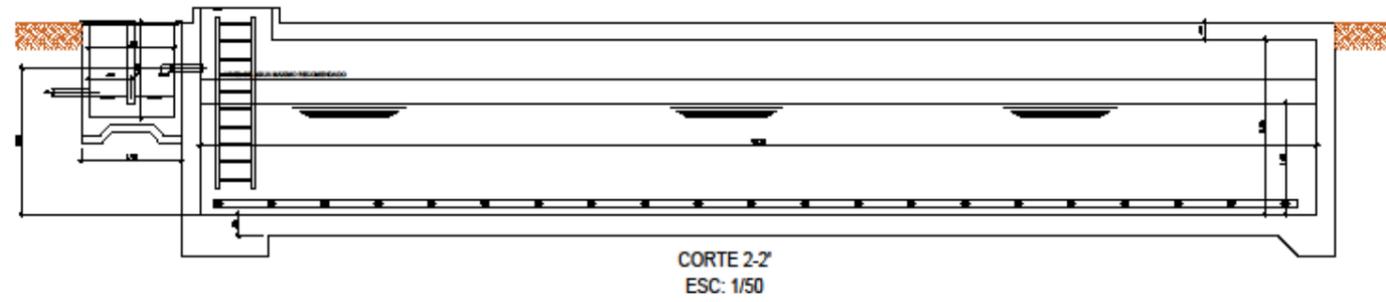


ANEXO E. PLANOS DE ESTRUCTURAS DE TANQUE ECUALIZADOR.



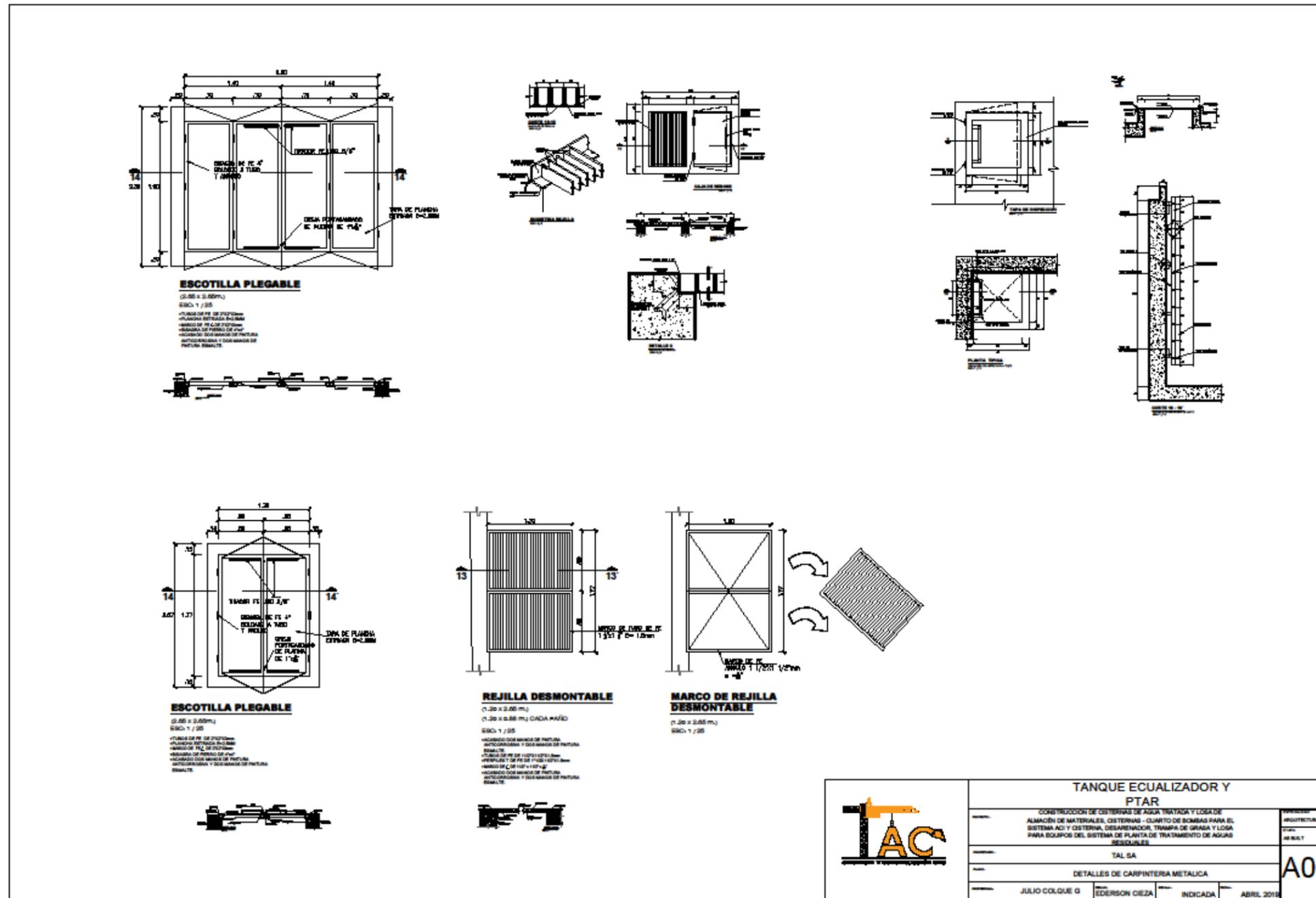
ANEXO F. PLANOS DE ARQUITECTURA DE TANQUE ECUALIZADOR.



