



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en el sector Linderos - Morropón- Piura, 2021”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL

**AUTORES:**

Mogollon Vizueta, Cristhian Juan (ORCID: 0000-0002-1501-9164)

Ramírez Manrique, Rives Raul (ORCID: 0000-0003-0331-1544)

**ASESOR:**

Mg. Arévalo Vidal Samir Augusto (ORCID: 0000-0002-6559-0334)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

PIURA – PERÚ  
2021

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mi esposa Lucero Belén Arellano Chapilliquén y a mis hijos Flavia Valentina, Rives Dialessandro, Luis Sebastián y Bastian del Piero Roboán.

**Rives Raúl Ramírez Manrique.**

Dedico esta tesis a mi esposa Lita Sadith, y a mis hijos Cristhian Joaquin Matias, y Aniar Sadith.

**Cristhian Juan Mogollon Vizueta**

## **Agradecimiento**

Agradezco a mis padres Roboán Segundo y Luz Aurora por su indesmayable apoyo y constantes consejos y empuje para la obtención de esta meta en mi vida.

**Rives Raul Ramírez Manrique.**

A nuestro asesor de tesis Mg. Samir Augusto Arévalo Vidal por su paciencia y dedicación para la culminación de esta investigación.

**Cristhian Juan Mogollon Vizueta**

## Índice de contenidos

Carátula.....	ii
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA .....	27
3.1 Tipo y diseño de la investigación .....	27
3.2 Variables y operacionalización.....	27
3.3 Población, muestra y muestreo.....	30
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.5 Procedimientos.....	32
3.6 Método de análisis de datos .....	32
3.7 Aspectos éticos .....	32
IV. RESULTADOS .....	34
4.1 Resultados del objetivo específico 1 .....	36
4.2 Resultados del objetivo específico 2 .....	40
4.3 Resultados del objetivo específico 3 .....	57
4.4 Resultados del objetivo específico 4 .....	68

V. DISCUSIÓN.....	70
5.1 Variable diseño de planta de tratamiento de aguas residuales .....	70
5.2 Variable reúso de aguas depuradas .....	73
VI. CONCLUSIONES .....	74
VII. RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS .....	79
ANEXOS.....	84

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	Límites máximos permisibles para efluentes de aguas residuales .....	15
<b>Tabla 2</b>	Dotación de agua por tipo de habilitación .....	17
<b>Tabla 3</b>	Cálculos para el diseño de cámara de rejillas.....	19
<b>Tabla 4</b>	Procesos de cálculo para diseño de cámara de rejillas .....	20
<b>Tabla 5</b>	Procesos de cálculo para el diseño de desarenador .....	21
<b>Tabla 6</b>	Ecuación de diseño para humedal sub superficial horizontal y vertical ..	22
<b>Tabla 7</b>	Características del medio para sistemas de flujo sub superficial .....	22
<b>Tabla 8</b>	Estándares de calidad ambiental para reúso de agua residual doméstica en riego de vegetales o bebida de animales. ....	25
<b>Tabla 9</b>	Definición operativa de variable e indicadores .....	29
<b>Tabla 10</b>	Criterios de inclusión y exclusión de la población.....	30
<b>Tabla 11</b>	Resultados del análisis físico, químico del agua residual a tratar .....	36
<b>Tabla 12</b>	Componentes de diseño de la planta de tratamiento .....	37
<b>Tabla 13</b>	Cálculo de población de diseño del sector Linderos.....	42
<b>Tabla 15</b>	Costos de inversión inicial planta de tratamiento sector Linderos .....	69
<b>Tabla 16</b>	Costos de operación y mantenimiento por año planta de tratamiento ..	69

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	Esquema general en el tratamiento de aguas residuales .....	10
<b>Figura 2</b>	Componente uno del pretratamiento de aguas residuales .....	11
<b>Figura 3</b>	Funcionamiento de componente de cámara de distribución .....	12
<b>Figura 4</b>	Diseño del componente de la cámara de distribución con tanque .....	13
<b>Figura 5</b>	Humedal artificial de flujo sub superficial vertical.....	14
<b>Figura 6</b>	Localización del ámbito de estudio. ....	34
<b>Figura 7</b>	Localización del estudio en el distrito de Buenos Aires .....	34
<b>Figura 8</b>	Imagen satelital de ubicación de planta de tratamiento .....	35
<b>Figura 9</b>	Esquema de los componentes del diseño de la planta de tratamiento .	38
<b>Figura 10</b>	Perfil hidráulico de la planta de tratamiento de aguas residuales .....	39
<b>Figura 11</b>	Vista en 3D de los componentes de la planta de tratamiento .....	39
<b>Figura 12</b>	Vista de ingreso de aguas residuales .....	40
<b>Figura 13</b>	Resumen de dimensiones de la cámara de rejas .....	50
<b>Figura 14</b>	Resumen diseño de desarenador.....	53
<b>Figura 15</b>	Resumen de dimensiones de humedal sub superficial vertical .....	57
<b>Figura 16</b>	Detalle del acero vertical en cámara de rejas .....	60
<b>Figura 17</b>	Detalle del acero vertical en cámara de rejas .....	61
<b>Figura 18</b>	Detalle del acero longitudinal y transversal en cámara de rejas .....	62
<b>Figura 19</b>	Configuración geométrica de la cámara de rejas y desarenador .....	63
<b>Figura 20</b>	Detalle del acero en componente humedal sub superficial .....	65
<b>Figura 21</b>	Configuración geométrica de humedal sub superficial.....	66
<b>Figura 22</b>	Test de percolación en sector Linderos .....	67

## Resumen

La presente investigación titulada “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en el sector Linderos - Morropon – Piura, 2021” tuvo como objetivo describir las características del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización. La población estuvo compuesta por el caudal de las aguas residuales generadas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, en la provincia de Morropón en la región Piura. El método de investigación fue cuantitativo y el diseño utilizado fue descriptivo transversal. Los resultados permitieron conocer las características del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales en una comunidad rural con una población de diseño de 305 habitantes ubicada en la zona del Alto Piura y con un clima tropical. Las conclusiones de la investigación determinaron que, el diseño hidráulico y estructural de una planta de tratamiento de aguas residuales con un bajo costo de inversión, de operación y de mantenimiento con fines de reutilización debe componerse de un sistema no convencional, a través de un tratamiento preliminar, conformado por una cámara de rejillas y desarenador, un tratamiento primario compuesto por un humedal de flujo sub superficial de tipo vertical y una zona de amortiguamiento como área de reutilización de las aguas depuradas previo a la disposición final de los vertidos.

*Palabras clave:* hidráulica, estructural, tratamiento, humedal, aguas residuales.

## **Abstract**

The present investigation entitled "Design of a wastewater treatment plant for reuse in the Linderos - Morropon - Piura sector, 2021" aimed to describe the characteristics of the design of a wastewater treatment plant for reuse purposes. The population was made up of the flow of wastewater generated in the Linderos sector of the Buenos Aires district, in the Morropón province in the Piura region. The research method was quantitative and the design used was descriptive cross-sectional. The results allowed to know the characteristics of the design of the wastewater treatment plant in a rural community with a design population of 305 inhabitants located in the Alto Piura area and with a tropical climate. The conclusions of the research determined that the hydraulic and structural design of a wastewater treatment plant with a low investment, operation and maintenance cost for reuse purposes should be composed of an unconventional system, through a treatment preliminary, consisting of a grating chamber and a grit trap, a primary treatment consisting of a vertical sub-surface flow wetland and a buffer zone as a reuse area for treated water prior to the final disposal of discharges.

Keywords: hydraulic, structural, treatment, wetland, wastewater.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, hasta el año 2018, del total de aguas servidas que se producen en las viviendas, sólo el 20% recibe un tratamiento adecuado antes de disponerse al suelo o a corrientes de agua (Vidal y Hormazábal, 2018). En Chile, se diagnosticó que, en el 21% de proyectos ejecutados en viviendas rurales con sistemas de disposición de aguas residuales a través de pozos sépticos, el suelo sobrepasó su capacidad de infiltración generando aniegos dentro de las viviendas, dejando en evidencia un deficiente tratamiento del efluente procedente del pozo séptico (Carvacho y Loreto, 2007).

En las zonas rurales del Perú, según cifras del organismo regulador de Saneamiento, el 75.4% de las viviendas no cuentan con cobertura a las instalaciones convencionales de saneamiento con red pública de alcantarillado (MVCS, 2017). El informe del INEI, citado por Mogollon (2020), registra que el 83.4% de la población del área rural del Perú no cuenta con un adecuado sistema de saneamiento, de ello se desprende que un aproximado de ocho millones de peruanos ubicados en el sector rural no tienen cobertura al servicio de saneamiento.

La localidad de investigación se ubica en la provincia de Morropón en la región Piura y está conformado por sectores rurales que no cuentan con sistemas convencionales de saneamiento básico en sus viviendas. El 26% de las viviendas rurales del distrito eliminan las aguas residuales a través de pozos sépticos, el 37.4% a través de un pozo ciego y el 6.4% no tiene servicio de saneamiento y dispone directamente sobre el suelo las aguas residuales domésticas (INEI, 2018).

En resumen, el problema de investigación de la presente tesis radica en que, en las pequeñas comunidades rurales con problemas de recursos económicos y con escasez de personal especializado existe un deficiente plan para tratar aguas servidas, lo que genera un escaso o nulo control de las aguas contaminadas con la

consecuente contaminación de los medios receptores que proceden estas aguas no tratadas producidas en estos núcleos poblacionales pequeños.

Una consecuencia notoria de no atender esta problemática es la afectación a la salud pública, pues una incorrecta depuración genera aniegos que sirven para la propagación de mosquitos que transmiten enfermedades infecciosas como el dengue y enfermedades diarreicas agudas en los niños, que representaron hasta el año 2016 el 15.35% de causas de consulta externa en el distrito (Municipalidad provincial de Morropón, 2016). Asimismo, un deficiente tratamiento genera la expedición de malos olores y contaminación de suelos, produciéndose un impacto ambiental negativo.

Es de precisar que las comunidades rurales del Perú, como el sector Linderos, no tienen una eficiente prestación del servicio de abastecimiento de agua, por lo que resulta de valiosa importancia estudiar tecnologías extensibles para tratar de manera óptima las aguas servidas que permita su reúso, sin costo energético y que no requieran técnicos calificados para su operación y mantenimiento; por ello, esta investigación, se ha delimitado en la fundamentación, diseño, diagramas de flujo, rendimientos, costos. Así también se estimaron tanto los costos que demanda la puesta en obra como los costos para su correcta operación, así como el mantenimiento de un sistema no convencional para tratar aguas servidas con el objeto de reutilizarla en actividades como el riego de vegetales de tallo alto. Como antecedentes de investigación se han estudiado las tendencias actuales de sistemas de tratamiento que operan en Francia, España y en México que experimenten climas parecidos a la localidad de investigación.

De este modo, se formula la pregunta de investigación de esta manera: ¿Cuáles serían las características del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021?

Asimismo, del problema de investigación se generaron cuatro problemas específicos, que fueron los siguientes: ¿Cuáles serían las características de los

componentes del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021?; ¿Cuáles serían las características del diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021?; ¿Cuáles serían las características del diseño estructural de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021?; y, ¿Cuáles serían los costos del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021?.

La justificación teórica de la presente investigación fue que contribuyó a la literatura científica con una síntesis de las características de diseño de un sistema para tratar aguas servidas y que permite reutilizar estas aguas depuradas en actividades agrícolas que son preponderantes en zonas rurales. La justificación social de la investigación radica en que, con los fundamentos de diseño se permite reutilizar las aguas depuradas con el objeto de que las condiciones sociales mejoren, que genere beneficios en la salud pública y redunde en mejorar las condiciones de vida de los moradores de estas comunidades rurales.

Asimismo, con la presente investigación se identificó de qué forma se puede resolver la mala disposición final de las aguas grises tratadas incorrectamente que originan problemas tanto ambientales como de salud pública y en la sostenibilidad de los recursos hídricos, de modo tal que, se actúe sobre las consecuencias de este problema de forma inmediata y se pueda hacer uso de las aguas depuradas en actividades de riego, especialmente en vegetales de tallo alto que no se destinen para el consumo humano.

La justificación ambiental de la presente tesis se basa en que se tiene un impacto en el medio ambiente, pues esta investigación generó información de los efectos positivos de las características de diseño para sistemas de mejoramiento en la

recuperación de aguas utilizadas domésticas ubicadas en zonas geográficas que registran climas con altas temperaturas a lo largo del año y suelos con baja permeabilidad como las que experimenta una comunidad rural ubicada en el Alto Piura en la región Piura, erradicando los malos olores y la contaminación de suelos y de los cuerpos de agua.

Esta investigación tuvo como objetivo general describir las características del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.

Asimismo, como consecuencia de las cuatro preguntas específicas se tienen los objetivos específicos, que son: 1. Describir las características de los componentes del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021; 2. Describir las características del diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021; 3. Describir las características del diseño estructural de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021; 4. Estimar los costos del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.

La hipótesis general formulada en la presente investigación fue la siguiente: La implementación del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales permite de manera significativa la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.

Las hipótesis específicas de la presente tesis fueron: 1. La implementación de los componentes del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales permite de manera significativa la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos

del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021; 2. La implementación del diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales permite de manera significativa la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021; 3. La implementación del diseño estructural de una planta de tratamiento de aguas residuales permite de manera significativa la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021; 4. La implementación de los costos del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales inciden de manera significativa en la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

Como **antecedentes internacionales**, tenemos a:

Bayas (2018), que realizó una investigación en Ecuador titulada: *“Diseño de Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en poblaciones rurales de sierra norte de Ecuador: Aplicación a la parroquia Lita”*, cuyo **objetivo** fue presentar una alternativa accesible de gestión de las aguas servidas que se generan en comunidades rurales. El investigador utilizó como **metodología** un diseño descriptivo y con un enfoque cuantitativo, en tal sentido no tuvo una hipótesis de investigación. **Los resultados** determinaron que se cumplió con las normas del Ecuador para efluentes, así como la normativa española en base a la cual se desarrolló el trabajo. **Las conclusiones** del estudio fueron: 1. Se elaboró el planteamiento para tratar aguas servidas en la parroquia de Lita utilizando humedales artificiales, los mismos que presentan como mayor ventaja frente a sistemas convencionales su facilidad de explotación e integración al paisaje del lugar. Explotación que puede ser realizada por los habitantes de la parroquia con herramientas sencillas. Estas características hacen que este tipo de sistemas sean recomendados para las poblaciones rurales del norte del Ecuador; 2. El presente trabajo se ha realizado con valores característicos de aguas residuales, tomados de bibliografía técnica. Se recomienda una calibración de los diseños con datos obtenidos en campo.

Castellano, Rodríguez y Zurita (2015), en México titularon su investigación: *“El tratamiento de las aguas residuales municipales en las comunidades rurales de México”*, con una **metodología** con un diseño descriptivo. La investigación evaluó la atención del servicio de saneamiento en comunidades rurales; obtuvo como **resultados** que, en general, las lagunas de flotación, así como los sistemas de humedales construidos se presentan como mecanismos eficientes en comunidades rurales. Los resultados determinaron que en comunidades rurales con baja densidad poblacional es factible utilizar tecnologías naturales de tratamiento, como los humedales artificiales, ya que operan con menores costos tanto en la

implementación como en el mantenimiento y la operación. Las principales **conclusiones** fueron: 1. Es factible implementar el sistema de humedales artificiales en comunidades rurales con el objeto de reducir el deterioro de los ecosistemas acuáticos; 2. El diseño y la posterior implementación de los sistemas naturales de tratamiento permiten reutilizar las aguas tratadas en el riego de cultivos, lo que permite obtener una disminución del consumo de agua potable.

Granados (2018), realizó su trabajo de grado en Colombia titulado: “*Estudio de factibilidad de la implementación de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en ecosistema de alta montaña en Toquilla*”, cuyo **objetivo** fue evaluar la factibilidad de la puesta en marcha del sistema de humedales construidos en la depuración de aguas servidas que se generan en zonas de páramo. La **hipótesis** de la investigación fue que, en zonas rurales de ecosistema alto andino es factible aplicar los sistemas de tratamiento de humedal artificial. Se realizó un diseño experimental y los **resultados** demostraron que se tuvo una eficiencia del 53.1% en la remoción del DQO, del 36.6% en la remoción del DBO, 75.7% en la remoción de sólidos suspendidos, 5.43% en sólidos disueltos totales y 33.83% en turbidez. Las **conclusiones** de la investigación fueron: 1. Se realizó la evaluación socioeconómica evidenciando que, el análisis costo beneficio de la implementación de este sistema es favorable desde el año cero de ejecución; 2 Es viable la ejecución de este tipo de tratamiento porque adicionalmente al mejoramiento ambiental de las localidades genera beneficios en la reutilización del agua tratada.

