

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO ANAEROBIO
DE LODOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES LA ENLOZADA AREQUIPA”**

Tesis presentada por el Bachiller:
Valverde Calderón, Diego Alaín
Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Asesor:
Dr. Rendón Dávila, Victor Oscar


**Arequipa – Perú
2019**

A quien corresponda

Por la presente, Yo Carlos Castro Gutierrez, Ingeniero Mecánico con CIP N° 81001, **Gerente de Relaves y Aguas de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.**, certifico que el estudio de "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO ANAEROBIO DE LODOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LA ENLOZADA AREQUIPA" No ha sido desarrollado, ni conceptualizado, por lo que el trabajo de tesis propuesto por el bachiller en ingeniería civil, Diego Valverde Calderón, es el primer estudio al respecto

Se emite la presente para su trámite ante la Universidad Católica Santa María para los fines de desarrollo de tesis profesional.

Arequipa, 18 de junio del 2019.



Carlos Castro Gutierrez
Ing° Mecánico CIP 81001
Gerente Relaves y Aguas SMCV S.A.A.

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El BORRADOR DE TESIS Titulado:

Implementación de un sistema de tratamiento anaerobio
de lodos en la planta de tratamiento de aguas
residuales La Enlozada

Presentado por el (la) (los) Bachiller (es):


DIEGO ALAÍN VALVERDE CALDERÓN


Nuestro DICTAMEN es:

APROBADO SIN OBSERVACIONES

OBSERVACIONES:

Arequipa, 19 de Junio del 2019


COD 1723


COD: 1950


COD 2592

Epígrafe

*Quien con monstruos lucha cuide
de convertirse a su vez en monstruo.
Cuando miras largo tiempo el abismo, el
abismo también mira dentro de ti.*

Friedrich Nietzsche.



Agradecimientos

A mis padres José Luis Valverde Ortiz y Juana Calderón Vera, a mi hermana Tatiana por su apoyo durante el tiempo de realización de esta tesis.

Al ingeniero Dirk Loose por el asesoramiento y apoyo técnico brindado.



Índice

Resumen	i
Abstract	ii
CAPÍTULO I	1
1. Introducción.....	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Descripción	1
1.2.1. Campo, Área	1
1.3. Tipo de Problema.....	1
1.3.1. Variables.....	1
1.4. Interrogantes básicas.....	2
1.5. Justificación	2
1.6. Objetivos.....	3
1.7. Hipótesis	4
1.8. Planteamiento operacional	4
1.8.1. Campo de Verificación.....	4
1.8.2. Estrategia de Recolección de Datos.....	5
CAPÍTULO II	6
2. Caracterización de la Zona de Estudio.....	6
2.1. Ubicación Geográfica.....	6
2.2. Acceso	6
2.3. Entorno Ambiental	6
2.3.1. Clima	6
2.3.2. Temperatura	6
2.3.3. Precipitaciones	7
2.3.4. Radiación Solar	7
2.3.5. Dirección, Velocidad y variabilidad de los vientos	7
CAPÍTULO III	8
3. Marco Teórico	8
3.1. Lodos.....	8
3.1.1. Definición.....	8
3.1.2. Tipos de lodos	8
3.2. Composición y contenido de los lodos	10

3.2.1. Metales	10
3.2.2. Materia orgánica contaminante	11
3.2.3. Organismos patógenos.....	11
3.2.4. Huevos de helminto y quistes protozoarios	11
3.2.5. Bacterias patógenas en el lodo	12
3.2.6. Virus Patógenos en el lodo.....	13
3.3. Caracterización de los lodos.....	14
3.4. Sólidos totales, volátiles y fijos.....	14
3.5. Estabilización de lodos	15
3.6. Digestión Anaerobia.....	16
3.6.1. Definición.....	16
3.6.2. Procesos fundamentales en la digestión anaerobia	16
3.6.3. Descripción del proceso de digestión.....	17
3.6.4. Etapas de la digestión Anaerobia	18
3.7. Productos de la digestión anaerobia.....	18
3.7.1. Biogás.....	19
3.7.2. Lodos digeridos	19
3.8. Factores de afectan la digestión anaerobia	20
3.8.1. Tiempo de retención de Sólidos e Hidráulico	20
3.8.2. Temperatura	20
3.8.3. Nutrientes	21
3.8.4. Potencial Redox	21
3.8.5. Concentración de ácidos volátiles	21
3.9. Tipos de Digestores Anaerobios.....	21
3.9.1. Digestor discontinuo convencional	22
3.9.2. Reactor de mezcla continúa	22
3.9.3. Reactor de contacto.....	23
3.9.4. Reactor de lecho suspendido (UASB)	24
3.9.5. Reactor secuencial Batch (ASBR).....	25
3.9.6. Reactor de película fija	26
CAPÍTULO IV.....	27
4. Condiciones Mínimas de Manejo de Lodos Instalaciones para su disposición final	27
4.1. Marco legal – Perú.....	27
4.2. Guía de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)	27
CAPÍTULO V.....	30
5. Situación Actual.....	30
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos Plan de tratamiento de aguas residuales la Enlozada	30

5.1.1. Obras de llegada y estación de bombeo	30
5.1.2. PTAR La Enlozada	30
5.2. Disposición Actual de Lodos	32
CAPÍTULO VI.....	34
6. Propuesta de Mejora	34
6.1. Línea de Lodos	34
6.2. Espesadores de banda por gravedad	35
6.3. Digestor Anaerobio	36
6.3.1. Diseño Hidráulico del Digestor Anaerobio	36
6.3.2. Diseño de línea de impulsión y Bombeo.....	41
6.3.3. Energía producida a partir de Biogás generado	46
6.4. Diseño Estructural del Tanque Digestor	47
Consideraciones sísmicas	49
6.4.1. Características de la estructura	51
✓ Categoría de las edificaciones y factor de uso (U)	51
• Regularidad Estructural.....	51
6.4.2. Análisis Estructural	52
✓ Modelo Estructural	52
✓ Análisis Modal de la estructura	54
6.5. Memoria de cálculo.....	57
Verificación de los elementos estructurales	58
6.5.1. Diseño de Muros	59
6.5.2. Diseño de Cúpula	61
6.5.3. Diseño de la losa de fondo	62
6.5.4. Diseño de la Viga Collar	63
Capítulo VII	65
7. Costos y Presupuestos.....	65
7.1. Costos.....	65
7.1.1. Análisis de Precios Unitarios	65
7.1.1.1. Sistema de Estabilización de lodos – Línea de impulsión	65
7.1.1.2. Sistema de Estabilización de lodos – Tanque Digestor.....	74
7.2 Presupuesto.....	88
7.3 Fórmula Polinómica	90
7.3.1 Línea de Impulsión Fórmula Polinómica.....	91
7.3.2 Tanque Digestor Fórmula Polinómica.....	92
7.4 Flujo de Caja.....	93
7.4.1 Flujo de caja sin la producción de energía	95

7.4.2 Flujo de Caja con la producción de energía	96
Capítulo VIII	97
8. Análisis de Resultados y Beneficios	97
8.1. Análisis comparativo	97
8.2. Beneficios de la nueva Propuesta.....	97
Discusión	98
Conclusiones	100
Recomendaciones	102
Referencias bibliográficas.....	103
Anexos.....	104



Resumen

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad complementar el proceso actual de tratamiento de lodos que se lleva a cabo en la planta de tratamiento de aguas residuales la enlozada mediante un proceso de digestión anaerobio, que se muestra como una alternativa a la actual estabilización en lechos de secado que se usa en la PTAR la Enlozada y que ofrece la ventaja de sustituir las fuentes de energías mediante el uso del biogás producido como combustible, mitigar los malos olores, producir un subproducto reaprovechable además de cumplir con la norma peruana de condiciones mínimas de manejo de lodos y las instalaciones para su disposición final.

En el presente documento se propone la implementación de dos tanques digestores de concreto armado donde se llevará a cabo la estabilización de lodos en ausencia de oxígeno molecular y operara a una temperatura de 35 a 38 °C, la línea de impulsión de lodos espesados desde el tanque de almacenamiento de lodos hacia los tanques digestores y se presentan los cálculos estructurales, hidráulicos y planos para construcción de los mismos. También se presenta el costo de construcción y el análisis costo-beneficio del proyecto.

Como resultado se obtuvo que el sistema de tratamiento de lodos propuesto se traduce en un ahorro significativo en los costos anuales que se presentan en la PTAR y la energía producida partir del biogás generado podría cubrir el 30% de la energía que se usa actualmente.

Palabras clave: lodo, anaerobio, estabilización, energía.

Abstract

This investigation project purpose is to improve the actual sewage sludge handling in the waste water treatment plant la Enlozada, by the implementation of an anaerobic sludge stabilization system, which is the best alternative to the actual situation because of the benefits it represents, such as the production of energy from the biogas, the offensive odors mitigation, and the final sub-product which could be reusable in the agro industry as soil improver.

This document proposes the implementation of two reinforced concrete tanks where the stabilization will take place, at a temperature between 35 to 38 °C., the thickened sewage sludge pipeline from the sludge holding tank to the digester tanks, and it contains the structural and hydraulic engineering design, the construction plans and costs, in addition to the benefit-cost analysis.

As final result we got that the anaerobic stabilization system proposed represent a significant economic saving and the energy produced from the biogas could be used to cover the 30% of the energy used by the WWTP.

Key words: sewage sludge, anaerobic, stabilization, energy.

CAPÍTULO I

1. Introducción

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad, el tratamiento y gestión de lodos en una planta de tratamiento de aguas residuales es uno de los principales problemas ambientales relacionados al tratamiento del agua. Estos lodos para poder ser gestionados deben ser obligatoriamente tratados. Tratamiento que al menos en parte está integrado en las instalaciones de la planta de tratamiento.

La planta de tratamiento de aguas residuales la Enlozada al producir una gran cantidad de lodo proveniente del tratamiento de casi el 90 % del agua residual de la ciudad de Arequipa deshidrata y transporta los lodos por medio de camiones a unas instalaciones para un secado adicional. Luego son dispuestos en un relleno de seguridad.

1.2. Descripción

1.2.1. Campo, Área

- Campo: Arquitectura, Ingeniería Civil y del Ambiente
- Área: Ingeniería Civil

1.3. Tipo de Problema

1.3.1. Variables

Variable	Dimensiones
Sistema de Tratamiento de Lodos	- Análisis de Beneficios - Análisis Estructural

1.4. Interrogantes básicas

General

¿Cómo se realiza la implementación de un sistema de tratamiento de lodos en la planta de la Enlozada Arequipa 2018?

Específicos

¿Cuáles son los beneficios ambientales tras la implementación un sistema de tratamiento de lodos en la planta de la Enlozada Arequipa 2019?

¿Cuál es el diseño de las estructuras que componen el sistema de tratamiento de lodos en la planta de la Enlozada Arequipa 2019?

1.5. Justificación

El proceso de tratamiento de las aguas residuales, donde se eliminan los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua de uso humano e industrial genera residuos llamados lodos, los cuales salen de la planta y deben ser dispuestos en algún relleno sanitario o de seguridad o ser reutilizado si cumple las normas correspondientes que lo califique como biosólido. Generalmente los lodos después del proceso de depuración de aguas residuales se ven como un líquido de consistencia pastosa.

El lodo está formado por diferentes sustancias, microorganismos patógenos y materia orgánica que son responsables de malos olores y representan un riesgo ambiental y a la salud pública de no ser tratados y dispuestos correctamente. Además, su disposición final si no es apto para reúso representa un alto costo para los operadores de plantas. El proceso que controla la peligrosidad del lodo para su manipulación y posible reúso es la estabilización.

La estabilización es el proceso de reducción de fracción orgánica (Sólidos Volátiles - SV) en relación a la materia seca (Sólidos Totales - ST) para controlar la degradación

biológica en el producto, los potenciales de generación de olores, de atracción de vectores y de patogenicidad aplicados a lodos de PTAR.

La elaboración de esta tesis tiene como finalidad dimensionar un sistema de estabilización de lodos para la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Arequipa mediante digestores anaerobios, con lo que el lodo producido por esta planta podrá ser calificado como biosólido y podría ser usado como mejorador de suelos agrícolas o como combustible para algunas industrias.

Este proyecto incluye el dimensionamiento y diseño de las estructuras civiles, en este caso los reactores anaerobios, para lo que se ha requerido hacer los cálculos de producción de lodos para un caudal de tratamiento promedio de 1,800 L/s de aguas residuales de la Planta, que es la capacidad instalada para su primera etapa proyectada hacia el año 2029. Además se plantea la metodología para determinar el tiempo de retención de lodos en los reactores para lograr su estabilización bajo condiciones anaerobias y una temperatura establecida.

1.6. Objetivos

General

Realizar la implementación de un sistema de tratamiento anaerobio de lodos en la planta de tratamiento de aguas residuales la Enlozada.

Específicos

Determinar los beneficios tras la implementación un sistema de estabilización de lodos en la planta de la Enlozada.

Realizar el dimensionamiento y diseño hidráulico de las estructuras civiles componen el sistema de tratamiento de lodos en la planta de tratamiento de aguas residuales la Enlozada.

1.7. Hipótesis

General

Hi: Es viable complementar el proceso de tratamiento de lodos con un sistema de estabilización anaerobia en la planta de tratamiento de aguas residuales la Enlozada Arequipa.

Específicas

H1: Realizar la implementación de digestores anaerobios de lodos en la planta de tratamiento de aguas residuales la Enlozada Arequipa como complemento a su actual proceso de tratamiento de lodos generará beneficios importantes para la población y la empresa operadora.

H2: Realizar la implementación de un sistema de estabilización anaerobia de lodos mejorará el procesamiento de residuos generados por la planta de tratamiento de aguas residuales la Enlozada Arequipa y podrá ser calificado como biosólido para su reúso.

1.8. Planteamiento operacional

1.8.1. Campo de Verificación

El desarrollo del proyecto está dispuesto para su ejecución en terrenos de la planta de tratamiento de aguas residuales La Enlozada ubicada en el sector de la quebrada Enlozada, zona eriaza en el distrito de Uchumayo, a la margen izquierda y al sur del Río Chili, en la parte sur este de la ciudad, con un área ocupada actual de 13 Ha. La ubicación de esta planta en la zona la enlozada fue seleccionada debido a su lejanía de la población.

1.8.2. Estrategia de Recolección de Datos

Fuente de Datos Documental tomando en consideración información de la PTAR San Jerónimo de la ciudad de Cuzco y de la planta de tratamiento de agua la Enlozada de la ciudad de Arequipa.



CAPÍTULO II

2. Caracterización de la Zona de Estudio

2.1. Ubicación Geográfica

El proyecto se ubica en las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales la Enlozada localizada en el distrito de Uchumayo, en la ciudad de Arequipa, En el área de concesión de la empresa Sociedad Minera Cerro Verde.

2.2. Acceso

La vía de acceso principal a la zona del proyecto, saliendo de la ciudad de Arequipa es la carretera AR115, la planta de tratamiento se encuentra aproximadamente a 20 kilómetros del centro de la ciudad de Arequipa a un tiempo estimado de 50 minutos.

2.3. Entorno Ambiental

2.3.1. Clima

El clima en la ciudad de Arequipa es soleado y seco durante la mayor parte del año y se alcanza una temperatura máxima de 25.6°C durante el día en el verano se da la temporada de humedad (de diciembre a marzo) con presencia de nubes y medianas precipitaciones. En invierno (meses de junio y julio) la temperatura desciende hasta los 3 °C.

2.3.2. Temperatura

En la ciudad de Arequipa la temperatura oscila entre 8°C por las noches y a 25 °C durante el día dependiendo de la época del año, pudiendo llegar la temperatura mínima hasta 3.0 °C en el mes Junio.

2.3.3. Precipitaciones

Las precipitaciones en Arequipa se en el verano, durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo llegando a alcanzar los 78 mm por año. Aunque algunas veces pueden presentarse precipitaciones extremas que pueden alcanzar hasta los 100 mm en periodos muy cortos.

2.3.4. Radiación Solar

La radiación solar de la ciudad de Arequipa se encuentre en promedio entre 850 a 950 W/m², siendo considerado el índice más alto en Sudamérica.

2.3.5. Dirección, Velocidad y variabilidad de los vientos

La ocurrencia de los vientos en el área designada del proyecto en horas de la noche y primeras horas del día presenta brisas de montaña con una dirección noreste predominante y en el transcurso del día, brisas de valle con dirección predominante oeste sur oeste y la velocidad del viento se encuentra entre 1.5 y 2.5 m/s en promedio.

CAPÍTULO III

3. Marco Teórico

3.1. Lodos

3.1.1. Definición

Son residuos sólidos provenientes de procesos de tratamiento de aguas residuales que cuentan con alta concentración de materia orgánica, característica que se aplica principalmente a los lodos obtenidos en el tratamiento primario y tratamiento secundario, así como a las excretas de instalaciones sanitarias in situ (von Sperling, 2007)

3.1.2. Tipos de lodos

Los lodos provenientes del tratamiento del agua pueden ser de los siguientes tipos:

Lodo primario: proveniente de la clarificación y sedimentación de las aguas residuales, específicamente del tratamiento primario, su contenido de sólidos está entre el 3 al 8 % y está compuesto por sólidos sedimentables.

Tiene comúnmente un aspecto gris pegajoso, olor ofensivo y desagradable y es generalmente fácil de digerir.

Lodo secundario: compuesto casi en su totalidad por biomasa que es producida durante la conversión biológica de la materia orgánica y la eliminación de gran parte del DQO y la materia orgánica suspendida. El contenido de materia orgánica está comúnmente entre 60 a 85%, tiene un color café, con un olor a tierra cuando está fresco, se vuelve oscuro y sedimenta rápido, posee un olor a putrefacción desagradable, fácil de digerir por medio de digestores aerobios y anaerobios.

Lodos digeridos: provienen de los dos anteriores, pueden estar separados o mezclados, la digestión puede ser aerobia o anaerobia, en ambas presenta un color carmelita.

Etapas del tratamiento de las aguas residuales.

UNIDAD	TIPO DE SOLIDO O LODO	OBSERVACIONES
Cribado	Sólidos gruesos	Estos sólidos son movidos manual o mecánicamente
Desarenadores	Arena y espuma	No se suele tomar en cuenta la remoción de espumas
Pre aireación	Arena y espuma	Puede ocurrir sedimentación de arenas si no existe desarenadores antes de la pre aireación
Sedimentación primaria	Lodos y espumas primarios	La cantidad dependerá del tipo de agua residual afluente
Tratamiento biológico	Lodos y espumas secundarios	Los sólidos suspendidos provienen de la descomposición de la materia orgánica
Tratamiento de lodos	Lodo, compost, cenizas	Se obtiene lodo en base a su origen y proceso de tratamiento

Fuente: Metcalf & Eddy vol. 2

3.2. Composición y contenido de los lodos

S.M.C.P. da Silva, F. Fernandes y V.t. Soccol (2007), indican que algunos componentes del agua residual proveniente de los sistemas de tratamiento, pueden contener materia orgánica además de Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K) y en menor medida Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S) que le confieren un valor agrícola que pueden ser aprovechados, pero también diferentes componentes que no son deseados y pueden significar un riesgo para el medio ambiente. Estos últimos se pueden agrupar en los siguientes grupos:

- Metales
- Materia orgánica contaminante
- Organismos patógenos

Su presencia en el lodo es variable y depende de las características del agua residual cruda y del sistema de tratamiento. En el caso del agua residual doméstica usualmente contiene bajos niveles de metales pesados y no constituye una amenaza al medio ambiente. La mayor parte de contaminación química proviene de las descargas del sector industrial en el sistema de drenaje urbano.

3.2.1. Metales

La concentración de metales en el lodo es altamente variable de lugar en lugar, si bien la acumulación de metales por parte del agua residual doméstica es baja, siguen siendo venenosos y tóxicos para plantas y animales, añadiéndole las grandes concentraciones que vierten las industrias en el sistema urbano de drenaje lo cual representa una preocupación pues su potencial acumulación en los tejidos humanos y su biomagnificación en la cadena alimenticia representa una amenaza tanto sanitaria como medio ambiental.

En los lodos podemos encontrar metales como el Cadmio (Cd), cobre (Cu), Zinc (Zn), Níquel (Ni), que provienen de fuentes no metálicas ya sea de los productos metalúrgicos, de vidrio o cemento.

También metales como el Mercurio (Hg), Cromo (Cr), Arsénico (As) o Selenio (Se).

3.2.2. Materia orgánica contaminante

Los contaminantes orgánicos se refieren a moléculas orgánicas complejas con poca solubilidad y elevada capacidad de adsorción, que se pueden encontrar incluso provenientes de la combustión de combustibles fósiles y que tienden a acumularse en los lodos, estas moléculas tienen un potencial de biodegradación lento.

Las principales fuentes de contaminación por componentes orgánicos provienen de las industrias farmacéuticas, químicas, plásticas, de petróleo, lavanderías, etc. Siendo los principales contaminantes: plaguicidas, disolventes industriales, colorantes, plastificantes.

3.2.3. Organismos patógenos

Los organismos que se encuentran en el lodo, suelen ser saprotrofos, comensales, simbióticos o parásitos, solo los parásitos son considerados patógenos y pueden causar enfermedades en los seres humanos y animales. En el lodo se pueden encontrar cinco grupos de organismos patógenos:

- Helminto
- Protozoarios
- Fungi
- Virus
- Bacteria

La cantidad de organismos patógenos presentes en el lodo varía de acuerdo a las condiciones geográficas, sanitarias, al tipo de tratamiento del lodo e incluso al nivel socioeconómico de la población.

3.2.4. Huevos de helminto y quistes protozoarios

El helminto suele encontrarse en las aguas residuales y representa una amenaza para la salud humana, el huevo de helminto comprende la etapa contagiosa de estos parásitos, son excretados en las heces y se extienden en las aguas

residuales, suelo o alimentos. Presentar una resistencia alta a la desinfección con cloro y a las tensiones ambientales.

Los protozoarios son parásitos expuestas a condiciones no favorables en su ciclo de vida, son responsables de enfermedades como la disentería, un quiste es la forma que tienen los protozoarios para sobrevivir las condiciones desfavorables a las que se enfrenta y le ayuda a dispersarse con facilidad de un huésped a otro.

La dosis de infección de los huevos de helminto y los quistes protozoarios es muy baja, en algunos casos, un solo huevo o quiste es suficiente para infectar al huésped.

Dosis mínima de infección (MID) para quistes protozoarios y huevos de helminto	
Organismo patógeno	MID
Quiste protozario	$10^0 - 10^2$
Huevos de helminto	$10^0 - 10^1$

Fuente: World Health Organization (1989)

3.2.5. Bacterias patógenas en el lodo

Las bacterias presentes en el lodo vienen de diferentes fuentes, ya sean humanas o animal, del suelo, aire o agua, aunque la transmisión de enfermedades entero - bacterianas por el lodo es baja, la aplicación del lodo en el suelo puede aumentar el riesgo.

La transmisión de las entero – bacterias vía fecal-oral es frecuentemente a través del agua y la comida.

Algunas de las principales bacterias presentes en el lodo son:

Organismo	Enfermedad	Huésped
Salmonella	Fiebre tifoidea, salmonelosis	Mamíferos, aves y tortugas
Vibrio cholerae	Cólera	
Shigella soennei	Disentería	

Fuente: EPA, French environmental and energy management, ADEME (1998)

3.2.6. Virus Patógenos en el lodo

Los virus están presentes en los diferentes procesos de tratamiento de aguas residuales, su concentración es variable y depende de las condiciones de salud de la población, el tipo de tratamiento del agua residual y el proceso de estabilización aplicado al lodo.

Los virus afectan tanto a los humanos como a los animales y son generalmente transmitidos a través de la comida, del agua, del suelo o aerosoles, la transmisión se da por el contacto con la mucosa o por inhalación.

Los virus más comunes que se encuentran en el lodo que pueden afectar al ser humano son:

Virus	Enfermedad	Huesped
Virus de Hepatitis	Hepatitis	Humano
Rotavirus	Gastroenteritis	Humano
Echovirus	Meningitis, parálisis	Humano
Poliovirus	Poliomielitis	Humano
Reovirus	Gastroenteritis, infecciones respiratorias	Humano

Fuente: EPA, French environmental and energy management, ADEME (1998)

3.3. Caracterización de los lodos

El lodo consiste en sólidos orgánicos e inorgánicos, que se encuentran compuestos en su mayoría por sustancias responsables de malos olores.

El lodo primario es el que contiene los sólidos presentes en el agua residual cruda mientras que el secundario contiene sólidos biológicos y químicos producidos durante el proceso de tratamiento.

El lodo es en su mayoría agua, los rangos de sólidos secos contenidos en el lodo van comúnmente de 1 a 5 %.

Los parámetros usados para la caracterización del lodo incluyen: la concentración de sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), patógenos, metales y nutrientes.

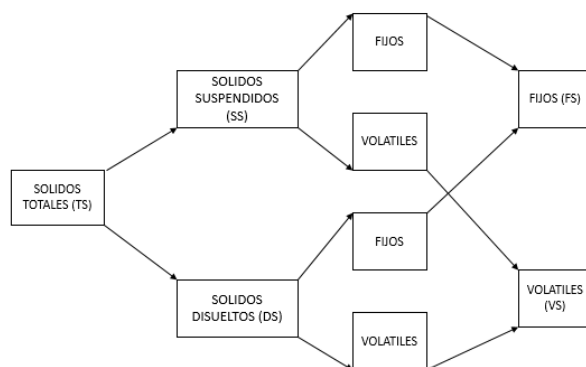
Son parámetros muy similares a los que se usan para caracterizar a las aguas residuales aunque ambos, lodos y agua son muy diferentes.

Para poder expresar las características de los lodos es importante poder comprender algunas relaciones fundamentales. Como la distribución de sólidos en el lodo.

3.4. Sólidos totales, volátiles y fijos

El lodo consiste en agua y sólidos. Los sólidos totales (TS) pueden ser divididos en sólidos suspendidos y en sólidos disueltos. La mayoría de los sólidos en el lodo están representados por los sólidos suspendidos, los sólidos suspendidos y los disueltos están esparcidos en los sólidos inorgánicos o fijos (FS) y en los sólidos orgánicos o volátiles (VS).

El ratio entre sólidos volátiles y totales (VS/TS) es un indicador de la fracción orgánica de los sólidos en el lodo



Distribución de sólidos en el lodo de acuerdo al tamaño de la fracción orgánica

Fuente: tratamiento de aguas residuales. R.S. Ramalho.

3.5. Estabilización de lodos

La estabilización de lodos se usa en las plantas de tratamiento para reducir el potencial mal olor debido a la biodegradación de la materia orgánica y para facilitar el proceso de tratamiento del lodo y su disposición final. Las principales razones de la estabilización de lodos son

- Eliminar malos olores
- Reducir patógenos contaminantes
- Inhibir, reducir o eliminar la potencial putrefacción.

Según M. Ludovice (2000), el éxito para lograr estos objetivos está relacionado con los efectos del proceso de estabilización sobre la fracción orgánica o volátil de los sólidos y biosólidos. La supervivencia de los patógenos, la liberación de malos olores y la putrefacción, ocurre cuando los microorganismos tienen la posibilidad de florecer en la fracción orgánica del lodo. El significado de eliminar estas condiciones está directamente relacionado con la reducción biológica del contenido volátil y la adición de químicos a los sólidos y biosólidos para hacerlos inadecuados para la supervivencia de microorganismos.

Las formas de estabilización pueden ser las siguientes:

- Estabilización biológica: bacterias específicas que promueven la estabilización de la fracción biodegradable de la materia orgánica
- Estabilización química: oxidación química de la materia orgánica
- Estabilización térmica: el calor estabiliza la fracción volátil del lodo en contenedores herméticamente cerrados.

En el caso de este proyecto nos enfocaremos en la forma de estabilización biológica más usada, la digestión anaerobia.

3.6. Digestión Anaerobia.

3.6.1. Definición

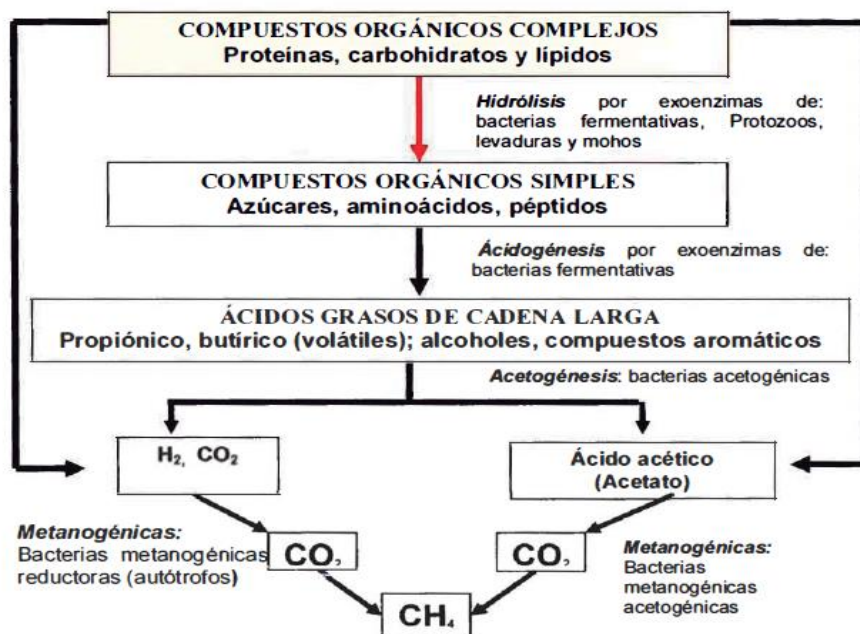
La digestión anaerobia es un procedimiento biológico que permite la degradación de la materia orgánica por medio de una fermentación bacteriana productora de metano, en un ambiente cerrado herméticamente y en la ausencia de oxígeno molecular. La mayor aplicación de la digestión anaerobia es en la estabilización de lodos concentrados provenientes del tratamiento de aguas residuales municipales e industriales.

En la digestión anaerobia se da la ruptura de casi todos los tipos de materia orgánica, por la acción de una amplia gama de microorganismos en ausencia de oxígeno u otros agentes oxidantes.

3.6.2. Procesos fundamentales en la digestión anaerobia

En la digestión anaerobia se dan tres tipos de reacciones químicas y bioquímicas, las cuales son: Hidrolisis; fermentación o acidogénesis y metanogénesis o acetogénesis.

Franklin L. Burton (2003), indica que es un procedimiento que requiere condiciones y factores ambientales específicas, como: tiempo de retención de lodos, tiempo de retención hidráulica, temperatura, alcalinidad, pH, presencia de sustancias inhibitoras, materiales tóxicos, y la biodisponibilidad de nutrientes y restos de metales.



Fuente: tratamiento de aguas residuales. R.S. Ramalho.

3.6.3. Descripción del proceso de digestión.

H. David Stensel (2003), nos dice que en el proceso de digestión anaerobia de lodos en una planta de tratamiento de aguas residuales, la estabilización del lodo crudo y biológico bajo estas condiciones, producen metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂)

Para que el proceso sea logrado, los tanques herméticamente cerrados deben mantener un flujo de lodo constante o en intervalos.

La fracción orgánica del lodo está hecha para polisacáridos, proteínas y grasa. Dentro del tanque de digestión, Las colonias de microorganismos anaerobios se encargan de convertir la materia orgánica en masa celular, metano, dióxido de carbono y otros micro-constituyentes.

La población de microorganismos hidrolíticos, acetogénicos y metanogénicos, mantienen un equilibrio dinámico y su concentración varía dependiendo de las condiciones de operación del tanque.

Las bacterias desnitrificantes y reductoras de sulfatos también están presentes en la digestión anaerobia y juegan un papel fundamental en el proceso de digestión, pues son responsables de la reducción de los sulfatos, sulfitos y nitratos.

3.6.4. Etapas de la digestión Anaerobia

- **Hidrólisis:** esta etapa en el proceso verifica la licuefacción y fermentación de las sustancias orgánicas que tienen un peso molecular elevado, ya sean proteínas, hidrato de carbono o lípidos, las cuales se encuentran en el lodo, ya sean suspendidas o disueltas.