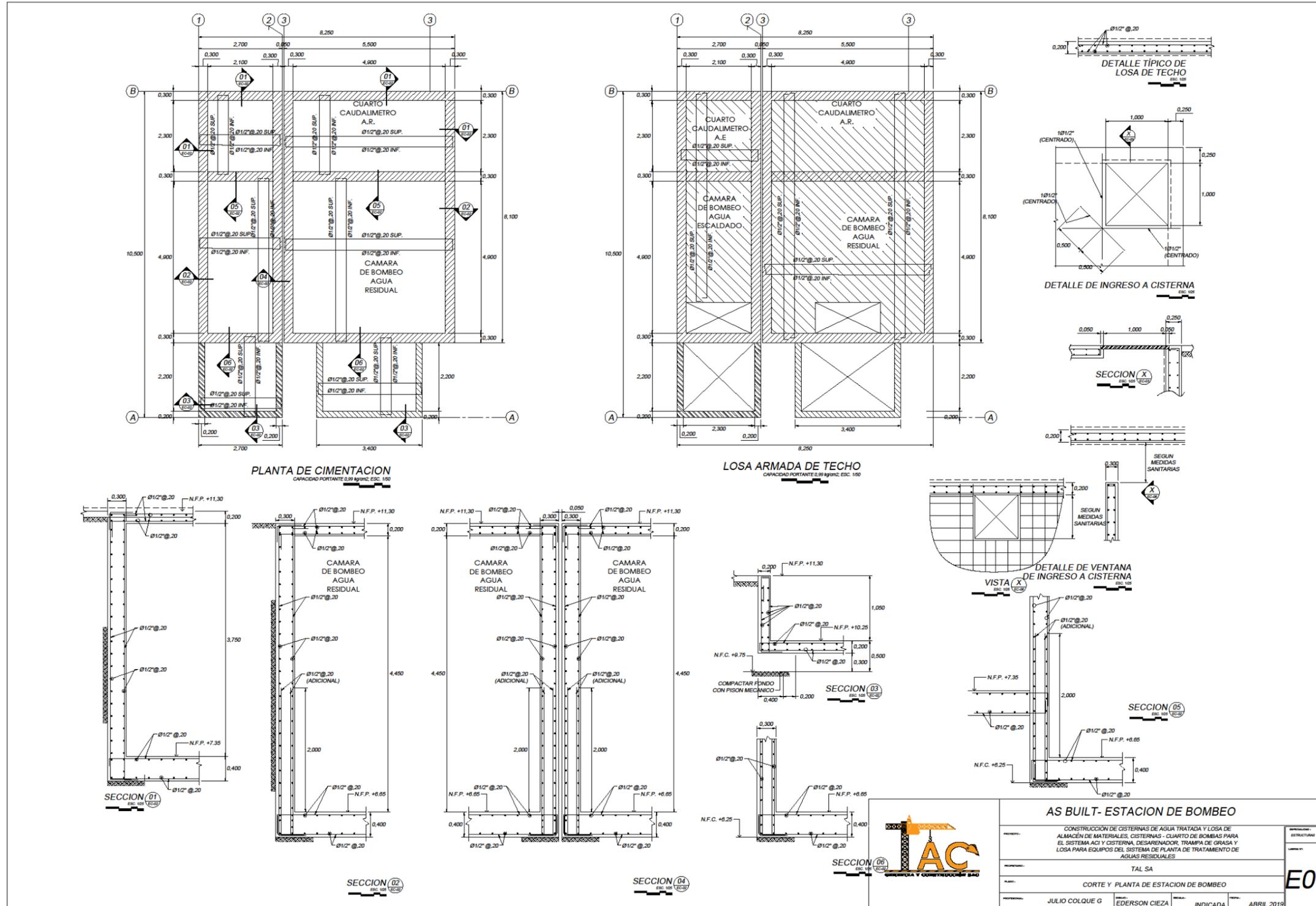


	<b>TANQUE ECUALIZADOR Y PTAR</b>			INGENIERIA INGENIERIA RESULT
	CONSTRUCCIÓN DE CISTERNAS DE AGUA TRATADA Y LOSA DE ALMACÉN DE MATERIALES, CISTERNAS - CUARTO DE BOMBAS PARA EL SISTEMA ACI Y CISTERNA, DESARENADOR, TRAMPA DE GRASA Y LOSA PARA EQUIPOS DEL SISTEMA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES			
	TAL SA			
	CORTES TANQUE ECUALIZADOR			
JULIO COLQUE G	EDERSON CIEZA	INDICADA	ABRIL 2019	<b>A02</b>