Como **antecedentes nacionales**, tenemos a:

Contreras (2018), en una tesis para obtener el título de Ingeniero titulada: “*Propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales para reducir el impacto ambiental del sistema de alcantarillado en el CP Andy y su pueblo, Carabayllo – Lima*”, que tuvo como **objetivo** diseñar un planteamiento de un sistema para tratar aguas servidas. La **metodología** utilizada fue no experimental. Los **resultados** demostraron que el diseño implementado estuvo compuesto por tres componentes, con el siguiente planteamiento: un tratamiento preliminar, primario y secundario a través de un humedal artificial. Las **conclusiones**

obtenidas fueron: 1. Se determinaron las características de los parámetros del agua servida de la localidad de estudio; 2. Los componentes incluyen un humedal artificial subsuperficial como tratamiento secundario. El sistema planteado favorece la reducción ambiental negativa creada debido a la mala disposición de aguas servidas, asimismo permite el aprovechamiento del mismo en la creación de áreas verdes de la localidad de Carabayllo en la ciudad de Lima.

Hidalgo (2018), realizó una investigación titulada: "*Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el barrio El Milagro, Huaraz, Ancash, 2018*". Tuvo como **objetivo** diseñar un planteamiento tratar aguas servidas en el barrio El Milagro. El método de investigación fue descriptivo. Los **resultados** demostraron que este diseño buscó remover los parámetros físicos del agua como el pH, temperatura, DBO<sub>5</sub>, DQO y coliformes termotolerantes; asimismo se diseñó sobre el cálculo de una población de 5782 habitantes. Las principales **conclusiones** fueron: 1. Se identificó que los parámetros químicos, físicos y biológicos, no se ubican dentro de los valores establecidos en la normativa nacional que regula los valores de estos efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales; 2. Los componentes del planteamiento fueron de la siguiente forma: un tratamiento preliminar compuesto por un canal de entrada con cámara de rejillas, un desarenador y un medidor Parshall.

Macedo y Vela (2020), realizaron una investigación titulada: "*Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales incorporando humedales artificiales para mejorar la disposición de coliformes fecales, Tarapoto 2020*". Esta investigación tuvo como **objetivo** proponer el diseño de un mecanismo para tratar aguas servidas domésticas en la localidad de Las Palmas. El método de investigación fue descriptivo no experimental. Los **resultados** señalaron que el tratamiento busca mejorar la disposición de coliformes termotolerantes; el planteamiento se realizó para una población de 2500 habitantes. Asimismo, se demostró que el costo de inversión de la implementación de este diseño asciende a s./ 458,719.24 a un costo de s./ 183.48 por habitante. La principal **conclusión** fue: 1. La localidad de Las Palmas tiene un área de estudio de 427,345.46 m<sup>2</sup> y un perímetro urbano marginal igual a 2,691.97 m., además cuenta con una población total de 2000 habitantes

entre niños, adultos y ancianos, dónde se determinó que no cuenta con los servicios básicos necesarios, el cual es un factor importante que influye en la mejora de condiciones de vida de los pobladores, generando incomodidades y enfermedades.

Los **enfoques conceptuales** donde se enmarcó la investigación fueron las variables: 1. diseño de planta como mecanismo para tratar aguas servidas; y, 2. la reutilización de las aguas depuradas en actividades de riego.

Como **teorías relacionadas** a la primera variable tenemos a Espinosa (2014), que señala que, el mecanismo para tratar aguas servidas representa un flujo de procesos que se utilizan para depurar los contaminantes presentes en las aguas servidas hasta lograr una eficiencia que permita la reutilización de las mismas. Los componentes, el dimensionamiento hidráulico, sus características estructurales y el costo dependen del nivel de eficiencia previa a su reutilización o disposición hacia los cuerpos de agua o el suelo.

El diseño de las plantas de tratamiento, tiene como objeto reducir la cantidad de contaminantes y existen diversas opciones tecnológicas para lograr dicho propósito. En pequeñas comunidades, estos sistemas de depuración deben priorizar tecnologías extensivas que no requieran consumo de energía, contar con procedimientos simples de operación y mantenimiento y que garanticen un funcionamiento estable y eficiente frente a variaciones de caudal y cargas orgánicas, fenómenos recurrentes en pequeñas localidades (Samayamanthula, Sabarathinam Y Bhandary, 2019). Las aguas residuales representan un volumen sustancial en el consumo de las familias, por tal motivo, si son tratadas de manera concordante a las normas y a la regulación nacional de reutilización se pueden usar en tanque de inodoros, en la agricultura y en la jardinería (Abdel-Kader, 2015, p. 89).

El RNE del Perú a través de la norma OS.090 del, reglamenta la ejecución de los diseños de inversiones que tratan aguas servidas y los clasifica en nivel preliminar, primario, secundario y terciario para áreas urbanas. Para las áreas rurales dispone la norma IS.020 que regula la utilización de tanques sépticos para tratar aguas

servidas domésticas en comunidades rurales donde no existan redes convencionales de alcantarillado.

En los sistemas de tratamiento, las aguas servidas tienen características químicas, físicas y biológicas que previamente deben ser analizadas; con esta información se plantean las tareas de recolección, de tratamiento y de disposición final, con el objeto de reducir los impactos negativos del vertimiento a los cuerpos de aguas superficial y sub superficiales.

### Figura 1

Esquema general en el tratamiento de aguas servidas



Nota. Los niveles de tratamiento de aguas servidas en el Perú para zonas urbanas y rurales, se dividen en: primario, secundario y terciario. La figura muestra las diferentes tecnologías en el tratamiento de aguas servidas. Tomado de *Las aguas servidas y su depuración en zonas rurales* (p. 61), por Vidal y Araya, 2014, Universidad de Concepción.

Vidal y Araya (2014) señalan que el tratamiento de aguas servidas presenta tres partes principales: a) recolección, b) tratamiento y c) reutilización o restitución. Es

en la etapa del tratamiento donde se remueven los contaminantes y se compone de una fase preliminar, una fase primaria y una fase secundaria. Cada una de estas etapas se resumen en un componente de la planta de tratamiento. En la fase preliminar se eliminan los sólidos gruesos y de partículas sedimentables. En el tratamiento primario, por su parte se eliminan los compuestos solubles que persisten en las aguas servidas, siendo esencial la eliminación de contaminantes biológicos.

El primer **componente del diseño** de una planta para tratar aguas servidas se inicia en el tratamiento preliminar. En esta fase se retienen tanto los sólidos gruesos como los sólidos finos, esta retención tiene como objeto generar condiciones favorables para la fase posterior y de esta manera se protegen las instalaciones de las distintas fases del tratamiento y puede ser una cámara de rejillas y un desarenador (Ministerio del Ambiente, 2009),

**Figura 2**

*Componente uno del pretratamiento de aguas residuales*



*Nota.* La figura representa los componentes del pre tratamiento (cámara de rejillas y desarenador) de las aguas servidas. Imagen obtenida de la *Guía de referencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Centroamérica* (p. 22), Agencia de protección ambiental de Estados Unidos, s.f.

Un segundo **componente de diseño** está relacionado a la cámara de distribución, que se compone de una cámara para distribuir de manera mecánica un tanque pendular que prescinde de energía eléctrica y que se basa en el principio de los sifones de descarga; actúa mediante la gravitación a través de un vaciado de flotador.

**Figura 3**

*Funcionamiento de componente de cámara de distribución*



*Nota.* La figura representa el segundo componente de un sistema para tratar aguas servidas que es una cámara de distribución con un tanque pendular que se acciona de manera automática sin ningún aporte de energía. Imagen disponible en <http://www.alistep.com/tanques-pendulares/?lang=es>.

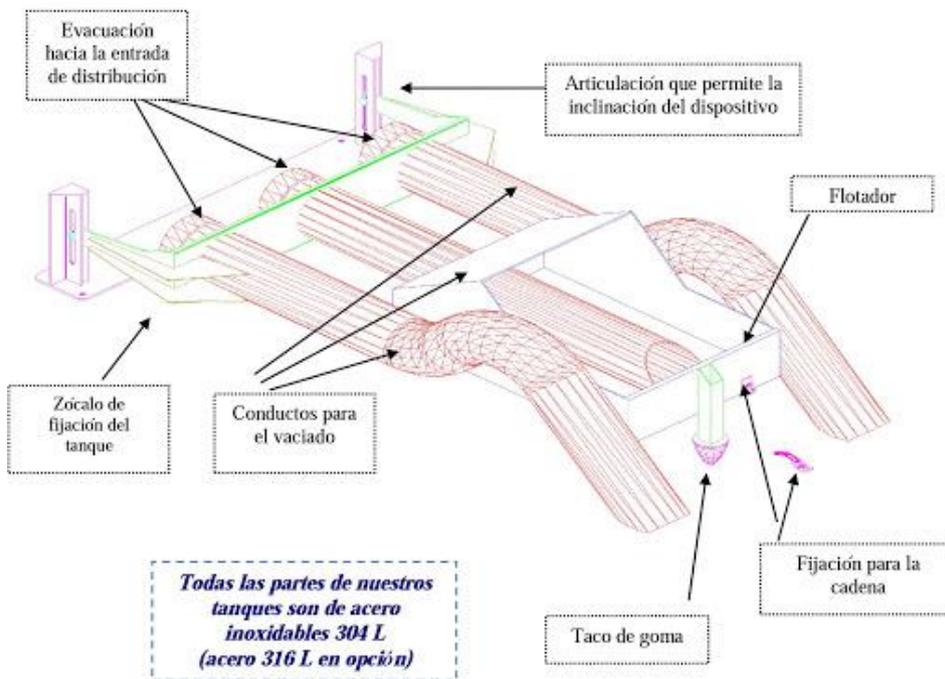
Este componente de distribución con un tanque pendular funciona para caudales de descarga desde los 30 m<sup>3</sup>/hora hasta los 200 m<sup>3</sup>/hora. El diámetro de las

tuberías varía desde los 100 mm hasta 200 mm. En la siguiente figura se observa este componente a detalle:

#### Figura 4

*Diseño del componente de la cámara de distribución con tanque pendular*

Constitución del tanque para aguas no tratadas :



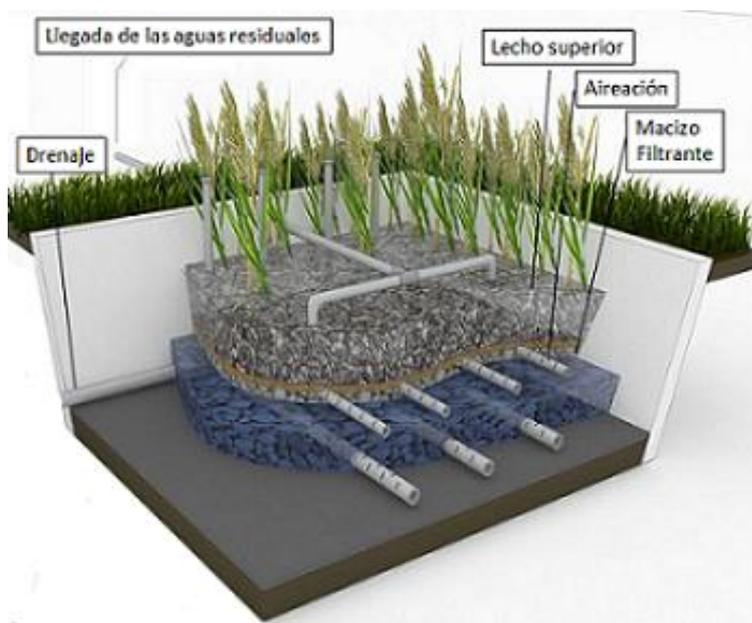
*Nota.* La figura representa el diseño del dispositivo del tanque pendular. Imagen disponible en <http://www.alistep.com/tanques-pendulares/?lang=es>.

Como tercer **componente de diseño**, para el tratamiento primario, el reglamento nacional de edificaciones del Perú (2016) señala que, busca remover tanto los sólidos orgánicos como los sólidos inorgánicos que permanecen sedimentados en el agua con la finalidad de reducir la carga orgánica. Los procesos para este nivel usualmente están compuestos por tanques Imhoff, o por tanques de flotación o por tanque de sedimentación. La fase secundaria está referido al mecanismo de remoción de la  $DBO_5$  presente en las aguas servidas con un valor mayor a 80%,” (Perú. Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA, 2016).

Sobre tratamientos primarios, el manual para municipios eficientes elaborado por el MINAM (Ministerio del Ambiente, 2009) señala a los humedales artificiales como un mecanismo para tratar aguas servidas que debe ser diseñado de acuerdo a cada realidad urbana o rural, siguiendo las consideraciones de temperatura, clima y condiciones locales; y que, solo es viable para efluentes de poblaciones pequeñas y medianas, especialmente en comunidades rurales que no cuentan con sistemas convencionales de saneamiento.

### Figura 5

*Humedal construido de flujo sub superficial vertical*



*Nota.* La figura muestra el diseño de un humedal construido de modelo sub superficial vertical, utilizado como tratamiento primario en Francia. Imagen tomada de *Factibilidad del diseño de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales municipales de 30,000 habitantes* (p. 18), Espinosa, 2014, Escuela colombiana de ingeniería.

Un modelo de sistema de humedal artificial es el tipo sub superficial vertical que ha sido utilizado en comunidades con pequeñas aglomeraciones en Europa como tratamiento primario, habiéndose obtenido altos valores de remoción de las aguas servidas. En este modelo la entrada del agua servida se realiza mediante una forma

distribuida a lo largo de la superficie del humedal y la salida se realiza a lo largo del fondo. En este tipo de humedal se logra un contacto eficiente entre el agua servida y el aire que se ubica en medio de los poros, de este modo, el nivel del agua siempre debe permanecer bajo, de este modo se obtienen mejores rendimientos de remoción de contaminantes (Mena, 2014).

La legislación nacional sobre los estándares del agua servida tratada en el Perú, regula, entre otros, la disposición final del agua servida a los cuerpos de aguas superficiales y sub superficiales; asimismo regula los límites máximos permisibles (LMP) de estos vertimientos de las aguas servidas mediante el decreto supremo N° 003-2010-MINAM, valores que se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 1**

*Límites máximos permisibles para efluentes de aguas residuales domésticas*

Parámetros	Unidad de medida	LMP para vertidos a cuerpos de agua
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termo tolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	100
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	200
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5-8.5
Sólidos totales en suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

*Nota:* Esta tabla muestra los límites máximos permisibles en los efluentes de aguas residuales domésticas de plantas de tratamiento. Valores obtenidos de la legislación nacional del Perú aprobada con el decreto supremo N° 003-2010-MINAM.

Un primer parámetro de **diseño** tiene que ver con la identificación del tipo de agua servida a tratar. En el Perú, la carga orgánica para el diseño señala que se debe evaluar la DBO<sub>5</sub>, los coliformes fecales y totales, Y la DQO; asimismo se deben establecer las condiciones estructurales de la planta, para tal fin, se debe contar con la información de los estudios geológicos y geotécnicos, de mecánica de suelos, la información hidrológica, topográfica y climática de la zona (Carvalho, Arias y Brix, 2017).

Para el **diseño hidráulico** del sistema se debe tener la información para un horizonte de 10 a 30 años, en función al número de la población, determinando los datos en condiciones futuras de las siguientes condiciones: 1. Caudales de diseño: caudal de origen doméstico, caudal de infiltración y drenaje pluvial; 2 Población de diseño; 3. Carga orgánica de DBO<sub>5</sub>; y, 4. caudal máximo horario y caudal mínimo horario. (Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA).