En esta etapa estas sustancias se transforman o reducen en otros compuestos más fáciles de digerir y de cadena molecular corta, como en gases de dióxido de carbono e hidrógeno, además de ácidos grasos volátiles y etanol.

- **Fase Acetogénica:** en esta etapa los ácidos grasos volátiles y moléculas orgánicas pequeñas, son transformadas por las bacterias en ácido acético o fórmico, dióxido de carbono e hidrogeno.
- **Fase metanogénica:** en esta etapa, bacterias estrictamente anaerobias (metanogénicas) se encargan de catabolizar anaerobiamente el ácido acético e hidrogeno, para dar subproductos gaseosos, compuestos en su mayoría por metano y dióxido de carbono. Su desarrollo es lento y son muy sensibles a las variaciones de temperatura, ph, y del medio en donde se desarrollan.

3.7. Productos de la digestión anaerobia

El proceso de digestión nos da como producto biogás y lodos digeridos.

3.7.1. Biogás

El biogás se produce en la etapa metanogénica de la digestión anaerobia, está compuesto esencialmente por metano y dióxido de carbono y otros gases. Dicho biogás puede ser utilizado para generar energía térmica o eléctrica, después de un proceso de lavado para la separación del metano de sus demás componentes.

Gas	% de volumen
Metano	62-72
Dióxido de carbono	30-38
Sulfuro de hidrogeno	50 – 3000 ppm
Nitrógeno	0.05-1.0
Oxígeno	0.022
Hidrógeno	<0.01
Vapor de agua	Saturación

Composición típica del biogás generado en un digester anaerobio.

Fuente: Sludge treatment and disposal, Cleverson Vitorio Andreoli.

3.7.2. Lodos digeridos

Los lodos digeridos suponen una masa compuesta de sólidos inorgánicos y volátiles de fácil degradación, sus principales características son:

- Fácil de separar de la fase líquida.
- La materia orgánica en el lodo está estabilizada.
- Fracción de materia orgánica biodegradable baja.
- Bajo potencial de general malos olores.
- Baja concentración de patógenos.
- Color oscuro.
- Los sólidos volátiles deben haberse reducido entre un 40 a 60%.

3.8. Factores de afectan la digestión anaerobia

3.8.1. Tiempo de retención de Sólidos e Hidráulico

El dimensionamiento de un reactor anaerobio se basa en proveer de un tiempo de residencia adecuado para permitir la destrucción de sólidos volátiles suspendidos (VSS). Los criterios de diseño que se deben tomar en cuenta son:

1. Tiempo de retención de sólidos SRT: es el tiempo promedio que los sólidos permanecen en el reactor durante el proceso de digestión.
2. Tiempo de retención hidráulica: es el tiempo promedio que el líquido permanece en el reactor durante el proceso de digestión.

Las reacciones de hidrólisis, fermentación y metanogénesis están directamente relacionadas al tiempo de retención de sólidos y al tiempo de retención hidráulica. Una variación en el tiempo de retención de sólidos afecta las reacciones ya mencionadas y también el crecimiento de bacterias necesarias para el proceso de digestión anaerobia.

3.8.2. Temperatura

La temperatura influencia tanto en la actividad metabólica de los microorganismos como en el rango de transferencia de gas y las características de sedimentación de los sólidos biológicos.

En la digestión anaerobia, la temperatura determina los parámetros de digestión, sobretodo en el proceso de hidrolisis y en la formación de metano. También establece el mínimo requerido de SRT para lograr una adecuada destrucción de sólidos volátiles suspendidos (VSS).

Comúnmente la digestión anaerobia opera en un rango mesofílico es decir entre 30°C y 38°C.

Mantener una temperatura de operación es muy importante debido a que las bacterias son muy sensibles al cambio de temperatura, 1°C/d puede afectar el desempeño de las bacterias, sobretodo de aquellas productoras de metano.

3.8.3. Nutrientes

En el proceso anaerobio se necesitan pocas cantidades de nutrientes debido a la baja velocidad de crecimiento de las bacterias.

Cuando hay un déficit en las fuentes de fósforo y nitrógeno, las bacterias metanogénicas inhiben su crecimiento, pero el resto no se detiene en la misma proporción, debido a que dichas bacterias sintetizan otros compuestos que les sirven como energía.

3.8.4. Potencial Redox

En el ambiente anaerobio se debe mantener un potencial redox muy bajo, normalmente negativo. Ya que la tolerancia de las bacterias metanogénicas a los cambios en el potencial redox es baja. Se recomienda mantener un potencial redox inferior a -350mV y óptimo de 220mV .

3.8.5. Concentración de ácidos volátiles

La acumulación de AGV (acidificación) es el motivo más común de falla en la digestión anaerobia. El incremento en la concentración de AGV es el resultado del descenso de la actividad metanogénica, esto se da cuando la relación velocidad de alimentación orgánica a población metano génica es superior a la adecuada.

3.9. Tipos de Digestores Anaerobios

En todos los tipos de reactores anaerobios se debe favorecer el contacto del líquido afluente con la biomasa activa dentro del reactor, para lograr una degradación de la materia orgánica más eficiente.

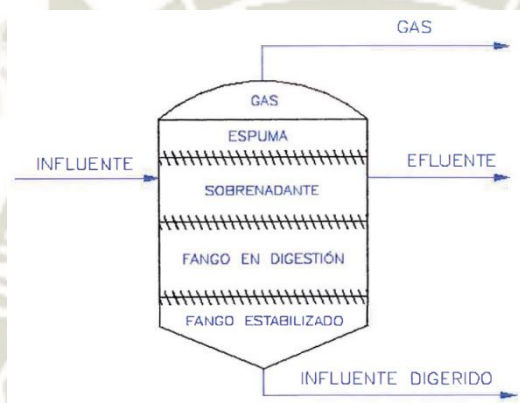
Debido a que los microorganismos metanogénicos tienen una velocidad baja de crecimiento. La retención de biomasa es un factor determinante para la operación de reactores que operan con un tiempo bajo en retención de sólidos.

Los tipos de digestores más comunes son:

3.9.1. Digestor discontinuo convencional

En este tipo de digestor el lodo no es mezclado y no se calienta y la alimentación es en intervalos de tiempo. Es el tipo de digestor más sencillo el lodo sin digerir se introduce en el digestor junto con el inóculo que puede ser una parte del residuo de una operación anterior y se cierra

El tiempo de retención es largo, de 40 a 100 días. Cuando la producción de gas ha concluido se abre el digestor y se descarga el producto.

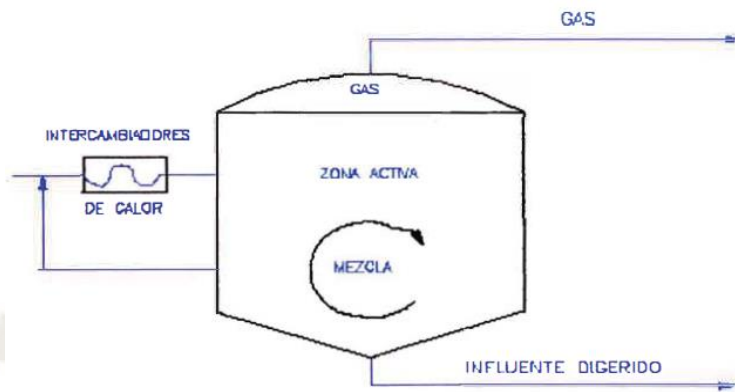


Fuente: Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos. Instituto mexicano de tecnología del agua

3.9.2. Reactor de mezcla continúa

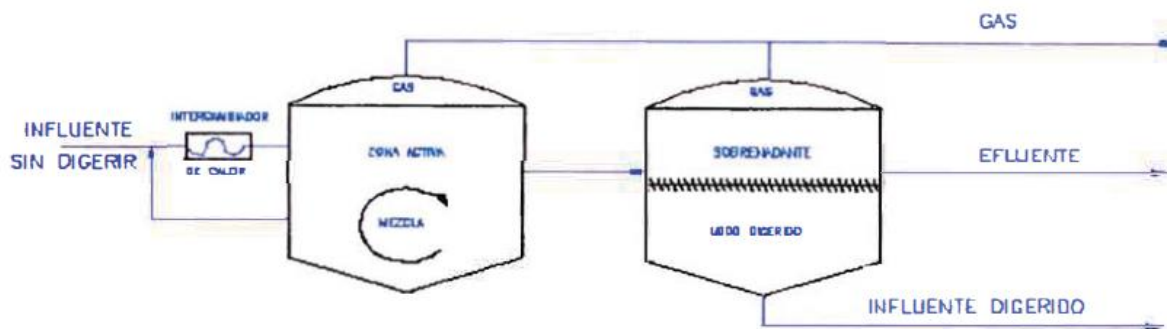
- **En una etapa:** este tipo de reactor la alimentación es continua y posee un sistema de mezcla y calentamiento con lo que el volumen de lodo digerido se reduce. En este tipo de reactores el tiempo de retención hidráulica es igual al tiempo de retención de sólidos.

En estos reactores se requieren de largos tiempos de retención hidráulica y de sólidos además de variar entre 10 a 30 días.



Fuente: Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos. Instituto mexicano de tecnología del agua

- En 2 etapas:** está compuesto de dos tanques, pero el segundo tanque no lleva sistemas de calentamiento ni mezclado. El objetivo del segundo tanque es el de espesar el influente digerido y sirve como un tanque de almacenamiento de lodos y ayuda en evitar la fuga de influentes no digeridos y reduce microorganismos patógenos



Fuente: Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos. Instituto mexicano de tecnología del agua

3.9.3. Reactor de contacto

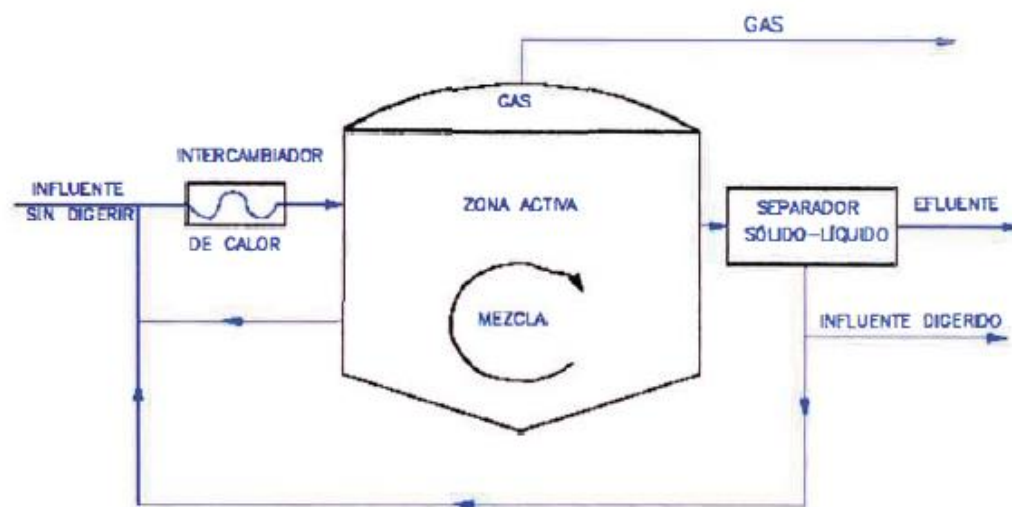
Es un reactor el cual funciona mediante la recirculación de lodos, la agitación y el arrastre de biomasa activa que es controlada por un separador.

La mezcla puede ser por medios mecánicos o debido a la recirculación de gas, la cual es necesaria para poder tener un contacto adecuado entre la biomasa y el

sustrato, para evitar la aparición de espacios muertos y evitar cortocircuitos en el interior del tanque digester.

Los parámetros típicos de este tipo de reactor anaerobio son:

- Tiempo de retención hidráulica : de 5 a 10 días
- Densidad de carga orgánica: de 1 a 6 Kg DQO/m³/d
- Concentración de lodos en el interior: de 5 a 10 Kg SSV/m³
- Concentración de lodos en el efluente: de 0.5 a 20 Kg SS/l
- Tiempo de arranque: de 20 a 60 días.



Fuente: Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos. Instituto mexicano de tecnología del agua

3.9.4. Reactor de lecho suspendido (UASB)

Funciona mediante la obtención de flóculos bacterianos que sedimentan y evitan el arrastre de estos flóculos fuera del reactor.

Después de un tiempo de funcionamiento se van formando capas de flóculos de tamaño considerable y otras de gránulos más pequeños, burbujas de gas y se encuentra estratificado.

En este reactor da cabida a un lodo granulado fácilmente sedimentable y de alta actividad metanogénica, que favorece a la retención de biomasa.

Los parámetros de operación de este tipo de reactor son:

- Tiempo de retención hidráulico: de 5 a 30 días

- Densidad de carga orgánica: de 5 a 30 Kg DQO/m³/d
- Concentración de lodos: de 10 a 60 g SV/l
- Tiempo de arranque: de 30 a 90 días
- Carga orgánica influente: de 300 a 80 000 mg DQO/l

3.9.5. Reactor secuencial Batch (ASBR)

Es un reactor que alterna condiciones de alta y baja carga y funciona en intervalos de llenado y vaciado.

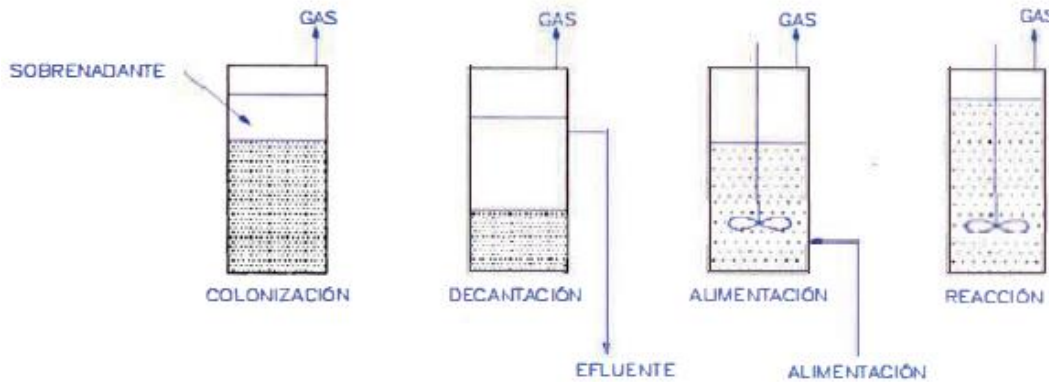
La condición de alta carga logra la transformación de los sustratos en biogás y la de baja carga logra buenos resultados en la biofloculación y separación de sólidos.

Las etapas en cada fase son las siguientes: colonización, decantación, alimentación y reacción.

En la etapa de decantación el digestor actúa como un clarificador y separa la biomasa sólida, el tiempo requerido para la clarificación varía según la capacidad de la colonización de la biomasa, pero se da en periodos de a 10 a 60 minutos.

Cuando la etapa de decantación ha finalizado, empieza la etapa de alimentación, donde se adiciona el sustrato al digestor. Debe haber una mezcla continua durante esta fase para incrementar la concentración de sustrato rápidamente. El volumen de alimentación es determinado por los siguientes parámetros: el tiempo de retención hidráulico, la carga orgánica, y las características de colonización del fango.

La conversión de materia orgánica a biogás está directamente relacionada con la etapa de reacción. El tiempo necesario para cada etapa de reacción depende de las características del sustrato, las cualidades del efluente, la concentración de biomasa y la temperatura del residuo.

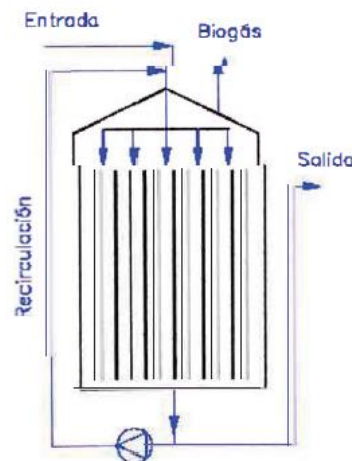


Fuente: Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos. Instituto mexicano de tecnología del agua

3.9.6. Reactor de película fija

Este reactor funciona como un filtro que cuenta con un relleno orientado, para impedir la colmatación. Las bacterias se adhieren y crecen en tubos circulares.

La transferencia de materia se da debido a los flujos a contracorriente de líquido y gas y los sólidos suspendidos son arrastrados con el efluente en vez de acumularse en el reactor.



Fuente: Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos. Instituto mexicano de tecnología del agua

CAPÍTULO IV

4. Condiciones Mínimas de Manejo de Lodos Instalaciones para su disposición final

4.1. Marco legal – Perú

Según el decreto supremo 015-2017-VIVIENDA se aprobó el reglamento que regula el reaprovechamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, contribuyendo a la preservación del medio ambiente y la salud de la población

La ley N°27314, Ley General de Residuos Sólidos establece que la gestión y manejo de residuos sólidos provenientes del tratamiento de las aguas residuales deben ser normados, evaluados, fiscalizados y sancionados por los organismos reguladores.

Según el Capítulo VI Tratamiento de lodos generados en PTAP Y PTAR, Artículo 15.1 Indica: los lodos generados en las PTAR deben ser sometidos a procesos de estabilización y deshidratación como parte de los procesos de tratamiento de la línea de lodos siendo un requisito para su transporte, disposición final o reaprovechamiento.

En el Anexo II del acápite A de la ley N°27314 se indican los parámetros que deben cumplir los lodos para ser considerados estabilizados y puedan ser dispuestos o reaprovechados sin representar una amenaza al medio ambiente o a la salud.

Para que un lodo sea considerado estabilizado y con una reducción aceptable de vectores la relación entre los Sólidos Volátiles (VS) y Sólidos Totales (TS) debe ser menor o igual al 60 %.

Se indican también los procesos y tecnologías que permiten cumplir con este parámetro, en donde se menciona a la digestión anaerobia como una de las opciones para lograr dicha estabilización. (Dirección general de asuntos ambientales del Ministerio de vivienda, 2017)

4.2. Guía de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos es una agencia del gobierno estadounidense que se encarga de la protección de la salud del ser humano y del medio ambiente.

Según sus parámetros máximos aceptables de contaminantes, el lodo estabilizado puede clasificarse como Producto de clase A o B, para así poder ser dispuestos. (EPA, 1974)

Límite de Concentración de Contaminantes aceptable en el lodo estabilizado		
Contaminante	Grado A (mg/Kg)	Grado B (mg/Kg)
Arsénico	20	20
Cadmio	3	5
Cromo (total)	100	250
Cobre	100	375
Plomo	150	150
Mercurio	1	4
Níquel	60	125
Selenio	5	8
Zinc	200	700
Aldrin	0.02	0.5
Dieldrin	0.02	0.2
Heptacloro	0.02	0.2
PCBs	0.03	0.3

Fuente: tabla 3-1 Use and disposal of biosólidos EPA

Aplicación del biosólido de Clase A:

El lodo de clase A puede ser utilizado como acondicionador de suelos en agricultura y/o mejoramiento de suelos en áreas verdes urbanas pero se debe restringir el acceso a la población por un periodo de 7 días.

Puede ser comercializado por empresas productoras de insumos agrícolas y productos con fines de acondicionamiento de suelos.

Aplicación del biosólido de clase B:

El biosólido de clase B puede ser utilizado suelos que no presenten riesgo de contacto con la población y puede ser utilizado solo en las siguientes actividades:

- Recuperación de áreas degradadas ubicadas a más de 100 metros de cualquier centro poblado
- Reforestación de suelos con restricción de acceso para la población y animales por lo menos de 30 días
- Material de cobertura para rellenos sanitarios y de seguridad.

Los biosólidos de clase A o B no pueden ser utilizados

- A menos de 300 metros de alguna fuente subterránea para agua potable
 - A una distancia menor de 500 metros de fuentes superficial para agua potable
 - Suelos ubicados a menos de 15 metros de ríos y lagos
 - Suelos en áreas naturales protegidas, de uso directo o indirecto, así como zonas reservadas.
 - En suelos arenosos que se encuentren en zonas de precipitación
 - En suelos con pendientes mayores al 15% sin ningún tipo de cobertura vegetal.
- (Dirección general de asuntos ambientales del Ministerio de vivienda, 2017)

CAPÍTULO V

5. Situación Actual

5.1. Planta de tratamiento de aguas residuales la Enlozada

5.1.1. Obras de llegada y estación de bombeo

Las obras de llegada y la estación de bombeo se encuentran al sur de la ciudad de Arequipa en el pueblo de Congata. En la estación de llegada se realiza el cribado, que remueve los materiales sólidos flotantes de mayor tamaño, además de remover las arenillas del agua para mantener las bombas de la estación en buenas condiciones

La estación de bombeo de aguas residuales se encarga de bombear el agua residual colectada sin tratar hasta la PTAR, a una distancia de 4 Km y una diferencia de altura de 220 m.

Estas obras cuentan con un sistema de control de olores debido a que estas instalaciones se encuentran cerca de una zona poblada.

5.1.2. PTAR La Enlozada

La PTAR La Enlozada es una instalación de tratamiento secundario mediante un proceso biológico con filtros percoladores, y debe producir un efluente acorde a los límites máximos permisibles de la norma peruana de tratamiento de aguas residuales.

Estas instalaciones tratarán un flujo diario de 1.8 metros cúbicos por segundo (m^3/s) y un caudal máximo horario de $3.6 m^3/s$ proyectado al año 2029. La planta está diseñada de tal forma que podrá ser ampliada, para tratar flujos futuros acorde al crecimiento de la población arequipeña en dos etapas adicionales. (MWH, 2012)

El tratamiento de las aguas residuales se lleva a cabo en las siguientes unidades de tratamiento:

- Obras de llegada

- Cribas y zonas de lavado
- Desarenadores aireados, bombas y clasificadores

- Ventiladores de impulsión de arenas
- Compresor de aire para agitación de arenas
- Sistema de remoción de natas
- Estación de bombeo de drenaje
- Estación de bombeo de aguas residuales (EB)
 - Bombeo de EB
- Control de olores de obras de llegada y estación de bombeo de aguas residuales
 - Extractores de aire y filtro percolador
- Tratamiento primario
 - Clarificadores primarios
 - Bombas primarias de natas
 - Bombas de lodos primarios
- Tratamiento secundario
 - Estación de bombeo de los filtros percoladores
 - Filtros percoladores
 - Tanque de contacto de sólidos
 - Ventiladores de impulsión
 - Clarificadores secundarios
 - Bombas de lodos secundarios de retorno
 - Bombas de lodos secundarios residuales
 - Bombas secundarias de natas
- Desinfección
 - Estructuras de derivación de efluentes
 - Sistema de agua no potable
 - Medición y muestreo del efluente
- Instalación de manejo de sólidos
 - Espesador de bandas por gravedad
 - Tanque de almacenamiento de lodos
 - Filtros prensa de correas
 - Bombeo y transporte de lodos
 - Fajas transportadoras de espaciamiento

5.2. Disposición Actual de Lodos

Los lodos combinados y deshidratados provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales la Enlozada son actualmente dispuestos en un relleno sanitario de seguridad que se encuentra en la quebrada San José. Estos sólidos son manipulados como residuos peligrosos.

La capacidad de lodos biológicos considerados en la primera etapa de la PTAR es de aproximadamente 380 toneladas diaria (en materia húmeda) que serán llevadas al relleno sanitario.

Antes de la disposición final de lodos, estos son descargados en una losa de secado con un área de 40 mil metros cuadrados, donde serán volteadas periódicamente para asegurar un buen secado y reducir el contenido de humedad hasta 40% para poder ser finalmente dispuesto en la celda de seguridad.

Caudal de lodos y concentración de sólidos

Descripción	Concentración de sólidos (%)	Condición de diseño FASE 1
Caudal promedio diario		
Lodos Primarios	3.0 – 5.0	503 m ³ /d 133 300 gpd
Lodos Secundarios	0.30 - .075	6 450 m ³ /d 1 704 000 gpd
Porcentaje de los espesadores de banda por gravedad	3 – 5	969 m ³ /d 256 000 gpd
Total de lodos combinados	1.1	6134 m ³ /d 1 620 400 gpd

Caudal de Día Máximo		
Lodos Primarios	3.0 – 5.0	666 m ³ /d 176 000 gpd
Lodos Secundarios	0.30 - .075	18 870 m ³ /d 4 985 000
Porcentaje de los espesadores de banda por gravedad	3 – 5	12 265 m ³ /d 3 240 000 gpd
Total de lodos combinados	1.1	8 406 m ³ /d 3 240 000 gpd

Fuente: Estudio de ingeniería MWH – Memoria descriptiva manejo de lodos

El relleno sanitario cumple con la ley N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos la cual asegura un manejo seguro y apropiado de sólidos, previniendo cualquier riesgo ambiental y para la salud. (MWH, 2012)

La técnica de estabilización cumple con los estándares de la United States Environmental Protection Agency (US EPA).

CAPÍTULO VI

6. Propuesta de Mejora

6.1. Línea de Lodos

Esta propuesta de mejora contempla las estructuras civiles para incorporar el proceso de estabilización anaerobia de los lodos primarios y secundarios en tanques biodigestores, y el acondicionamiento de las líneas (tuberías) de conducción y bombeo de los lodos hacia los digestores para su estabilización.

Se ha propuesto utilizar algunas instalaciones existentes de la línea de lodos de la PTAR La Enlozada como parte del proyecto y realizar algunos cambios en la secuencia de algunos elementos. Los cuales mencionamos a continuación.

1. El lodo residual secundario ya no pasará por los espesadores de banda por gravedad, pues se conducirá directamente al tanque de retención de lodos donde se combinará con el lodo primario proveniente de los clarificadores primarios. Se tiene una producción de lodos combinados proyectada al año 2 029 de 1 315.31 m³/d.
2. El lodo combinado será espesado en los espesadores de banda por gravedad (GBT) existentes para lograr un contenido de sólidos óptimo (5% a 6%) antes de ingresar al tanque biodigestor para su estabilización.
3. El tanque de retención de lodos tiene una capacidad de almacenamiento de 12 000 metros cúbicos, el cual será dividido en dos, una parte para el almacenamiento y combinación de lodos y otra para el almacenamiento del lodo combinado espesado con un contenido de sólidos de 5 a 6%.
4. El lodo espesado irá por bombeo directamente al tanque biodigestor donde se da el proceso de estabilización.

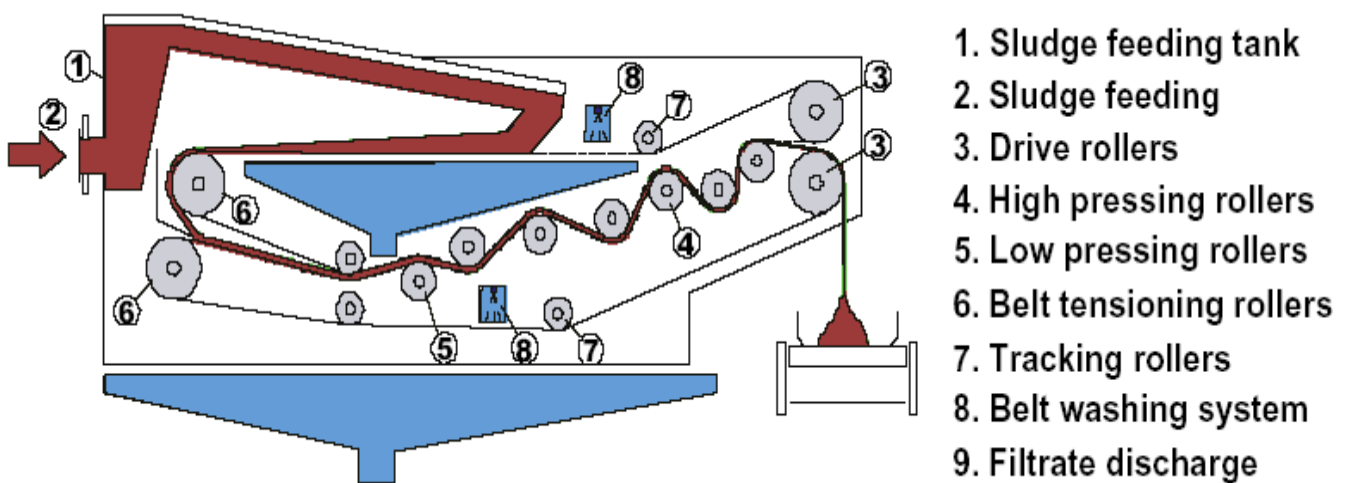
- El lodo estabilizado y digerido será bombeado al edificio de deshidratación donde se encuentran los filtros prensa (BFP), donde se reducirá el contenido de humedad A 82% para luego ser transportado hacia la losa de secado. Este proceso será realizado por 10 bombas y una línea de impulsión ya existente.

Los cambios mencionados en el proceso son viables de implementar en la PTAR la Enlozada para cumplir con los objetivos de tratamiento de lodos, en este caso ya estabilizados.

6.2. Espesadores de banda por gravedad

Los espesadores de banda por gravedad se basan en la acción de la gravedad para drenar el agua y capturar los sólidos en un filtro.

Son adecuados para lodo con un bajo contenido de sólidos y consiste en una correa de gravedad que se mueve sobre unos rodillos de velocidad variable. El lodo debe ser acondicionado con polímero y debe alimentar la caja de distribución, donde el lodo es distribuido a lo largo de la faja transportadora. El agua es drenada y el lodo sigue en movimiento hasta llegar a la zona de descarga.



Fuente: blog del agua potable. F. Ramirez

6.3. Digestor Anaerobio

Se proponen dos estructuras cilíndricas idénticas de concreto armado, con un diámetro de 30 metros y una altura lateral de 16 metros, más una cúpula de concreto armado, cada tanque tendrá un volumen útil de 9 864.8 metros cúbicos equivalente a un periodo de retención de 15 días, el digestor contará con un sistema de mezcla mecánica, por el cual se mantendrán las condiciones de mezcla completa, dicho agitador mecánico será provisto e instalado por un proveedor especializado a seleccionar.

El sistema de calentamiento de lodos permitirá mantener una temperatura promedio de 35 °C dentro del digestor, lo que asegura un proceso adecuado de digestión. Dicho sistema también será provisto e instalado por un proveedor. La carga de sólidos volátiles con la que se diseñó el digestor es de 2.60 Kg SSV/m³d. La salida de lodo estabilizado hacia los filtros prensa se hará por bombeo, mediante 10 bombas ya existentes en la planta de tratamiento de aguas residuales La Enlozada.

Se estima que la producción de biogás en este proceso de estabilización será de 22 570 m³/d hacia el año 2029 (proyección de la PTAR), con una concentración de metano de 65%.

A continuación, se presenta el dimensionamiento, cálculo hidráulico y estructural del tanque Digestor de lodos.

6.3.1. Diseño Hidráulico del Digestor Anaerobio

Memoria de cálculo – Digestor Anaerobio:

Objetivo:

El Propósito de este cálculo es para determinar el volumen del tanque Digestor Anaerobio, la cantidad de sólidos volátiles removidos y el porcentaje de contenido de sólidos en el lodo digerido.

Base de diseño:

Los cálculos que se describen en este documento se basan en las siguientes referencias

- Lodos primarios – 330 000 gal/día (promedio), 430 000 gal/día (mes máximo) con una concentración del 3% de solidos disueltos.
- Lodos secundarios – 1 650 000 gal/día (promedio), 2 120 000 gal/día (mes máximo) con una concentración de 0.75% de solidos disueltos.
- El porcentaje de Sólidos Volátiles presentes en el lodo es de 65 %.
- El digester operará en el rango mesofílico, con una temperatura de 35 °C.
- El Tiempo de retención de solidos será igual al tiempo de retención hidráulica, 15 días.
- Los lodos secundarios de retorno tendrán la capacidad para retornar del 100% con capacidad de ser bajado a 30% a condiciones de flujo promedio. En condiciones de flujo pico, esta condición de diseño aun proporciona hasta el 50% de tasa de retorno.

Descripción del sistema:

- El volumen del tanque de digestión anaerobia se determinará utilizando el flujo del mes máximo.
- Se utilizará el valor pico de lodo secundario residual para los cálculos de volumen de lodo combinado
- Se ha considerado usar mezcladores mecánicos para la agitación del lodo.