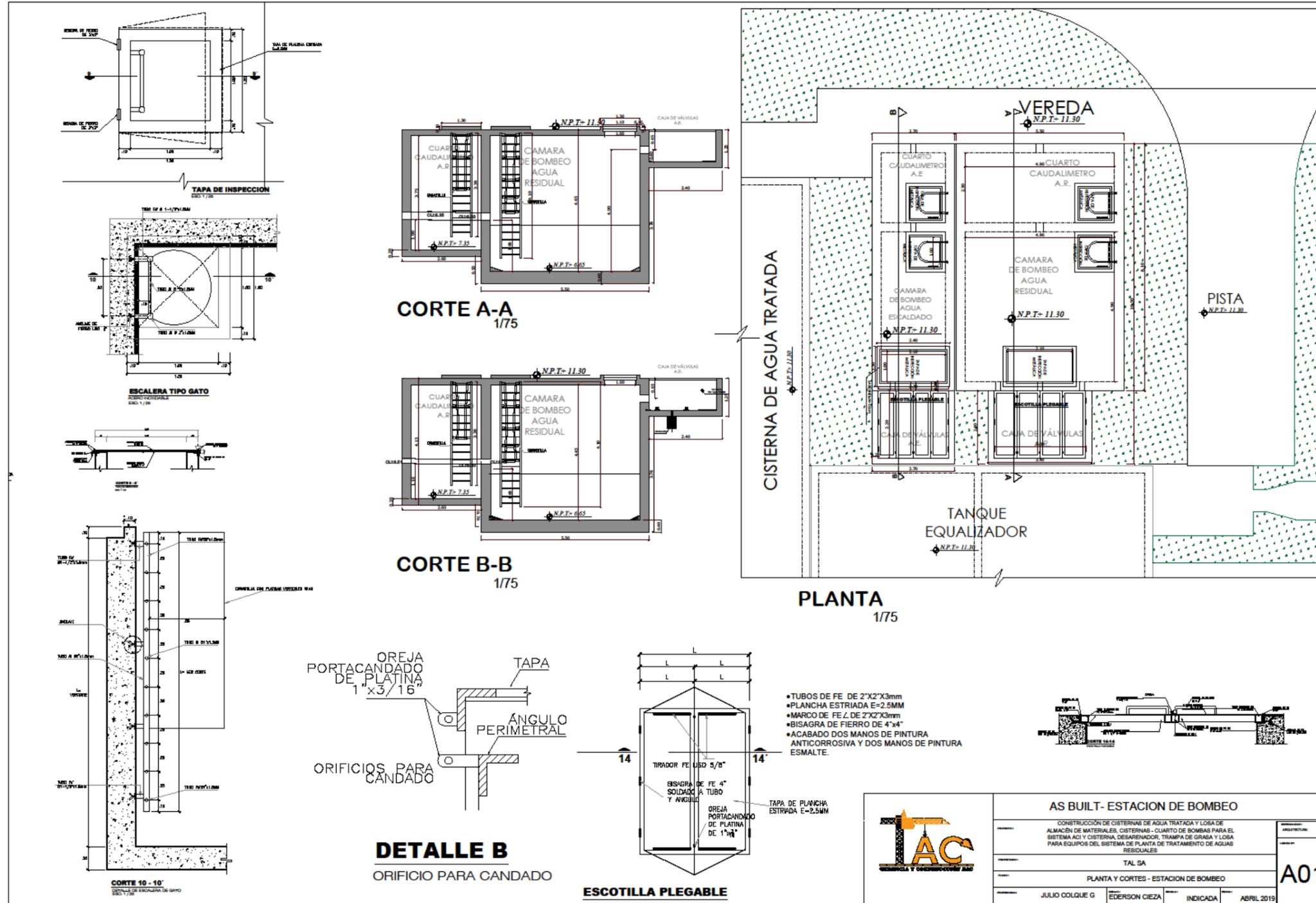
Plano de detalles.



ANEXO G. PLANOS DE ESTRUCTURAS DE CÁMARA DE BOMBEO.



ANEXO H. PLANOS DE ARQUITECTURA DE CÁMARA DE BOMBEO.



ANEXO I. CRONOGRAMA GANTT DEL PROYECTO.