Para la estimación de la **población futura** e intermedia se utilizan metodologías que establecen estimaciones a base de funciones de tipo matemático que definen suposiciones de un comportamiento de la población según este tipo de función. Existen el método aritmético, método geométrico, método parabólico y método exponencial modificado (Contreras, 2018). Cada proyectista deberá elegir el método que más se ajuste a las condiciones de crecimiento de población. El método geométrico es utilizado en diversos estudios en el Perú y hace uso de la siguiente ecuación:

$$Pf = Po ( 1 + r )^t$$

Donde:

Pf : Población futura

Po : Población actual

r : Coeficiente de crecimiento anual

t : Tiempo en años

El coeficiente de crecimiento anual se obtiene realizando los comparativos históricos de la población, haciendo las combinaciones de los datos obtenidos en los censos elaborados por el INEI en la localidad de investigación, en caso de no existir se toma como referencia la información del distrito donde se realizará el estudio. Los datos de la **población servida** se recogen de la entidad que presta dicho servicio sea entidad prestadora de servicios (EPS), municipalidad o juntas comunales rurales (JASS) en pequeñas localidades rurales.

El **caudal medio diario** ( $Q_m$ ) se fija en base a estudios técnicos que el investigador debe justificar y sustentar. En caso de no tener información sobre el consumo se recomienda asumir los datos de dotación de acuerdo a la tabla siguiente:

**Tabla 2**

*Dotación de agua por tipo de habilitación*

Tipo de habilitación	Dotación (lts/hab/día)	
	Climas fríos	Climas templados
Zonas urbanas lotes mayores a 90 m <sup>2</sup>	180	220
Zonas urbanas lotes menores a 90 m <sup>2</sup>	120	150
Piletas o camiones cisterna	30-50	30-50
Zonas rurales con arrastre hidráulico - costa		90
Zonas rurales con arrastre hidráulico – sierra		80
Zonas rurales con arrastre hidráulico - selva		100

*Nota.* Los datos muestran los valores de dotación por cada tipo de habilitación urbana. Adaptado de Contreras (2018).

La ecuación para el cálculo de este parámetro es la siguiente:

$$Q_m = \frac{P_f \times \text{Dot.}}{86400} \times \% \text{ Ctr}$$

Donde:

$P_f$  : Población futura

$\text{Dot.}$  : Dotación (establecida en tabla 2)

$\text{Ctr}$  : Contribución (factor de retorno 80%)

Para obtener el caudal máximo diario y el caudal máximo horario se aplican las siguientes ecuaciones:

$$Q_{md} = k_1 \times Q_m$$

$$Q_{mh} = k_2 \times Q_m$$

Donde:

$Q_{md}$  : Caudal máximo diario

$Q_{mh}$  : Caudal máximo horario

$K_1$  : Coeficiente (1.3 en zonas urbanas y rurales)

$K_2$  : Coeficiente (1.8-2.5 en zonas urbanas y 1.5 en zonas rurales)

$Q_m$  : Caudal medio diario

Para el **diseño hidráulico** de la fase preliminar o pre tratamiento que incluyen una cámara de cribado para separar los sólidos gruesos requieren que las barras de acero que forman parte del sistema se coloquen horizontalmente con respecto al canal y se separen entre 1 cm a 5 cm y colocados en ángulos de 30 ° y 60 ° en relación a la distancia horizontal, con el objeto de realizar la limpieza manual con facilidad. En sistemas con caudales de hasta 50 L/s es recomendable rejillas de limpieza manual y se recomienda, asimismo, aberturas de 2 a 5 cm.

Las barras de la cámara de rejillas tienen sección rectangular de 0.5 a 1.5 cm de espesor por 3 a 7.5 cm de ancho. El tamaño depende tanto del largo de los elementos como del accionamiento para realizar la limpieza. Las rejillas gruesas van hasta 7.5 cm, y los sistemas pequeños tienen barras con una sección transversal mínima de hasta 4 cm. La velocidad recomendada para barras limpias que cumplen con la Norma OS.090 es un mínimo de 0.6 m/s y un máximo de 0.75 m/s. Estos valores están basados en el caudal máximo horario. Karl Imhoff recomienda un mínimo de 0.6m/s. Las velocidades en el canal deben mantenerse en 0.3 m/s (Contreras, 2018).

El desarenador tiene como objeto la retención de gravas y arenas para que no dañen los equipos que forman parte de la siguiente fase de tratamiento. El **diseño** del desarenador debe buscar una velocidad constante del agua residual, para ello, debe contar con una pendiente uniforme y tener una sección de control de forma rectangular; se deben diseñar dos desarenadores en paralelo que sirvan para la operación y mantenimiento del sistema (Contreras, 2018).

**Tabla 3**

**Cálculos para el diseño de cámara de rejas**

<b>CALCULO DE DEMANDA</b>			
<b>DATOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UND</b>	<b>PROCESO DE CÁLCULO</b>
Caudal Máximo Horario	$Q_{mh} =$	$lps$	
Caudal por Infiltración	$Q_{inf} =$	$lps$	$Q_d = Q_{mh} + Q_{inf} + Q_{ce}$
Caudal por conexiones erradas	$Q_{ce} =$	$lps$	
Caudal de Diseño	$Q_d =$	$lps$	$Q_{max} = K_{max} \times Q_p$
Constante Mínimo	$K_{min} =$		$Q_{min} = K_{min} \times Q_p$

<b>CALCULO DE BARRAS</b>			
<b>DATOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UND</b>	<b>PROCESO DE CÁLCULO</b>
Número de canales	$N_c =$	$und$	rejas funcionando alternadamente pa
Caudal Máximo	$Q_{max} =$	$lps$	$Q_{max\ u} = Q_{max}/N$
Caudal Mínimo	$Q_{min} =$	$lps$	$Q_{min\ u} = Q_{min}/N$
Espesor de las Barras	$e =$	$pulg$	$E = \frac{a}{(a+e)}$
Espaciamiento entre Barras	$a =$	$pulg$	
Ancho de las barras	$br =$	$pulg$	
Velocidad entre barras	$V_r =$	$m/s$	$A_u = (Q_{max}/V_r)/1000$ $Ac = A_u/E$

<b>CALCULO DEL CANAL DE REJAS / CRIBAS</b>			
<b>DATOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UND</b>	<b>PROCESO DE CÁLCULO</b>
Ancho del canal	$B =$	$m$	$Y_{max} = Ac/B$
Coef. Rugosidad del Canal	$n =$		$R_H = Ac/P_m = Ac/(2Y+B)$
Velocidad	Correcta		$S = (Q_{max} * n / (Ac * R_H^{2/3}))^2$ $V_c = Q_{max}/Ac$ $R = Q_{min} * n / (S^{1/2} B^{8/3})$
De la Tabla para el $Y_{min}$	$Y/B =$		$Y_{min} = 0.093 * B$ $A_{min} = B * Y_{min}$ $V_{min} = Q_{min}/A_{min}$ $N = (B-a)/(e+a)$
Velocidad	Correcta		

<b>PERDIDA DE CARGA EN LAS REJAS</b>			
<b>DATOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UND</b>	<b>PROCESO DE CÁLCULO</b>
Según Kirshner (Rejas Limpias)			
Velocidad Máxima en la rejilla	$V_r =$	$m/s$	$h_v = \frac{V^2}{2g}$
Gravedad	$g =$	$m/s^2$	
Forma de Barra			$H_r = \beta \left(\frac{e}{a}\right)^{4/3} h_v \cdot \text{sen}\theta$
Factor forma	$\beta =$		
separación entre barrotes	$a =$	$pulg$	
Diámetro de Barrote	$e =$	$pulg$	
inclinación de las barras	$\theta =$	$^\circ$	
Según Metcalf-Eddy (Rejas Obstruidas)			
Velocidad Máxima en la rejilla	$V =$	$m/s$	$V' = V/t$
Obstrucción en las rejas	$t =$		
Gravedad	$g =$	$m/s^2$	$H_f = \left[ \frac{(V'^2 - V^2)}{2g} \right] / 0.7$
Pérdida de carga elegida			

Nota. En la tabla 3 se muestran los procesos para el cálculo de la demanda, de barras y del canal de rejas/cribas. Adaptado de Contreras (2018).

**Tabla 4**

Procesos de cálculo para diseño de cámara de rejas

CALCULO DE LA ALTURA DE LA REJA			
DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO
Tirante Máximo	Y =	m	H=Y+BL
Borde Libre	BL =	m	

CALCULO DE LA LONGITUD DE LA REJA			
DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO
Altura de la reja	B =	m	L =H/senϑ
Inclinación de las barras	ϑ =	°	P H=H/tagϑ

ZONA DE TRANSICIÓN			
DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO
Pendiente del Emisor	S' =	‰	$\theta = 2arc \cos \left( 1 - \frac{2h}{D} \right)$
Caudal Máximo Emisor	Qmxu =	m <sup>3</sup> /S	
Relación Max Y/D	Y/D=		$D = \sqrt[2]{\left( \frac{Q * n}{S^{1/2}} \right)^3 * \frac{2^{13} * \theta^2}{(\theta - sen\theta)^5}}$
Coef. Rugosidad Emisor	n=		
Angulo de zona de transición	φ =	°sexg	L' = (B-Dc)/(2*tanφ)
Ancho cribado	B =	m	
De la Tabla	Y/D=		R <sub>1</sub> = Qmxu * n / (S <sup>1/2</sup> Dc <sup>8/3</sup> )
Tensión Tractiva Correcta			Y1 =0.515 *Dc A1 =k *Dc <sup>2</sup> RH1 =A1 /P M1 T1 =S' * RH1 V1 = Qmx u /A 1 H1 =0.1(V1 -Vc) <sup>2</sup> /2g
Caudal Mínimo Emisor	Qminu =	m <sup>3</sup> /s	R <sub>2</sub> = Qminu * n / (S <sup>1/2</sup> Dc <sup>8/3</sup> )
Diámetro del Emisor	Dc =	m	
De la Tabla	Y/D=		Y2 =0.174 *Dc A2 =k *Dc <sup>2</sup> V2 =Qmin u /A 2 RH2 =A 2 /P M2 T2 =S' * RH2

MATERIAL CRIBADO			
DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO
Caudal Máximo	Qmh =	m <sup>3</sup> /s	M <sub>tc</sub> = Qmh * Mc * 86400
Abertura/Espaciamento	Y/D=	pulg mm	
Materia Cribado / Caudal	Mc =	L/m <sup>3</sup>	

CALCULO DEL VERTEDERO DE SALIDA			
DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO
Caudal Máximo	Qmh =	m <sup>3</sup> /s	Hv =(Q/(1.838 *B)) <sup>2/3</sup>
Ancho del canal	B =	m	

Nota. En la tabla 4 se muestran los procesos para el cálculo para la cámara de rejas. Adaptado de Contreras (2018).

**Tabla 5**

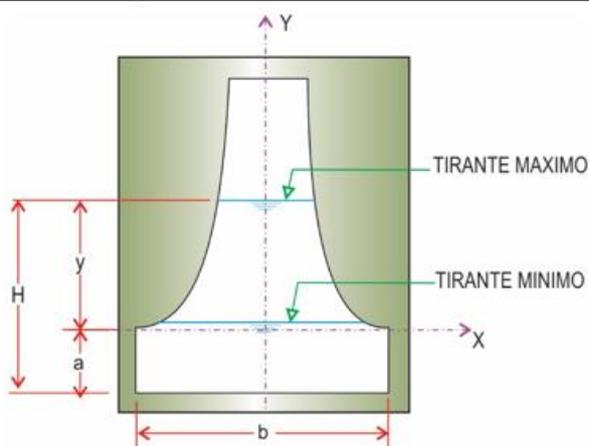
Procesos de cálculo para el diseño de desarenador

**CALCULO DE DEMANDA**

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO
Caudal Máximo Horario	$Q_{mh} =$	lps	
Caudal por Infiltración	$Q_{inf} =$	lps	$Q_d = Q_{mh} + Q_{inf} + Q_{ce}$
Caudal por conexiones erradas	$Q_{ce} =$	lps	
Caudal de Diseño	$Q_d =$	lps	$Q_{max} = K_{max} \times Q_p$
Constante Mínimo	$K_{min} =$		$Q_{min} = K_{min} \times Q_p$

**SECCION RECTANGULAR CONTROLADO POR VERTEDERO SUTRO**

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO
Caudal Máximo Unitario	$Q_{max\ u} =$	$m^3/s$	
Caudal Mínimo Unitario	$Q_{min\ u} =$	$m^3/s$	$Q = 2.74\sqrt{ab}\left(H - \frac{a}{3}\right)$
altura mínima	$a =$	m	



**LONGITUD DEL DESARENADOR**

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO
Altura de agua	$H =$	m	$L = 25 \times H$
Por Norma se adiciona 25% como mínimo a la entrada y a la salida del desarenador			
Coef. Rugosidad	$n =$		$L_r = 25\% \times L_d$

**ANCHO DEL DESARENADOR**

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO
Caudal Máximo	$Q_{max} =$	$m^3/s$	
Altura de agua	$H =$	m	$A = Q_{max} / (V.H)$
Velocidad Horizontal	$V =$	m/s	

Nota. En la tabla 5 se muestran los procesos de cálculo para el diseño del desarenador como tratamiento preliminar. Adaptado de Contreras (2018).

Como tratamiento primario, en diferentes investigaciones se ha comprobado que se han ejecutado humedales construidos de tipo sub superficial y flujo vertical porque son eficaces para eliminar contaminantes presentes en el agua servida. Las consideraciones de **diseño hidráulico** para la construcción de estos humedales han sido establecidas por Lara y Vera (2005), y se ha calculado buscando eficiencias de remoción de la DBO<sub>5</sub>.

**Tabla 6**

*Ecuación de diseño para humedal sub superficial horizontal y vertical*

<b>Autor / referencia</b>	<b>Remoción de DBO<sub>5</sub></b>
Reed et al	$As = \frac{Q (\ln Co - \ln Ce)}{Kt * y * n}$

*Nota:* Fórmula para el diseño hidráulico de humedal construido sub superficial de tipo vertical. Adaptado de Espinosa (2014)

Donde:

In Ce: Concentración de DBO, N, P Y SST en el ingreso, (mg/L)

In Co: Concentración de DBO, N, P Y SST en la salida (mg/L)

As: Área superficial del humedal, (m<sup>2</sup>)

Kt: Constante de la temperatura, (d<sup>-1</sup>)

n=e: Porosidad (0.65 a 0.75)

y: Profundidad promedio del sistema, (m)

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/d)

Cálculo de K<sub>T</sub> según Reed et al.

$$K_{20} = 1,104 \text{ d}^{-1}$$

$$K_T = K_{20} (1,06)^{T-20} \text{ (remoción de DBO}_5\text{)}$$

$$K_T = 1,104 (1,06)^{T-20}$$

**Tabla 7**

*Características del sustrato para modelos de flujo sub superficial*

Tipo de medio	Tamaño del grano, mm	Porosidad (η)	Conductividad hidráulica (K <sub>s</sub> ), m/d	K <sub>20</sub>
Arena media	1	0,42	420	1,84
Arena gruesa	2	0,39	480	1,35
Gravilla arenosa	8	0,35	500	0,86

*Nota:* Valores para los sustratos del medio en humedal sub superficial de flujo vertical.

Adaptado de Espinosa (2014).

Un factor importante para un rendimiento hidráulico óptimo tiene que ver con la dimensión del ancho del humedal, la configuración de la salida, las condiciones de ingreso al sistema y la física del flujo (Vasiliki y Pearson, 2018). El tiempo necesario de retención hidráulico junto con el volumen, área, el medio del sustrato y la profundidad del agua afectan directamente la hidráulica del humedal y son fundamentales para la eliminación de contaminantes (Saeid E., Saeid, O. y Faezeh, 2019).

En relación a los parámetros del **diseño estructural**, esta investigación tiene en consideración las normas de diseño y construcción determinadas en el RNE, referidas a los suelos y cimentaciones, cargas, diseño sísmo resistente, concreto armado, así como el diseño sísmico de estructuras contenedoras de líquidos.

Para la implementación se debe contar, adicionalmente, con la información de los parámetros geotécnicos, así como la indicación de los diferentes componentes a construir para determinar las cargas sísmicas, las cargas de viento, fluido y presión, cargas muertas y vivas.

El análisis sísmico debe seguir, asimismo, las indicaciones de la norma diseño sísmico de estructuras contenedoras de líquidos. Este cuerpo técnico define tanto a la masa impulsiva ( $W_i$ ) como a la masa conectiva; la primera es aquella que, durante la sollicitación sísmica hace las veces de la masa compuesta por agua que no se mueve y la segunda es aquella se mueve en forma dispersa, haciendo las veces de chapoteo sobre los muros de los tanques y tiene un periodo de vibración distinto al que experimentan las estructuras y la masa impulsiva (Resnick, 2021).