Digestor Anaerobio

Rango mesofílico	35	°C
Densidad del agua	1000	kg/m ³
Tiempo de retencion de solidos (SRT)		
Tiempo de retencion Hidraulica (HRT)	15	d

Parametros de Diseño

Lodo Primario

Volumen de lodo primario	430000	gal/d
Volumen de lodo primario	1627.73	m ³ /d

$$TS \text{ producido} = Vol. \text{ lodo} * Gs * TS\% * pw$$

Sólidos Totales producidos (TS producidos)	1627.73*1*0.03*1000	48831.9 Kg/d
--	---------------------	--------------

Concentracion de Solidos Totales (TS%)	3%
Gravedad especifica (Gs)	1
Solidos Volatiles (VS)	65%

Lodo Secundaio Residual

Volumen total de lodo Secundario	2120000	gal/d
Volumen lodo secundario residual	1060000	gal/d
Volumen lodo secundario	4011.5806	m3/d
Sólidos Totales producidos (ST)	$4011.58 \cdot 1 \cdot 0.075 \cdot 1000$	30086.8545 Kg/d
Concentracion de Solidos Totales (TS)	0.75%	
Gravedad especifica (Gs)	1	
Solidos Volatiles (VS)	65%	

Solidos Totales Producidos 78918.75 Kg/d

Cálculo

1. Volumen diario de Lodo despues de las mesas espesadoras

TS% de las mesas espesadoras 6%

$$Vol. lodo = \frac{Lodo Producido}{Gs * Ts * pw}$$

Volumen total de lodo $78918.75 / 1 \cdot 0.07 \cdot 1000$ 1315.31 m3/d

2. Volumen del Digestor

$$Vol. Digestor = Vol. total lodo * SRT$$

Volumen del digestor $1127.41 \cdot 15$ 19729.65 m3

3. Tasa de carga de Solidos

$$VS producido = Solidos totales * \% Solidos volatiles$$

VS producido $78918.75 \cdot 0.65$ 51297.19 kg/d

$$VS \text{ Tasa de carga} = \frac{VS \text{ producido}}{Vol. \text{ Digestor}}$$

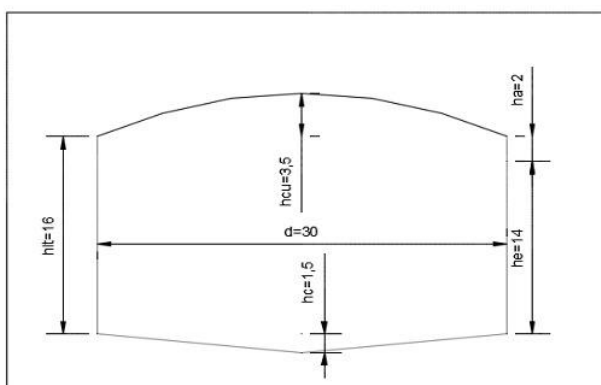
VS Tasa de carga 51297.19/16911.15 2.60 KgVS/m3.d

4. Dimensionamiento del digestor

Cantidad de digestores	2
Diametro	30 m
Volumen de cada digestor	9864.8 m3
Area	707 m2
Profundidad efectiva	14 m
Profundidad Adicional	
Deposito de arenas	0.5 m
Manta de escoria	0.5 m
Espacio a la cubierta	1 m
total	2 m
Profundidad lateral total del Digestor	16 m
Profundidad del cono base	1.5 m
Altura de la cupula sobre el digestor	3.5 m
Profundidad en el medio del digestor	17.5 m

$$Vol. \text{ Real Digestor} = Vol \text{ Cilindro} + Vol. \text{ Cono base} + \text{Volumen Cupula}$$

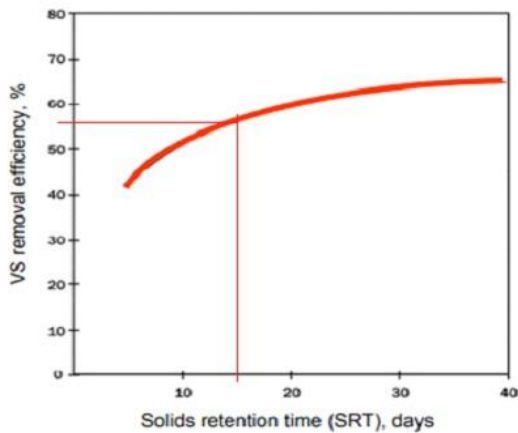
Volumen Real del digestor 12195.5 m3



Digestor anaerobio

Fuente: Elaboración propia

5. Reducción de Sólidos Volátiles (VS) y producción de Biogás



Fuente: Production, treatment and disposal of sewage sludge in the Netherlands. J. European Water Pollution Control. Vol 7.

Table 4.6. Typical composition of biogas generated in anaerobic digesters

Gas	% (volume/volume)
Methane	62–70
Carbon dioxide	30–38
Hydrogen sulphide	50–3,000 ppm
Nitrogen	0.05–1.0
Oxygen	0.022
Hydrogen	<0.01
Water vapour	Saturation

Fuente: Sludge treatment and disposal. M. von Sterling, C. V. Andreoli 4.2

VS Eficiencia de remoción

55%

$VS_{\text{removido}} = VS_{\text{producido}} * VS_{\text{Eficiencia de remoción}}$

51297.19*0.55

28213.5 Kg/d

Volumen producido de Biogás

0.8 m³/kgVS

Biogas Total producido

28213.5*0.8

22570.76 m³/d

Volumen de metano (CH₄) producido

22570.76*0.65

14671.00 m³/d

6. Sólidos totales en el lodo

Digerido

Table 2.4. Usual values of sludge densities

Type of sludge	Specific gravity	Density (kg/m ³)
Primary sludge	1.02–1.03	1020–1030
Secondary anaerobic sludge	1.02–1.03	1020–1030
Secondary aerobic sludge	1.005–1.025	1005–1025
Thickened sludge	1.02–1.03	1020–1030
Digested sludge	1.03	1030
Dewatered sludge	1.05–1.08	1050–1080

Fuente: Sludge treatment and disposal. M. von Sterling, C. V. Andreoli.

Sólidos Fijos (FS)	TS prod. - VS prod.	27621.6 kg/d
VS permanente después de la digestión	TVS-VSremovido	23083.7 kg/d
TS en el lodo digerido	FS+VSpermanentes	50705.3 kg/d
Gravedad específica Lodo digerido	1.03	

$$TS\% = \frac{\text{Lodo Producido}}{Gs * \rho_w * Vol. Lodo}$$

$$50705.3 / 1.03 * 1000 * 1127.$$

TS en el lodo digerido (%)	41	0.037	3.7 %
----------------------------	----	-------	-------

6.3.2. Diseño de línea de impulsión y Bombeo

Bombeo de lodos de tanque de retención de lodos a Digestor Anaerobio

Datos

Gasto del sistema	657.66 m ³ /d
Gasto del sistema	0.0076 m ³ /s
Gasto del sistema	7.61 l/s
Horas de Bombeo de lodo (N)	10 h

$$Q_b = \frac{24 * Q}{N}$$

Caudal de diseño	0.02 m ³ /s
Nivel de succión	2322 m
Nivel de descarga	2339 m

Impulsión

Diametro interior	6 In
-------------------	------

El diametro interior mínimo de la sección transversal de las tuberías para evitar problemas de atascamiento de sólidos debe ser de 100 milímetros

Longitud de tubería	160 m
Velocidad	1.13 m/s

La velocidad mínima para evitar problemas de sedimentación debe ser 1 m/s

Table 2 Limit viscosity value, rHa value and Ostwald de Vaele parameters value for A and B

T(°C)	A(without anaerobic digestion)					B(with anaerobic digestion)			
	TS (%)	limit viscosity (mPa s)	rHa (Pa s ⁻¹)	K (Pa s)	n	limit viscosity (mPa s ⁻¹)	rHa (Pa s ⁻¹)	K (Pa s)	n
20	10	412.69	2643.03	55.83742	0.21273	542.2	2003.24	36.39889	0.21922
	9	177.19	1668.76	9.03249	0.3075	222.75	1273.97	10.4061	0.3165
	8	95.35	750.04	4.06049	0.33831	111.46	573.62	4.6186	0.3386
35	7	65.68	470.95	3.44462	0.38928	74.68	354.36	3.19081	0.32536
	4	9.82	109.06	0.19348	0.4699	8.39	106.57	0.14995	0.59243
	10	291.56	1734.16	50.9802	0.2374	498.01	1726.16	21.9824	0.1894
55	9	126.14	1145.93	8.7532	0.3189	206.58	1130.12	9.2291	0.3208
	8	72.37	608.76	4.3774	0.3433	98.84	526.71	3.6513	0.3481
	7	55.24	414.89	3.25568	0.39724	60.77	336.57	2.5338	0.3424
	4	8.59	118.59	0.18681	0.4832	7.37	108.64	0.089	0.5663
	10	200.31	546.55	44.88465	0.19284	468.75	410.26	19.85512	0.16406
	9	87.15	477.51	8.1151	0.3234	192.45	377.69	8.9234	0.3245
	8	50.48	414.16	4.2584	0.3508	89.81	326.78	2.7046	0.3512
	7	38.87	353.79	2.9517	0.37518	51.36	288.78	1.39486	0.28635
	4	6.75	64.75	0.1349	0.43677	6.14	60.34	0.08429	0.39056

Fuente: Rheological properties of municipal sewage sludge: dependency on solid concentration and temperature. Xiun Cao, Zhung Jiang

Fluido Lodo primario + Secundario
 Temperatura 20 °C
 Viscosidad cinemática 0.353 cm²/s

Fuente : tabla 2. Rheological properties of municipal sewage sludge: depending on solids concentration and temperature. Temperatura, contenido de sólidos y viscosidad para lodo sin digestión anaerobia

Bombas operando 2
 Material de Tubería Hierro dúctil
 Rugosidad absoluta 0.25 mm

Cálculo de las Pérdidas por fricción

Número de Reynolds

$$Re = \frac{V * D}{\gamma}$$

Velocidad (V)	113.2 cm/s
Viscosidad cinemática (Y)	0.353 cm ² /s
Diámetro (D)	15.00 cm
Número de Reynolds	4809.2 turbulento

Factor de fricción

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon}{3.71D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Número de Reynolds (Re)	4809.2
Diámetro (D)	150.00 mm
Rugosidad Absoluta (ε)	0.25 mm
Factor de fricción (f)	0.04

Pérdidas de Fricción

$$h_f = f \frac{L * V^2}{D * 2g}$$

Factor de fricción (f)	0.04
Diámetro (D)	0.15 m
Velocidad (V)	1.13 m/s
Gravedad (g)	9.81 m/s ²
Longitud (L)	160 m
Pérdida por fricción (hf)	2.79 m

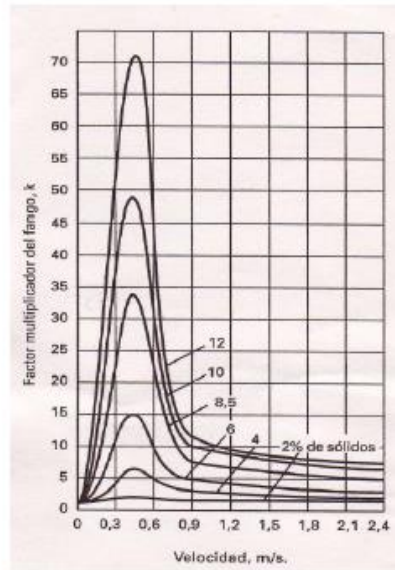


Gráfico para el Cálculo del Factor "k" de Pérdida de Carga en Tuberías para Lodos en función de la Concentración de Sólidos y **Velocidad** (Metcalf & Eddy vol. 2)

Factor K

4

Pérdida por fricción total

$h_f * K$

11.16 m

Ver gráfico para factor multiplicador del fango, k vs Velocidad mínima (MetCalf & Eddy, 2003)

Cálculo de Pérdidas por Accesorios

$$h_l = K \frac{v^2}{2g}$$

Velocidad (V)

1.13 m/s

Gravedad (g)

9.81 m/s²

Coeficiente de pérdidas (K)

Pérdidas por accesorios h_f

Accesorio	k	Cantidad	Pérdidas	
Codo 90	0.6	9	0.35	m
Válvula Compuerta abierta	0.25	1	0.02	m
Valvula check	2.75	1	0.18	m
Entrada de borde agudo	0.5	1	0.03	m
Pérdida por descarga	1	1	0.07	m

Coeficiente K para pérdidas de energía local Fuente: K: Farfan Perez,

UNCP, Apendice C

Suma 0.65 m

Pérdida Total 11.81 m

Cálculo de la pérdida de energía en tuberías

Gasto	0.02 l/s
Pérdida de energía en impulsión	11.81 m
Nivel de succión	2322 m
Nivel de descarga	2339 m
Altura estática final	17.20 m
Altura dinámica total	29.01 m

Potencia de la bomba

$$P = \frac{\gamma QH}{76n}$$

Carga dinámica (H)	29.01 m
Gasto por bomba (Q)	20 l/s
Densidad del fluido	1.03 Kg/m ³
Eficiencia (bomba+motor) (n)	0.65
Potencia	13 hp

6.3.3. Energía producida a partir de Biogás generado

SUBSTANCIA	FÓRMULA	MASA MOLECULAR	PODER CALORÍFICO			
			SUPERIOR kcal/kg	INFERIOR kcal/kg	SUPERIOR kWh/kg	INFERIOR kWh/kg
Carbono	C	12,01	7.819	7.819	9,09	9,09
Hidrogênio	H ₂	2,02	33.900	28.642	39,40	33,29
Monóxido de Carbono	CO	28,01	2.412	2.412	2,80	2,80
Enxofre	S	32,06	2.210	2.210	2,57	2,57
Gás Sulfídrico	H ₂ S	34,08	3.939	3.631	4,58	4,22
Amônia	NH ₃	17,03	5.364	4.439	6,23	5,16
Metano	CH ₄	16,04	13.249	11.940	15,40	13,88
Etano	C ₂ H ₆	30,07	12.384	11.336	14,39	13,17
Propano	C ₃ H ₈	44,09	12.018	11.065	13,97	12,86
n-Butano	C ₄ H ₁₀	58,12	11.822	10.919	13,74	12,69
i-Butano	C ₄ H ₁₀	58,12	11.794	10.891	13,71	12,66
n-Pentano	C ₅ H ₁₂	72,14	11.702	10.829	13,60	12,59
i-Pentano	C ₅ H ₁₂	72,14	11.680	10.252	13,57	11,92
neo-Pentano	C ₅ H ₁₂	72,14	11.635	10.761	13,52	12,51
Eteno	C ₂ H ₄	28,05	12.009	11.260	13,96	13,09
Propeno	C ₃ H ₆	42,08	11.674	10.925	13,57	12,70
n-Buteno	C ₄ H ₈	56,10	11.563	10.817	13,44	12,57
i-Buteno	C ₄ H ₈	56,10	11.502	10.754	13,37	12,50
Acetileno	C ₂ H ₂	26,04	11.929	11.527	13,86	13,40
Etanol	C ₂ H ₅ OH	46,07	7.302	6.619	8,49	7,69
Metanol	CH ₃ OH	32,04	5.692	5.037	6,62	5,85
Benzeno	C ₆ H ₆	78,11	10.103	9.698	11,74	11,27
Tolueno	C ₇ H ₈	92,13	10.231	9.776	11,89	11,36
Xileno	C ₈ H ₁₀	106,16	10.347	9.854	12,03	11,45

Fuente: Tabla de Generación Térmica por Antonio Lima

Volumen de metano producido	14671.00	m ³ /d
P. específico CH ₄	0.717	Kg/m ³
Metano producido por día	10519.1	kg/d
Poder Calorífico del metano	13.88	kWh/Kg

$$\text{Energía producida} = \text{Poder calorífico} \times \text{Volumen de metano}$$

Energía producida 146.01 MWh/d

6.4. Diseño Estructural del Tanque Digestor

Objetivo.

La finalidad del presente documento es realizar la evaluación y diseño estructural del tanque que se pretende implementar, para la estabilización de lodos en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales la Enlozada.

Descripción de las estructuras: La estructura a evaluar consta de dos tanques de Digestión Anaerobia para el tratamiento de lodos y la destrucción de sólidos volátiles.

Dimensionamiento del digestor		
Cantidad de digestores	2	
Diametro	30	m
Volumen de cada digestor	9864.8	m ³
Area	707	m ²
Profundidad efectiva	14	m

Normativa:

Se considera en la realización de la evaluación estructural las siguientes normas de diseño:

- Capítulo E030-2016 (Norma Sismo resistente).
- Capítulo E020 (Norma de Cargas) correspondientes al RNE vigente.
- Capítulo E060 (Norma de Concreto Armado) correspondientes al RNE vigente
- Norma Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures (ACI 350.3)

Procedimiento de evaluación.

Se ha concebido la estructura del tanque tomando en cuenta que va estar sometida continuamente a la presión del lodo durante toda su vida útil, este tanque trabaja principalmente en modo estático a presiones del lodo y peso propio, como es sabido una estructura en forma de cúpula como es el techo de la estructura, trabaja principalmente a esfuerzos normales de compresión a excepción de sus bordes que tienen grandes esfuerzos normales por tracción, debido a ello se ha

provisto de una viga collar, por ello se ha hecho necesario hacer una sección de mayor robustez para que absorba los esfuerzos por flexión en forma adecuada y también para incluir mayor peralte efectivo al refuerzo radial por flexión.

Análisis dinámico

A nivel general, se verificó el comportamiento dinámico de la estructura frente a cargas sísmicas mediante un análisis dinámico modal espectral indicado en la Norma correspondiente, con ese propósito se construyó un modelo matemático para el análisis respectivo. Para la elaboración de este modelo se ha usado el programa de computo SAP2000.

Análisis de desplazamientos.

Se verifico los desplazamientos obtenidos con el programa SAP2000 con los valores permisibles de la Norma correspondiente.

Verificación de esfuerzos

Entre los parámetros que intervienen en la VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL se encuentran la resistencia al corte, flexión, carga axial en vigas, muros de concreto armado

Características de la estructura:

- Concreto Armado:
 - Resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Módulo de Elasticidad del concreto $E = 217370.65 \text{ Kg/cm}^2 (15000 f'c^{1/2})$
- Acero de Refuerzo:
 - Resistencia a la fluencia del acero grado 60, $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

Consideraciones adicionales:

- Tipo de suelo SP-SM, clasificación SUCS
- Capacidad Portante 1.87 kg/cm²
- Altura de desplante = 0.30 m
- Tipo de suelo S2
- Periodo predominante de vibración = 1.00 s

Metrado de Cargas:

Las cargas Verticales consideradas para el diseño son las siguientes:

PERMANENTES.

Peso propio de los elementos de concreto Armado 2400 Kg/m³.

Peso del lodo 1030 Kg/m³.

VIVAS DE OCUPACIÓN.

Sobrecarga en la Cúpula 100 Kg/m².

Las Cargas horizontales consideradas son las siguientes:

Empuje Hidrostático 1030*H Kg/m².

PESO TOTAL DE LA ESTRUCTURA:

Wz = 1449.25 Ton.

Consideraciones sísmicas

Las consideraciones adoptadas para poder realizar el análisis dinámico del tanque son tomadas mediante movimientos de superposición espectral, es decir, basado en la utilización de periodos naturales y modos de vibración que podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas de la estructura.

Entre los parámetros de sitio usados y establecidos por las Normas de Estructuras tenemos:

Factor Zona (Z)

La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características esenciales de los movimientos sísmicos, la atenuación de estos con la distancia y la información geotécnica obtenida de estudios científicos.

De acuerdo a lo anterior la Norma E-0.30-2016 de diseño sismo resistente asigna un factor “Z” a cada una de las 3 zonas del territorio nacional. Este factor representa la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Para el presente estudio, la zona en la que está ubicado el proyecto corresponde a la zona 3 y su factor de zona Z será 0.35.

Parámetros de sitio (S, Tp y Tl)

Para los efectos de este estudio, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta sus propiedades mecánicas, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016)

Tabla 1. Parámetros del suelo

SUELO \ ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma Técnico Peruana E-030

Tabla 2. Periodos según tipo de suelo.

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _l (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma Técnico Peruana E-030

✓ **Factor de amplificación Sísmica (C)**

De acuerdo a las características de sitio, se define al factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:

$T < T_p$	$C = 2,5$
$T_p < T < T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$
$T > T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$

Fuente: Norma Técnico Peruana E-030

Para nuestro caso, en cada dirección se tienen periodos fundamentales muy similares debido a la regularidad de la estructura.

Dirección Y-Y:

$T = 0.088 < 0.60$ por lo tanto $C = 2.50$

Dirección X-X:

$T = 0.083 < 0.60$ por lo tanto $C = 2.50$

6.4.1. Características de la estructura

✓ **Categoría de las edificaciones y factor de uso (U)**

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo a la categoría de uso de la edificación, debido a que la edificación es de tipo Esencial le corresponde el tipo A, la norma establece un factor de importancia $U = 1.5$, que es el que se tomará para este análisis. (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016)

• **Regularidad Estructural**

No existe factor de reducción especificado en la RNE norma E030, por lo que se utiliza el ACI 850, considerando los siguientes valores:

$$R = R_o = R_o = 1.00$$

6.4.2. Análisis Estructural

De acuerdo a los procedimientos señalados y tomando en cuenta las características de los materiales y cargas que actúan sobre la estructura e influyen en el comportamiento de la misma antes las sollicitaciones sísmicas, se muestra a continuación el análisis realizado para la obtención de estos resultados.

✓ **Modelo Estructural.**

El comportamiento dinámico de la estructura se determinó mediante la generación de un modelo matemático que considera la contribución de los elementos estructurales tales como vigas y muros en la determinación de la rigidez de cada nivel de la estructura.

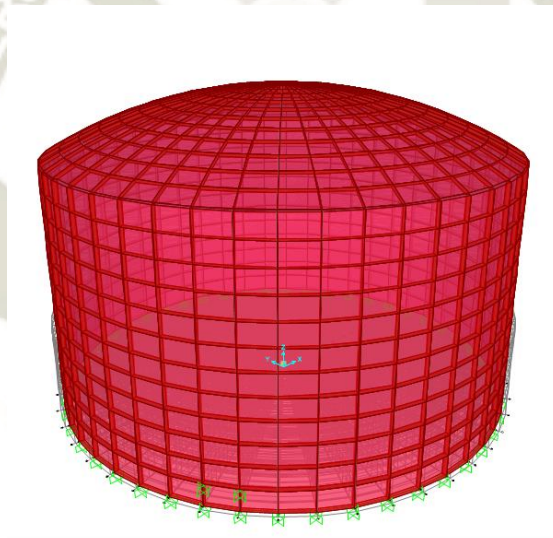


FIGURA N° 1 Vista isométrica del Modelo tridimensional estructural.

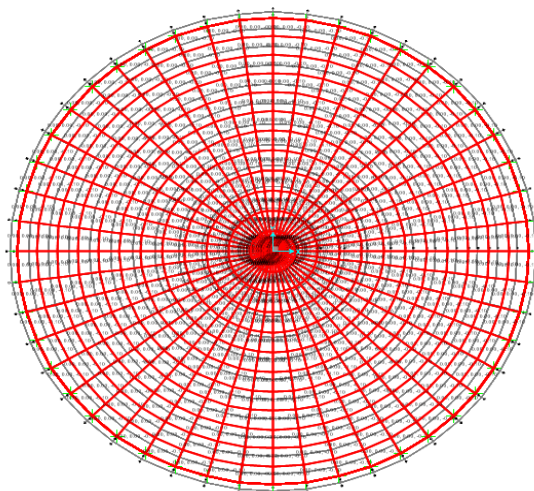


FIGURA N° 2. Vista isométrica de las losas aligerado.

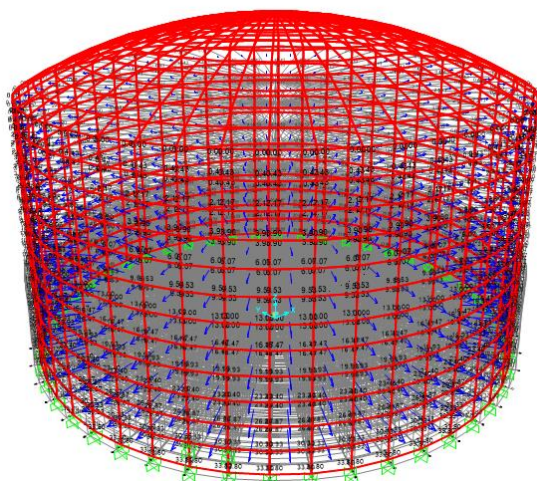


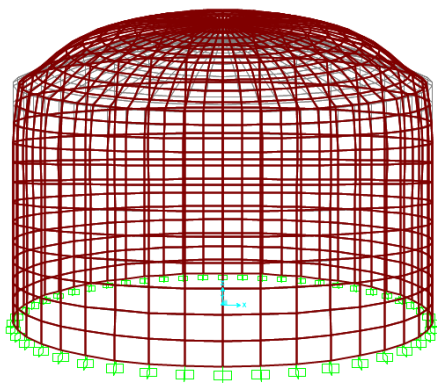
FIGURA N° 3 Vistas de la aplicación de las cargas proyectadas para nuevos ambientes

ANÁLISIS DINÁMICO.

✓ Análisis Modal de la estructura

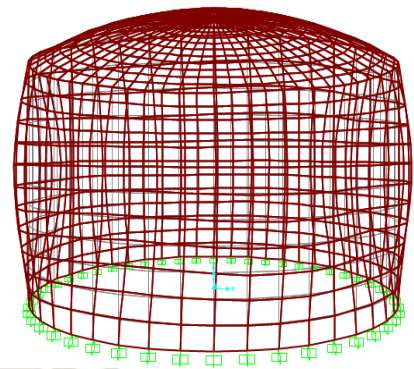
Modos de vibración

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 0.08779; f = 11.39082



T1= 0.088s

Deformed Shape (MODAL) - Mode 2; T = 0.08394; f = 11.91321



T2=0.083s

* Se confirma la regularidad de la estructura, por su simetría.

Espectro Inelástico de Pseudo aceleraciones

Para poder calcular la aceleración espectral para cada una de las direcciones analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = ZUCS \times g$$

Donde:

Z = 0.35 (Zona 3 – Arequipa)

U = 1.50 (categoría A)

S = 1.15 (Tp = 0.6 Suelos Intermedios)

g = 9.81 (aceleración de la gravedad m/s²)

Cx = 2.50 Cy = 2.50

Rx=1

Ry=1

Se muestra a continuación el espectro de diseño

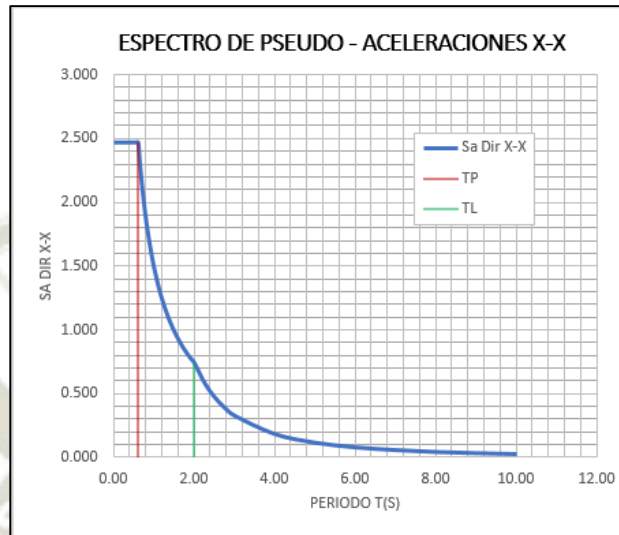


FIGURA N° 4 Vista del espectro de pseudo – aceleración X –X

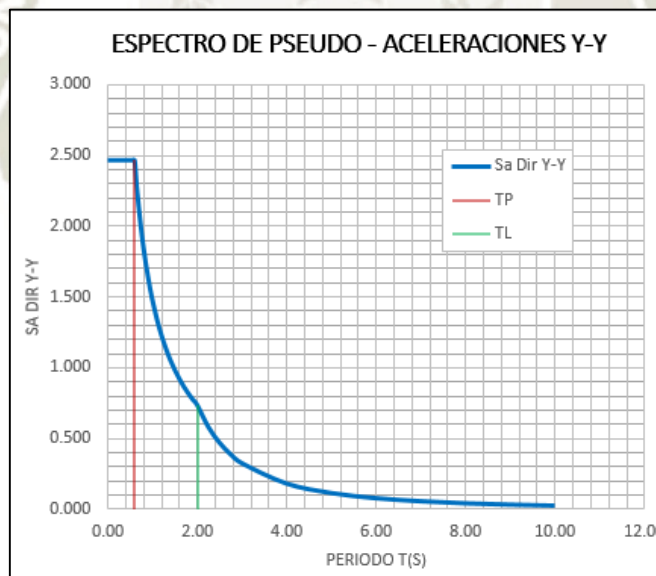


FIGURA N° 5 Vista del espectro de pseudo – aceleración Y –Y

Tabla 6 Tabla de tabulación para grafica de espectros

C	T	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	2.468	2.468
2.50	0.02	2.468	2.468
2.50	0.04	2.468	2.468
2.50	0.06	2.468	2.468
2.50	0.08	2.468	2.468
2.50	0.10	2.468	2.468
2.50	0.12	2.468	2.468
2.50	0.14	2.468	2.468
2.50	0.16	2.468	2.468
2.50	0.18	2.468	2.468
2.50	0.20	2.468	2.468
2.50	0.25	2.468	2.468
2.50	0.30	2.468	2.468
2.50	0.35	2.468	2.468
2.50	0.40	2.468	2.468
2.50	0.45	2.468	2.468
2.50	0.50	2.468	2.468
2.50	0.55	2.468	2.468
2.50	0.60	2.468	2.468
2.31	0.65	2.278	2.278
2.14	0.70	2.115	2.115
2.00	0.75	1.974	1.974
1.88	0.80	1.851	1.851
1.76	0.85	1.742	1.742
1.67	0.90	1.645	1.645
1.58	0.95	1.559	1.559
1.50	1.00	1.481	1.481
1.36	1.10	1.346	1.346
1.25	1.20	1.234	1.234
1.15	1.30	1.139	1.139
1.07	1.40	1.058	1.058
1.00	1.50	0.987	0.987
0.94	1.60	0.925	0.925
0.88	1.70	0.871	0.871
0.83	1.80	0.823	0.823
0.79	1.90	0.779	0.779
0.75	2.00	0.740	0.740
0.59	2.25	0.585	0.585
0.48	2.50	0.474	0.474
0.40	2.75	0.392	0.392
0.33	3.00	0.329	0.329
0.19	4.00	0.185	0.185
0.12	5.00	0.118	0.118
0.08	6.00	0.082	0.082
0.06	7.00	0.060	0.060
0.05	8.00	0.046	0.046
0.04	9.00	0.037	0.037
0.03	10.00	0.030	0.030

6.5. Memoria de cálculo.

Resistencia Requerida

La resistencia requerida debe ser, por lo menos igual al efecto de las cargas amplificadas en las siguientes ecuaciones. (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2009).

$$C1= 1.4 CM + 1.7 CV$$

$$C2=0.9 CM + 1.25CSX$$

$$C3=0.9 CM + 1.25CSY$$

$$C4=1.25 (CM + CV) + 1.25CSX$$

$$C5=1.25 (CM + CV) + 1.25CSY$$

Dónde:

CM: Carga Muerta

CV: Carga Viva

CSX: Carga proveniente del sismo paralela al eje X

CSY: Carga proveniente del sismo paralela al eje Y

Resistencia de Diseño

La resistencia de diseño debe ser calculada de acuerdo a lo establecido en el ítem anterior multiplicando los factores mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 3. Factores de reducción de resistencia.

Factores de reducción de resistencia - Norma Peruana	
<i>Solicitud</i>	<i>Factor de reducción</i>
Flexión	0.90
Tracción y Tracción + Flexión	0.90
Cortante	0.85
Torsión	0.85
Cortante y Torsión	0.85
Compresión y flexo-compresión:	
Elementos con Espirales	0.75
Elementos con Estribos	0.70
Aplastamiento en el concreto	0.70
Zonas de anclaje del post-tensado	0.85
Concreto simple	0.65

Fuente: Norma Técnico Peruana E-060

Verificación de los elementos estructurales.