De igual modo, se debe analizar la fuerza generada por el empuje de la tierra, a efectos de considerar las presiones que ejercen los suelos sobre muros de contención y estructuras durante un movimiento sísmico. Finalmente, de las combinaciones de carga se procede a calcular las estructuras de los componentes, considerando los límites de desplazamientos para obtener la rigidez adecuada. Las cuantías geométricas de las armaduras deben minimizarse para evitar la posibilidad de agrietamiento por contracción o cambios de temperatura.

Los mecanismos para obtener agua residual con mejor calidad incluyen la sedimentación de partículas en suspensión en una cuenca poco profunda y con sustrato seleccionado (tierra o grava) y con una vegetación que soporta condiciones de saturación; la selección del humedal artificial estará sujeta a las condiciones ambientales de cada localidad (Omondi y Navalía, 2019).

El humedal representa una tecnología ecológica no convencional y ha demostrado eficiencia en mejorar las condiciones del agua depurada, sin embargo, su aplicación práctica en la ingeniería, presenta aún aspectos que corregir como, el tipo de matriz, el tamaño de las gravas, el tipo y configuración de la planta y el modo de entrada de agua frecuentes a fin de evitar obstrucciones, y que el rendimiento del humedal durante su vida útil no altere el efecto de purificación diseñado (Mao y Huang, 2019).

En el Perú la norma técnica aprobada en la RM N° 192-2018-VIVIENDA que modificó la RM N° 173-2016- VIVIENDA incorporó desde el año 2018 a los humedales, haciendo las veces de un tratamiento terciario en sistemas domésticos ubicados en comunidades rurales.

Como **teorías relacionadas** a la reutilización de aguas depuradas tenemos que, para este reuso es importante el cumplimiento de las herramientas legislativas en relación a la estandarización de la calidad de las aguas servidas tratadas para proteger las aguas superficiales y reducir la eutrofización. (Preisner, Neverova-Dziopak y Kowalewski, 2020).

La producción de aguas residuales representa el 60% del total de las aguas y su reutilización permite reducir el uso de agua potable en necesidades no potables, como el regadío de vegetales de tallo alto (Martínez, 2019), en tal sentido es de estricto cumplimiento la aplicación de los valores aprobados por el MINAM del ambiente del Perú. El organismo regulador ha establecido valores para medir la calidad de las aguas que se utilizan, entre otros, para las actividades descritas en el siguiente detalle:

**Tabla 8**

*Estándares de calidad ambiental para reúso de agua residual doméstica en riego de vegetales o bebida de animales.*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>D1: Riego de vegetales</b>	<b>D2: Bebida de animales</b>
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0.1	0.1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2500	5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15	15
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.2	0.5
Fenoles	mg/L	0.002	0.01
Fluoruros	mg/L	1	**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100	100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10	10
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	> 4	> 5
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5-8.5	6.5-8.4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1000/2000	1000

*Nota:* Adaptado del decreto supremo N° 004-2017-MINAM

Oteng-Peprah, Agbesi Acheampong y Devries (2018) definen las aguas residuales como aquellas aguas residuales que tienen contribución de los aparatos de los servicios higiénicos como el inodoro y el urinario, es decir reciben desechos fisiológicos y se les considera agua residual de una alto volumen y una alta concentración de contaminantes, por ello tienen un alto potencial de reutilización.

Lara señala que, los sistemas no convencionales, naturales o extensivos como los humedales artificiales cumplen con retener sobre la superficie del suelo los contaminantes y buscan mejorar las distintas fases de tratamiento de las aguas

servidas con un nulo o bajo gasto de energía eléctrica y, además con un bajo costo de operación y mantenimiento (Delgadillo et al, 2010, p. 38).

Elzein, Abdou y ElGawad (2016) señalan que el humedal artificial es un método sostenible para tratar aguas servidas en comunidades urbanas y rurales, y tiene como beneficio la reutilización del agua no potable para actividades que requieran agua no potable. Para Kassa (2019), “los humedales se utilizan como soluciones innovadoras y emergentes para la restauración del medio ambiente” (p. 121).

El humedal representa un método económico y simple, pero con una alta tasa de efectividad para tratar aguas servidas y es una opción que se presenta como alternativa para obtener el reciclaje de agua como riego (Yaqian, Bin, Ranbin, Baiming y Ting, 2020).

Los humedales tienen bajos costos operativos y de mantenimiento, tienen una eficiencia energética y son ideales para comunidades rurales que cuenten con grandes extensiones de terreno, debido a que es un sistema sostenible y sus procesos se definen como naturales, pudiendo reutilizarse el agua tratada en fines agrícolas (Thalla, Devatha, Anagh y Sony, 2019).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de la investigación

**Tipo de investigación.** Valderrama (2015), sostiene que la investigación aplicada se centra en la resolución de problemas más que en la construcción de teorías, aplica las teorías existentes a los estándares técnicos y la generación de procesos, y tiene como objetivo controlar situaciones o procesos de la vida real.

Por lo mencionado el presente trabajo de investigación es de tipo aplicada.

**Diseño de investigación.** Vara (2015), señala que los estudios descriptivos transversales son estudios observacionales que analizan datos variables recopilados durante un período de tiempo en una muestra de población previamente delimitada. Para lograr los objetivos planteados, la presente investigación utilizó el diseño descriptivo transversal no experimental.

#### 3.2 Variables y operacionalización

##### a. Variable independiente

Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales

##### Dimensión 1:

- Componentes de diseño:

##### Indicadores:

- Tratamiento preliminar
- Cámara de distribución
- Tratamiento primario
- Zona de amortiguación

##### Dimensión 2:

- Diseño hidráulico:

##### Indicadores:

- Caudal de diseño
- Cargas de diseño hidráulico
- Área superficial
- Relación largo: ancho

- Profundidad
- Perfil hidráulico
- Tiempo de retención hidráulico.

**Dimensión 3:**

- Diseño estructural

**Indicadores:**

- Cargas de diseño
- Nivel freático
- Datos geotécnicos
- Datos geológicos

**Dimensión 4:**

- Costo

**Indicadores:**

- Valor referencial

**b. Variable dependiente (Y)**

Y: Reutilización de aguas grises depuradas

**Dimensión 1:**

- Impacto ambiental

**Indicador**

- Porcentaje de eficiencia de remoción de  $\text{DBO}_5$

## Matriz de operacionalización de variables

Título de la tesis: “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en el sector Linderos - Morropon – Piura, 2021”

**Tabla 9**

*Definición operativa de variable e indicadores*

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
X.: DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Las plantas de tratamiento de aguas residuales son un conjunto de procesos que se utilizan para depurar los contaminantes presentes en las aguas residuales hasta lograr un nivel que permita su reúso. El dimensionamiento hidráulico, sus características estructurales y el costo dependen de la calidad requerida para su disposición final (Espinosa, 2014).	Las plantas de tratamiento de aguas residuales depuran los contaminantes, mediante procesos a través de distintos componentes cuyos componentes, diseño hidráulico como el caudal de diseño, área superficial, tiempo de retención hidráulico, y cargas hidráulicas; así como el diseño estructural y costos están relacionadas al tipo de efluente a obtener. Los datos para el diseño se obtienen en una ficha de recolección de datos.	Componentes de diseño	Tratamiento preliminar Cámara de distribución Tratamiento primario Zona de amortiguamiento	Ficha de recolección de datos	Razón
			Diseño hidráulico	Caudal de diseño		Razón
				Cargas de diseño hidráulica		Razón
				Área superficial		Razón
				Relación ancho:largo		Razón
				Profundidad		Razón
				Perfil hidráulico		Razón
				Tiempo de retención hidráulico		Razón
			Diseño estructural	Cargas de diseño		Razón
				Nivel freático		Razón
	Datos geológicos	Razón				
	Datos geotécnicos	Razón				
	Costos	Valor referencial	Razón			
Y.: REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS	La reutilización de aguas depuradas es una solución ambiental y económica que sirve para el ahorro y uso eficiente del agua regenerada en un uso beneficioso (Vidal y Hornazábal, 2018).	La reutilización de aguas depuradas es una solución ambiental que se mide con la eficiencia de remoción de contaminantes y cuyos datos se obtiene con una ficha de recolección.	Impacto ambiental	Porcentaje de eficiencia de remoción de DBO <sub>5</sub>	Ficha de recolección de datos	Nominal
						Nominal
						Nominal

Nota. Elaboración propia

### 3.3 Población, muestra y muestreo

La población es el conjunto de todos los casos que tienen en común una serie de especificaciones. La población debe situarse claramente por sus características de contenido, lugar y tiempo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

En el presente estudio de investigación la población estuvo conformada por las aguas residuales generadas en las viviendas rurales del sector Linderos ubicadas en el distrito de Buenos Aires – Morropón – Piura. La delimitación de la población siguió los criterios de inclusión y exclusión, recomendados por Vara (2015) y fueron:

**Tabla 10**

*Criterios de inclusión y exclusión de la población*

Descripción	Criterios de inclusión y exclusión
- Tipo de aguas residuales	Doméstica
- Comunidad	Rural menor a 500 hab.
- Tipo de vivienda	Vivienda rural
- Ubicación	Sector Linderos del Distrito de Buenos Aires – Morropón – Piura.
- Período	Año 2021

*Nota.* Elaboración propia

**Muestra.** La muestra es un subconjunto de la población. Es representativo porque refleja fielmente las características de la población de estudio (Valderrama, 2015).

La muestra en la presente investigación fue el agua residual generada en las viviendas rurales del sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón en la región Piura.

**Muestreo.** Se hizo uso del muestreo intencional orientado por las características de la investigación.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas para la recolección de datos fueron:

**Fuentes primarias:**

La observación. Se empleó esta técnica que consistió en observar atentamente el caso, se tomó información del estudio y se registró para su posterior análisis (Vara, 2015).

Técnica específica propia de la disciplina. Se siguió el protocolo de monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú.

### **Fuentes secundarias**

Datos secundarios. Implicó la revisión de documentos e investigaciones experimentales sobre la variable independiente, que gocen de suficiente nivel de pertinencia, objetividad, validez y confiabilidad; asimismo, en donde se hayan obtenido resultados eficientes en el tratamiento de aguas servidas (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Técnica del análisis documental. Se procedió a revisar las experiencias de plantas de tratamiento construidas con sistemas no convencionales en comunidades rurales con baja densidad poblacional en Europa. Que se encuentren en funcionamiento y que hayan tenido alta eficiencia en remoción de contaminantes. Se analizaron los planos de obra, los costos de construcción y operación. Asimismo, se analizaron los componentes del sistema y los cálculos de diseño hidráulico y estructural establecidos para el diseño de plantas de tratamiento.

Los instrumentos para la recolección de datos fueron:

#### **Para la variable independiente**

- a. Fichas de recolección de datos que se derivó de la revisión de datos secundarios, como investigaciones experimentales a través de la selección de unidades de análisis que sirvieron para establecer los parámetros de diseño.

#### **Para la variable dependiente**

- a. Fichas de reporte de datos.

### **3.5 Procedimientos**

El procedimiento para procesar de datos se llevó a cabo de la siguiente manera:

1. La consistencia de datos.
2. La clasificación de la información.
3. La tabulación de datos.

Para el diseño del sistema de tratamiento y sus componentes se evaluó la ubicación más estratégica dentro de la comunidad a través de inspecciones en campo, se determinó la idoneidad del terreno que fue proporcionado por la comunidad para implementar las opciones de tratamiento, con dicha información se elaboró una matriz para comparar las opciones de manera técnica, financiera y organizacional.

Se definió la población de diseño y se determinó cual sería el punto de disposición final de los efluentes, así como la definición de los costos de operación y mantenimiento a largo plazo por parte de la comunidad del sector Linderos. Finalmente se elaboró un valor referencial de los costos de la implementación del diseño de la planta de tratamiento.

### **3.6 Método de análisis de datos**

En la presente investigación se analizaron los datos obtenidos en campo, como la información topográfica, el estudio de tipo de suelos y la caracterización del agua residual.

### **3.7 Aspectos éticos**

Esta investigación se ha desarrollado con el objeto de presentar soluciones al deficiente tratamiento de aguas grises domésticas revisando cada fuente nacional e internacional. Los ensayos han cumplido con la normativa nacional del Perú sobre tratamiento de efluentes.

Se ha protegido a las personas que han participado de la investigación y a la comunidad del sector Linderos de la mala disposición de aguas grises domésticas durante la investigación.

Los principios éticos aplicados en esta investigación son la beneficencia y la justicia. Así también, en la presente investigación se expuso a los habitantes de la vivienda donde se aplicó el tratamiento sólo en momentos estrictamente necesarios para cumplir con los objetivos de la investigación.

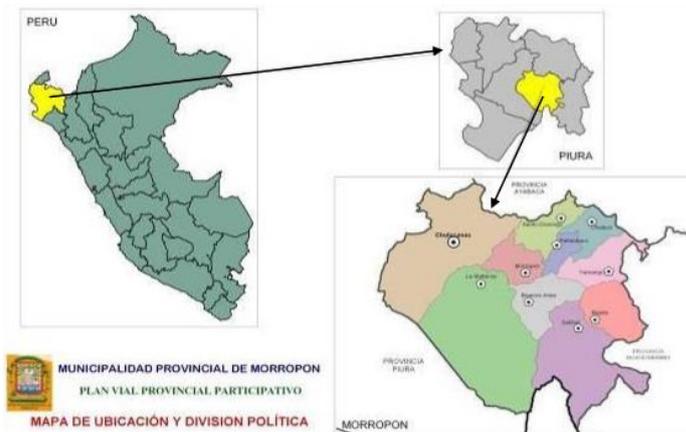
## IV. RESULTADOS

### Descripción de la zona de trabajo y resultados

La zona de trabajo denominada Sector Linderos se ubica en el distrito de Buenos Aires de la provincia de Morropón en la región Piura.

**Figura 6**

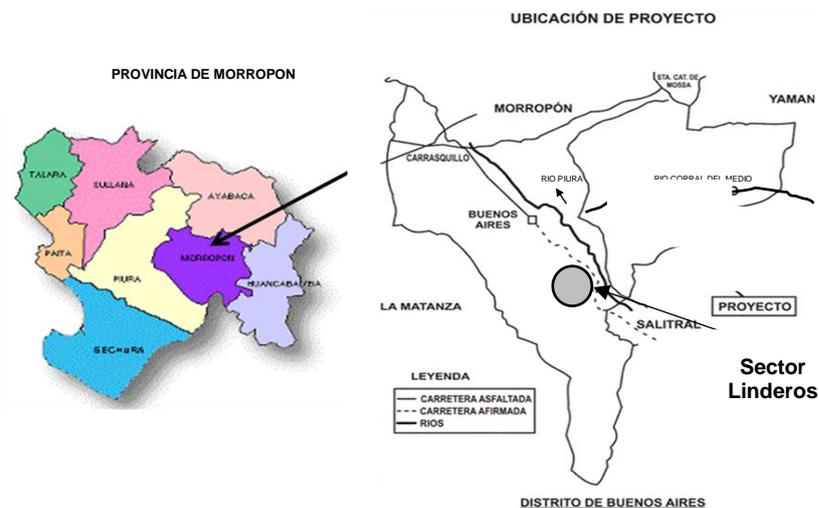
*Localización del ámbito de estudio.*



*Nota.* Imagen tomada del portal web de la municipalidad provincial de Morropón

**Figura 7**

*Localización del estudio en el distrito de Buenos Aires*



*Nota.* Imagen tomada del portal web de la municipalidad provincial de Morropón

La vía de acceso al sector Linderos es la carretera Piura – Huancabamba a 7 kilómetros de distancia de la plaza principal del distrito de Buenos Aires en la provincia de Morropón en la región Piura. La localidad de investigación presenta un clima tropical que varía entre 14°C y 35°C y durante los meses de diciembre a marzo se presentan lluvias de regular a fuerte intensidad no obstante durante algunos periodos se experimentan sequías. El sector Linderos se ubica a 160 m,s.n.m. y la topografía es irregular con pendientes fuertes y de forma irregular en la superficie del suelo. La planta de tratamiento se ubica en la parte baja del sector Linderos a una distancia de 250 metros del mismo sector y a 425 metros de distancia del cauce del río Piura.

### Figura 8

*Imagen satelital de ubicación de planta de tratamiento*



*Nota.* En la figura 10 se observa en la imagen satelital la ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales en el sector Linderos. Para la ubicación se ha considerado los planes de desarrollo urbano y agrícola del distrito de Buenos Aires, asimismo se ha determinado la ubicación fuera de cauces sujetos a torrentes y avenidas. Asimismo, se ha tomado en cuenta la distancia al centro poblado de 150 m en concordancia a lo indicado en la OS.090. La zona de amortiguamiento donde se reutilizará el agua depurada cumple las veces de zona de protección ambiental.

## Resultados del agua residual a tratar

Como resultados de la calidad del agua residual de la localidad de investigación, se ha hecho uso de los análisis efectuados por la JASS (Junta administradora de servicios de saneamiento) del comité de desarrollo del sector Linderos.

**Tabla 11**

*Resultados del análisis físico, químico y biológico del agua residual a tratar*

TOMA DE MUESTRA DE AGUA RESIDUAL				
Nº	Parámetro	Unidad	Resultado	Valores establecidos en el D.S.04-2017-MINAM para reuso
1	DBO <sub>5</sub>	mg/L	248	15
2	DQO	mg/L	552	40
3	pH	pH	8	6.5-8.5
4	Tº	ºC	22	Δ 3
5	Grasas y aceites	mg /L	54.20	5
6	Sólidos suspendidos totales	mg/L	390	150
7	Coliformes fecales	NMP/100ml	16 x 10 <sup>6</sup>	1000

*Nota.* Los datos de la tabla muestran que los valores del agua residual exceden a los valores establecidos en el decreto supremo N° 04-2017-MINAM que regula los estándares de calidad ambiental del agua a reutilizar.

Para el caso de reutilización del agua residual el valor del límite máximo permisible de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es 15 mg/L, por tanto, con un ingreso de 248 mg/L el porcentaje de remoción de la planta de tratamiento debe tener un 94% de la DBO<sub>5</sub>.

### 4.1 Resultados del objetivo específico 1

El objetivo específico 1 de la investigación fue describir las características de los componentes del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.

La propuesta del diseño de la planta de tratamiento en la comunidad rural del Sector Linderos para reutilización tuvo cuatro componentes. La selección del tipo de planta

de tratamiento se realizó mediante la revisión de los sistemas utilizados en comunidades con similares condiciones de clima y población que la localidad de investigación que hayan tenido una alta eficiencia de remoción de contaminantes de las aguas residuales, con un bajo o nulo costo energético, bajos costos de operación y mantenimiento y con tecnología no convencional. A continuación, se tiene la matriz de dos plantas de tratamiento construidas en comunidades rurales con baja población en los países de Francia y México.

**Tabla 12**

*Componentes de diseño de la planta de tratamiento en unidades investigadas*

<b>Descripción</b>	<b>Comunidad de PuyCelsi – Tàmaris – Francia.</b>	<b>Comunidad de Matamoros – México.</b>
Clima	Templado (26 <sup>a</sup> C max)	Cálido (32 <sup>a</sup> C max)
Habitantes	200 hab eq	250 hab eq
<b>Componentes</b>		
Tratamiento preliminar	Cámara de rejillas	Cámara de desbastes
Cámara de distribución	Tanque pendular	Tanque de alimentación
Tratamiento primario	Humedal sub superficial de tipo vertical	Humedal sub superficial de tipo vertical
Tratamiento secundario	Zanja de infiltración	Estratificación de material filtrante
Amortiguamiento	zona de amortiguamiento	Balsa de fitodepuración
Eficiencia de remoción de DBO <sub>5</sub>	94%	98%

*Nota.* Tipos de componentes de dos plantas de tratamiento construidos en Francia y México con porcentajes de remoción de 94% y 98% de DBO<sub>5</sub>.

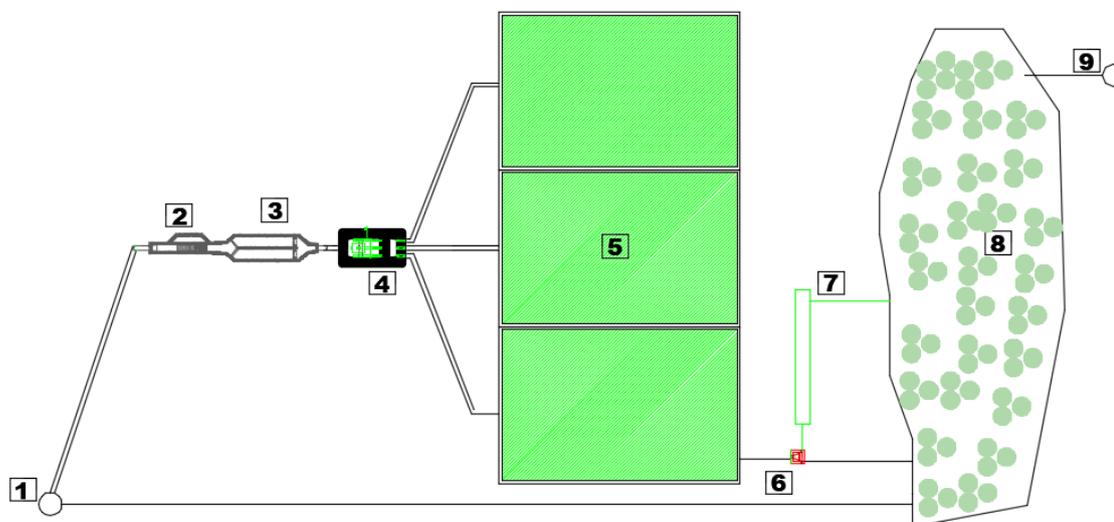
Con la información de los desempeños de las plantas de tratamiento analizadas, se elaboró el planteamiento general de la planta de tratamiento en la localidad de investigación. El diseño de la planta buscó lograr una reducción del 94% de la DBO<sub>5</sub>, de modo tal que los contaminantes presentes en el agua residual se reduzcan y el agua depurada pueda reutilizarse en actividades de riego de vegetales de tallo alto como la caña de guayaquil.

Se seleccionó la localización de la planta y con el estudio topográfico y geotécnico se pre dimensionaron los componentes: Cámara de rejillas y desarenador; cámara

de distribución; lecho de humedal de flujo subsuperficial tipo vertical; zanja de infiltración y zona de amortiguamiento con el siguiente esquema:

### Figura 9

*Esquema de los componentes del diseño de la planta de tratamiento en sector Linderos*

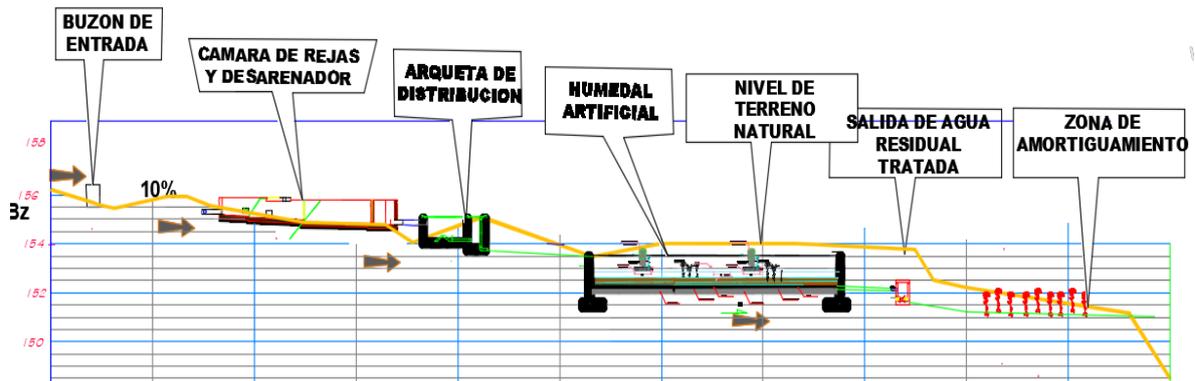


*Nota.* En la figura 9 se observan los componentes de la planta de tratamiento: (1) buzón de entrada; (2) cámara de rejillas; (3) desarenador; (4) cámara de distribución con tanque pendular; (5) lecho de humedal de flujo sub superficial tipo vertical; (6) caja de distribución; (7) zanja de infiltración; (8) zona de amortiguamiento para reutilización en siembra de caña de guayaquil y (9) buzón de salida.

Se realizaron los estudios geológicos y geotécnicos de la zona donde se ubicó la planta de tratamiento. Los estudios de mecánica de suelos fueron requeridos para los diseños de cimentación de los diferentes componentes, para el diseño de los lechos del humedal sub superficial de flujo vertical. Así también, con la información topográfica del terreno, y con las secciones del terreno se procedió a diseñar el perfil hidráulico de la planta de tratamiento, previendo que el nivel de terreno permita la operación del sistema prescindiendo de equipos mecánicos, por tanto, del suministro de energía eléctrica. Las diferencias de altura entre los distintos componentes permitieron el uso de un tanque pendular que funcionó como un sifón autocebante para alimentar de manera intermitente los tres lechos de humedal sub superficial de tipo vertical.

**Figura 10**

*Perfil hidráulico de la planta de tratamiento de aguas residuales en sector Linderos*



*Nota.* En la figura 10 se observan el perfil hidráulico de la planta de tratamiento con los diferentes componentes del diseño: (1) buzón de entrada; (2) cámara de rejillas; (3) desarenador; (4) cámara de distribución con tanque pendular; (5) lecho de humedal de flujo sub superficial tipo vertical; (6) caja de distribución; (7) zanja de infiltración; y (8) zona de amortiguamiento para reutilización en siembra de caña de guayaquil.

**Figura 11**

*Vista en 3D de los componentes de la planta de tratamiento*



*Nota.* En la figura 11 se observan los tres lechos de humedal de flujo sub superficial tipo vertical.

**Figura 12**

*Vista de ingreso de aguas residuales*



*Nota.* En la figura8 se observan el ingreso en el tratamiento preliminar y la zona de amortiguamiento para reutilización en siembra de caña de guayaquil

## **4.2 Resultados del objetivo específico 2**

El objetivo específico 2 de la investigación fue describir las características del diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.

Se realizó el cálculo del volumen de agua residual generada en el sector Linderos, con la estimación de la **población futura** utilizando los métodos aritmético y geométrico. Se calculó el coeficiente de crecimiento anual “r” con los valores de los censos nacionales de 1993, 2007 y 2017 del distrito de Buenos Aires, ya que no existen datos censales del sector Linderos.

### **A. Cálculo de población y caudal de diseño**

#### **A.1 Cálculo de coeficiente de crecimiento anual**

$$r = \left( \frac{P_f}{P_0} \right)^{\frac{1}{t_f - t_0}} - 1 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

r : Coeficiente de crecimiento anual

Pf : Población futura (censo 2007: 8753 habitantes)  
 Po : Población actual (censo 2017: 9410 habitantes)  
 t : Tiempo en años

$$r = \left(\frac{9410}{8753}\right)^{\frac{1}{10}} - 1$$

$$r = 1.0756^{0.1} - 1$$

$$r = 0.01$$

## A.2 Cálculo de población actual del sector Linderos

$$Pa = N^{\circ} \text{ lotes } \times \text{ dens (Ecuación 2)}$$

Donde:

Pa : Población actual

Dens. : Densidad de 5 habitantes por lote según RNE

$$Pa = 50 \times 5$$

$$Pa = 250 \text{ habitantes}$$

## A.3 Cálculo de población futura

Se calculó utilizando la comparación de dos métodos con las siguientes ecuaciones:

$$Pf = Po (1 + rt) \text{ (Ecuación 3)} \quad \text{Ecuación método aritmético}$$

$$Pf = Po (1 + r)^t \text{ (Ecuación 4)} \quad \text{Ecuación método geométrico}$$

Donde:

Pf : Población futura

Po : Población actual 250 hab

r : Coeficiente de crecimiento anual

t : Tiempo en años

$$Pf = 250 (1 + 0.01(20))$$

$$Pf = 300 \text{ habitantes} \quad \text{Valor método aritmético}$$

$$Pf = 250 (1 + 0.01)^{20}$$

$$Pf = 305 \text{ habitantes} \quad \text{Valor método geométrico}$$

**Tabla 13**

Cálculo de población de diseño del sector Linderos

**Cálculo de coeficiente de crecimiento anual y población de diseño**

Curva	Población (Pa)	Tiempo r (Distrito)	Poblacion Sector Linderos	Método geométrico (habitantes)	Método aritmético (habitantes)	Población de diseño (habitantes)
<i>Censo INEI</i>						
1993	10111	0.07	-0.01			
2007	8753	0.10	0.01			
2017	9410					
2021			250			
2041				300	305	305

*Nota.* Se muestra el cálculo del valor “r” utilizado y la población de diseño de la planta de tratamiento en el sector Linderos. Se asume el valor de 305 habitantes.

**A.4 Cálculo del periodo de diseño**

Es el número de años en los cuales la planta de tratamiento de aguas residuales debe prestar el servicio en el sector Linderos de manera eficiente se calculó usando la fórmula propuesta por Simón Arocha:

$$X_1 = \frac{2.6 (1 - a)^{1.12}}{r} + \frac{0.3 (1 - a) X_0^{0.85}}{r^{0.5}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

X<sub>1</sub> : Periodo de diseño

a : Factor de escala de economía (0.45)

r : Tasa de interés (0.08)

X<sub>0</sub> : Demanda actual entre demanda esperada (0.99)

$$X_1 = \frac{2.6 (1 - 0.45)^{1.12}}{0.08} + \frac{0.3 (1 - 0.45) 0.99^{0.85}}{0.08^{0.5}} = 17.22 \text{ años}$$

Se aproxima al valor del periodo de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Linderos en **20 años**.

**A.5 Cálculo del caudal medio diario**

Se calculó de la siguiente manera:

$$Q_m = \frac{P_f \times \text{Dot.}}{86400} \times \% \text{ Ctr} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

Pf : Población futura (305 habitantes)

Dot. : Dotación (90 lts/hab/día) (R N° 2716-2018-ANA-AAA-JZ-V)

Ctr : Contribución (factor de retorno 80%)

$$Q_m = \frac{305 \text{ hab} \times 90 \text{ lts/hab/día}}{86400} \times 80\%$$

$$Q_m = 0.32 \text{ lts/s}$$

### A.6 Cálculo del caudal máximo diario y horario

Se obtiene mediante la siguiente ecuación

$$Q_{md} = k_1 \times Q_m \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$Q_{mh} = k_2 \times Q_m \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

Qmd : Caudal máximo diario

Qmh : Caudal máximo horario

K1 : Coeficiente (1.3 en zonas urbanas y rurales)

K2 : Coeficiente (1.8-2.5 en zonas urbanas y 1.5 en zonas rurales)

Qm : Caudal medio diario

#### Caudal máximo diario

$$Q_{md} = 1.3 \times 0.32 \frac{\text{lts}}{\text{s}}$$

$$Q_{md} = 0.4 \text{ lts/s}$$

#### Caudal máximo horario

$$Q_{mh} = 1.5 \times 0.32 \text{ lts/s}$$

$$Q_{mh} = 0.5 \text{ lts/s}$$

Con los valores del caudal de diseño se procedió a realizar el **diseño hidráulico** de los componentes del sistema de tratamiento.