Verificación de los elementos estructurales

Esfuerzos resultantes sobre los muros del tanque

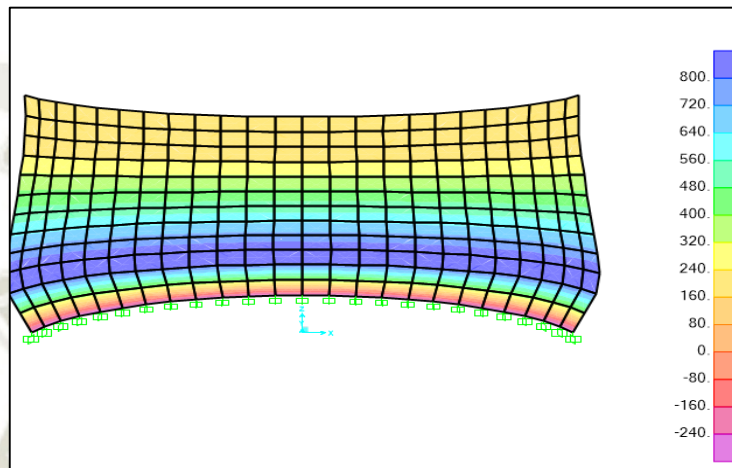


FIGURA N° 6 Diagrama de Momentos flectores Máximos
S11max= 800 ton.m S22min= -240 ton.m

Fuerzas Axiales, Momentos y cortantes

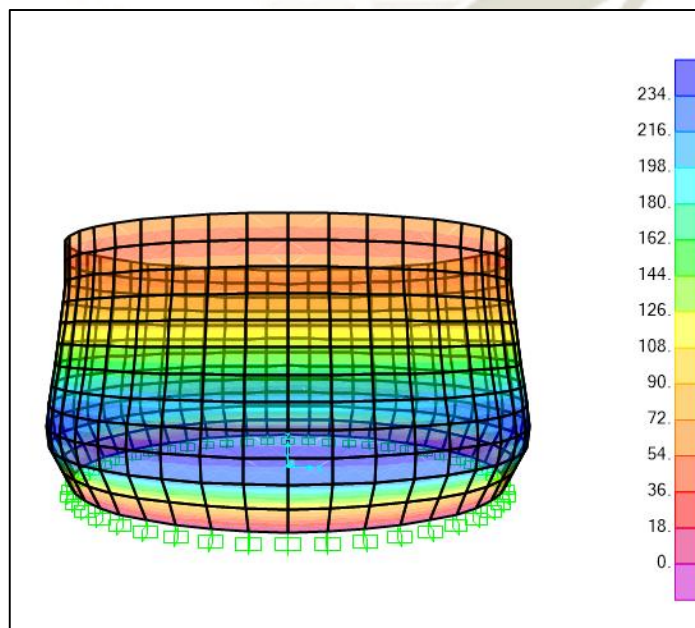


FIGURA N° 7 Diagrama de Fuerzas axiales en el muro del biodigestor
F11max= 234 Ton/m

6.5.1. Diseño de Muros

Diseño de Muro Circular

Datos Geométricos:

- Espesor = 0.30m
- Ancho = 1.00 m
- $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Datos del análisis estructural:

- $S_x = 240 \text{ Ton/m}^2$ (Esfuerzos producidos en la pared)
- $S_y = 800 \text{ Ton/m}^2$ (Esfuerzo producido en la pared)
- $M_u = 21.63 \text{ Ton.m/m}$. $V_u = 18.38 \text{ Ton/m}$ (F. diseño: 0.90 y 0.85 ACI 318)

Nota: Se utilizó el método de LRFD para el diseño

Refuerzo horizontal:

- Acero de $\phi 5/8"$ en 2 capas
- $A_s = 4.00 \text{ cm}^2$

Refuerzo Vertical

- Acero de $\phi 3/4"$ en 2 capas
- $A_s = 5.68 \text{ cm}^2$

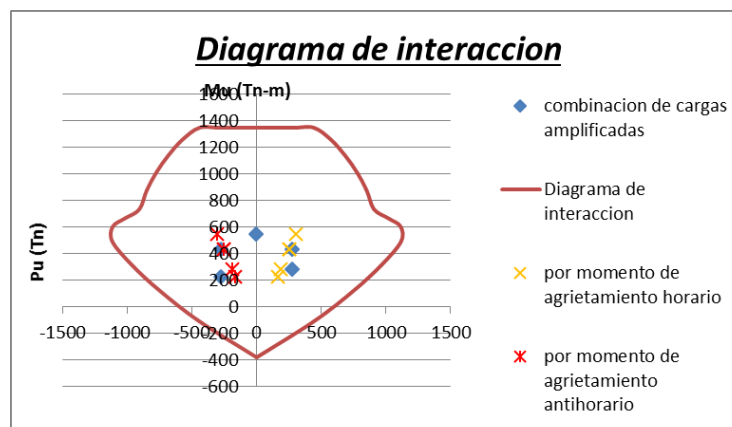
Espaciamiento:

- $S_h = 0.25 \text{ m}$

Espaciamiento:

- $S_v = 0.20 \text{ m}$

Diagrama de Interacción



DATOS				DESIGN SUMMARY	
RESISTENCIA CONCRETO	$f_c' = 3 \text{ ksi}$	210 kg/cm^2		SHEAR WALL LENGTH	$L = 9.19 \text{ ft}$
TIPO DE ACERO	$f_y = 60 \text{ ksi}$	4200 kg/cm^2		SHEAR WALL THICKNESS	$t = 11.81 \text{ in}$
CARGA AXIAL FACTORADA	$P_u = 548.6 \text{ k}$	248.84 tn		BULB END WIDTH	$B = 11.81 \text{ in}$
MOMENTO FACTORADO	$M_u = 2131.6 \text{ ft-k}$	294.73 tn-m		BULB END DEPTH	$D = 36.00 \text{ in}$
CORTANTE FACTORADO	$V_u = 78.772 \text{ k}$	35.73 tn		BULB REINFORCIN	10 # 6
LONG DE MURO AL CORTANTE	$L = 9.1864 \text{ ft}$	2.80 m		WALL HORIZ. REIN	2 # 3 @ 4 in o.c.
ESPESOR DEL MURO	$t = 11.811 \text{ in}$	30.00 cm		WALL VERT. REIN	2 # 3 @ 4 in o.c.
PROFUNDIDAD DE NUCLEO REFUERZO	$D = 11.811 \text{ in}$	30.00 cm		HOOP REINF - WID	10 # 3 @ 2 in o.c.
ESPESOR DEL NUCLEO DE REFUERZO	$B = 11.811 \text{ in}$	30.00 cm		HOOP REINF - LEN	10 # 3 @ 2 in o.c.
ALTURA TOTAL DEL MURO	$h_w = 10.499 \text{ ft}$	3.20 m			
REINF. BARRAS DE NUCLEO	10 # 6				
WALL DIST. HORIZ. REINF.	2 # 3 @ 4 in o.c.				
WALL DIST. VERT. REINF.	2 # 3 @ 4 in o.c.				
HOOP REINF - WIDTH, B, DIR.	10 legs of # 3				
HOOP REINF - LENGTH DIR.	10 legs of # 3				

THE WALL DESIGN IS ADEQUATE.

CHEQUEO POR CORTANTE

CUANTIAS MINIMAS DE REFUERZO QUE DA ACI 318-02 SECTION 21.7.2.1 AND SECTION 14.3 AS

$(\rho_n)_{min.} = 0.0025$ [for $Acv (fc')^{0.5} = 71.31 \text{ kips} < Vu$, and bar size #3 horizontal]

$(\rho_v)_{min.} = 0.0025$ [for $Acv (fc')^{0.5} = 71.31 \text{ kips} < Vu$, and bar size #3 vertical]

where $Acv = 1302 \text{ in}^2$ (gross area of concrete section bounded by web thickness and length in the shear direction)

THE PROVIDED REINFORCEMENT RATIOS ARE

$\rho_n = 0.0047 > (\rho_n)_{min.}$ [Satisfactory]

$\rho_v = 0.0047 > (\rho_v)_{min.}$ [Satisfactory]

The proposed spacing is less than the maximum permissible value of 18 in and is satisfactory. Since wall $V_u < 2 Acv (fc')^{0.5}$, one curtain reinforcement required. (ACI 318-02, Sec.21.7.2.2)

THE DESIGN SHEAR FORCE IS GIVEN BY ACI 318-02 SECTION 21.7.4.1 & 21.7.4.4 AS

$\phi V_n = \text{MIN} [\phi Acv (\alpha_c (fc')^{0.5} + \rho_n f_y), \phi 8 Acv (fc')^{0.5}] = 342.31 \text{ kips} > Vu$ [Satisfactory]

where $\phi = 0.6$ (conservatively, ACI 318-05 9.3.4 a)

$\alpha_c = 3.0$ (for $h_w / L = 1.14 < 1.5$)

$\rho_v > \rho_n$ [Satisfactory] (only for $h_w / L > 2.0$, ACI 318-02 Sec. 21.7.4.3)

6.5.2. Diseño de Cúpula

Datos Geométricos:

- Espesor = 0.20 m
- Ancho = 1.00 m
- $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- $Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Datos del análisis estructural:

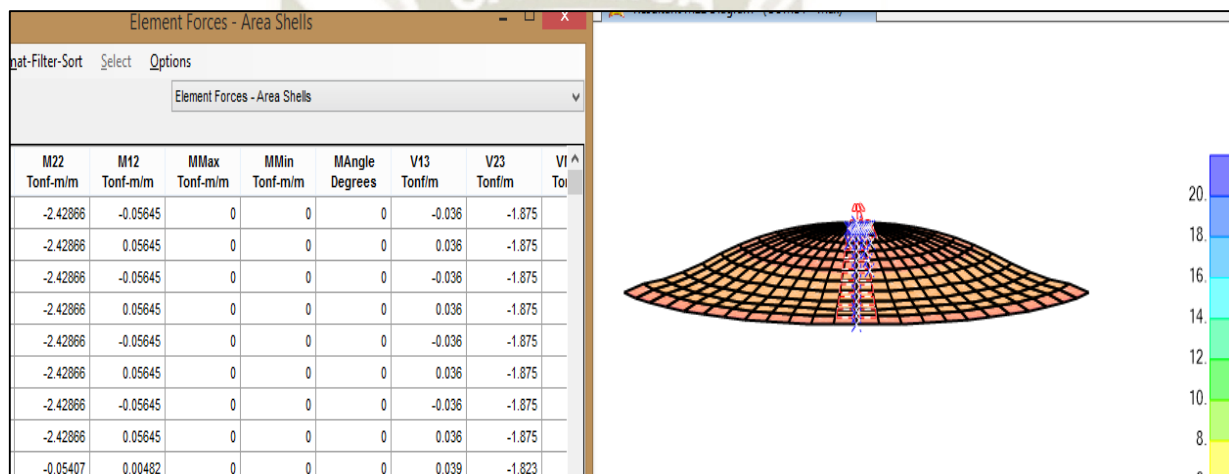


FIGURA N° 8 RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA CÚPULA

- $Sx = 38 \text{ Ton/m}^2$
- $Sy = 87 \text{ Ton/m}^2$
- $Mu = 1.97 \text{ Ton.m/m}$ (F. diseño: 0.95 y 0.85 ACI 318)

Nota: Se utilizó el método de LRFD para el diseño

Refuerzo horizontal:

- Acero de $\phi 1/2''$ en 2 capas
- $As = 2.60 \text{ cm}^2$

Espaciamiento:

- $Sh = 0.20 \text{ m}$

Refuerzo Vertical

- Acero de $\phi 1/2''$ en 2 capas
- $As = 2.60 \text{ cm}^2$

Espaciamiento:

- $Sv = 0.20 \text{ M}$

6.5.3. Diseño de la losa de fondo

Datos Geométricos:

- Espesor = 0.20m
- Ancho = 1.00 m
- $F'c = 210\text{kg/cm}^2$
- $Fy = 4200\text{kg/cm}^2$

Datos del análisis estructural:

- Peso específico del concreto = 2.4 Ton/m^3
- Peso específico del lodo digerido = 1.03 Ton/m^3

Esfuerzo producido = 14.78 ton/m^2

Refuerzo Radial:

- Acero de $\phi 1/2''$ en 1 capa
- $As = 1.29\text{ cm}^2$

Espaciamiento:

- $Sh = 0.20\text{ m}$

Refuerzo Central

- Acero de $\phi 1/2''$ en 1 capa
- $As = 1.29\text{ cm}^2$

Espaciamiento:

- $Sv = 0.20\text{ m}$

6.5.4. Diseño de la Viga Collar

Resultados del Análisis estructural:

Esta viga se encuentra apoyada sobre el muro circular, por lo que los efectos de flexión son menores que los cortantes.

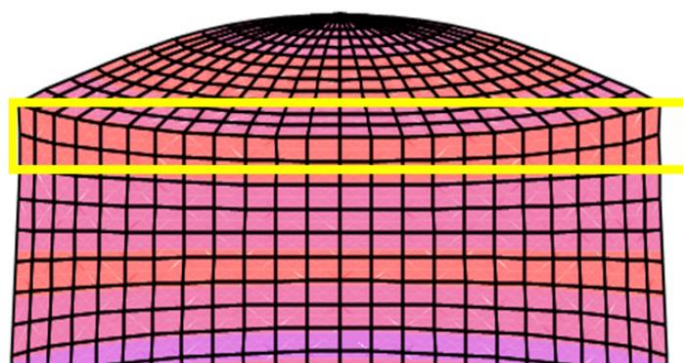


FIGURA N° 9 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE VIGA COLLAR

Mu: 2.42 Ton.m

Vu: 1.87 Ton

Datos Geométricos:

- Peralte = 0.60 m
- Ancho = 0.40 m
- $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- $Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Diseño por Flexión:

Determinación si se tomara VSR o VDR:

$a = 0.004840336$ cm, comparada con $0.85 d/2$

Por lo tanto, se considera como VDR.

Ku = 0.3850

Calculando la cuantía de acero:

Mínima normada por el RNE y EI ACI, 0.0024

$A_s = 3.075 \text{ cm}^2$

- 4 ϕ 1/2" en 1 capa

Refuerzo en compresión:

- 2 ϕ 1/2" en 1 capa

Refuerzo por corte:

$A_v = 0.33 \text{ cm}^2$

Considerando varillas de 3/8"

$S = 0.20 \text{ m}$

Diseño:

ϕ 3/8" @0.20 m



Capítulo VII

7. Costos y Presupuestos

7.1. Costos

7.1.1. Análisis de Precios Unitarios

El análisis de precios unitarios del proyecto se realizó de acuerdo a la normativa vigente. Se ha considerado precios actuales para los materiales y recursos puestos en mina y rendimientos reales.

7.1.1.1. Sistema de Estabilización de lodos – Línea de impulsión

Partida	01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL						
Rendimiento	m2/DIA	40.0000	EQ.	40.0000	Costo afectado por el metrado (160.00)			532.41
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	0.1000	3.2000	19.23	61.54	
0101010005	PEON		hh	1.0000	32.0000	14.23	455.36	
							516.90	
		Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	516.90	15.51	
							15.51	
Partida	01.02	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR PARA ZANJAS						
Rendimiento	m/DIA	500.0000	EQ.	500.0000	Costo afectado por el metrado (170.00)			4,231.57
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		Mano de Obra						
01010300000005	OPERARIO TOPOGRAFO		hh	0.1000	0.2720	20.83	5.67	

01010300030001	AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	día	4.0000		1.3600	14.23	19.35
							25.02
	Materiales						
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal			34.0000	60.84	2,068.56
02760100100001	WINCHA METALICA DE 50 m	und			1.7000	7.00	11.90
							2,080.46
	Equipos						
0301000011	TEODOLITO	hm	8.0000		21.7600	97.50	2,121.60
0301000015	JALONES	día	1.0000		0.3400	11.00	3.74
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3.0000	25.02	0.75
							2,126.09
Partida	01.03	TRAZO Y REPLANTEO PARA INSTALACION DE TUBERIAS					
Rendimiento	m/DIA	500.0000	EQ.	500.0000	Costo afectado por el metrado (170.00)		4,284.09
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla		Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
01010300000005	OPERARIO TOPOGRAFO	hh	1.0000		2.7200	20.83	56.66
01010300030001	AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	día	4.0000		1.3600	14.23	19.35
							76.01
	Materiales						
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal			34.0000	60.84	2,068.56
02760100100001	WINCHA METALICA DE 50 m	und			1.7000	7.00	11.90
							2,080.46
	Equipos						
0301000011	TEODOLITO	hm	8.0000		21.7600	97.50	2,121.60
0301000015	JALONES	día	1.0000		0.3400	11.00	3.74
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3.0000	76.01	2.28
							2,127.62

Partida	02.01	EXCAVACION DE ZANJA CON EQUIPO H-1.20-1.5					
Rendimiento	m3/DIA	100.0000	EQ.	100.0000	Costo afectado por el metrado (192.00)	22,376.48	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
01010100010001	MAESTRO DE OBRA	hh	0.1000	1.5360	20.83	31.99	
0101010005	PEON	hh	1.0000	15.3600	14.23	218.57	
						250.56	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	250.56	7.52	
03011700020001	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3	hm	8.0000	122.8800	180.00	22,118.40	
						22,125.92	
Partida	02.02	REFINE Y NIVELACION DE ZANJAS A .60 TN					
Rendimiento	m/DIA	40.0000	EQ.	40.0000	Costo afectado por el metrado (168.50)	1,060.18	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
01010100010001	MAESTRO DE OBRA	hh	0.1000	3.3700	20.83	70.20	
0101010005	PEON	hh	2.0000	67.4000	14.23	959.10	
						1,029.30	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1,029.30	30.88	
						30.88	
Partida	02.03	CAMA DE ARENA h=0.10					
Rendimiento	m2/DIA	80.0000	EQ.	80.0000	Costo afectado por el metrado (159.00)	500.14	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.1000	1.5900	15.94	25.34	

0101010005	PEON	hh	2.0000	31.8000	14.23	452.51
						477.85

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	477.85	14.34
0301400004	ZARANDA	hm	1.0000	15.9000	0.50	7.95
						22.29

Partida **02.04** **RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA P/TUB A=0.60 M HASTA 1.50M (INC. COMPACTADORA)**

Rendimiento	m/DIA	8.0000	EQ.	8.0000	Costo afectado por el metrado (168.50)	134,695.54
-------------	--------------	---------------	-----	---------------	--	-------------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
01010100010001	MAESTRO DE OBRA	hh	0.1000	16.8500	20.83	350.99
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	168.5000	19.23	3,240.26
0101010005	PEON	hh	4.0000	674.0000	14.23	9,591.02
						13,182.27
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	13,182.27	395.47
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	8.0000	1,348.0000	12.85	17,321.80
03012200050001	CAMION CISTERNA (2,500 GLNS.)	hm	8.0000	1,348.0000	77.00	103,796.00
						121,513.27

Partida **02.05** **ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE**

Rendimiento	m3/DIA	100.0000	EQ.	100.0000	Costo afectado por el metrado (190.00)	24,798.18
-------------	---------------	-----------------	-----	-----------------	--	------------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
01010100010001	MAESTRO DE OBRA	hh	0.1000	1.5200	20.83	31.66
0101010005	PEON	hh	2.0000	30.4000	14.23	432.59
						464.25

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	464.25	13.93
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	8.0000	121.6000	200.00	24,320.00
						24,333.93

Partida **03.01.01** **SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA 6"**

Rendimiento	m/DIA	15.0000	EQ.	15.0000	Costo afectado por el metrado (323.00)	191,882.76
-------------	--------------	----------------	-----	----------------	--	-------------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01010100010001	MAESTRO DE OBRA	hh	0.1000	17.2159	20.83	358.61
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	172.2559	19.23	3,312.48
0101010005	PEON	hh	4.0000	689.0559	14.23	9,805.27
						13,476.36
Materiales						
0222120001	LUBRICANTE PARA TUBERIAS	gal		3.2300	50.50	163.12
0246140002	ANILLO DE JEBE PARA TUBERIA	und		53.8441	3.51	188.99
02490100010013	TUBERIA DE HIERRO DUCTIL DE 6" 6M	und		323.0000	550.00	177,650.00
						178,002.11
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	13,476.36	404.29
						404.29

Partida **03.02.01** **SUMINISTRO DE TE HD 6"**

Rendimiento	und/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo afectado por el metrado (4.00)	540.00
-------------	----------------	---------------	-----	---------------	--------------------------------------	---------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Materiales						
02150300010005	SUMINISTRO DE TEE DE 6" HD	und		4.0000	135.00	540.00
						540.00

Partida	03.02.02	SUMINISTRO DE CODO 90 HD 6"					
Rendimiento	und/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo afectado por el metrado (16.00)	1,840.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Materiales						
02150300010006	SUMINISTRO DE CODO DE 90 6" HD	und		16.0000	115.00	1,840.00	
						1,840.00	
Partida	03.02.03	SUMINISTRO DE NIPLE 90 HD 6"					
Rendimiento	und/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo afectado por el metrado (16.00)	881.28	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Materiales						
02150300010007	SUMINISTRO DE NIPLE 6" HD	und		16.0000	55.08	881.28	
						881.28	
Partida	03.02.04	DADOS DE CONCRETO PARA ACCESORIOS					
Rendimiento	m3/DIA	4.0000	EQ.	4.0000	Costo afectado por el metrado (14.00)	8,648.45	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh		2.8000	20.83	58.32	
0101010003	OPERARIO	hh		56.0000	19.23	1,076.88	
0101010004	OFICIAL	hh		56.0000	15.94	892.64	
0101010005	PEON	hh		112.0000	14.23	1,593.76	
						3,621.60	
	Materiales						
0207030001	HORMIGON	m3		18.2000	35.00	637.00	
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO IP	bol		100.8000	20.00	2,016.00	
0290130021	AGUA	m3		2.5200	10.00	25.20	

2,678.20

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3,621.60	108.65
0301290003	MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	1.0000	28.0000	80.00	2,240.00
						2,348.65

Partida **03.03.01** **INSTALACION DE VALVULA DE VALVULA DE INTERRUPCION TIPO COMPUERTA**

Rendimiento **und/DIA 2.0000** EQ. **2.0000** Costo afectado por el metrado (8.00) **5,346.56**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01010100010001	MAESTRO DE OBRA	hh	0.1000	3.2000	20.83	66.66
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	32.0000	19.23	615.36
						682.02
Materiales						
0253180011	VALVULA DE INTERRUPCION TIPO COMPUERTA BB HD 16"	und		8.0000	580.51	4,644.08
						4,644.08
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	682.02	20.46
						20.46

Partida **03.03.02** **INSTALACION DE VALVULA SWING CHECK**

Rendimiento **und/DIA 2.0000** EQ. **2.0000** Costo afectado por el metrado (4.00) **1,883.24**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01010100010001	MAESTRO DE OBRA	hh	0.1000	1.6000	20.83	33.33
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	16.0000	19.23	307.68
						341.01
Materiales						
0253180012	VALVULA SWING CHECK 6"	pza		4.0000	383.00	1,532.00
						1,532.00

	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	341.01	10.23
						10.23

Partida **03.03.03** **INSTALACION Y SUMINISTO DE MEDIDOR DE CAUDAL ELECTROMAGNETICO**

Rendimiento	und/DIA	2.0000	EQ. 2.0000	Costo afectado por el metrado (2.00)	3,439.62	
-------------	----------------	---------------	-------------------	--------------------------------------	-----------------	--

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
01010100010001	MAESTRO DE OBRA	hh	0.1000	0.8000	20.83	16.66
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	19.23	153.84
						170.50

	Materiales					
0253010009	CAUDALIMETRO ELECTROMAGNETICO	pza		2.0000	1,632.00	3,264.00
						3,264.00

	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	170.50	5.12
						5.12

Partida **03.03.04** **INSTALACION Y SUMINISTO DE UNION DE DESMONTAJE AUTOPORTANTE**

Rendimiento	und/DIA	2.0000	EQ. 2.0000	Costo afectado por el metrado (10.00)	5,878.10	
-------------	----------------	---------------	-------------------	---------------------------------------	-----------------	--

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
01010100010001	MAESTRO DE OBRA	hh	0.1000	4.0000	20.83	83.32
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	40.0000	19.23	769.20
						852.52

	Materiales					
0272010087	UNION DESMONTABLE AUTOPORTANTE 6	pza		10.0000	500.00	5,000.00
						5,000.00

	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	852.52	25.58
						25.58

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01010100010001	MAESTRO DE OBRA	hh	0.2000	1.6000	20.83	33.33
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	16.0000	19.23	307.68
0101010005	PEON	hh	4.0000	32.0000	14.23	455.36
						796.37
Materiales						
02040300010032	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		6.4000	2.95	18.88
0209040002	TAPA CON MARCO FIERRO FUNDIDO 20X20CM	pza		4.0000	45.00	180.00
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO IP	bol		10.8000	20.00	216.00
						414.88
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	796.37	23.89
						23.89
Subtotal						
				Costo afectado por el metrado (4.00)		1,235.14
Partida 03.03.05 CAJA DE PROTECCION PARA VALVULAS DE COMPUERTA						
Rendimiento	und/DIA	4.0000	EQ. 4.0000			
Partida 03.04.01 PRUEBA HIDRAULICA EN TUBERIA						
Rendimiento	m/DIA	250.0000	EQ. 250.0000			
				Costo afectado por el metrado (323.00)		701.39
Mano de Obra						
01010100010001	MAESTRO DE OBRA	hh	0.1000	1.0336	20.83	21.53
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	10.3360	19.23	198.76
0101010005	PEON	hh	1.0000	10.3360	14.23	147.08
						367.37
Materiales						
0290130021	AGUA	m3		32.3000	10.00	323.00
						323.00

		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	367.37	11.02	
							11.02

7.1.1.2. Sistema de Estabilización de lodos – Tanque Digestor

Partida	01.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL					
Rendimiento	m2/DIA	40.0000	EQ.	40.0000	Costo afectado por el metrado (1,482.00)		4,931.38
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO		hh	0.1000	29.6400	19.23	569.98
0101010005	PEON		hh	1.0000	296.4000	14.23	4,217.77
							4,787.75
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	4,787.75	143.63
							143.63
Partida	01.01.02	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO					
Rendimiento	m2/DIA	500.0000	EQ.	500.0000	Costo afectado por el metrado (736.00)		10,490.18
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	1.1776	20.83	24.53
0101010005	PEON		hh	3.0000	35.3280	14.23	502.72
0101030000000	OPERARIO TOPOGRAFO		hh	1.0000	11.7760	20.83	245.29
							772.54
		Materiales					
0213020002000	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg		bol		36.8000	12.62	464.42
0276010010000	WINCHA METALICA DE 50 m		und		7.3600	7.00	51.52
							515.94

		Equipos				
0301000011	TEODOLITO	hm	8.0000	94.2080	97.50	9,185.28
0301000015	JALONES	día	1.0000	1.4720	11.00	16.19
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0300	772.54	0.23
						9,201.70

Partida		01.02.01		EXCAVACION MASIVA CON MAQUINARIA		
Rendimiento	m3/DIA	80.0000	EQ. 80.0000	Costo afectado por el metrado (1,267.00)		178,807.4
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra				
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	12.6700	20.83	263.92
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	126.7000	19.23	2,436.44
0101010005	PEON	hh	2.0000	253.4000	14.23	3,605.88
						6,306.24
		Equipos				
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	6,306.24	189.19
0301170002000	RETROEXCAVADORA CASE 590 SK	hm	8.0000	1,013.6000	170.00	172,312.0
						172,501.1

Partida		01.02.02		RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO		
Rendimiento	m3/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo afectado por el metrado (416.80)		57,939.06
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra				
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	41.6800	20.83	868.19
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	416.8000	19.23	8,015.06
0101010005	PEON	hh	1.0000	416.8000	14.23	5,931.06
						14,814.31
		Equipos				
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	14,814.31	444.43
0301100003	COMPACTADORA DE PLANCHA	hm	8.0000	3,334.4000	12.80	42,680.32
						43,124.75

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Partida 01.02.03 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE						
Rendimiento	m3/DIA	100.0000	EQ. 100.0000	Costo afectado por el metrado (833.50)		108,785.7
Mano de Obra						
0101010001000	MAESTRO DE OBRA	hh	0.1000	6.6680	20.83	138.89
0101010005	PEON	hh	2.0000	133.3600	14.23	1,897.71
						2,036.60
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2,036.60	61.10
0301220004000	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	8.0000	533.4400	200.00	106,688.0
						106,749.2
Partida 01.03.01.01 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS COLLAR						
Rendimiento	m2/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo afectado por el metrado (97.10)		2,752.91
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	6.4766	20.83	134.91
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	64.7366	19.23	1,244.88
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	64.7366	15.94	1,031.90
						2,411.69
Materiales						
0222140001	DESMOLDADOR PARA ENCOFRADO	gal		9.7100	5.69	55.25
0231220001	PANEL PARA ENCOFRADO DE 4' x 8' CON TRIPLAY DE 19 mm	und		9.7100	22.00	213.62
						268.87
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2,411.69	72.35
						72.35

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Partida 01.03.01.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CUPULA						
Rendimiento	m2/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo afectado por el metrado (732.00)		53,499.74
Mano de Obra						
0101010001000	MAESTRO DE OBRA	hh	0.1000	48.8244	20.83	1,017.01
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	488.0244	19.23	9,384.71
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	488.0244	15.94	7,779.11
0101010005	PEON	hh	1.0000	488.0244	14.23	6,944.59
						25,125.42
Materiales						
0204010001000	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		73.2000	4.73	346.24
0204120001000	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg		175.6800	4.50	790.56
0204120001000	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		175.6800	4.50	790.56
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		3,952.8000	4.50	17,787.60
0231050001000	TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 19 mm	pln		131.7600	60.00	7,905.60
						27,620.56
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	25,125.42	753.76
						753.76
Partida 01.03.01.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS						
Rendimiento	m2/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo afectado por el metrado (1,499.70)		56,465.98
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	100.0300	20.83	2,083.62
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	999.8500	19.23	19,227.12
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	999.8500	15.94	15,937.61
						37,248.35
Materiales						
0222140001	DESMOLDADOR PARA ENCOFRADO	gal		149.9700	5.69	853.33

0231220002	PANELES METALICOS MODULARES	m2	29.9940	575.01	17,246.85
					18,100.18

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	3.0000	37,248.35	1,117.45
					1,117.45

Partida **01.03.02.01 CONCRETO PREMEZCLADO EN VIGAS COLLAR f'c=210 kg/cm2**

Rendimiento	m3/DIA	18.0000	EQ.	18.0000	Costo afectado por el metrado (22.90)	11,851.29
-------------	---------------	----------------	-----	----------------	---------------------------------------	------------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0200	10.3806	20.83	216.23
0101010003	OPERARIO	hh	4.0000	40.7116	19.23	782.88
0101010005	PEON	hh	9.0000	91.6000	14.23	1,303.47
0101010006000	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.0000	20.3558	20.73	421.98
						2,724.56
	Materiales					
0210100010010	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm2	m3		22.9000	380.00	8,702.00
0219050001000	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m3		1.8320	45.00	82.44
						8,784.44
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2,724.56	81.74
0301290001	VIBRADOR PARA CONCRETO	hm	2.0000	20.3558	12.80	260.55
						342.29

Partida **01.03.02.02 CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS Y CUPULA f'c=210 kg/cm2**

Rendimiento	m3/DIA	15.0000	EQ.	15.0000	Costo afectado por el metrado (287.83)	156,668.3
-------------	---------------	----------------	-----	----------------	--	------------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0200	156.5795	20.83	3,261.55
0101010003	OPERARIO	hh	4.0000	614.0277	19.23	11,807.75
0101010005	PEON	hh	9.0000	1,381.5840	14.23	19,659.94

0101010006000	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.0000	307.0283	20.73	6,364.70
						41,093.94

Materiales

0219010001001	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm2	m3		287.8300	380.00	109,375.40
0219050001000	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m3		23.0264	45.00	1,036.19
						110,411.5

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	41,093.94	1,232.82
0301290001	VIBRADOR PARA CONCRETO	hm	2.0000	307.0283	12.80	3,929.96
						5,162.78