## B. Cálculo del diseño de tratamiento preliminar: cámara de rejas

### B.1 Cálculo del área efectiva (Au)

$$Au = \frac{Qmh}{Vr} / 1000 \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

Qmh : Caudal máximo horario

Vr : Velocidad entre rejas ( 0.70m/s)

Área efectiva

$$Au = \frac{0.5 \text{ m}^3/\text{s}}{0.70 \text{ m/s}} / 1000$$

$$Au = 0.001 \text{ m}^2$$

### B.2 Cálculo del coeficiente geométrico (E)

$$E = \frac{a}{(a+e)} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

E : coeficiente geométrico

a : espaciamiento entre barras ( 1")

e : espesor de las barras (1/4")

Coeficiente geométrico

$$E = \frac{1 \text{ pulg}}{\frac{1}{4} \text{ pulg}}$$

$$E = 0.80$$

### B.3 Cálculo del área del canal (Ac)

$$Ac = \frac{Au}{E} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

Ac : Área del canal mínimo

Au : Área efectiva

E : Coeficiente geométrico: 0.80,

Área del canal

$$Ac = \frac{0.001}{0.80}$$

$$Ac = 0.0012 \text{ m}^2$$

#### **B.4 Cálculo del tirante máximo (Ymax)**

$$Y_{max} = \frac{Ac}{B} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

Ymax : Tirante máximo del canal de rejillas

Ac : Área del canal

B : Ancho del canal (0.30)

Tirante máximo (Ymax)

$$Y_{max} = \frac{0.001}{0.30}$$

$$Y_{max} = 0.004 \text{ m}$$

#### **B.5 Área mínima de la cámara de rejillas (Amin)**

$$A_{min} = B \times Y_{min} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Donde:

Ymin : Tirante mínimo del canal de rejillas

Amin : Área mínima del canal

B : Ancho del canal (0.30)

Área mínima (Amin)

$$A_{min} = 0.03 \times 0.30$$

$$A_{min} = 0.01 \text{ m}^2$$

#### **B.6 Área mínima de la cámara de rejillas (Amin)**

$$A_{min} = B \times Y_{min} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde:

$Y_{min}$  : Tirante mínimo del canal de rejas

$A_{min}$  : Área mínima del canal

$B$  : Ancho del canal (0.30)

Área mínima ( $A_{min}$ )

$$A_{min} = 0.03 \times 0.30$$

$$A_{min} = 0.01 \text{ m}^2$$

### B.7 Longitud de la cámara de rejas (L)

$$L = Ph + L' + P + By \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

$L$  : Longitud de la cámara de rejas

$Ph$  : Proyección horizontal de rejas (0.91 m)

$L'$  : Longitud de transición (1.30 m)

$P$  : Plataforma de control (0.60 m)

$By$  : By pass (0.65 m)

Longitud (L)

$$L = 0.91 + 1.30 + 0.60 + 0.65$$

$$L = 3.46 \text{ m}$$

### B.8 Nivel máximo de agua en la cámara de rejas ( $d_{max}$ )

$$d_{max} = \frac{Q_{mh}}{V \times B} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Donde:

$d_{max}$  : Nivel máximo de agua

$Q_{mh}$  : Caudal máximo horario

$V$  : Velocidad a través de la reja limpia (1.30 m)

$B$  : Ancho del canal (0.30 m)

Nivel máximo de agua ( $d_{max}$ )

$$d_{max} = \frac{0.05}{0.70 \times 0.30}$$

$$d_{max} = 0.023 \text{ m}$$

### B.9 Altura de la reja (H)

$$H = Y_{max} + BL \quad (\text{Ecuación 17})$$

Donde:

H : Altura de la reja

Y<sub>max</sub> : Tirante máximo

BL : Borde libre (0.70 m)

Altura de la reja (H)

$$H = 0.0004 + 0.70$$

$$H = 0.704 \text{ m (se aproxima a 0.71 m)}$$

### B.10 Longitud de la reja (Lreja)

$$Lreja = H / \text{sen}\theta \quad (\text{Ecuación 18})$$

Donde:

Lreja : Longitud de la reja

H : Longitud de la reja

θ : Inclinación de la barra (60°)

Longitud la reja (Lreja)

$$Lreja = 0.71 / \text{sen } 60^\circ$$

$$H = 0.82 \text{ m}$$

### B.11 Número de barras que conforman la reja (Nbarras)

$$Nbarras = \frac{(B - a)}{(e + a)} \quad (\text{Ecuación 19})$$

Donde:

Nbarras : Número de barras

B : Ancho del canal

a : Separación libre entre cada barra (0.0254 m)

e : Espesor de la barra (0.0064 m)

Número de barras (Nbarras)

$$Nbarras = \frac{(0.30 - 0.0254)}{(0.0064 + 0.0254)}$$

$$Nbarras = 9 \text{ unid}$$

### B.12 Cálculo del radio hidráulico (RH)

$$RH = \frac{Ac}{(2Y_{max}+B)} \quad (\text{Ecuación 20})$$

Donde:

RH : Radio hidráulico

Ac : Área mínima del canal

Ymax : Tirante máximo

B : Ancho del canal

Radio hidráulico (R)

$$RH = \frac{0.0012}{(2(0.004) + 0.30)}$$

$$RH = 0.004 \text{ m}$$

### B.13 Pendiente del canal (S)

$$S = \left( \frac{Q_{max} \times n}{(Ac * RH^{\frac{2}{3}})} \right)^2 \quad (\text{Ecuación 21})$$

Donde:

Qmax : Tirante máximo

n : Coeficiente de rugosidad 0.013

Ac : Área del canal

RH : Radio hidráulico

Pendiente del canal (S)

$$S = \left( \frac{2.09 * 0.013}{(0.004 (0.011(2/3)))} \right)^2$$

$$S = 5.19 \%$$

#### **B.14 Velocidad antes de las rejas (Va)**

$$Va = \frac{Q_{max}}{Ac} \quad (\text{Ecuación 22})$$

Donde:

Va : Velocidad antes de las rejas

Qmax : Tirante máximo

Ac : Área del canal

Velocidad antes de las rejas (Va)

$$Va = \frac{2.09}{(1000 * 0.004)}$$

$$Va = 0.56 \text{ m/s}$$

#### **B.15 Velocidad con colmatación (Vb)**

$$Vb = \frac{V}{t} \quad (\text{Ecuación 23})$$

Donde:

Vb : Velocidad con colmatación

V : Velocidad máxima en la rejilla

t : 50% obstrucción en las rejas

Velocidad con colmatación (Vb)

$$Va = \frac{0.70}{0.05}$$

$$Va = 1.40 \text{ m/s}$$

#### **B.16 Pérdida de carga (Hv)**

$$Hv = \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 24})$$

Donde:

Hv : Pérdida de carga

V : Velocidad máxima en la rejilla (0.70 m/s)

g : Gravedad 9.81 m/s<sup>2</sup>

Pérdida de carga (Hv)

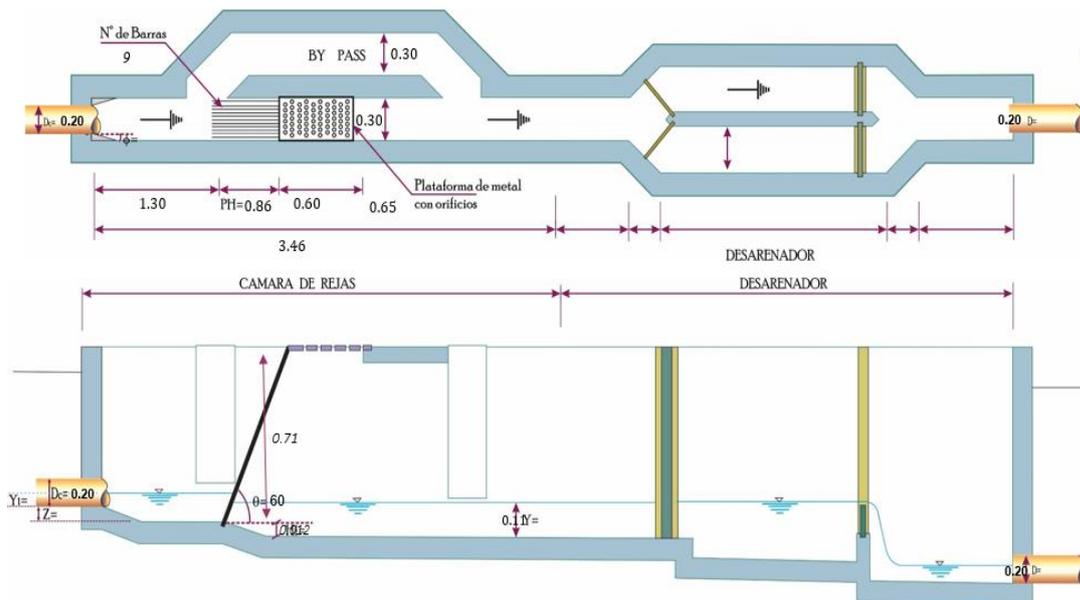
$$Hv = \frac{0.70^2 \text{ m/s}}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$Hv = 0.02 \text{ m}$$

**Figura 13**

*Resumen de dimensiones de la cámara de rejillas*

Componente	Ancho	Largo	Altura
Cámara de rejillas	0.30	3.46	0.71



*Nota.* En la figura 13 se resumen las dimensiones del primer componente conformado por la cámara de rejillas.

### **C. Cálculo del diseño de tratamiento preliminar: desarenador**

Se tiene como datos de diseño:

Caudal de diseño	: 0.32 lps
Densidad relativa de la arena	: 2.65
Diámetro de la partícula	: 0.02 cm
Temperatura	: 20°

#### **C.1 Longitud de desarenador (Ld)**

$$Ld = 25 * H \text{ (Ecuación 25)}$$

Donde:

Ld : Longitud de desarenador  
H : Altura de agua (0.101 m)

Longitud de desarenador (Ld)

$$Ld = 25 \times 0.101$$

$$Ld = 2.51 \text{ m}$$

#### **C.2 Longitud real de desarenador (Lr)**

$$Lr = 25\% * Ld \text{ (Ecuación 26)}$$

Donde:

Lr : Longitud real de desarenador

Longitud real de desarenador (Lr)

$$Lr = 25\% * 2.51 \text{ m}$$

$$L = 3.14 \text{ m}$$

Se asume  $L = 3.20 \text{ m}$

### C.3 Ancho de desarenador (A)

$$A = \frac{Q_{max}}{V * H} \quad (\text{Ecuación 27})$$

Donde:

Q<sub>max</sub> : Caudal máximo horario

V : Velocidad horizontal (0.30 m/s)

H : Altura del agua (0.101 m)

Ancho de desarenador (Lr)

$$A = \frac{0.001 \text{ m}^3/\text{s}}{0.30 * 0.101}$$

$$A = 0.04 \text{ m}$$

Se asume  $A = 0.50 \text{ m}$

### C.4 Profundidad del desarenador (H)

$$H = \frac{Ld}{25} \quad (\text{Ecuación 28})$$

Donde:

L<sub>d</sub> : Longitud de desarenador

Profundidad de desarenador (Lr)

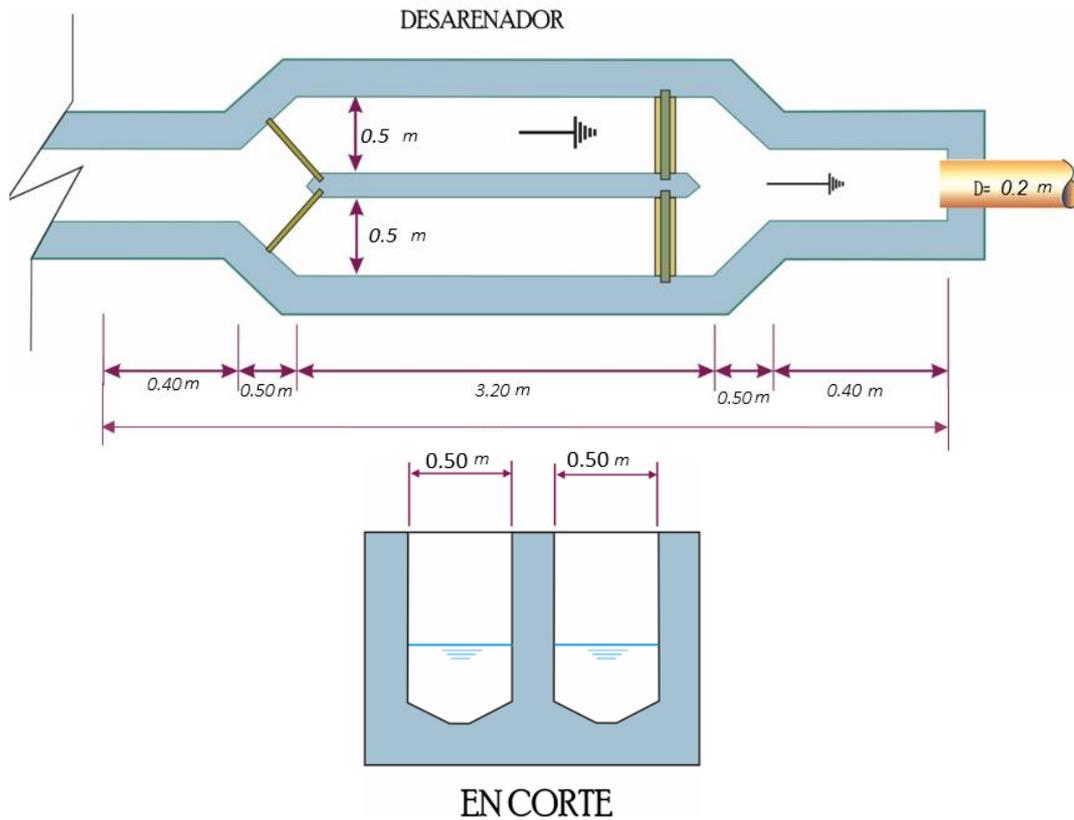
$$H = \frac{2.51}{25}$$

$$L = 0.10 \text{ m}$$

**Figura 14**

*Resumen diseño de desarenador*

<b>Componente</b>	<b>Ancho</b>	<b>Largo</b>	<b>Altura</b>
Desarenador	0.50	5.00	0.10



*Nota.* En la figura 14 se resumen las dimensiones del primer componente conformado por la cámara de rejillas.

**D. Cálculo del diseño de tratamiento primario: humedal sub superficial de flujo vertical**

Se tienen como datos de diseño:

- Población de diseño : 305 habitantes
- Dotación de agua : 90 l/hab.día
- Contribución de aguas residuales : 80%
- Temperatura mes más frío : 16° (RM 192-2018-VIVIENDA)
- Contribución per cápita de DBO<sub>5</sub> : 50 grDBO<sub>5</sub>/habitante.día
- DBO<sub>5</sub> requerido en el efluente : 15.00 mg/L

Caudal de aguas residuales	: 21.96 m <sup>3</sup> /día
Eficiencia del humedal sub superficial	: 91.04%
Material de relleno	: Arena =0.50, Grava ½" a 1" =0.35
Porosidad	: 0.30
Pendiente del fondo de lecho	: 1%
Borde libre	: 0.40 m
Profundidad	: 0.85 m
Relación ancho: largo	: 1:1.5

### D.1 Cálculo de la constante de temperatura (Kt)

$$Kt = K_{20}(1.06)^{T-20} \quad (\text{Ecuación 29})$$

Donde:

Kt : Constante de temperatura

K<sub>20</sub> : Constante de temperatura a 20° = 1.104

T : Temperatura de localidad de investigación

$$Kt = 1.104 (1.06)^{16-20}$$

$$Kt = 0.874$$

### D.2 Cálculo del área superficial (As)

$$As = \frac{Q (\ln Co - \ln Ce)}{Kt * y * n} \quad (\text{Ecuación 30})$$

Donde:

As : Área superficial

Ln Co : Concentración de ingreso de agua residual

Ln Ce : Concentración de salida de agua residual

Kt : Constante de temperatura =0.825

y : Altura del sistema (0.85)

n : Porosidad del sustrato (0.30)

$$As = \frac{21.96 (\ln(248) - \ln(15))}{0.874 * 0.85 * 0.3}$$

$$As = 276.27 \text{ m}^2$$

Para lograr alternancia en el uso del humedal sub superficial se asumen 3 celdas de 97.60 m<sup>2</sup>.

### D.3 Cálculo del tiempo de retención hidráulico (TRH)

$$TRH = \frac{As * y * n}{Q} \quad (\text{Ecuación 31})$$

Donde:

TRH : Tiempo de retención hidráulico

As : Área superficial

Q : Caudal de diseño

y : Altura del sistema (0.85)

n : Porosidad del sustrato (0.30)

$$TRH = \frac{276.27 * 0.874 * 0.3}{21.96}$$

$$TRH = 3.28 \text{ días}$$

Se asumen 3.5 días de retención hidráulica

### D.4 Cálculo del ancho de celda de humedal sub superficial (b)

$$b = \frac{\sqrt{As}}{1.5} \quad (\text{Ecuación 32})$$

Donde:

b : Ancho de celda de humedal superficial

As : Área superficial

$$b = \frac{\sqrt{97.60}}{1.5}$$

$$b = 8.07 \text{ m}$$

Se asume 8.00 m de ancho en cada celda de humedal

#### **D.5 Cálculo del largo de humedal sub superficial (L)**

$$L = 1.5 * b \quad (\text{Ecuación 33})$$

Donde:

b : Ancho de celda de humedal superficial

L : Largo del humedal sub superficial

$$L = 1.5 * 8.00$$

$$L = 12.10 \text{ m}$$

Se asume 12.20 m de largo en cada celda de humedal

#### **D.6 Cálculo de la altura del humedal sub superficial (H)**

$$H = y + Blibre \quad (\text{Ecuación 34})$$

Donde:

H : Altura del humedal sub superficial

y : Altura del sistema (0.85)

Blibre : Borde libre (0.40 m)

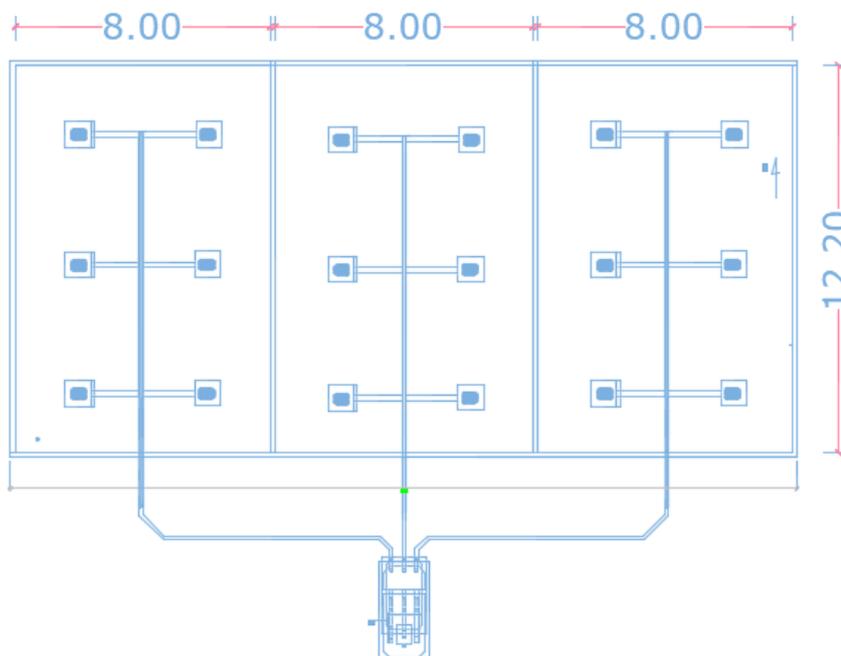
$$H = 0.85 + 0.40$$

$$H = 1.25 \text{ m}$$

## Figura 15

Resumen de dimensiones de humedal sub superficial de flujo vertical

Componente	Ancho	Largo	Altura
Humedal sub superficial de flujo vertical	8.00	12.20	1.25



*Nota.* En la figura 15 se resumen las dimensiones del componente conformado por el humedal sub superficial de flujo vertical. Cada celda tiene un área de 97.60 m<sup>2</sup>. Se diseñaron 3 celdas con un área superficial de 292.80 m<sup>2</sup>.

### 4.3 Resultados del objetivo específico 3

El objetivo específico 3 de la investigación fue describir las características del diseño estructural de la planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.

Los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales en el sector Linderos son: Cámara de rejillas y desarenador; cámara de distribución; lecho de humedal sub superficial tipo vertical, y; cámara de salida.

Para el diseño estructural se tuvo en cuenta el peso propio, el empuje del terreno, el empuje hidrostático y fuerzas de sismo. En el cálculo hidráulico se determinó el dimensionamiento, la ubicación, los perfiles hidráulicos, los sistemas de ingreso y salida a la planta. Previo al cálculo se tuvo información geotécnica. Las normas que se aplicaron al diseño estructural fueron:

- E 050 : Norma técnica de suelos y cimentaciones
- E-020 : Norma técnica de cargas
- E-030 : Norma técnica de diseño sismo resistente
- E-060 : Norma técnica de concreto armado
- ACI 318
- ACI 350.3/350.3 R-17: Diseño sísmico de estructuras contenedoras de líquido.

El procedimiento que se utilizó en el diseño estructural del primer componente compuesto por la cámara de rejillas y desarenador fue con ayuda del programa de análisis y diseño SAP2000 v19.2.1. El sistema proyectado consiste en muros de concreto con un espesor de 0.15 m y una base con espesor de 0.15m. Las especificaciones de los materiales fueron:

- Resistencia ( $f'c$ ) : 210 Kg/cm<sup>2</sup> (todo)
- Módulo de Elasticidad (E) : 217,370 Kg/cm<sup>2</sup> ( $f'c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>)
- Módulo de Poisson ( $\mu$ ) : 0.20
- Peso Específico ( $\gamma_c$ ) : 2400 Kg/m<sup>3</sup> (concreto armado).
- Resistencia a la fluencia ( $f_y$ ) : 4,200 Kg/cm<sup>2</sup> ( $G^\circ 60$ ):“E”:2'100,000 Kg/cm<sup>2</sup>.

Los recubrimientos mínimos fueron los siguientes:

Cimientos, zapatas, vigas de cimentación	7.50 cm
Columnas, Vigas, Placas, Muros (Cisternas, Tanques)	4.00 cm

**Carga muerta:**

De acuerdo a las Normas NTE. E.020, E060 y al reglamento ACI 318N08, se consideran los siguientes estados de Carga en la estructura.

Peso propio (D):

Calculadas por el programa SAP2000 V19

Presión del suelo (ES):

Aplicado a las paredes de la cámara de rejillas y desarenador

**Carga viva:**

De acuerdo a las Normas NTE. E.020, E060 y al reglamento ACI 318N08, se consideran los siguientes estados de Carga en la estructura.

Carga viva (S/C): Carga de 200kg/m<sup>2</sup>

Presión del hidrostático (EH):

Aplicado a las paredes de la cámara de rejillas y desarenador

**COMBINACIONES DE CARGAS**

De acuerdo a las Normas NTE. E060:

COMB1: 1.4CM+1.7CV

COMB2: 1.25 (CM+CV)+QX

COMB3: 1.25 (CM+CV)-QX

COMB4: 1.25 (CM+CV)+QY

COMB5: 1.25 (CM+CV)-QY

COMB6: 0.9CM+QX

COMB7: 0.9CM-QX

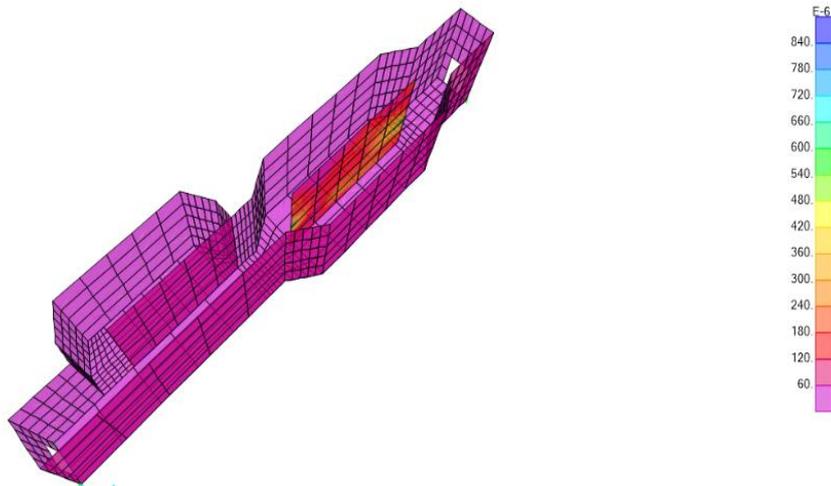
COMB8: 0.9CM+QY

COMB8: 0.9CM-QY

Se asignaron las cargas al primer componente y se diseñaron los elementos de la cámara de rejillas y desarenador con la opción combinación *Envelope*. De este modo se obtuvo la distribución de aceros en las paredes y el fondo de la cámara de rejillas y desarenador.

**Figura 16**

*Detalle del acero vertical en cámara de rejas*

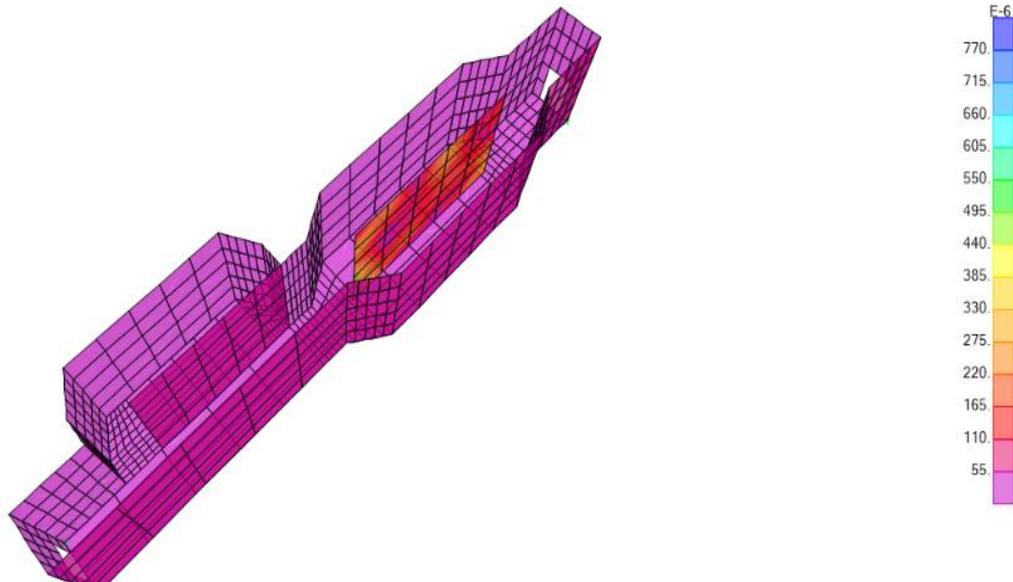


Acero vertical		
Acero	Cantidad	Unidad
Acero (cm <sup>2</sup> /cm)	0.0324	cm <sup>2</sup> /cm
Acero (cm <sup>2</sup> /m)	3.24	cm <sup>2</sup> /cm
Usar	3/8"	
Aacero	0.71	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	21.91	Cm
Usar	20	Cm
	As min	
pmin	0.002	
h	15	Cm
Asmin	2.4	cm <sup>2</sup> /m
Usar	3/8"	
Aacero	0.71	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	29.58	cm <sup>2</sup>
Usar	20	Cm

*Nota.* De acuerdo a los cálculos efectuados se determinó que el acero vertical a utilizar en la cámara de reja y desarenador será con acero 3/8" y un espaciamiento de 20 cm con un espesor de muro de 15 cm.

**Figura 17**

*Detalle del acero vertical en cámara de rejás*



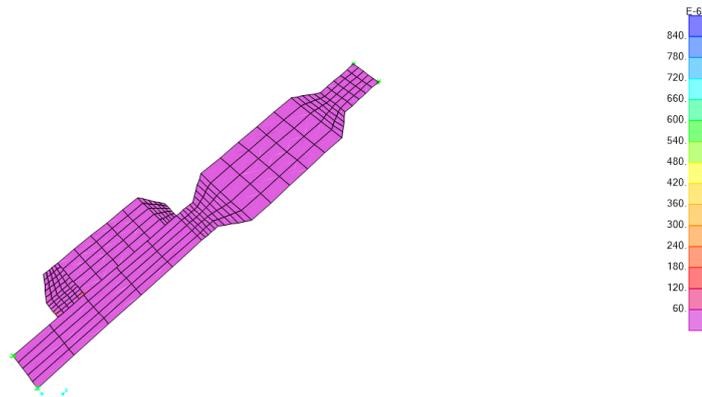
**Acero horizontal**

	Cantidad	Unidad
Acero	0.0298	cm <sup>2</sup> /cm
Acero (cm <sup>2</sup> /m)	2.98	cm <sup>2</sup> /cm
Usar	3/8"	
Aacero	0.71	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	23.83	cm
Usar	20	cm
As min		
pmin	0.002	
h	15	cm
Asmin	2.4	cm <sup>2</sup> /m
Usar	3/8"	
Aacero	0.71	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	29.58	cm <sup>2</sup>
Usar	20	cm

*Nota.* De acuerdo a los cálculos efectuados se determinó que el acero horizontal a utilizar en la cámara de reja y desarenador es acero de 3/8" y un espaciamiento de 20 cm con un espesor de muro de 15 cm.

**Figura 18**

*Detalle del acero longitudinal y transversal en cámara de rejás*

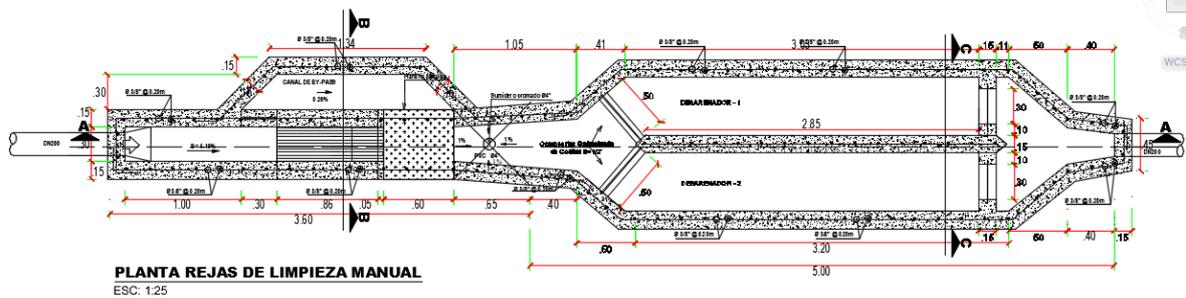


Acero distribuido		
	Cantidad	Unidad
Acero	0.0337	cm <sup>2</sup> /cm
Acero (cm <sup>2</sup> /cm)	3.37	cm <sup>2</sup> /cm
Usar	3/8"	
Aacero	0.71	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	21.07	cm
Usar	20	cm
As min		
pmin	0.002	
h	15	cm
Asmin	2.4	cm <sup>2</sup> /m
Usar	3/8"	
Aacero	0.71	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	29.58	cm <sup>2</sup>
Usar	20	cm
Acero transversal		
	Cantidad	Unidad
Acero	0.0347	cm <sup>2</sup> /cm
Acero (cm <sup>2</sup> /m)	3.47	cm <sup>2</sup> /cm
Usar	3/8"	
Aacero	0.71	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	20.46	cm
Usar	20	cm
As min		
pmin	0.002	
h	15	cm
Asmin	2.4	cm <sup>2</sup> /m
Usar	3/8"	
Aacero	0.71	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	29.58	cm <sup>2</sup>
Usar	20	cm

*Nota.* De acuerdo a los cálculos efectuados se determinó que el acero longitudinal y transversal a utilizar en la cámara de reja y desarenador fue con acero 3/8" y un espaciamiento de 20 cm con un espesor de muro de 15 cm y espesor de la base de 15 cm.

**Figura 19**

*Configuración geométrica de la cámara de rejillas y desarenador*



*Nota.* En la figura 19 se observa la configuración geométrica del componente de tratamiento preliminar compuesto por cámara de rejillas y desarenador.

El **diseño estructural** del segundo componente que está conformado por tres lechos de humedal sub superficial de tipo vertical se realizó tomando en cuenta las consideraciones generales de diseño siguientes:

### Factores Sísmicos

Z = Factor de la zona 3; Z = 0.35

S = Factor de suelo; S<sub>2</sub> = 1.15, T<sub>p</sub>(s) = 0.60

U = Factor de uso e importancia; U = 1.5

R = Coeficiente de reducción sísmica; R = 6 (Muros estructurales)

C<sub>T</sub> = 60

C = Coeficiente de amplificación sísmica;  $C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right)$ ;  $T = \left( \frac{h_n}{C_T} \right)$

C = 2.5

Las dimensiones del segundo componente conformado por el humedal sub superficial son de 8.00 m x 12.50 m. Está compuesto por 3 compartimientos con las mismas dimensiones. La profundidad máxima es de 1.30 M. El sistema proyectado consiste en muros de concreto con un espesor de 0.15 m y una base con espesor de 0.25m. Las especificaciones de los materiales fueron:

-Resistencia (f'c) : 210 Kg/cm<sup>2</sup> (todo)

- Módulo de Elasticidad (E) : 217,370 Kg/cm<sup>2</sup> ( $f'c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>)
- Módulo de Poisson (u) : 0.20
- Peso Específico ( $\gamma_c$ ) : 2400 Kg/m<sup>3</sup> (concreto armado).
- Resistencia a la fluencia ( $f_y$ ) : 4,200 Kg/cm<sup>2</sup> ( $G^0 60$ ): "E": 2'100,000 Kg/cm<sup>2</sup>.