Partida **01.03.02.03** **ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60**

Rendimiento **kg/DIA** **200.0000** EQ. **200.0000** Costo afectado por el metrado (104,282.05) **489,116.5**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	417.1282	20.83	8,688.78
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	4,171.2820	19.23	80,213.75
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	4,171.2820	15.94	66,490.24
						155,392.7
Materiales						
0204010002000	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		2,607.0513	3.50	9,124.68
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		108,453.3320	2.95	319,937.3
						329,062.0
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	155,392.8	4,661.78
						4,661.78

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Partida 01.03.02 CONCRETO PREMEZCLADO MUROS f'c=210 kg/cm2						
Rendimiento	m3/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo afectado por el metrado (451.20)		207,747.9
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	14.4384	20.83	300.75
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	288.7680	19.23	5,553.01
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	144.3840	15.94	2,301.48
0101010005	PEON	hh	4.0000	577.5360	14.23	8,218.34
0101010006000	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	144.3840	20.73	2,993.08
						19,366.66
Materiales						
0219010001001	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm2	m3		451.2000	380.00	171,456.0
0290500010001	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m3		180.4800	45.00	8,121.60
						179,577.6
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	19,366.66	581.00
0301290001	VIBRADOR PARA CONCRETO	hm	4.0000	577.5360	12.80	7,392.46
0301340001	ANDAMIO METALICO	día	2.0000	36.0960	23.00	830.21
						8,803.67
Partida 01.04.01 TARRAJEO IMPERMEABILIZADO MUROS						
Rendimiento	m2/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	Costo afectado por el metrado (1,507.00)		48,583.35
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	120.5600	20.83	2,511.26
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1,205.6000	19.23	23,183.69
0101010005	PEON	hh	0.7500	904.2000	14.23	12,866.77
						38,561.72
Materiales						
0204120001000	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg		45.2100	4.50	203.45

0207020001000	ARENA FINA	m3	31.6470	60.00	1,898.82
0213010003	CEMENTO PORTLAND TIPO V	bol	7.5350	20.00	150.70
0222170001002	ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	kg	278.7950	18.04	5,029.46
0290130021	AGUA	m3	158.2350	10.00	1,582.35
					8,864.78

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	3.0000	38,561.72	1,156.85
					1,156.85

Partida **01.04.02**

TARRAJEO IMPERMEABILIZADO CUPULA

Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ.	8.0000	Costo afectado por el metrado (732.31)	28,433.74
-------------	---------------	---------------	-----	---------------	--	------------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	73.2310	20.83	1,525.40
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	732.3100	19.23	14,082.32
0101010005	PEON	hh	0.7500	549.2325	14.23	7,815.58
						23,423.30

Materiales

0204120001000	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg	21.9693	4.50	98.86
0207020001000	ARENA FINA	m3	15.3785	60.00	922.71
0213010003	CEMENTO PORTLAND TIPO V	bol	3.6616	20.00	73.23
0222170001002	ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	kg	135.4774	18.04	2,444.01
0290130021	AGUA	m3	76.8926	10.00	768.93
					4,307.74

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	3.0000	23,423.30	702.70
					702.70

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Partida 01.04.03 TARRAJEO IMPERMEABILIZADO LOSA						
Rendimiento	m2/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo afectado por el metrado (706.50)		19,674.01
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	47.1236	20.83	981.58
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	471.0236	19.23	9,057.78
0101010005	PEON	hh	0.7500	353.2500	14.23	5,026.75
						15,066.11
Materiales						
0204120001000	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg		21.1950	4.50	95.38
0207020001000	ARENA FINA	m3		14.8365	60.00	890.19
0213010003	CEMENTO PORTLAND TIPO V	bol		3.5325	20.00	70.65
0222170001002	ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	kg		130.7025	18.04	2,357.87
0290130021	AGUA	m3		74.1825	10.00	741.83
						4,155.92
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	15,066.11	451.98
						451.98
Partida 01.04.04 TARRAJEO EXT DE CUPULA						
Rendimiento	m2/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo afectado por el metrado (732.00)		29,405.78
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	73.2000	20.83	1,524.76
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	732.0000	19.23	14,076.36
0101010005	PEON	hh	0.5000	366.0000	14.23	5,208.18
						20,809.30
Materiales						
0207020001	ARENA	m3		17.2752	60.00	1,036.51
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		121.8780	18.50	2,254.74

		Materiales						
0240010001	PINTURA LATEX		gal			195.0000	40.00	7,800.00
0240150001000	IMPRIMANTE P/MUROS		gal			60.0000	80.93	4,855.80
								12,655.80
		Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			3.0000	8,527.20	255.82
								255.82
Partida	01.06.01	ESCALERA DE GATO						
Rendimiento	m/DIA		EQ.			Costo afectado por el metrado (20.00)		2,000.00
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Subcontratos							
0411040002000	SC ESCALERA DE GATO INCLUYE SC BARANDA Y PLATAFORMA		und			20.0000	100.00	2,000.00
								2,000.00
Partida	01.06.02	ESCALERA METALICA						
Rendimiento	und/DIA		EQ.			Costo afectado por el metrado (2.00)		366.00
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Subcontratos							
0411040002000	SC ESCALERA METALICA 3,4 Y 6		und			2.0000	183.00	366.00
								366.00
Partida	01.06.03	GRATING METALICO						
Rendimiento	und/DIA	15.0000	EQ.	15.0000		Costo afectado por el metrado (38.05)		1,811.69
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh		0.1000	2.0281	19.23	39.00

0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	20.2921	15.94	323.46
0101010005	PEON	hh	2.0000	40.5879	14.23	577.57
						940.03

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	940.03	28.20
0301330004	MOTOSIERRA	hm	2.0000	40.5879	10.00	405.88
0301340008	GRATING METALICO	m2		38.0500	11.50	437.58
						871.66

Partida **01.06.04** **MIRILLA DE INSPECCION MARCO Y ENTRADA DE HOMBRE**

Rendimiento **und/DIA** **150.0000** EQ. **150.0000** Costo afectado por el metrado (4.00) **717.32**

Código **Descripción Recurso** **Unidad** **Cuadrilla** **Cantidad** **Precio S/.** **Parcial S/.**

Mano de Obra

0101010001000	MAESTRO DE OBRA	hh	0.2000	0.0428	20.83	0.89
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2132	19.23	4.10
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.2132	15.94	3.40
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.2132	14.23	3.03
						11.42

Materiales

0204020009	ANGULO DE ACERO LIVIANO	var		2.0000	7.09	14.18
0238010003000	LIJA AL AGUA #150	plg		12.0000	1.18	14.16
0240070001	PINTURA ANTICORROSIVA	gal		2.0000	148.00	296.00
0240080012	THINNER	gal		2.0000	21.55	43.10
0255080015	SOLDADURA CELLOCORD	kg		2.0000	12.60	25.20
0271050139	PLATINA DE ACERO LIVIANO	pza		2.0000	55.27	110.54
0276010011	HOJA DE SIERRA	und		3.0000	10.09	30.27
						533.45

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	11.42	0.34
0301270002	MOTOSOLDADORA	hm	0.5000	0.1068	28.00	2.99
0301480002000	BROCHA DE NYLON DE 2"	und		4.0000	42.28	169.12
						172.45

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010001000	MAESTRO DE OBRA	hh	0.2000	0.0214	20.83	0.45
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1066	19.23	2.05
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1066	15.94	1.70
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.1066	14.23	1.52
Materiales						
0204020009	ANGULO DE ACERO LIVIANO	var		1.0000	7.09	7.09
0238010003000	LIJA AL AGUA #150	plg		6.0000	1.18	7.08
0240070001	PINTURA ANTICORROSIVA	gal		1.0000	148.00	148.00
0240080012	THINNER	gal		1.0000	21.55	21.55
0255080015	SOLDADURA CELLOCORD	kg		1.0000	12.60	12.60
0268300001000	TAPA DE FIBRA DE VIDRIO	und		4.0000	44.06	176.24
0271050139	PLATINA DE ACERO LIVIANO	pza		1.0000	55.27	55.27
0276010011	HOJA DE SIERRA	und		1.5000	10.09	15.14
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	5.72	0.17
0301270002	MOTOSOLDADORA	hm	0.5006	0.0534	28.00	1.50
0301480002000	BROCHA DE NYLON DE 2"	und		2.0000	42.28	84.56
						86.23

Partida **01.07.01** **INSTALACIONES HIDRAULICAS TANQUE DIGESTOR**

Rendimiento **glb/DIA** **50.0000** EQ. **50.0000** Costo afectado por el metrado (1.00) **2,934.49**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010001000	MAESTRO DE OBRA	hh	0.2000	0.0320	20.83	0.67
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1600	19.23	3.08
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1600	15.94	2.55
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.1600	14.23	2.28
						8.58
Materiales						
0238010003000	LIJA AL AGUA #150	plg		5.0000	1.18	5.90
0240070001	PINTURA ANTICORROSIVA	gal		3.0000	148.00	444.00
0240080012	THINNER	gal		3.0000	21.55	64.65
0241030001	CINTA TEFLON	und		5.0000	2.96	14.80
0249030010	NIPLE BE HD 16"	und		3.0000	55.08	165.24
0249030011	TUBERIA BB HD 16" 6 m	und		3.0000	466.00	1,398.00
0253180011	VALVULA DE INTERRUPCION TIPO COMPUERTA BB HD 16"	und		1.0000	580.51	580.51
0255080015	SOLDADURA CELLOCORD	kg		1.0000	12.60	12.60
0255080016	SOLDADURA SUPERCITO	kg		1.0000	14.70	14.70
0276010011	HOJA DE SIERRA	und		2.0000	10.09	20.18
						2,720.58
Equipos						
0301000008	MANOMETRO	pza		3.0000	25.33	75.99
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	8.58	0.26
0301270002	MOTOSOLDADORA	hm	0.5000	0.0800	28.00	2.24
0301480002000	BROCHA DE NYLON DE 2"	und		3.0000	42.28	126.84
						205.33

7.2 Presupuesto

El presupuesto del proyecto y la formula polinómica correspondiente se realizó con el software S10.

Los gastos generales contienen todo lo necesario para cubrir las necesidades durante el proyecto, movilización y desmovilización de personal, alimentación, personal profesional y técnico, alquiler de equipos menores no incluidos en los costos directos, gastos de oficina, gastos financieros, seguros, tributos al sencico, etc.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
	TANQUE DIGESTOR DE CONCRETO ARMADO				
01.01	OBRAS PRELIMINARES				15,415.70
01.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	1,482.00	3.33	4,935.06
01.01.02	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	736.00	14.24	10,480.64
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				345,539.50
01.02.01	EXCAVACION MASIVA CON MAQUINARIA	m3	1,267.00	141.13	178,811.71
01.02.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	416.80	139.01	57,939.37
01.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	833.50	130.52	108,788.42
01.03	CONCRETO				978,077.60
01.03.01	CONCRETO ARMADO				112,734.34
01.03.01.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS COLLAR	m2	97.10	28.36	2,753.76
01.03.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CUPULA	m2	732.00	73.09	53,501.88
01.03.01.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m2	1,499.70	37.66	56,478.70
01.03.02	CONCRETO PREMEZCLADO MUROS f'c=210 kg/cm2	m3	451.20	460.43	207,746.02
01.03.02.01	CONCRETO PREMEZCLADO EN VIGAS COLLAR f'c=210 kg/cm2	m3	22.90	517.53	11,851.44
01.03.02.02	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS Y CUPULA f'c=210 kg/cm2	m3	287.83	544.29	156,662.99
01.03.02.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	104,282.05	4.69	489,082.81
01.03.02.04	REVOQUES				
01.04	TARRAJEO MUROS EXTERIORES				126,123.88
01.04.01	TARRAJEO IMPERMEABILIZADO MUROS	m2	1,507.00	32.25	48,600.75
01.04.02	TARRAJEO IMPERMEABILIZADO CUPULA	m2	732.31	38.83	28,435.60
01.04.03	TARRAJEO IMPERMEABILIZADO LOSA	m2	706.50	27.86	19,683.09
01.04.04	TARRAJEO EXT DE CUPULA	m2	732.00	40.17	29,404.44
01.05	PINTURAS				34,055.04

01.05.01	PINTURA LATEX EN CUPULA EXTERIOR	m2	732.00	17.22	12,605.04
01.05.02	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES	m2	1,500.00	14.30	21,450.00
01.06	CARPINTERIA METALICA				5,429.90
01.06.01	ESCALERA DE GATO	m	20.00	100.00	2,000.00
01.06.02	ESCALERA METALICA	und	2.00	183.00	366.00
01.06.03	GRATING METALICO	und	38.05	47.61	1,811.56
01.06.04	MIRILLA DE INSPECCION MARCO Y ENTRADA DE HOMBRE	und	4.00	179.35	717.40
01.06.05	ENTRADA DE INSPECCION	und	2.00	267.47	534.94
01.07	INSTALACIONES HIDRAULICAS				2,934.49
01.07.01	INSTALACIONES HIDRAULICAS TANQUE DIGESTOR	qlb	1.00	2,934.49	2,934.49
	LINEA DE IMPULSION				
01	OBRAS PRELIMINARES				9,044.70
01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	160.00	3.33	532.80
01.02	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR PARA ZANJAS	m	170.00	24.88	4,229.60
01.03	TRAZO Y REPLANTEO PARA INSTALACION DE TUBERIAS	m	170.00	25.19	4,282.30
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				183,432.65
02.01	EXCAVACION DE ZANJA CON EQUIPO H-1.20-1.5	m3	192.00	116.55	22,377.60
02.02	REFINE Y NIVELACION DE ZANJAS A .60 TN	m	168.50	6.29	1,059.87
02.03	CAMA DE ARENA h=0.10	m2	159.00	3.15	500.85
02.04	RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA P/TUB A=0.60 M HASTA 1.50M	m	168.50	799.38	134,695.53
02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	190.00	130.52	24,798.80
03	INSTALACIONES HIDRAULICAS				222,284.40
03.01	INSTALACION DE TUBERIAS				191,887.84
03.01.01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA 6"	m	323.00	594.08	191,887.84
03.02	INSTALACION DE ACCESORIOS				11,909.78
03.02.01	SUMINISTRO DE TE HD 6"	und	4.00	135.00	540.00
03.02.02	SUMINISTRO DE CODO 90 HD 6"	und	16.00	115.00	1,840.00
03.02.03	SUMINISTRO DE NIPLE 90 HD 6"	und	16.00	55.08	881.28
03.02.04	DADOS DE CONCRETO PARA ACCESORIOS	m3	14.00	617.75	8,648.50
03.03	INSTALACION DE VALVULAS Y OTROS				17,782.64
03.03.01	INSTALACION DE VALVULA DE VALVULA DE INTERRUPCION TIPO	und	8.00	668.32	5,346.56
03.03.02	INSTALACION DE VALVULA SWING CHECK	und	4.00	470.81	1,883.24
03.03.03	INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE MEDIDOR DE CAUDAL ELECTROMAG.	und	2.00	1719.81	3439.62
03.03.04	INSTALACION Y SUMINISTO DE UNION DE DESMONTAJE AUTOPORTANTE	und	10.00	587.81	5,878.10
03.03.05	CAJA DE PROTECCION PARA VALVULAS DE COMPUERTA	und	4.00	308.78	1,235.12
03.04	PRUEBAS HIDRAULICAS				704.14

03.04.01	PRUEBA HIDRAULICA EN TUBERIA	m	323.00	2.18	704.14
	COSTO DIRECTO				1,922,337.86
	GASTOS GENERALES (35%)				672,818.25
	UTILIDAD (12%)				230,680.54

	SUBTOTAL				2,825,836.65
	IMPUESTO (IGV 18%)				508,650.60
	PRESUPUESTO TOTAL				3,334,487.25

7.3 Fórmula Polinómica

La fórmula polinómica base es la siguiente:

$$K = a \frac{Jr}{Jo} + b \frac{Mr}{Mo} + c \frac{Er}{Eo} + d \frac{Vr}{Vo} + e \frac{Gr}{Go}$$

Dicha fórmula es la representación del cálculo para obtener el valor del incremento del costo que experimenta el presupuesto de un proyecto en el tiempo.

7.3.1 Línea de Impulsión Fórmula Polinómica

Fórmula Polinómica

Presupuesto **1101001 SISTEMA DE ESTABILIZACION DE LODOS**

Subpresupuesto **003 LINEA DE IMPULSION**

Fecha Presupuesto **28/01/2019**

Moneda **NUEVOS SOLES**

Ubicación Geográfica **040124 AREQUIPA - AREQUIPA - UCHUMAYO**

$$K = 0.088*(Mr / Mo) + 0.430*(MCAr / MCAo) + 0.474*(TPr / TPo) + 0.053*(I_r / I_o)$$

Monomio	Factor	(%)	Símbolo	Índice	Descripción
1	0.088	100.000	M	47	MANO DE OBRA INC. LEYES SOCIALES
2	0.430	98.372	MCA	48	MAQUINARIA Y EQUIPO NACIONAL
		0.465		05	AGREGADO GRUESO
		1.163		23	CEMENTO PORTLAND TIPO V
3	0.474	2.110	TP	54	PINTURA LATEX
		97.890	TP	71	TUBERIA DE FIERRO FUNDIDO
4	0.053	100.000	I	39	INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR

7.3.2 Tanque Digestor Fórmula Polinómica

Fórmula Polinómica

Presupuesto **1101001 SISTEMA DE ESTABILIZACION DE LODOS**

Subpresupuesto **002 TANQUE DIGESTOR**

Fecha Presupuesto **28/01/2019**

Moneda **NUEVOS SOLES**

Ubicación Geográfica **040124 AREQUIPA - AREQUIPA - UCHUMAYO**

$$K= 0.192*(Mr / Mo) + 0.171*(ACr / ACo) + 0.299*(Tr / To) + 0.316*(MPAr / MPAo) + 0.320*(I_r / I_o)$$

Monomio	Factor	(%)	Símbolo	Indice	Descripción
1	0.192	100.000	M	47	MANO DE OBRA INC. LEYES SOCIALES
2	0.171	99.415	AC	03	ACERO DE CONSTRUCCION CORRUGADO
3	0.299	0.585	T	21	CEMENTO PORTLAND TIPO I
		0.334		71	TUBERIA DE FIERRO FUNDIDO
4	0.316	94.304	MPA	48	MAQUINARIA Y EQUIPO NACIONAL
		4.430		54	PINTURA LATEX
		1.266		04	AGREGADO FINO
5	0.320	100.000	I	39	INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR

7.4 Flujo de Caja

Para el flujo de caja de este proyecto se tuvo que tomar en cuenta no solo el costo de construcción de obras civiles del proyecto, sino también el equipamiento electromecánico del mismo, para ello se tomó como referencia los costos de implementación electromecánico del sistema de tratamiento anaerobio de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Jerónimo en Cusco, se hizo una cotización con las diferentes empresas prestadoras de estos servicios y se consultó con especialistas, obteniendo la siguiente estimación de costo total del proyecto:

Equipamiento electromecánico línea de Lodos y gases	La Enlozada
Instalaciones eléctricas	440,839.28
Equipamiento sala de calderos	3,866,381.84
Sala de lavado de gases	1,134,685.08
Equipamiento para bombeo al digestor	1,478,411.96
Equipamiento para digestor de lodos	3,997,917.16
Equipamiento caseta de condensados	714,292.20
Equipamiento para tanque de almacenamiento de lodos	614,144.00
Equipamiento línea de gases	690,661.16
Costo de construcción	3,334,487.00
total (S/.)	16,271,819.68

Fuente: Elaboración propia

Los costos estimados de operación de la línea de lodos de la PTAR la Enlozada tomando el precio comercial de energía de 0.5767 S/. /KW-h son los siguientes:

Instalación y manejo de sólidos	Kw-h/año	S/.
Instalación de manejo de sólidos - Ventiladores de aireación	4,582,863.00	2,642,937.09
Bombas de alimentación de filtros prensa de correa	625,375.00	360,653.76
Bombas secundarias de desechos orgánicos	5,077.00	2,927.91
Bombas de lodos secundarios residuales	322,584.00	186,034.19
Bombas de lodos Primarios	134,716.00	77,690.72
Fajas transportadoras de esparcimiento	55,524.00	32,020.69
Sistema químico	111,489.00	64,295.71
Carguío, transporte y disposición de residuos sólidos		3,206,814.30
Relleno sanitario		1,998,586.55
Total		8,571,960.92

Fuente: Elaboración propia

Los costos fijos, variables y de insumos estimados que toman como referencia para el cálculo del costo beneficio del proyecto son los siguientes:

Costos fijos	S/. 8,821,950.10
Costos Variables	S/. 2,812,942.30
Prod. Químicos	S/. 1,342,603.45
Otros costos	S/. 4,120,087.95
Cal	S/. 2,066,587.56
total	S/. 19,164,171.37

Fuente: Elaboración propia

7.4.1 Flujo de caja sin la producción de energía

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversion											
Ingresos											
Producción (Kw-h/año)	53293650										
Coogeneradores de Energía (Kw-h/año)	0% 0										
subtotal de energia (Kw-h/año)	0% 53293650										
Intercambiador de Calor / Coogeneradores	0% 0.00										
Produccion Neta (KW-h /Año)	S/. 0.5767	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00
Costos Totales		S/24,028,132.28	S/24,028,132.28	S/24,028,132.28	S/24,028,132.28	S/24,028,132.28	S/24,028,132.28	S/24,028,132.28	S/24,028,132.28	S/24,028,132.28	S/24,028,132.28
Costos Fijos Totales		S/17,393,911.02	S/17,393,911.02	S/17,393,911.02	S/17,393,911.02	S/17,393,911.02	S/17,393,911.02	S/17,393,911.02	S/17,393,911.02	S/17,393,911.02	S/17,393,911.02
Costos Fijos		S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10
Ventiladores de Aireación		S/2,642,937.09	S/2,642,937.09	S/2,642,937.09	S/2,642,937.09	S/2,642,937.09	S/2,642,937.09	S/2,642,937.09	S/2,642,937.09	S/2,642,937.09	S/2,642,937.09
Bombas de alimentación de filtro prensa		S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76
Bombas secundarias de desecho Org.		S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91
Bombas de lodo Secundario Residual		S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19
Bombas de lodos primarios		S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72
Fajas Transportadoras de Esparcimiento		S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69
Sistema Químico		S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71
Carguío transporte y disposición de trans. Sólidos		S/3,206,814.30	S/3,206,814.30	S/3,206,814.30	S/3,206,814.30	S/3,206,814.30	S/3,206,814.30	S/3,206,814.30	S/3,206,814.30	S/3,206,814.30	S/3,206,814.30
Relleno Sanitario		S/1,998,586.55	S/1,998,586.55	S/1,998,586.55	S/1,998,586.55	S/1,998,586.55	S/1,998,586.55	S/1,998,586.55	S/1,998,586.55	S/1,998,586.55	S/1,998,586.55
Costo Total Variable		S/6,634,221.26	S/6,634,221.26	S/6,634,221.26	S/6,634,221.26	S/6,634,221.26	S/6,634,221.26	S/6,634,221.26	S/6,634,221.26	S/6,634,221.26	S/6,634,221.26
Costos Variables		S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30
Insumos		S/1,342,603.45	S/1,342,603.45	S/1,342,603.45	S/1,342,603.45	S/1,342,603.45	S/1,342,603.45	S/1,342,603.45	S/1,342,603.45	S/1,342,603.45	S/1,342,603.45
Materiales		S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56
Mantenimiento		S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95
Costos de Operación sin Proyecto		-S/24,028,132.28	-S/24,028,132.28	-S/24,028,132.28	-S/24,028,132.28	-S/24,028,132.28	-S/24,028,132.28	-S/24,028,132.28	-S/24,028,132.28	S/24,028,132.28	S/24,028,132.28

COK	6.63%
VAN DE COSTOS DE OPERACIÓN SIN PROYECTO	S/. -171,688,173.31

Costo de oportunidad de capital según Valoración de La Sociedad Minera Cerro verde. (Sanchez Neira, Torres Krivic, & Trujillo Trujillo, 2017)

7.4.2 Flujo de Caja con la producción de energía

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión	S/16,271,819.68										
Ingresos											
Producción (Kw-h/año)	53,293,650										
Coogeneradores de Energía (Kw-h/año)	30% 15988095										
subtotal de energía (Kw-h/año)	37305555										
Intercambiador de Calor / Coogeneradores	45% 16787499.75										
Producción Neta (KW-h /Año)	20,518,055.25 S/. 0.5767	S/11,832,762.46	S/11,832,762.46	S/11,832,762.46	S/11,832,762.46	S/11,832,762.46	S/11,832,762.46	S/11,832,762.46	S/11,832,762.46	S/11,832,762.46	S/11,832,762.46
Costos Totales		S/19,519,782.71	S/19,519,782.71	S/19,519,782.71	S/19,519,782.71	S/19,519,782.71	S/19,519,782.71	S/19,519,782.71	S/19,519,782.71	S/19,519,782.71	S/19,519,782.71
Costos Fijos Totales		S/12,929,083.64	S/12,929,083.64	S/12,929,083.64	S/12,929,083.64	S/12,929,083.64	S/12,929,083.64	S/12,929,083.64	S/12,929,083.64	S/12,929,083.64	S/12,929,083.64
Costos Fijos		S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10	S/8,821,950.10
Ventiladores de Aireación		S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00
Bombas de alimentación de filtro prensa		S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76	S/360,653.76
Bombas secundarias de desecho Org.		S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91	S/2,927.91
Bombas de lodo Secundario Residual		S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19	S/186,034.19
Bombas de lodos primarios		S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72	S/77,690.72
Fajas Transportadoras de Esparcimiento		S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69	S/32,020.69
Sistema Químico		S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71	S/64,295.71
Carguío transporte y disposición de trans. Sólidos		S/2,084,429.30	S/2,084,429.30	S/2,084,429.30	S/2,084,429.30	S/2,084,429.30	S/2,084,429.30	S/2,084,429.30	S/2,084,429.30	S/2,084,429.30	S/2,084,429.30
Relleno Sanitario		S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26
Costo Total Variable		S/5,291,617.81	S/5,291,617.81	S/5,291,617.81	S/5,291,617.81	S/5,291,617.81	S/5,291,617.81	S/5,291,617.81	S/5,291,617.81	S/5,291,617.81	S/5,291,617.81
Costos Variables		S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30	S/2,812,942.30
Insumos		S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26	S/1,299,081.26
Materiales		S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56	S/2,066,587.56
Mantenimiento		S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95	S/412,087.95
Costo de inversión y operación con proyecto	-S/16,271,819.68	-S/7,687,020.24	-S/7,687,020.24	-S/7,687,020.24	-S/7,687,020.24	-S/7,687,020.24	-S/7,687,020.24	-S/7,687,020.24	-S/7,687,020.24	-S/7,687,020.24	-S/7,687,020.24

COK	6.63%
VAN DE INVERSIONES Y COSTOS DE OPERACIÓN CON PROYECTO	S/. -71,197,872.54
AHORRO A VALOR ACTUAL CON PROYECTO	S/. -100,490,300.78

Costo de oportunidad de capital según Valoración de La Sociedad Minera Cerro verde. (Sanchez Neira, Torres Krivic, & Trujillo Trujillo, 2017)

Capítulo VIII

8. Análisis de Resultados y Beneficios

8.1. Análisis comparativo

	PTAR La enlozada - Arequipa	PTAR San Jerónimo - Cusco	
Sistema de espesamiento de lodos	Mecánico	Gravedad	
Contenido de solidos lodo espesado	5 - 6.	3 - 4.	%
Vol. util Tanque digestor	9864.8	5700	m3
Cantidad de digestores	2	1	und
Vol. De lodo tratado	19729.6	5700	m3
Diametro del tanque digestor	30	25.4	m
Sistema de mezcla	Mecánica con agitador scaba	Mecánica con agitador scaba	Completa
Temperatura promedio	35 - 38	35 - 38	°C
Produccion de biogas	22570.76	15016	m3/d
Metano Producido	14671	9760.4	m3/d

Fuente: Elaboración propia

8.2. Beneficios de la nueva Propuesta

- **Económicos:**

Al dejar de ser un residuo peligroso, y convertirse en un subproducto reaprovechable, el lodo digerido puede comercializarse y generar un ingreso económico adicional.

EL gas metano producido en el proceso de estabilización se usaría para mantener la temperatura especificada (35 38°C) requerida para que se dé el proceso de digestión

- **Ambientales:**

Eliminación de agentes contaminantes, vectores y mitigación de malos olores

El biogás resultante del proceso de digestión anaerobia, es una fuente de energía renovable y puede reemplazar los combustibles fósiles.

Se reduce la contaminación debido al proceso de extracción de nitrógeno.

Se logra una gestión sustentable de residuos orgánicos.

Discusión

La estabilización de lodos por medio de digestores anaerobios, es una de las mejores alternativas para el tratamiento de los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales porque nos permite generar energía renovable durante el proceso. Proceso que se da debido a que los microorganismos que se desarrollan en el medio anaerobio propuesto degradan la materia orgánica contenida en el lodo produciendo así biogás, que es una mezcla de gases compuesto en su mayoría por metano y dióxido de carbono y que puede ser utilizado para generar electricidad y calor.

Durante el proceso de digestión anaerobia propuesto se transforma el 35.75% de materia orgánica en biogás, por lo tanto el volumen de lodo final, después de su paso por los filtros prensa se reduce significativamente, como consecuencia el costo por transporte y disposición final disminuye.

Actualmente la producción de energía renovable está tomando mayor importancia debido al incremento en el consumo de energía por la que atravesamos. Por ello la producción de biogás a partir de materia orgánica de desecho es una alternativa viable para cubrir parte de la necesidad energética que se tiene.

Con la implementación del sistema de estabilización anaerobia por medio de tanques digestores propuesto en la PTAR La Enlozada se produciría aproximadamente 22 570.76 m³/d de biogás, del cual el 65% es metano, es decir a 14 671 m³/d. que se traducen en 53 293 650 kw-h/año. Energía que puede ser aprovechada para el funcionamiento de los intercambiadores de calor necesarios para mantener el lodo a la temperatura necesaria y cubrir parte de la demanda energética de la PTAR La Enlozada.

En la actualidad la planta de tratamiento de aguas residuales la enlozada consume 60 052 273 kW-h/año. Por lo tanto se llegaría a cubrir el 34.17% de la demanda energética.

Desde el punto de vista económico la implementación de este sistema también generaría ahorro en los costos de mantenimiento y operación de la línea de lodos de

la PTAR, ya que al reducir el 35.75% la cantidad del lodo se reduce también los costos de disposición final y se puede prescindir de los ventiladores de aireación.

Otro de los beneficios además de la generación de energía renovable que esta técnica de estabilización de lodos nos permite es obtener un subproducto reaprovechable ya que al momento de ser estabilizado el lodo puede utilizarse como mejorador de suelos y en la industria de la agricultura como fertilizante siempre y cuando se cumpla con los parámetros y recomendaciones de la normativa peruana de manejo y disposición de sólidos. Además de la mitigación de malos olores en la PTAR.



Conclusiones

Primera: Con este proyecto se logra la estabilización del lodo, y se logra cumplir la normativa peruana de biosólidos de manera directa. Debiendo ser la relación entre sólidos volátiles y sólidos totales, menor o igual a 0.60. Con este proceso se logra una relación VS/TS de 0.45. Por lo tanto el lodo dejaría de ser un residuo peligroso y sería dispuesto como un subproducto reaprovechable

Segunda: Se estima que la producción de energía con el gas metano para la planta de tratamiento, cubriría un 34.17% de la demanda de energía como mínimo. Lo cual representaría la viabilidad económica del proyecto.

Tercera: Al hacer la estabilización anaerobia de los lodos, se reduce la emisión de olores, que representan uno de los mayores problemas en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

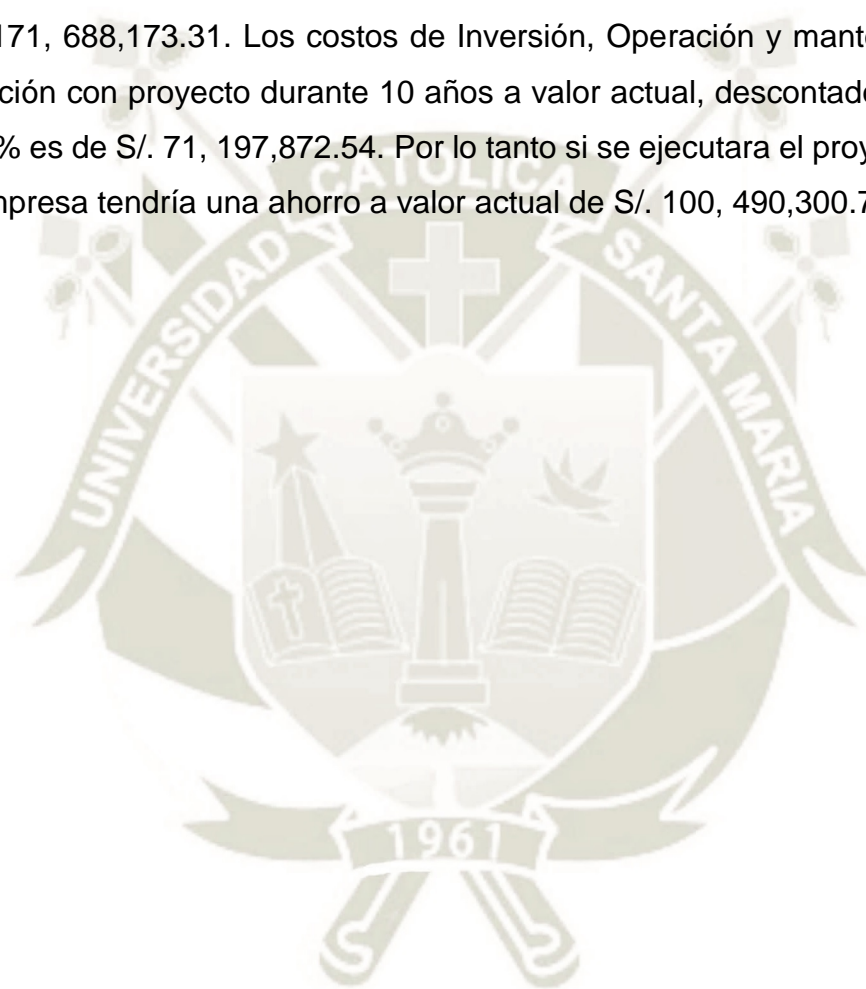
Cuarta: Para un diseño óptimo en la línea de impulsión de lodos se deben tener velocidades lo suficientemente altas para asegurar el movimiento turbulento y evitar la sedimentación de los sólidos, se debe contar con un diámetro mínimo para evitar el atascamiento y se debe prever también altas pérdidas de carga. Para este caso en particular por tratarse de tuberías de longitud corta y lodo con un contenido de sólidos de 6% la velocidad de 1.13 m/s y el diámetro de la tubería de 150 mm cumplen con las condiciones mínimas de velocidad de 1 m/s y diámetro mínimo de 100 mm.

Quinta: El dimensionamiento y diseño estructural de los tanques digestores, cumple con la normativa peruana vigente y el del American Concrete Institute (ACI 350.3-06)

Sexta: La implementación de este sistema de tratamiento anaerobio de lodos significa un ahorro del 68% de los gastos en operación y mantenimiento anual en la línea de lodos de la PTAR la Enlozada.

Séptima: Debido a la reducción de la cantidad de lodo en el proceso de estabilización, el área de disposición para el lodo en la quebrada San José también disminuirá lo que reducirá los costos en el mantenimiento y operación de dicha área.

Octava: Los costos de Operación y mantenimiento en la situación sin proyecto durante 10 años a valor actual, descontado a un COK del 6.63% es de S/. .171, 688,173.31. Los costos de Inversión, Operación y mantenimiento en la situación con proyecto durante 10 años a valor actual, descontado a un COK del 6.63% es de S/. 71, 197,872.54. Por lo tanto si se ejecutara el proyecto propuesto la empresa tendría una ahorro a valor actual de S/. 100, 490,300.78.



Recomendaciones

Primera: Para poder mantener una producción de biogás sustentable se debe establecer un sistema de monitoreo. Es recomendable que el proceso de estabilización de lodos sea constantemente evaluado para poder publicar los resultados en un reporte anual. Donde se señalen las buenas y malas prácticas y las posibilidades de mejora.

Segunda: Se recomienda verificar que los tanques digestores no tengan filtraciones y asegurarse que estén completamente sellados ya que el proceso de estabilización anaerobia debe darse en estricta ausencia de oxígeno.

Tercera: Los gases que se producen en el interior de los tanques son corrosivos y se recomienda hacer evaluaciones periódicas de la estructura y mantenimientos bianuales.

Cuarta: La capacitación constante del personal operador de la planta y el intercambio de experiencias con otras plantas de tratamiento de aguas residuales con sistemas similares de estabilización de lodos es la mejor forma de mantener las buenas prácticas, implementar la mejora continua y estar al tanto de las nuevas tecnologías relacionadas.

Referencias bibliográficas

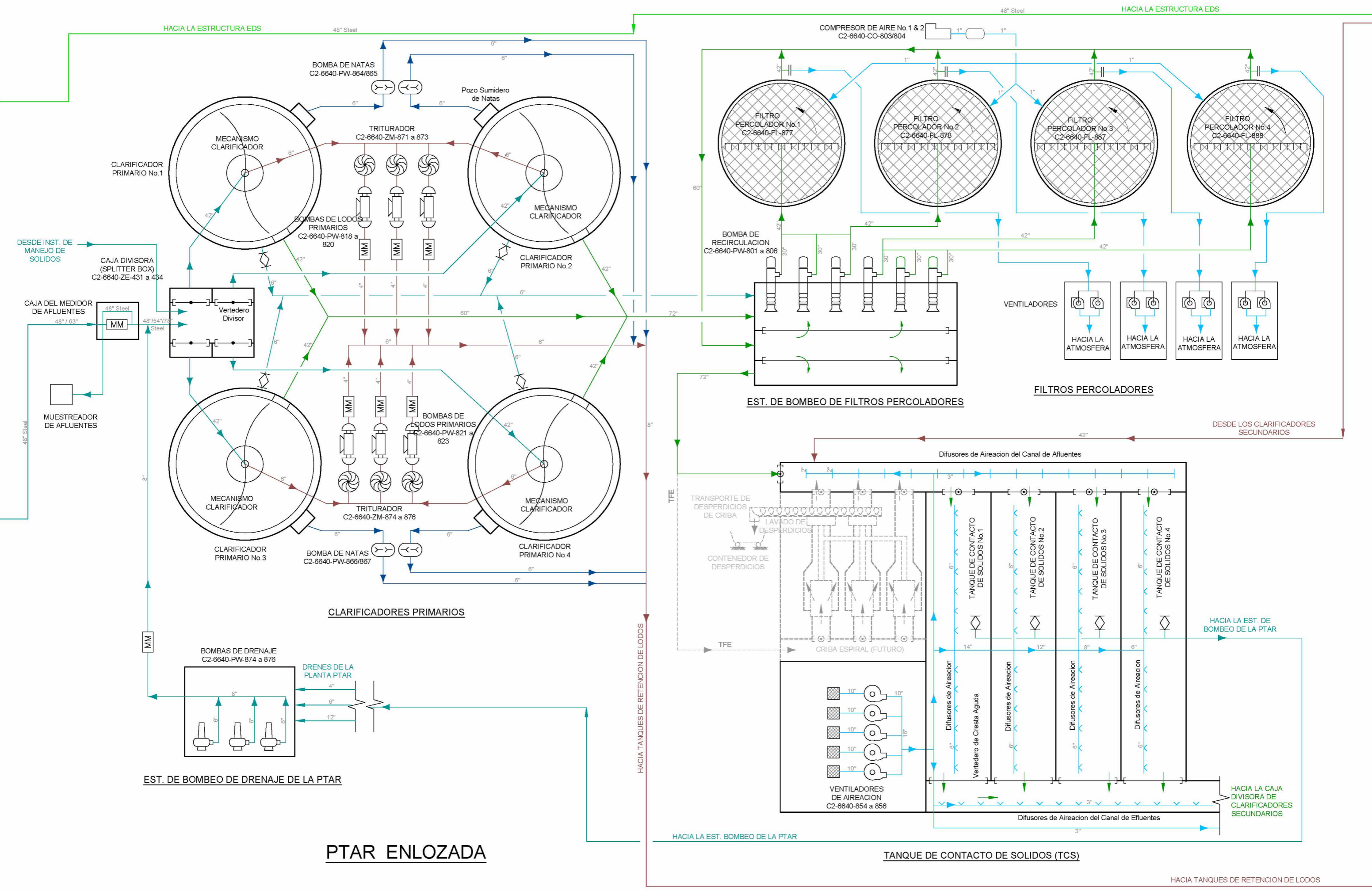
- Abraham , L. G., & Sanchez, J. C. (2011). *Diseño de cisternas de ferrocemento, análisis económico, constructivo y cualitativo ante cisternas de hormigon armado y cisternas plasticas.*
- American Concrete Institute. (2006). *Seismic design of liquid Containing Concrete Structures and Comentary.* United States.
- Cleverson, V. (2007). *Sludge treatment and disposal.* New Dehli: IWA Publishing.
- Dirección general de asuntos ambientales del Ministerio de vivienda, C. y. (5 de Abril de 2017). Condiciones mínimas de manejo de lodo y las instalaciones para su disposición final. *Diario El Peruano.*
- DWA, r. (2008). *Tecnische Ausrüstung von Faulgasanlagen auf Klärschlamm.* Deutschland.
- EPA, U. E. (Octubre de 1974). *Sludge treatment and disposal.*
- Fernandez, F. (2000). *Especualizacion e higienizacion de biosolidos.* Brasil: Bettiol e Camargo.
- Luduvic, M. (2000). *Experiencia da Companhia de Saneamiento do Distrito Federal na reciclagem de biosolido.* Brasil: Bettiol e Camargo.
- MetCalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: treatment, Disposal, Reuse.* New York: Mac Graw Hill.
- Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. (2016). *NORMA E.030 Sismoresistente.* Lima.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2009). *NORMA E.060 Concreto Armado.* Lima.
- MWH. (2012). *Informe de ingenieria - Memoria descriptiva Manejo de lodos.* Arequipa.
- Sanchez Neira, J., Torres Krivic, E., & Trujillo Trujillo, H. (2017). *Valorizacion de la Sociedad Minera Cerro Verde.* Arequipa: Universidad del Pacífico.
- von Sperling, M. (2007). *Sludge treatment and disposal.* London: IWA Publishing.

Anexos



Anexo 1: Matriz de Consistencia

TITULO: Implementación de un sistema de tratamiento de lodos en la planta de la enlozada Arequipa 2018				
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones
General	General			
¿Cómo se realiza la implementación de un sistema de tratamiento de lodos en la planta de la Enlozada Arequipa 2018?	Realizar la implementación de un sistema de tratamiento de lodos en la planta de la Enlozada Arequipa 2018	<p>Hi: Es viable realizar la implementación de un sistema de tratamiento de lodos en la planta de la Enlozada Arequipa 2018.</p> <p>H1: Realizar la implementación de un sistema de tratamiento de lodos en la planta de la Enlozada Arequipa 2018, generará beneficios ambientales importantes para los pobladores de la zona mejorando su calidad de vida.</p> <p>H2: Realizar la implementación de un sistema de tratamiento de lodos mejorará el procesamiento de residuos generados por la planta en la planta de la Enlozada Arequipa 2018.</p>	Sistema de Tratamiento de Lodos	Análisis de Beneficios
Específicos	Específicos			
¿Cuáles son los beneficios ambientales tras la implementación un sistema de tratamiento de lodos en la planta de la Enlozada Arequipa 2019?	Determinar los beneficios ambientales tras la implementación un sistema de tratamiento de lodos en la planta de la Enlozada Arequipa 2019			Análisis Estructural
¿Cuál es el diseño de las estructuras que componen el sistema de tratamiento de lodos en la planta de la Enlozada Arequipa 2019?	Realizar un diseño de las estructuras civiles que componen el sistema de tratamiento de lodos en la planta de la Enlozada Arequipa 2019			



PTAR ENLOZADA

CLARIFICADORES PRIMARIOS

EST. DE BOMBEO DE FILTROS PERCOLADORES

FILTROS PERCOLADORES

TANQUE DE CONTACTO DE SOLIDOS (TCS)

EST. DE BOMBEO DE DRENAJE DE LA PTAR

HACIA TANQUES DE RETENCION DE LODOS

HACIA LA EST. BOMBEO DE LA PTAR

HACIA LA EST. DE BOMBEO DE LA PTAR

DESDE LOS CLARIFICADORES SECUNDARIOS

HACIA LA ESTRUCTURA EDS

HACIA LA ESTRUCTURA EDS

DESDE INST. DE MANEJO DE SOLIDOS

CAJA DEL MEDIDOR DE AFLUENTES

MUESTREADOR DE AFLUENTES

HACIA TANQUES DE RETENCION DE LODOS

TFE

TRANSPORTE DE DESPERDICIOS DE CRIBA

CONTENEDOR DE DESPERDICIOS

TFE

CRIBA ESPIRAL (FUTURO)

COMPRESOR DE AIRE No. 1 & 2
C2-6640-CO-803/804

FILTRO PERCOLADOR No.1
C2-6640-FL-877

FILTRO PERCOLADOR No.2
C2-6640-FL-878

FILTRO PERCOLADOR No.3
C2-6640-FL-887

FILTRO PERCOLADOR No.4
C2-6640-FL-888

BOMBA DE RECIRCULACION
C2-6640-PW-801 a 806

VENTILADORES

HACIA LA ATMOSFERA

HACIA LA ATMOSFERA

HACIA LA ATMOSFERA

HACIA LA ATMOSFERA

Difusores de Aireacion del Canal de Afluentes

LAVADO DE DESPERDICIOS

TANQUE DE CONTACTO DE SOLIDOS No.1

TANQUE DE CONTACTO DE SOLIDOS No.2

TANQUE DE CONTACTO DE SOLIDOS No.3

TANQUE DE CONTACTO DE SOLIDOS No.4

Difusores de Aireacion

Difusores de Aireacion

Difusores de Aireacion

Difusores de Aireacion

Vertedero de Cresta Aguda

Difusores de Aireacion

Difusores de Aireacion

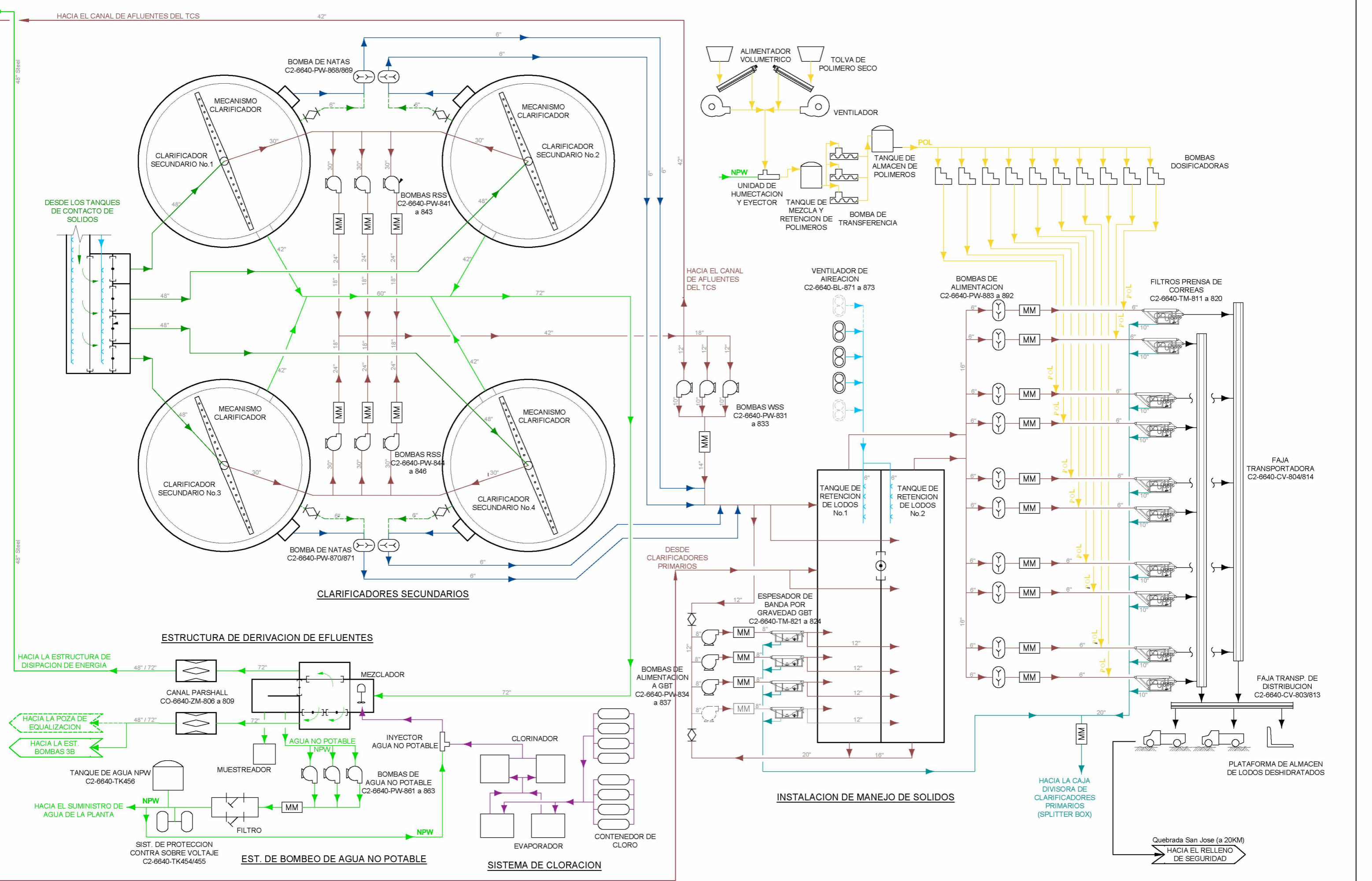
Difusores de Aireacion

Difusores de Aireacion

VENTILADORES DE AIREACION
C2-6640-854 a 856

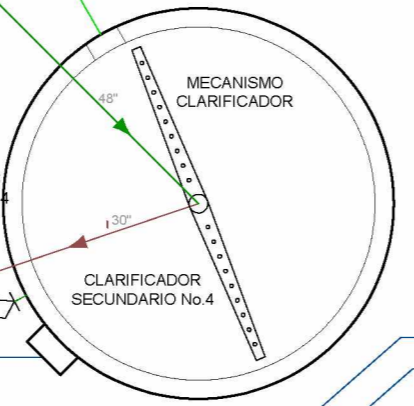
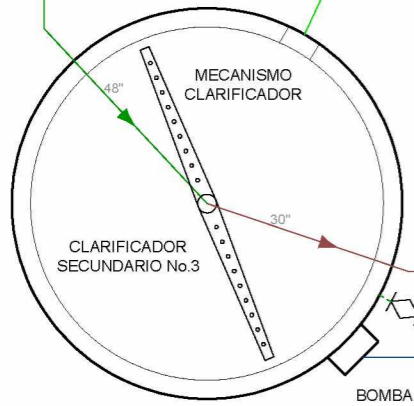
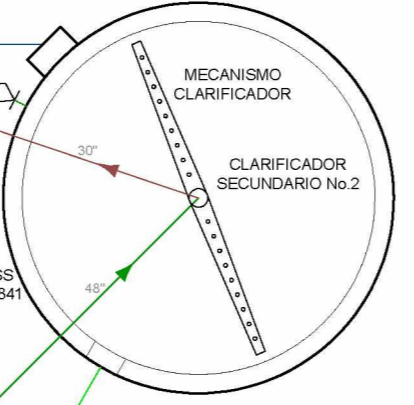
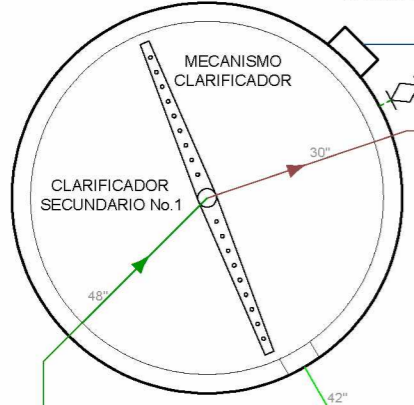
Difusores de Aireacion del Canal de Efluentes

HACIA LA CAJA DIVISORA DE CLARIFICADORES SECUNDARIOS



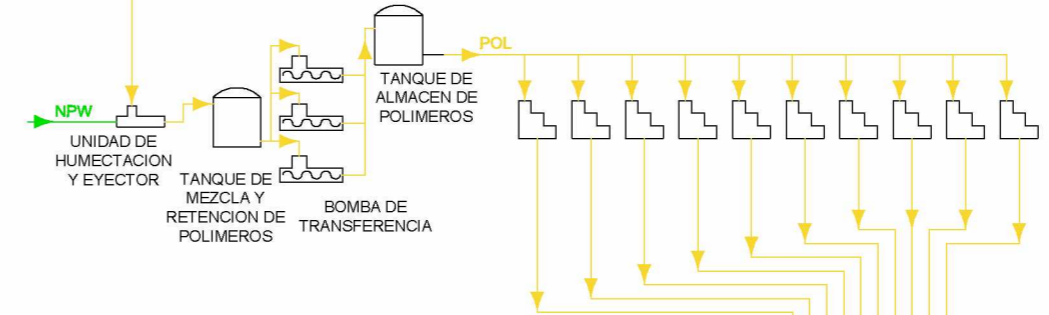
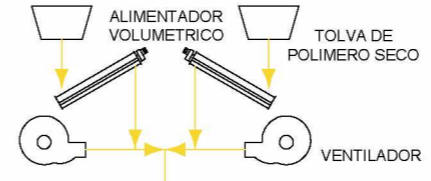
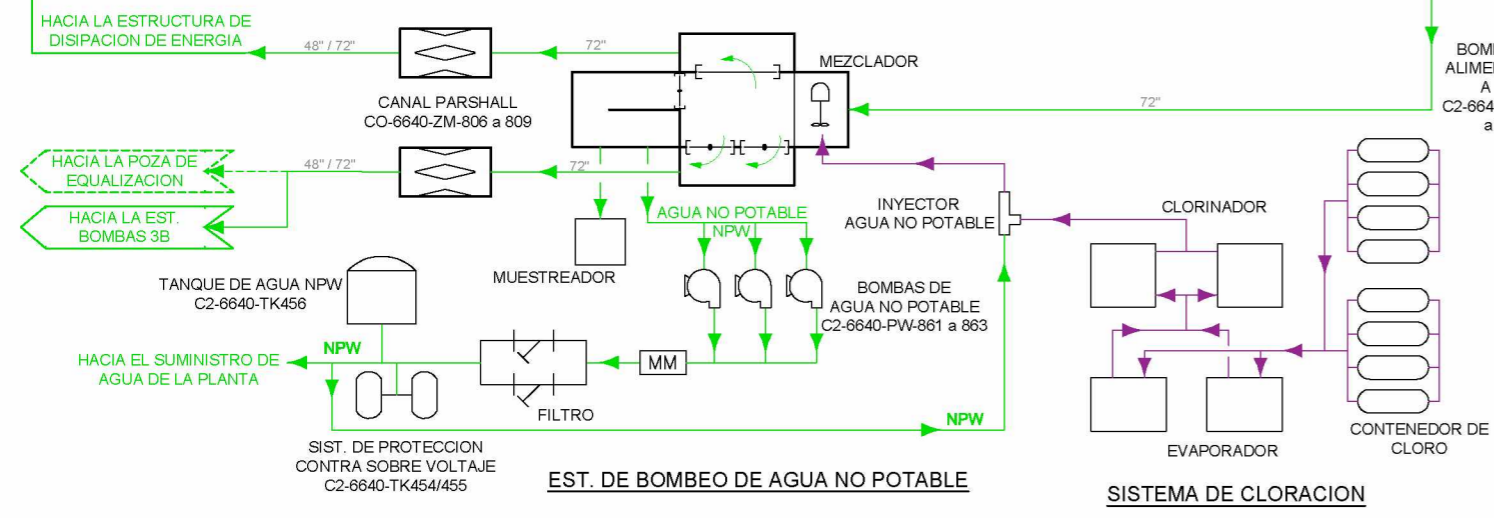
HACIA EL CANAL DE AFLUENTES DEL TCS

BOMBA DE NATAS
C2-6640-PW-868/869



CLARIFICADORES SECUNDARIOS

ESTRUCTURA DE DERIVACION DE EFLUENTES



HACIA EL CANAL DE AFLUENTES DEL TCS

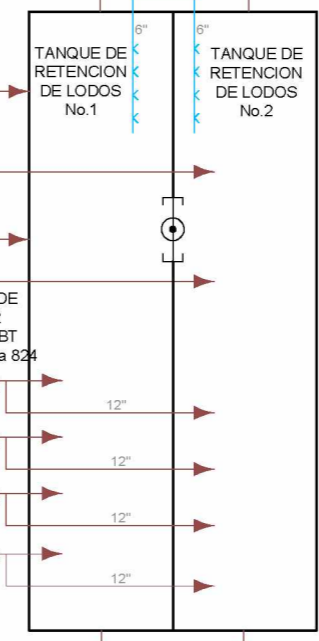
VENTILADOR DE AIREACION
C2-6640-BL-871 a 873

BOMBAS WSS
C2-6640-PW-831 a 833

BOMBAS DE ALIMENTACION
C2-6640-PW-883 a 892

BOMBAS DOSIFICADORAS

FILTROS PRESA DE CORREAS
C2-6640-TM-811 a 820



DESDE CLARIFICADORES PRIMARIOS

ESPEADOR DE BANDA POR GRAVEDAD GBT
C2-6640-TM-821 a 824

BOMBAS DE ALIMENTACION A GBT
C2-6640-PW-834 a 837

INSTALACION DE MANEJO DE SOLIDOS

HACIA LA CAJA DIVISORA DE CLARIFICADORES PRIMARIOS (SPLITTER BOX)

FAJA TRANSPORTADORA
C2-6640-CV-804/814

FAJA TRANSP. DE DISTRIBUCION
C2-6640-CV-803/813

PLATAFORMA DE ALMACEN DE LODOS DESHIDRATADOS

Quebrada San Jose (a 20KM)
HACIA EL RELLENO DE SEGURIDAD

3-METER GRAVITY BELT THICKENER (1 x Left Hand, 2 x Right Hand)



Figure 1-1. Example of an Andritz Gravity Belt Thickener

(Your machine may look different to this.)

CONDITIONS OF SERVICE AND DESIGN PERFORMANCE

This gravity belt thickener is designed to meet or exceed the operating parameters identified by the customer as shown below.

Medium to be thickened:	WAS
Inlet consistency:	0.5 to 3.0%
Design flow rate:	300 gpm
Throughput:	500-1,000 lb/hr DS
Thickened sludge solids:	5-6%
Guaranteed capture	rate 95 %
Guaranteed polymer dosage:	20 lb/ton DS

1.3 GENERAL SCOPE OF SUPPLY

1.3.1 Major Items

Quantity	Description
3	3-meter gravity belt thickener (1 x LH, 2 x RH)
3	Sludge retention tank
3	Thickened Sludge hoppers
3	Wash water booster pump
3	Knife Gate valves
3	Electrical panels
3	10" Venturi Mixers
1	lot Field Services

PRELIMINARY 3.0 METER SMX[®]-S8 BELT FILTER PRESS

1.1 EQUIPMENT DESCRIPTION

This press receives, flocculates, conditions, and dewateres feed sludge and neatly discharges the dewatered sludge cake onto a sludge cake belt conveyor. Refer to figure 1-1.

The belt filter press has a two-belt pressing system to produce dry cake. The belt press can operate continuously or intermittently on demand. The belt press is designed to dewater sludge continuously for 24 hours per day, 7 days a week and to dewater without side extrusion of sludge between the belts or spillage of sludge beyond the belt press envelope.

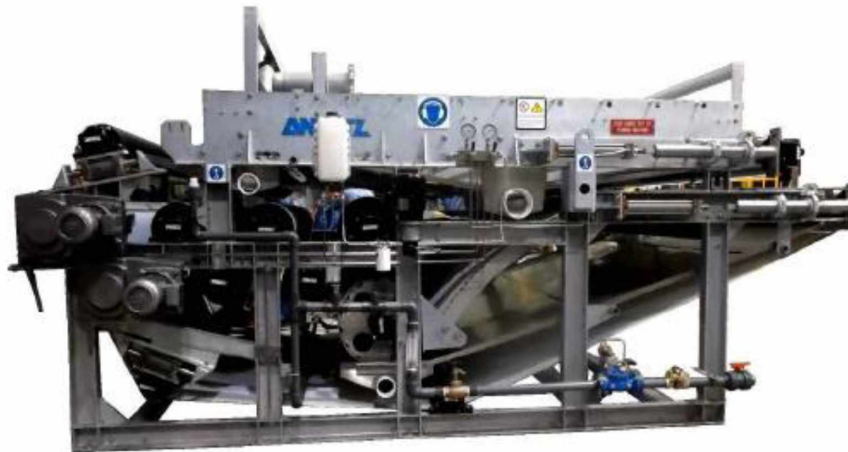
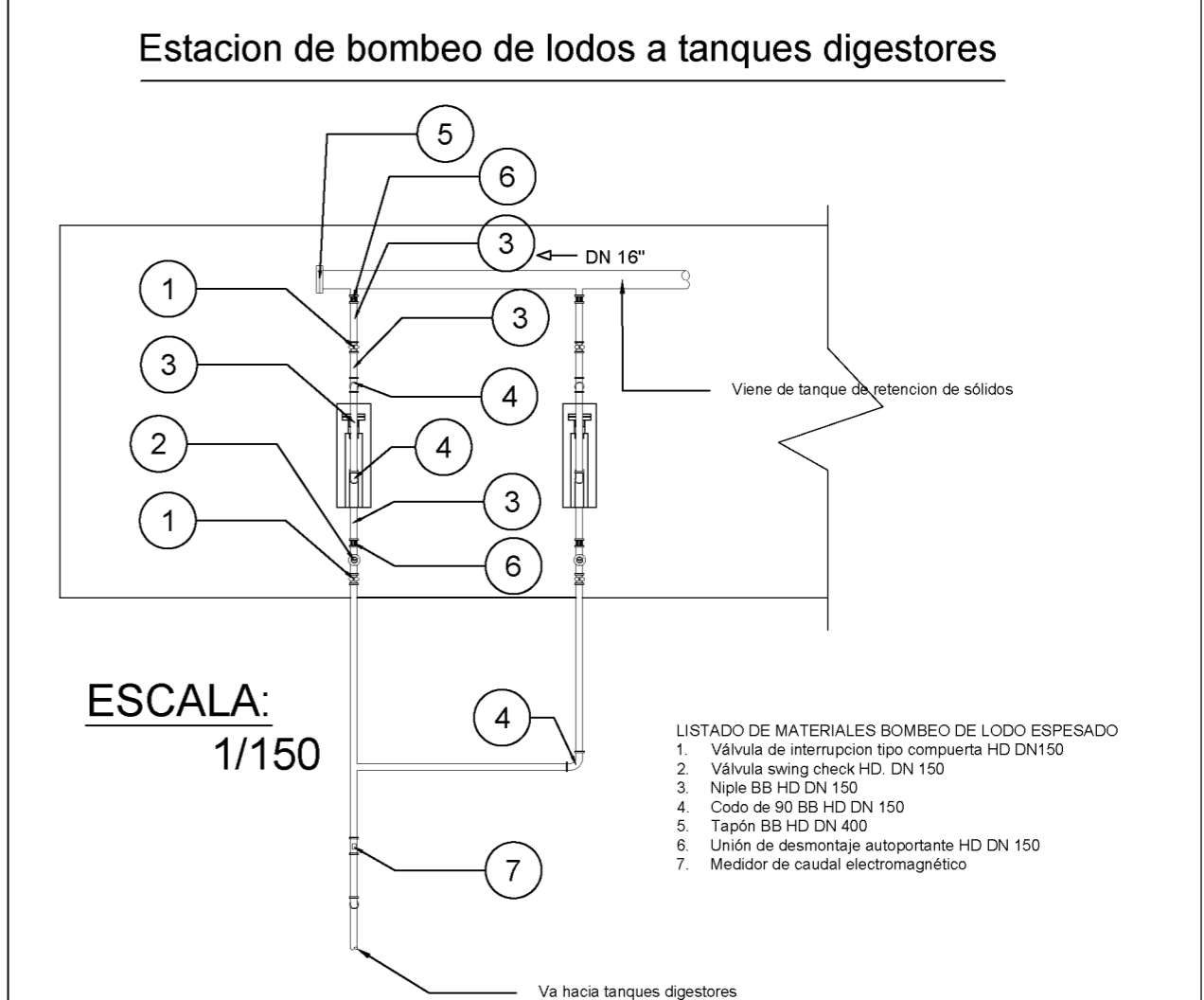
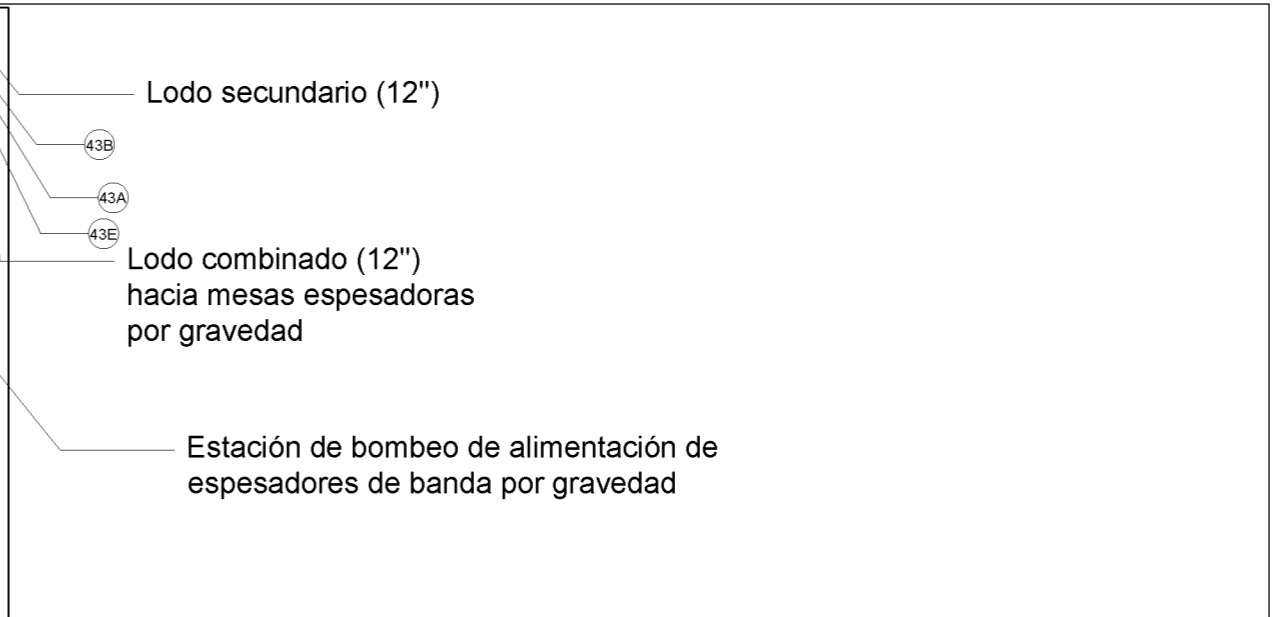
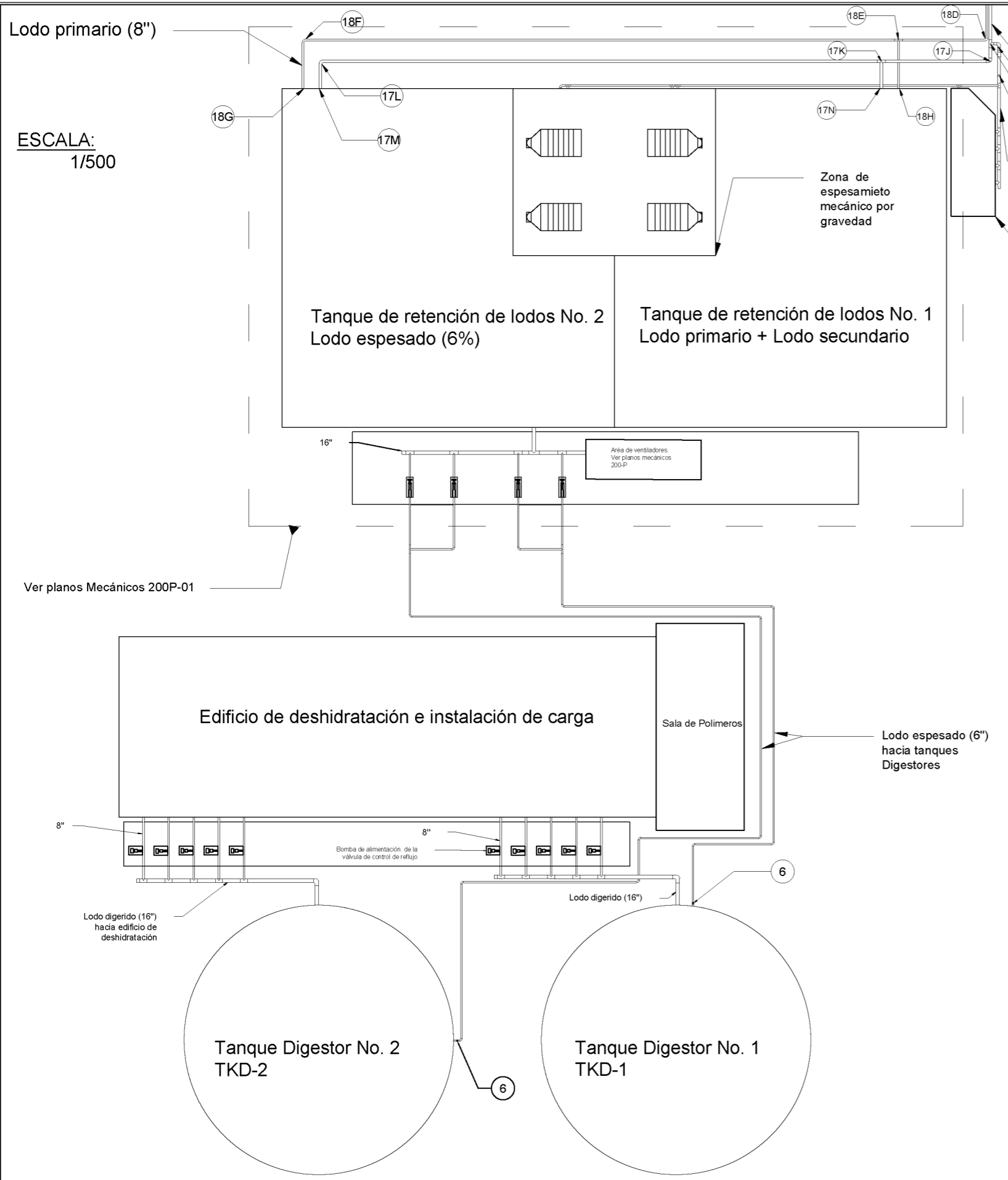


Figure 1-1. Photo of an SMX[®]-S8 Belt Filter Press

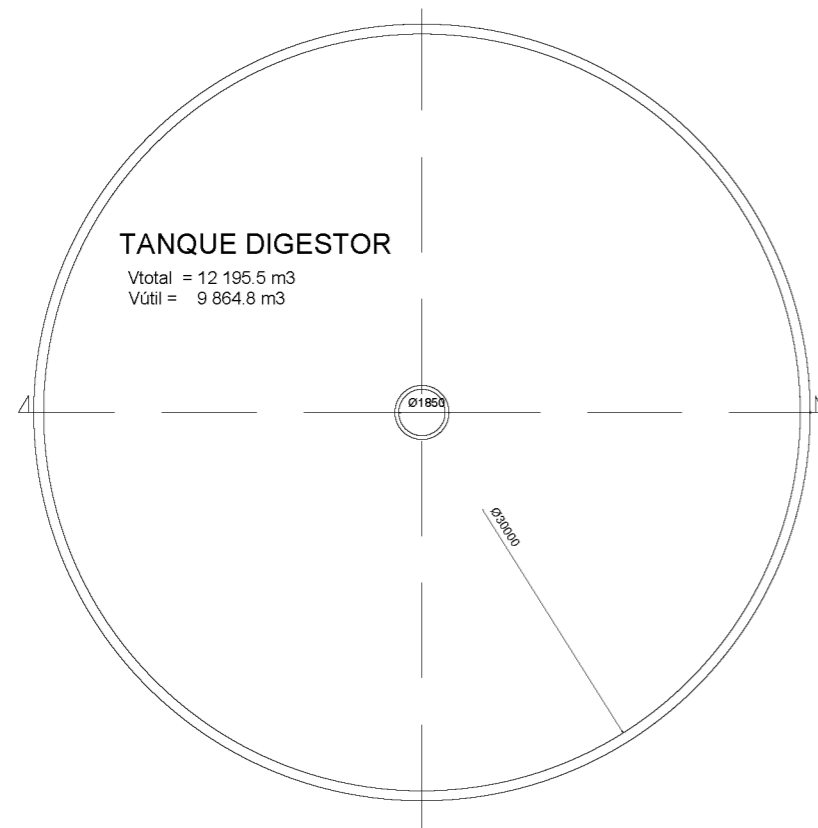
CONDITIONS OF SERVICE AND DESIGN PERFORMANCE

This belt filter press is designed to meet or exceed the operating parameters identified by the customer as shown below.

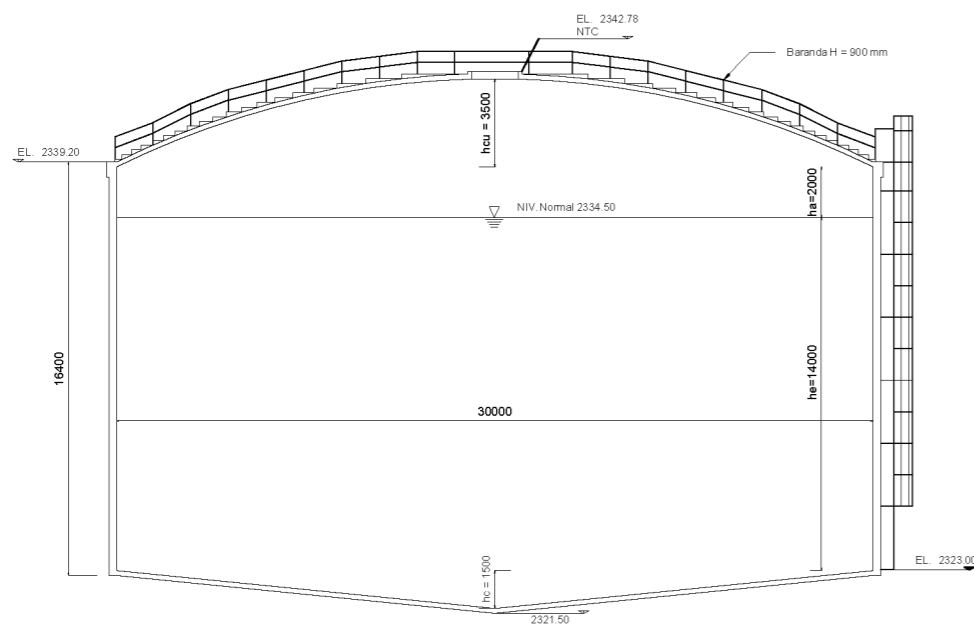
Medium to be thickened:	Waste activated sludge
Inlet consistency:	0.013% TS
Design flow rate:	310 gpm each
Throughput:	1,500 lb/hr DS
Volatile solids contents	U/K
Minimum cake solids:	18 % at 310 gpm, 1,500 lb/hr DS
Minimum capture rate:	95 %
Minimum polymer dosage:	20% lbs/ton DS



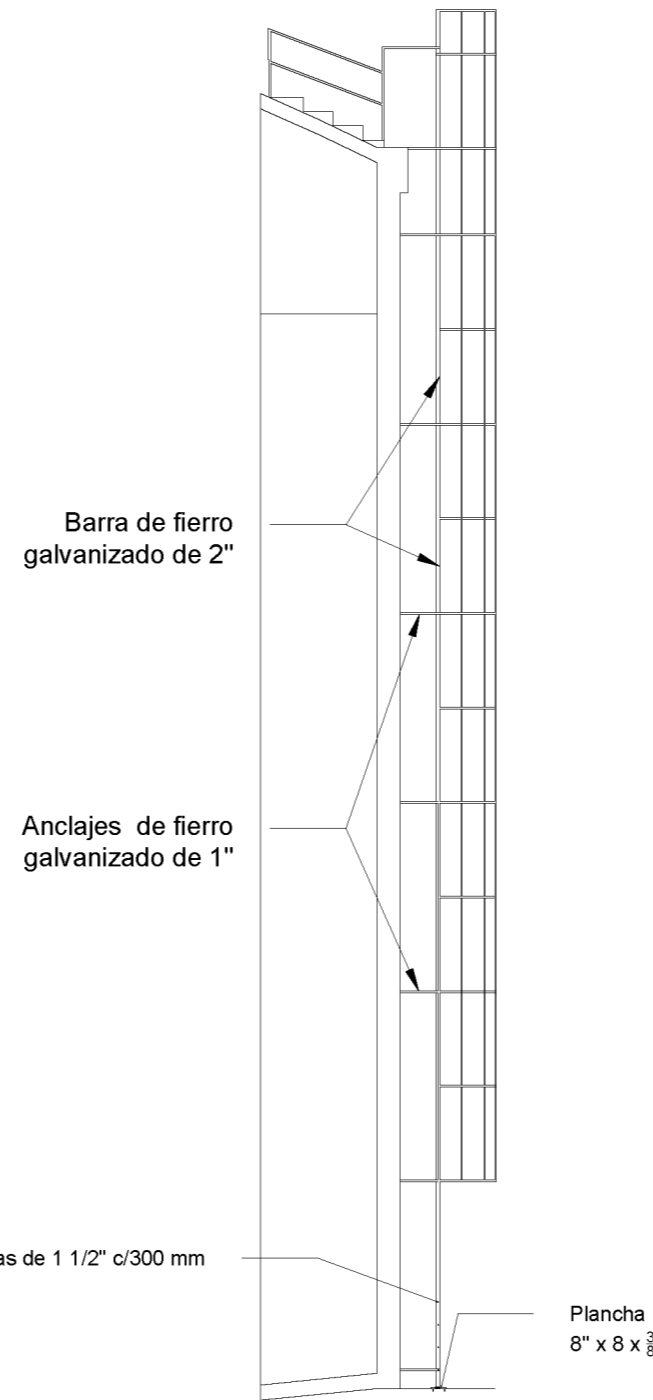
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA Programa profesional de Ingeniería Civil		Ubicación	Arequipa - Perú
		Fecha:	Enero 2018
Proyecto:	Implementación de un sistema de tratamiento anaerobio de lodos en la Planta de tratamiento de Aguas residuales la Enlozada	Escala:	INDICADA
Plano:	Vista en planta Sistema de tratamiento de lodos	Bachiller:	Diego Alain Valverde Calderón
		Lámina	D-1



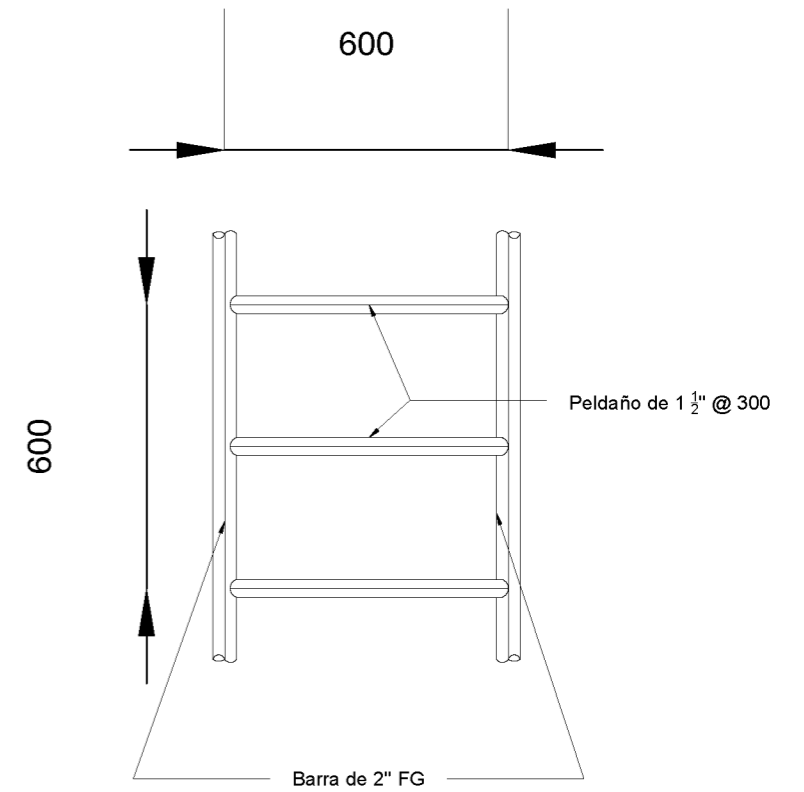
PLANTA
 Nivel de techo



CORTE TRANSVERSAL A - A
 ESCALA : 1/300



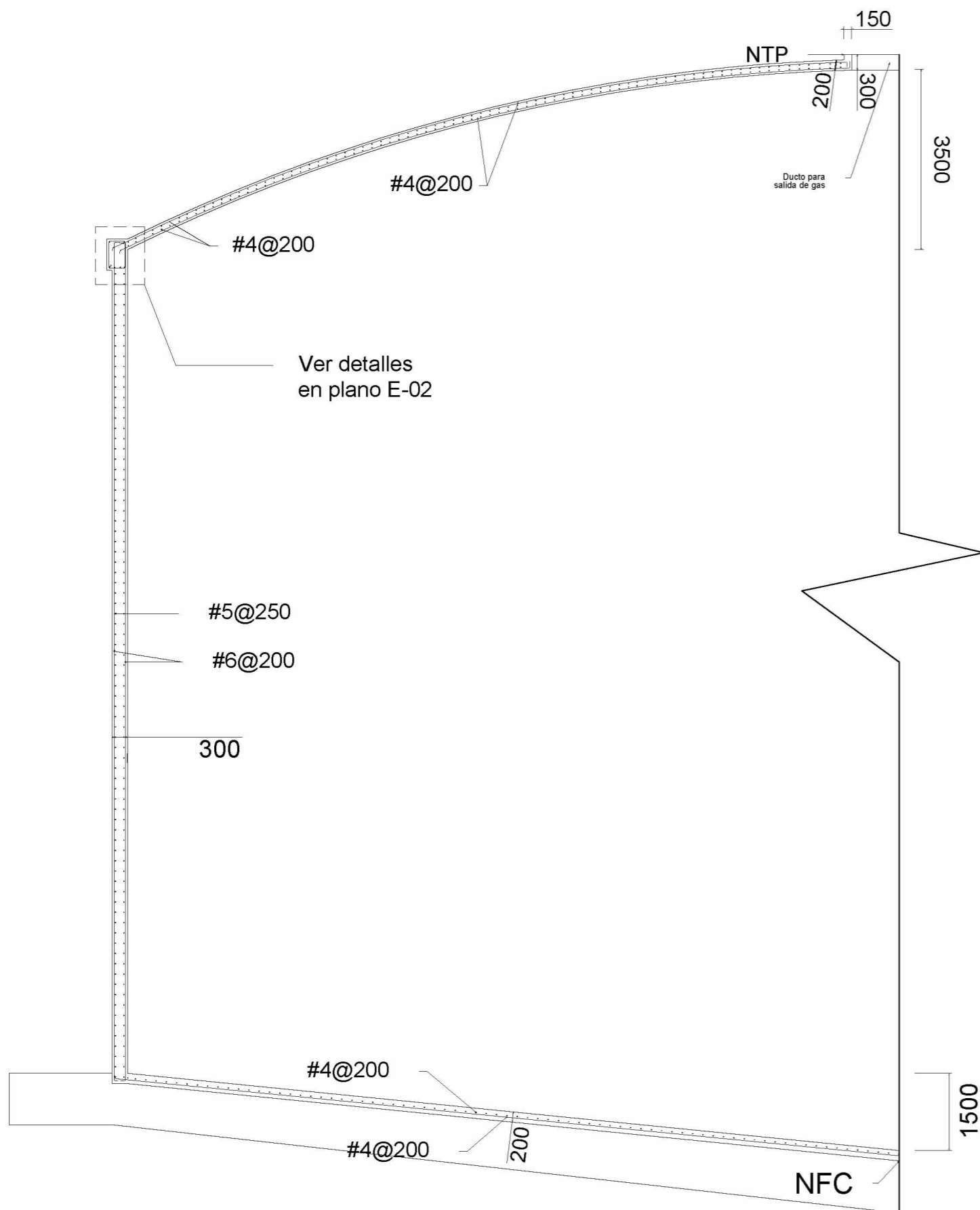
DETALLE ESCALERA
 ESCALA : 1/100



DETALLE PELDAÑOS
 ESCALA: 1/16

- Notas:
 1. Las dimensiones estan en milímetros
 2. Las elevaciones estan en metros

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA Programa profesional de Ingeniería Civil		Ubicación	Arequipa - Perú
		Fecha:	Enero 2018
Proyecto: Implementación de un sistema de tratamiento anaerobio de lodos en la Planta de tratamiento de Aguas residuales la Enlozada		Escala:	INDICADA
Plano: TANQUE DIGESTOR - ARQUITECTURA	Bachiller: Diego Alaín Valverde Calderón	Lámina	A-1



ESPECIFICACIONES TECNICAS

- Concreto de losa de piso $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$
- Concreto de muro $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$
- Concreto de cúpula $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$
- Acero Grado 60 ASTM A-615 $f'y= 4200 \text{ Kg/cm}^2$
- Capacidad Portante del terreno 1.87 Kg/cm^2
- Recubrimiento libre 40 mm

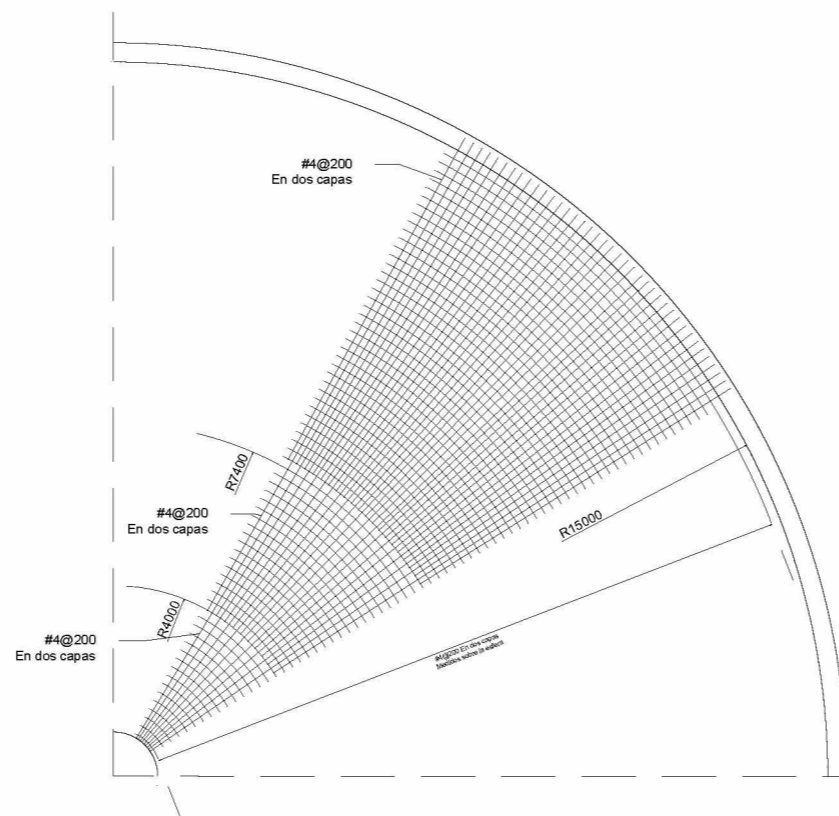
Notas

1. Todas las dimensiones estan en milímetros
2. Ver detalles de refuerzo de Cúpula, losa de fondo y viga collar en plano E-02

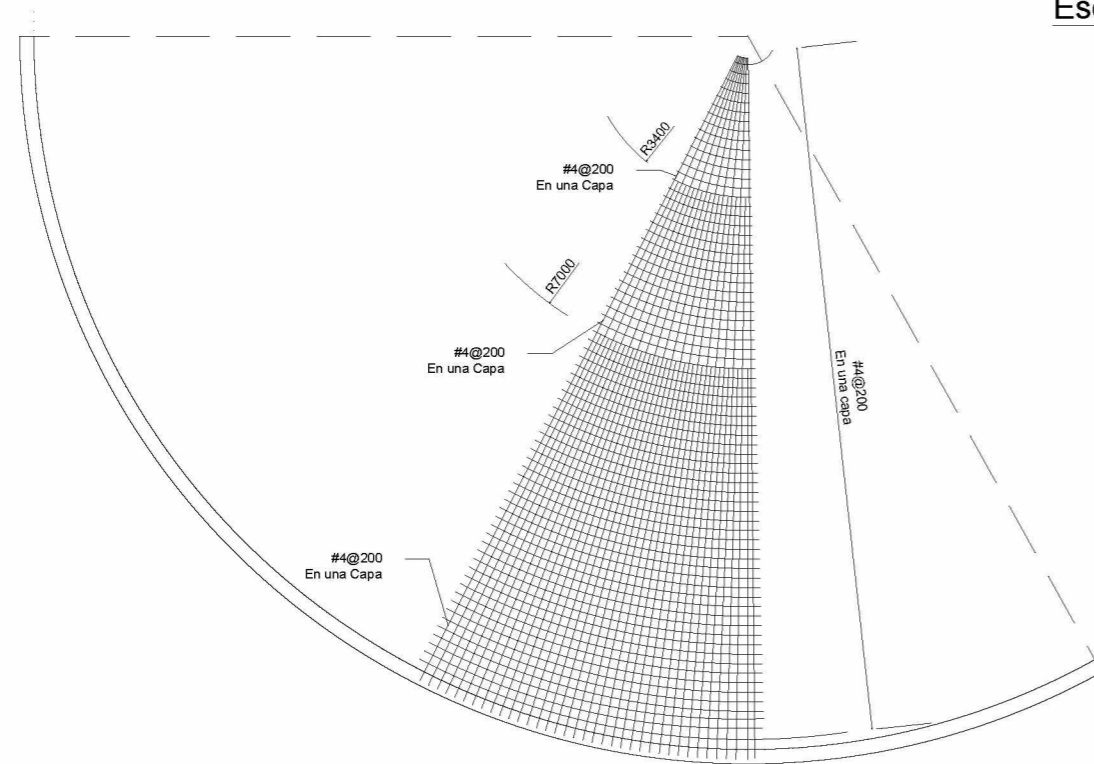
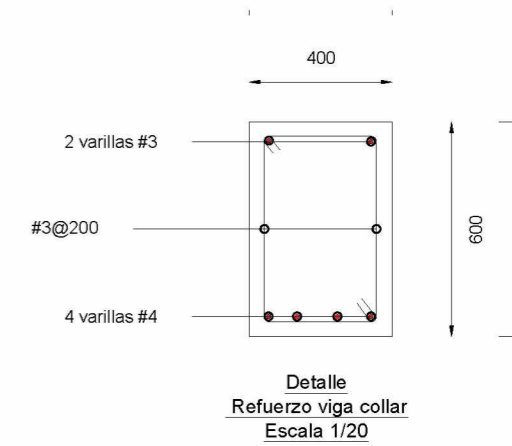
Abreviaturas

- NTC: Nivel tope de concreto
- NFC: Nivel fondo de concreto

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA Programa profesional de Ingeniería Civil		Ubicación	Arequipa - Perú
		Fecha:	Enero 2018
Proyecto:	Implementación de un sistema de tratamiento anaerobio de lodos en la Planta de tratamiento de Aguas residuales la Enlozada	Escala:	1/100
Plano:	Plano Estructural digestor	Bachiller:	Diego Alain Valverde Calderón
		Lámina	E-01



Planta
Detalle Cúpula
Escala: 1/150



Planta
Detalle Losa de fondo
Escala: 1/150

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO IMPERMEABILIZANTE EN LAS PAREDES Y FONDO DEL TANQUE DIGESTOR

- Luego de realizar el sellado de todas las zonas de filtración y/o humedecimiento, se procederá a realizar una prueba hidráulica, con la finalidad de observar que no existan filtraciones en la estructura

PROCEDIMIENTO DE IMPERMEABILIZACION DE LAS SUPERFICIES INTERNAS

- La cúpula deberá ser recubierta con pintura impermeabilizante para trabajo pesado

PRUEBA HIDRAULICA

- 1) Deberá llenarse gradualmente el tanque con la finalidad de observar su comportamiento y grado de estanqueidad, en cada etapa se llevará un control y ubicación de zonas de filtración y humedecimiento, el llenado del tanque será por tercios, con intervalos de 24 horas
- 2) Se recomienda mantener lleno el tanque por lo menos 72 horas para observar su comportamiento.
- 3) Deberá realizarse un mapeo de todas las zonas que presenten filtración y/o humedecimiento
- 4) Luego de ser vaciado el tanque deberá verificarse el estado del muro cilíndrico y losa de fondo
- 5) Verificar el estado del tarrajeo impermeabilizante, si existiera, observando si presenta cajoneo
- 6) Elaborar el plano de mapeo y localización de zonas de filtración

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA Programa profesional de Ingeniería Civil		Ubicación	Arequipa - Perú
		Fecha:	Enero 2018
Proyecto:	Implementación de un sistema de tratamiento anaerobio de lodos en la Planta de tratamiento de Aguas residuales la Enlozada	Escala:	Indicada
Plano:	Detalles de refuerzo en estructuras	Bachiller:	Diego Alaín Valverde Calderón
		Lámina	E-02

LISTADO DE MATERIALES TANQUE DIGESTOR

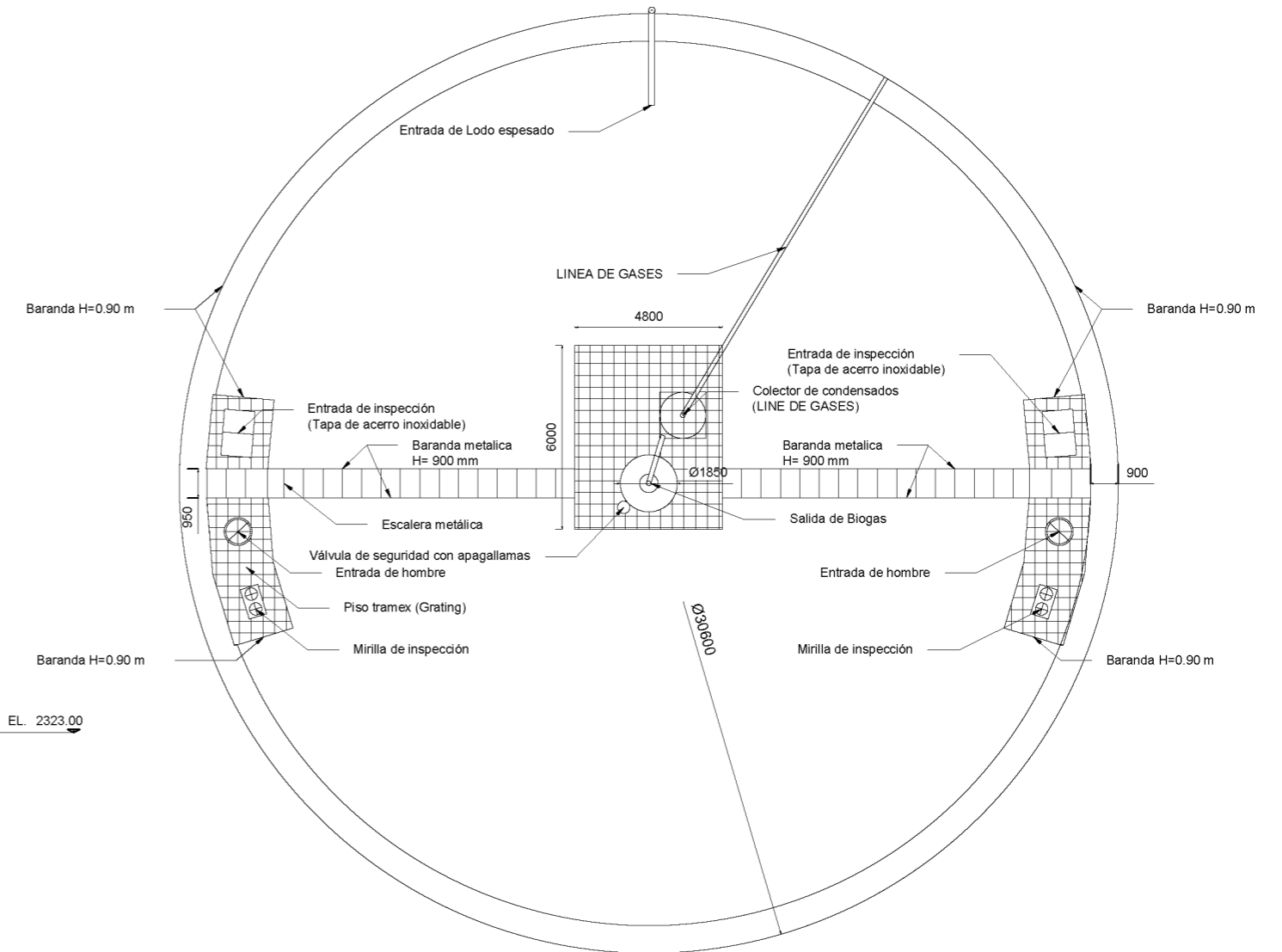
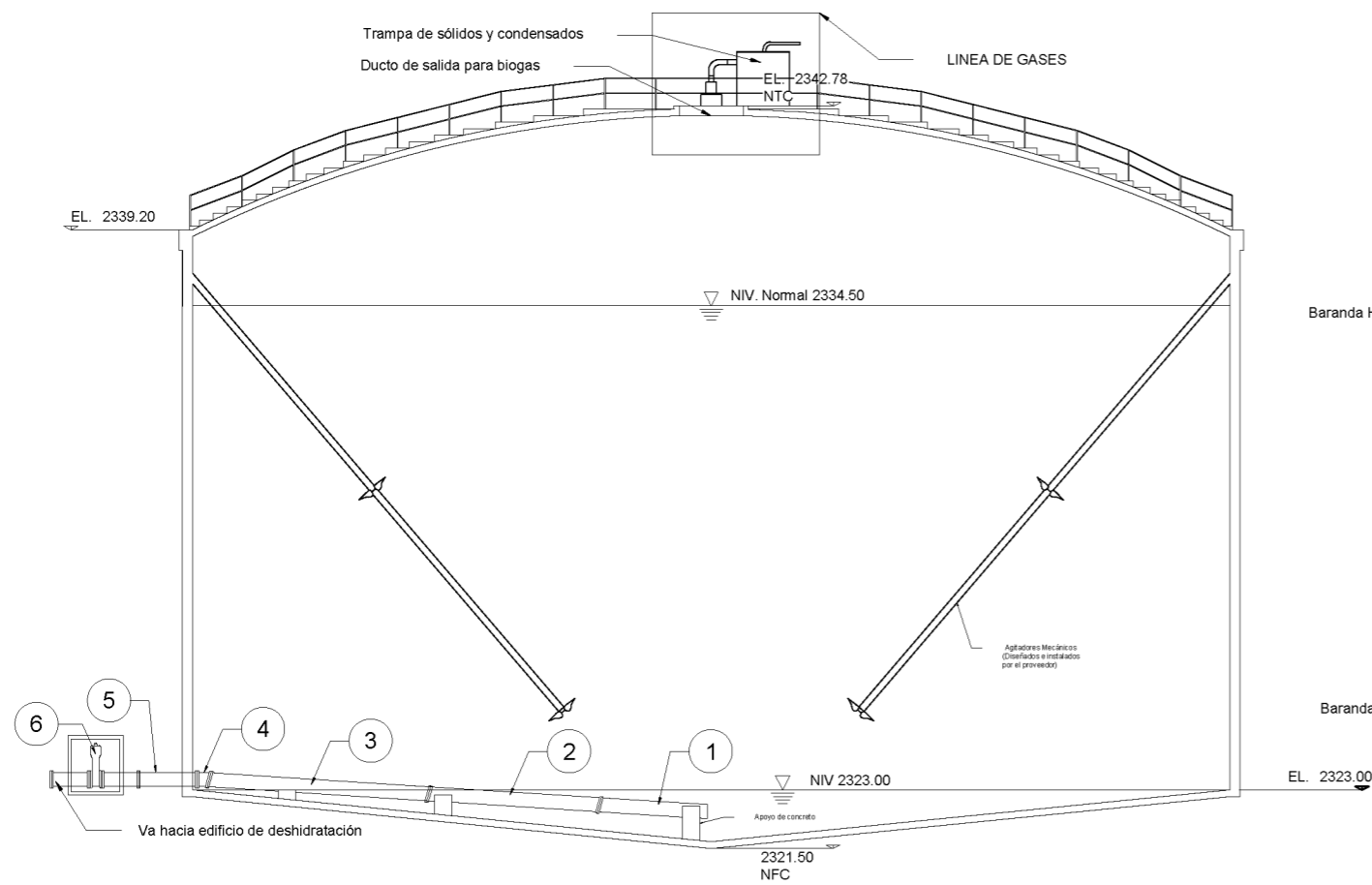
1. Niple BE HD 16" (400 mm)
2. Niple BB HD 16" (400 mm)
3. Tubería BB HD 16" (400 mm)
4. Codo de 4 BB HD 16" (400 mm)
5. Niple BB HD 16" (400 mm)
6. Válvula de interrupción tipo compuerta BB HD 16" (400 mm)

Notas:

1. Las elevaciones estan en metros

Abreviaturas:

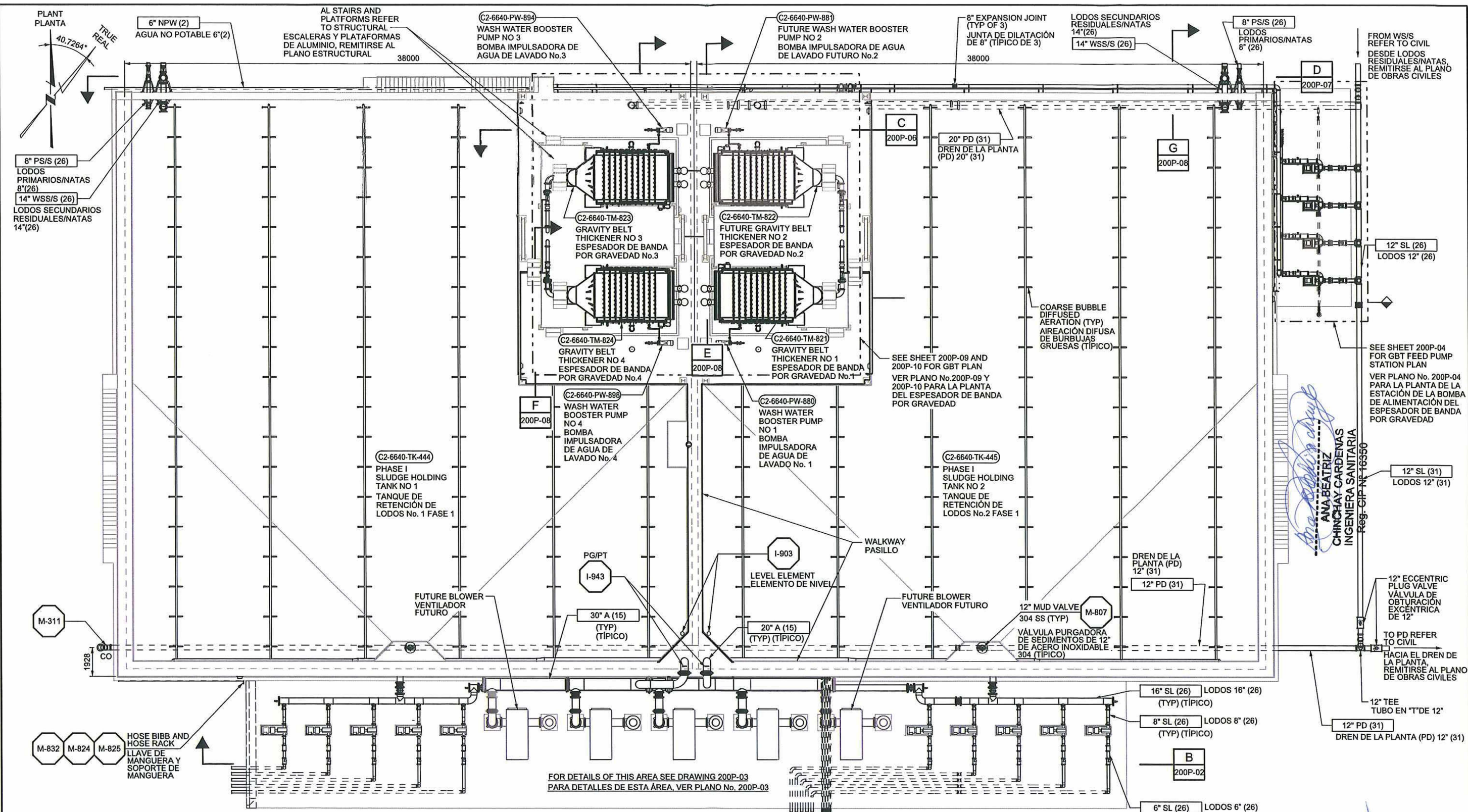
1. EL: Elevacion
2. NTC: Nivel tope de concreto
3. NFC: Nivel fondo de concreto



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA Programa profesional de Ingeniería Civil		Ubicación	Arequipa - Perú
		Fecha:	Enero 2018
Proyecto:	Implementación de un sistema de tratamiento anaerobio de lodos en la Planta de tratamiento de Aguas residuales la Enlozada	Escala:	1/200
Plano:	Plano Hidraulico digestor	Bachiller:	Diego Alaín Valverde Calderón
		Lámina	H-1

Plot Date: 29-MAR-2013 10:46
User: David B Suthby

File: P:\PWP\0ms7564\K083-C2-6640-55L-065.dgn



- (C2-6640-PW-883)**
 BFP FEED PUMP NO 1 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 1 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-885)**
 BFP FEED PUMP NO 3 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 3 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-887)**
 BFP FEED PUMP NO 5 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 5 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-BL-871)**
 SLUDGE HOLDING TANK BLOWER NO 1 VENTILADOR No 1 DEL TANQUE DE RETENCIÓN DE LODOS
- (C2-6640-BL-872)**
 SLUDGE HOLDING TANK BLOWER NO 2 VENTILADOR No 2 DEL TANQUE DE RETENCIÓN DE LODOS
- (C2-6640-BL-873)**
 SLUDGE HOLDING TANK BLOWER NO 3 VENTILADOR No 3 DEL TANQUE DE RETENCIÓN DE LODOS
- (C2-6640-PW-886)**
 BFP FEED PUMP NO 2 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 2 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-888)**
 BFP FEED PUMP NO 4 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 4 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-889)**
 BFP FEED PUMP NO 6 BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO No.6
- (C2-6640-PW-890)**
 BFP FEED PUMP NO 8 BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO No.8
- (C2-6640-PW-892)**
 BFP FEED PUMP NO 10 BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO No.10
- (C2-6640-PW-884)**
 BFP FEED PUMP NO 2 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 2 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-886)**
 BFP FEED PUMP NO 4 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 4 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-889)**
 BFP FEED PUMP NO 7 BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO No.7
- (C2-6640-PW-891)**
 BFP FEED PUMP NO 9 BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO No.9

A
200P-02

PLAN PLANTA
SCALE: 1:125
ESCALA: 1:125

DISCLAIMER:
THIS DRAWING WAS DEVELOPED THROUGH THE APPLICATION OF PROFESSIONAL ENGINEERING SKILL AND PROPRIETARY METHODOLOGIES, PROCESSES AND KNOW-HOW OF MWH AS AUTHOR ALL PURSUANT TO THE TERMS OF A CONTRACTUAL SCOPE OF WORK GOVERNING ITS PREPARATION. THIS DRAWING MAY NOT BE USED OR MODIFIED OTHER THAN IN STRICT ACCORDANCE WITH THE TERMS OF THE GOVERNING CONTRACT AND SCOPE OF WORK OR OTHERWISE WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN CONSENT OF THE AUTHOR. ANY ALTERATION OR ADAPTATION OF THIS DRAWING SHALL BE CONSISTENT WITH THE AUTHOR'S CONTRACTUAL AND PROPRIETARY RIGHTS AND BE AT USER'S SOLE RISK AND WITHOUT ANY LIABILITY OR LEGAL RESPONSIBILITY OF MWH.

SUBMITTED BY
[Signature]
61714
CRAIG N. IRWIN
LICENSE NO
DATE
3/29/13
[Signature]
DANIEL B. PETERS
DATE
3/29/13

DESIGNED BY J AYALA-LUGO 12/9/11
DRAWN BY W VOGEL 12/30/11
CHECKED BY T SENON 11/20/12
APPROVED BY K KEIL 3/29/13
PROJECT MANAGER D PEREBS 12/26/08
PRINCIPAL ENGINEER D PETERS 3/29/13
CLIENT REFERENCE NO. K083-C2-6640-55L-065.DGN

WARNING
0 25
IF THIS BAR DOES NOT MEASURE 25mm THEN DRAWING IS NOT TO SCALE



PROJECT: ENLOZADA WWTP (PTAR)
TITLE: SLUDGE HOLDING TANK OVERALL PLAN PLANTA GENERAL DEL TANQUE DE RETENCIÓN DE LODOS
SHEET: 200P-01
REVISION: 01
FILE NAME: K083-C2-6640-55L-065



[Signature]
ANA BEATRIZ CHINCHAY CARDENAS
INGENIERA SANITARIA
Reg. CIP N° 163550

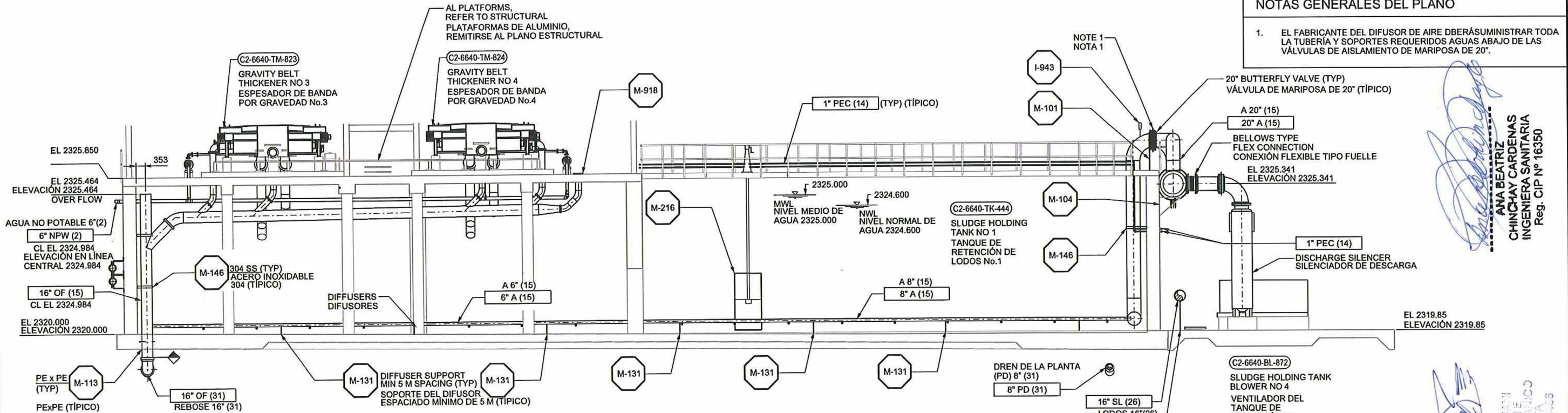
[Signature]
ALFREDO DAMIANI ALBARRACIN
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
REG. CIP N° 000008

Plot Date: 29-MAR-2013 10:46

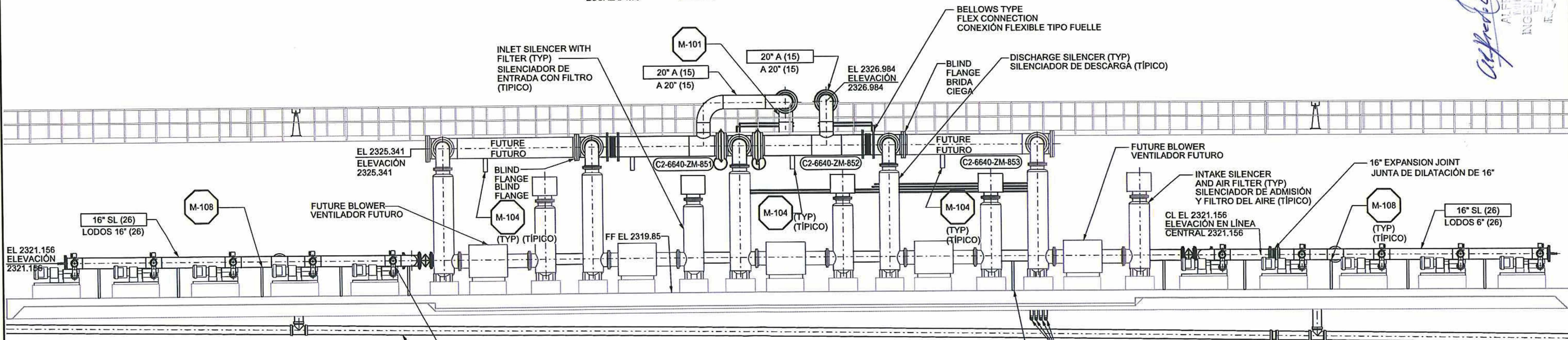
User: David B Sudbybo

GENERAL SHEET NOTES

- AIR DIFFUSER MANUFACTURER TO PROVIDE ALL REQUIRED PIPING & SUPPORTS DOWNSTREAM OF 20" BUTTERFLY ISOLATION VALVES.
- NOTAS GENERALES DEL PLANO
- EL FABRICANTE DEL DIFUSOR DE AIRE DEBERÁ SUMINISTRAR TODA LA TUBERÍA Y SOPORTES REQUERIDOS AGUAS ABAJO DE LAS VÁLVULAS DE AISLAMIENTO DE MARIPOSA DE 20".



SECTION SECCIÓN A
SCALE: 1:75 ESCALA: 1:75
200P-01



SECTION SECCIÓN B
SCALE: 1:75 ESCALA: 1:75
200P-01

- (C2-6640-PW-883) BFP FEED PUMP NO 1 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 1 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-884) BFP FEED PUMP NO 2 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 2 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-885) BFP FEED PUMP NO 3 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 3 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-886) BFP FEED PUMP NO 4 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 4 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-887) BFP FEED PUMP NO 5 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 5 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-888) BFP FEED PUMP NO 6 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 6 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-889) BFP FEED PUMP NO 7 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 7 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-890) BFP FEED PUMP NO 8 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 8 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-891) BFP FEED PUMP NO 9 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 9 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-PW-892) BFP FEED PUMP NO 10 BOMBA DE ALIMENTACIÓN No 10 DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE REFLUJO
- (C2-6640-BL-871) SLUDGE HOLDING TANK BLOWER NO 1 VENTILADOR No 1 DEL TANQUE DE RETENCIÓN DE LODOS
- (C2-6640-BL-872) SLUDGE HOLDING TANK BLOWER NO 2 VENTILADOR No 2 DEL TANQUE DE RETENCIÓN DE LODOS
- (C2-6640-BL-873) SLUDGE HOLDING TANK BLOWER NO 3 VENTILADOR No 3 DEL TANQUE DE RETENCIÓN DE LODOS
- (C2-6640-PW-883) 6" SL (26) (TYP) (TÍPICO)
- (C2-6640-PW-884) 12" PD (31) (TYP) (TÍPICO)
- (C2-6640-PW-885) 1° PEC (31) (TYP) (TÍPICO)

ANA BEATRIZ CHINCHAY CARDENAS INGENIERA SANITARIA Reg. CIP N° 16350

ALFREDO DANIEL VILLALBA INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA Reg. CIP N° 64003

File: IP_PWP-dms7564XK083-C2-6640-55L-066.dgn

ISSUE	DESCRIPTION	TECH	ENG	DATE
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION TRANSLATED			3/29/13
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	WV	KK	1/31/13

DISCLAIMER:
THIS DRAWING WAS DEVELOPED THROUGH THE APPLICATION OF PROFESSIONAL ENGINEERING SKILL AND PROPRIETARY METHODOLOGIES, PROCESSES AND KNOW HOW OF MWH AS AUTHOR ALL PURSUANT TO THE TERMS OF A CONTRACTUAL SCOPE OF WORK GOVERNING ITS PREPARATION. THIS DRAWING MAY NOT BE USED OR MODIFIED OTHER THAN IN STRICT ACCORDANCE WITH THE TERMS OF THE GOVERNING CONTRACT AND SCOPE OF WORK OR OTHERWISE WITHOUT THE INVOLVEMENT AND CONSENT OF THE AUTHOR. ANY ALTERATION OR ADAPTATION OF THIS DRAWING SHALL BE CONSISTENT WITH THE AUTHOR'S CONTRACTUAL AND PROPRIETARY RIGHTS AND BE AT USER'S SOLE RISK AND WITHOUT ANY LIABILITY OR LEGAL RESPONSIBILITY OF MWH.

SUBMITTED BY
Craig N. Irwin
CRAIG N. IRWIN
61714 LICENSE NO
3/29/13 DATE
Daniel B. Peters
DANIEL B. PETERS
3/29/13 DATE

DESIGNED BY J AYALA-LUGO 12/9/11
DRAWN BY W VOGEL 12/30/11
CHECKED BY T SENON 11/20/12
APPROVED BY K KEIL 3/29/13
PROJECT MANAGER D REBRS 1/17/2013
PRINCIPAL ENGINEER D PETERS 3/29/13
CLIENT REFERENCE NO. K083-C2-6640-55L-066.DGN

WARNING
0 25
IF THIS BAR DOES NOT MEASURE 25mm THEN DRAWING IS NOT TO SCALE



PROJECT ENLOZADA WWTP (PTAR)
TITLE SLUDGE HOLDING TANK SECTIONS - I SECCIONES DEL TANQUE DE RETENCIÓN DE LODOS - I
SHEET 200P-02 REVISION 0T
FILE NAME K083-C2-6640-55L-066

Plot Date: 28-MAR-2013 10:47

User: David B Sudbryo

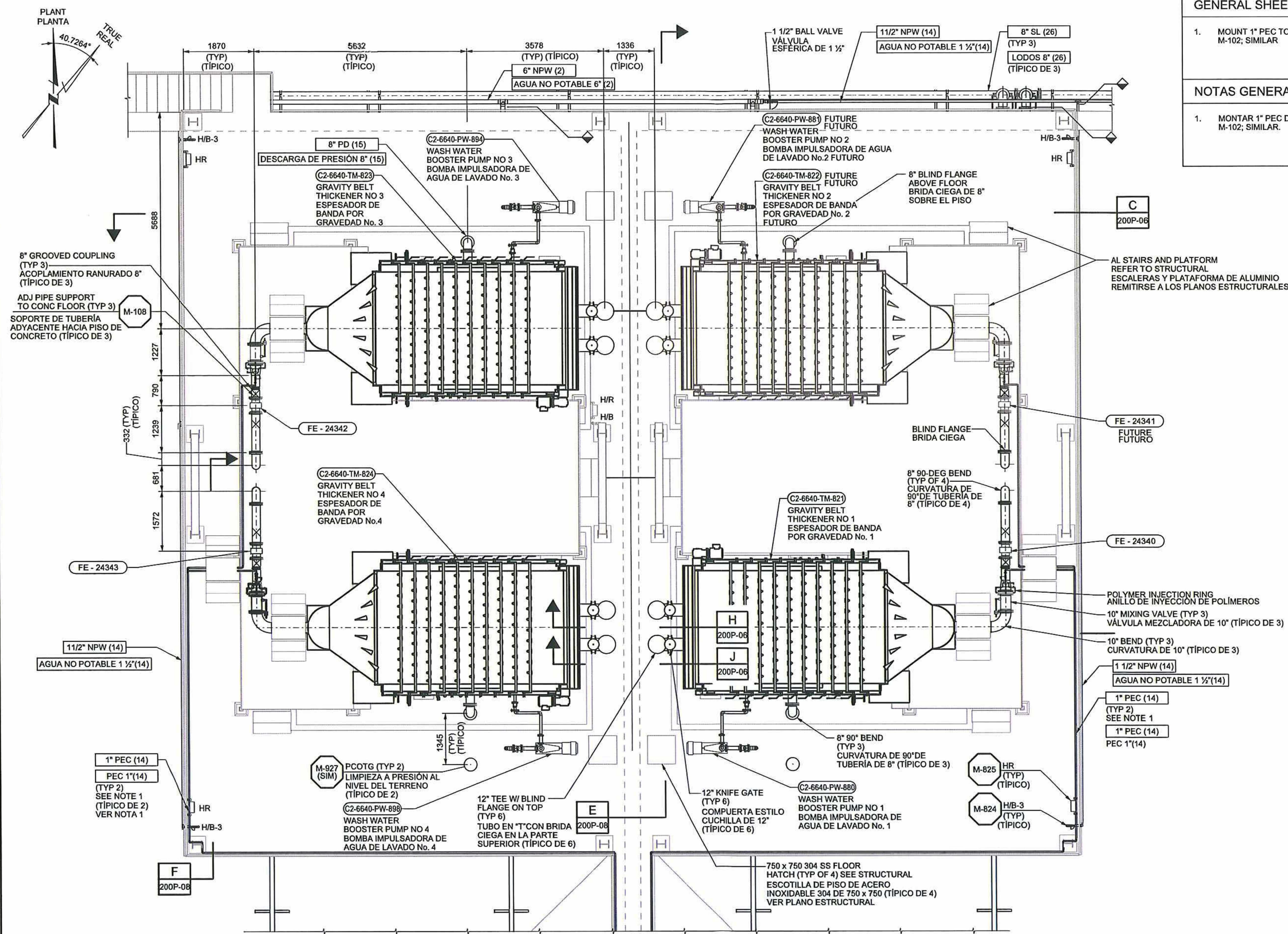
File: IP_PVP:oms75644K085-C2-6640-55L-125.dgn

GENERAL SHEET NOTES

1. MOUNT 1" PEC TO HANDRAIL DETAIL M-102; SIMILAR

NOTAS GENERALES DEL PLANO

1. MONTAR 1" PEC DE ACUERDO AL DETALLE DEL PASAMANOS M-102; SIMILAR.



PLAN PLANTA
SCALE: 1:50
ESCALA: 1:50

Ana Beatriz Chinchay Cardenas
ANA BEATRIZ CHINCHAY CARDENAS
 INGENIERA SANITARIA
 Reg. CIP N° 16350

Alfredo B. ...
ALFREDO B. ...
 ANILLO DE INYECCION DE POLIMEROS
 INGENIERO MECANICO
 Reg. CIP N° 066603

REV	DESCRIPTION	TECH	ENG	DATE
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION TRANSLATED			3/29/13
0	ISSUED FOR CONSTRUCTION	WV	KK	1/31/13

DISCLAIMER:
 THIS DRAWING WAS DEVELOPED THROUGH THE APPLICATION OF PROFESSIONAL ENGINEERING SKILL AND PROPRIETARY METHODOLOGIES, PROCESSES AND KNOW HOW OF MWH AS AUTHOR ALL PURSUANT TO THE TERMS OF A CONTRACTUAL SCOPE OF WORK GOVERNING ITS PREPARATION. THIS DRAWING MAY NOT BE USED OR MODIFIED OTHER THAN IN STRICT ACCORDANCE WITH THE TERMS OF THE GOVERNING CONTRACT AND SCOPE OF WORK OR OTHERWISE WITHOUT THE EXPLICIT AND WRITTEN CONSENT OF THE AUTHOR. ANY ALTERATION OR ADAPTATION OF THIS DRAWING SHALL BE CONSISTENT WITH THE AUTHOR'S CONTRACTUAL AND PROPRIETARY RIGHTS AND BE AT USER'S SOLE RISK AND WITHOUT ANY LIABILITY OR LEGAL RESPONSIBILITY OF MWH.

SUBMITTED BY
Craig N. Irwin
CRAIG N. IRWIN
 61714 LICENSE NO
 3/29/13 DATE
Daniel B. Peters
DANIEL B. PETERS
 3/29/13 DATE

DESIGNED BY: N BROWN 12/9/2012
 DRAWN BY: W VOGEL 1/14/2013
 CHECKED BY: G TEY 1/31/2013
 APPROVED BY: K KEEL 3/29/13
 PROJECT MANAGER: D PEREWS 3/29/13
 PRINCIPAL ENGINEER: D PETERS 3/29/13
 CLIENT REFERENCE NO: K083-C2-6640-55L-125.dgn

WARNING
 0 25
 IF THIS BAR DOES NOT MEASURE 25mm THEN DRAWING IS NOT TO SCALE

Cerro Verde
 PROJECT LOCATION
 AREQUIPA, PERU

PROJECT: ENLOZADA WWTP (PTAR)
 TITLE: GRAVITY BELT THICKENERS UPPER LEVEL PLAN PLANTA DE NIVEL SUPERIOR DE LOS ESPESADORES DE BANDA POR GRAVEDAD

MWH
 SHEET: 200P-09
 REVISION: 01
 FILE NAME: K083-C2-6640-55L-125.dgn

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	agosto 2019														septi						
						15	18	21	24	27	30	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	1				
1		LINEA DE IMPULSION DE LODOS	29 días	lun 22/07/19	jue 29/08/19																					
2		OBRAS PRELIMINARES	5 días	lun 22/07/19	vie 26/07/19																					
3		Limpieza del terreno manual	1 día	lun 22/07/19	lun 22/07/19																					
4		Trazo y replanteo para zanjas	2 días	mar 23/07/19	mié 24/07/19																					
5		Trazo y replanteo para tuberías	2 días	jue 25/07/19	vie 26/07/19																					
6		MOVIMIENTO DE TIERRAS	12 días	lun 29/07/19	mar 13/08/19																					
7		Excavaciones de zanjas con equipo H-150 m	5 días	lun 29/07/19	vie 2/08/19																					
8		Refine y nivelacion de zanjas a 60TN	3 días	lun 5/08/19	mié 7/08/19																					
9		Cama de arena h=.10 m	2 días	jue 8/08/19	vie 9/08/19																					
10		Relleno y compactacion de zanjas p/tub A=.60m hasta 1.50 m	2 días	lun 12/08/19	mar 13/08/19																					
11		Eliminacion de material excedente	3 días	lun 5/08/19	mié 7/08/19																					
12		INSTALACIONES HIDRAULICAS	9 días	mié 14/08/19	lun 26/08/19																					
13		Suministro y colocacion de tuberías DE 6"	5 días	mié 14/08/19	mar 20/08/19																					
14		Suministro y colocacion de tee de 6"	2 días	mié 21/08/19	jue 22/08/19																					
15		suministro y colocacion de codos 90 de 6"	2 días	mié 21/08/19	jue 22/08/19																					
16		Suministro y colocacion de Niple 6"	2 días	mié 21/08/19	jue 22/08/19																					
17		Dados de concreto para accesorios	2 días	vie 23/08/19	lun 26/08/19																					
18		PRUEBAS HIDRAULICAS	3 días	mar 27/08/19	jue 29/08/19																					
19		FIN	0 días	jue 29/08/19	jue 29/08/19																					

Proyecto: Cronograma linea de
Fecha: lun 8/07/19

Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Progreso manual	
División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite			
Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas críticas			
Resumen		Tarea manual		solo fin		División crítica			
Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Progreso			