### **COMBINACIONES DE CARGAS.-**

De acuerdo a las Normas NTE. E060:

COMB1: 1.4CM

COMB2: 0.9 (CM+CV)+QX

COMB3: 1.25 (CM+CV)-QX

COMB4: 1.25 (CM+CV)+QY

COMB5: 1.25 (CM+CV)-QY

COMB6: 1.4CM+1.7 ET ext

COMB7: 1.4CM + 1.7 ET int

COMB8: 1.4CM + 1.7 ET int + 1.7 ET int

### **ENVOLVENTE**

Estado límite de servicio

CM + ET

CM + ET ext + ET int

Siendo:

CM: Carga muerta

ET ext: Presión terreno

ET int: Presión material interior del filtro

Las normas de concreto utilizado son:

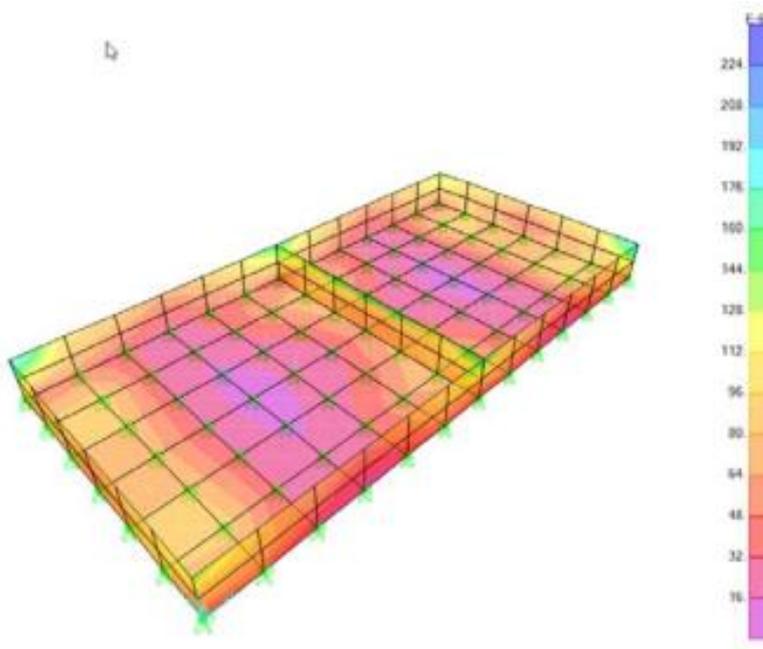
-NTE E.060 "CONCRETO ARMADO"

-A.C.I. 318 – 08 (American Concrete Institute).

Se asignaron las cargas al segundo componente y se diseñaron los elementos del humedal sub superficial de flujo vertical con la opción combinación *Envelope*. Se aprecia que la cantidad de armadura necesaria es inferior a la mínima, debido a que la altura es reducida y cuenta con terreno natural en todo su perímetro. Se obtuvo la distribución de aceros en las paredes del humedal.

## Figura 20

Detalle del acero en componente humedal sub superficial



---

### Muros

Armadura horizontal:

Asmin =  $0.0020 \times 100 \times 25 = 5.00 \text{ cm}^2/\text{m}$  (dos capas)

Ascolocada  $\phi 1/2''$  c/25 cm =  $5.08 \text{ cm}^2/\text{m}$  (Cumple)

Armadura vertical:

Asmin =  $0.0015 \times 100 \times 25 = 3.75 \text{ cm}^2/\text{m}$  (dos capas)

Ascolocada  $\phi 1/2''$  c/30 cm =  $3.94 \text{ cm}^2/\text{m}$  (Cumple)

### Losa de fondo

Armadura horizontal para ambas direcciones:

Asmin cara traccionada =  $0.0012 \times 100 \times 25 = 3.00 \text{ cm}^2/\text{m}$

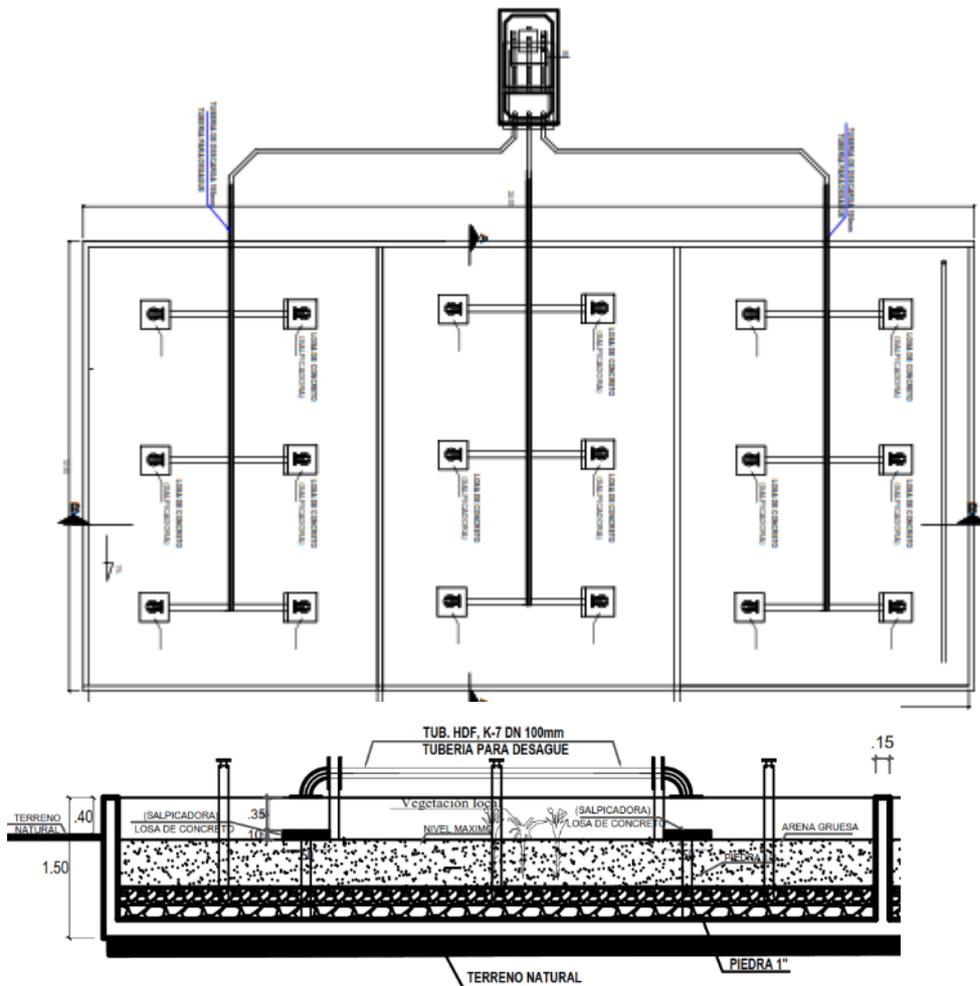
Asmin losa =  $0.002 \times 100 \times 25 = 5.00 \text{ cm}^2/\text{m}$ ;  $2.5 \text{ cm}^2/\text{m}$  por cara

Ascolocada parte traccionada (parte inferior)  $\phi 3/8''$  c/20 cm =  $3.55 \text{ cm}^2/\text{m}$  OK

Ascolocada parte comprimida (parte inferior)  $\phi 3/8''$  c/25 cm =  $2.84 \text{ cm}^2/\text{m}$  OK

**Figura 21**

*Configuración geométrica de humedal sub superficial*

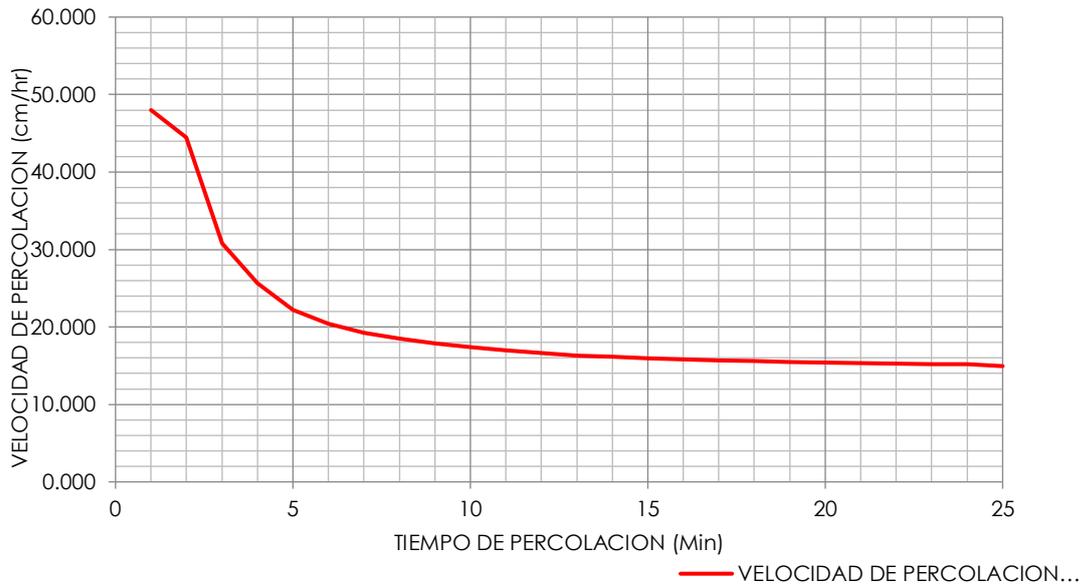


*Nota.* El segundo componente de la planta de tratamiento está conformado por el humedal sub superficial con 3 compartimientos que funcionan de manera intermitente con un tiempo de retención hidráulica de 3.5 días. La profundidad del humedal es de 1.30m y cada lecho tiene una dimensión de 8.00 ml x 12.50 ml. Este componente tiene un lecho formado por arena gruesa (0.50 m de altura), sustrato compuesto por grava de 1/2" a 3/4" (0.30 m de altura) y una vegetación de la localidad (totoras) que se siembra a razón de 6 unidades por metro cuadrado.

El componente previo a la zona de amortiguamiento está constituido por una **zanja de infiltración** que se utiliza en periodos de lluvia. El diseño de este componente se realizó según la norma IS 020 del Reglamento nacional de edificaciones de Perú.

**Figura 22**

*Test de percolación en sector Linderos*



TEST	DESCENSO PROMEDIO EN 1 cm.
TEST DE PERCOLACIÓN N° 1	2.03
TEST DE PERCOLACIÓN N° 2	2.05
TEST DE PERCOLACIÓN N° 3	2.45
<b>PROMEDIO</b>	<b>2.18</b>

*Nota.* El test de percolación efectuado en el sector Linderos indicó que el descenso promedio en 1 cm fue de 2.18 minutos con lo cual se clasificó el terreno como rápido.

El área de absorción del suelo se determinó con la siguiente relación

$$A = Q/R$$

Donde.

A: Área de absorción en m<sup>2</sup>

Q: Caudal promedio efluente del humedal sub superficial (L/día)

R: Coeficiente de infiltración (L/m<sup>2</sup>/día)

Con los siguientes parámetros se obtiene el área de infiltración del suelo requerida para utilizarse en presencia de lluvias.

$$Q = 5490 \text{ L/día}$$

$$R = 90 \text{ L/m}^2/\text{día}$$

Reemplazando los valores se obtiene el área de infiltración

$$A = \frac{Q}{R}$$

$$A = \frac{5490 \text{ L/día}}{90 \text{ L/m}^2/\text{día}}$$

$$A = 61.00 \text{ m}^2$$

El área de absorción de suelo es de 61.00 m<sup>2</sup>. Se asume una longitud de 20.00 m y un ancho de 3.00 m y una profundidad de 0.60 m.

Finalmente, el área necesaria para la zona de amortiguamiento fue condicionada a las condiciones de reúso del agua depurada. La comunidad del sector Linderos ha considerado utilizar una extensión de 200.00 m<sup>2</sup> en una primera etapa de reúso. Se espera que, en cuanto el sistema se estabilice y los caudales de agua tratada aumenten, las zonas de amortiguamiento también aumenten.

#### **4.4 Resultados del objetivo específico 4**

El objetivo específico 4 de la investigación fue estimar los costos del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.

En relación a los costos de la planta de tratamiento de aguas residuales se debe clasificar en dos categorías: los costos de inversión inicial y los costos de funcionamiento (administración, operación y mantenimiento).

Los costos de inversión están asociados con la construcción de la infraestructura física de la planta e incluye los materiales, maquinaria, equipos y mano de obra,

tomando en cuenta que los costos no son proporcionales al caudal de la planta. Se han estimado el costo directo de la planta de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 14**

*Costos de inversión inicial planta de tratamiento sector Linderos*

Nº	Descripción	Costo
01	Obras preliminares	s./ 6,206.70
02	Cámara de rejas y desarenador	s./ 11,163.16
03	Cámara de distribución	s./ 3,175.68
04	Humedal sub superficial vertical	s./ 81,981.88
05	Cámara de distribución de caudales	s./ 2,606.35
06	Suministro e instalación de tuberías	s./ 11,343.26
07	Cerco perimétrico	s./ 11,225.70
08	Zanja de infiltración	s./ 862.47
09	Buzones	s./ 4,210.40
10	Zona de amortiguamiento	s./ 2,981.12
11	Pruebas/Fletes	s./ 15,455.00
Total		s./ 151,211.72
IGV 18%		S./ 27,218.11
		S./ 178,429.83

*Nota.* El costo directo de la construcción de la planta de tratamiento en el sector Linderos asciende a s./ 151,211.72. Este monto no incluye la adquisición del terreno que se encuentra inscrito a favor de la comunidad del sector Linderos. El costo total incluido el IGV asciende a s./ 178,429.83 con un costo por habitante ascendente a s./ 585.01.

**Tabla 15**

*Costos de operación y mantenimiento por año planta de tratamiento sector Linderos*

Nº	Descripción	Costo
01	Personal	s./ 12,720.00
02	Equipos y servicios	s./ 2,160.00
03	Beneficios sociales	s./ 1,382.40
Total		s./ 16,262.40

*Nota.* El costo por operación y mantenimiento por año asciende a s./ 16,262.40. Es de precisar que el diseño de la planta de tratamiento en el sector Linderos no utiliza energía eléctrica para el funcionamiento de los componentes, lo que permite lograr ahorros en la operación y mantenimiento del sistema.

## **V. DISCUSIÓN**

### **5.1 Variable diseño de planta de tratamiento de aguas residuales**

Los resultados obtenidos en la investigación muestran que la propuesta para tratar aguas servidas para su reutilización en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires debe estar compuesta por unidades y estructuras no convencionales que tengan un costo bajo tanto en la operación como en el mantenimiento y con un nulo gasto en energía eléctrica. Los componentes se conforman de un tratamiento preliminar a través de una cámara de rejas, desarenador, una cámara de distribución, un tratamiento primario compuesto por tres lechos de humedal sub superficial tipo vertical y una zona de amortiguamiento. El dimensionamiento hidráulico y las características estructurales se determinaron con ayuda de programas informáticos como MsExcell y Sap2000 similar a Contreras (2018).

El diseño fue conceptualizado para operar en comunidades rurales en donde las aguas servidas se disponen sobre la misma comunidad; el cálculo de las características de diseño como el caudal, el área superficial y las medidas de largo, ancho y profundidad del sistema coincide con el planteamiento de Montiel (2014), y se utilizó como tratamiento primario un humedal de flujo sub superficial de tipo vertical de diseño francés.

Se debe considerar, que en el marco teórico establecido en la normativa vigente del Perú, sobre la aplicación del diseño planteado, no existen antecedentes de la utilización de un humedal construido de flujo sub superficial de tipo vertical como tratamiento primario, por tanto, el planteamiento de esta investigación puede considerarse un aporte a lo dispuesto en la RM N° 192-2018-VIVIENDA (2018) que regula las soluciones a aplicar en las zonas rurales referidas al saneamiento, especialmente en localidades de la costa norte que cuentan con suelos con baja permeabilidad y en donde las unidades básicas de saneamiento no han solucionado el deficiente tratamiento de aguas servidas o han dejado de utilizarse.

Asimismo, sobre las consideraciones constructivas, en el diseño del humedal sub superficial se ha utilizado sustratos compuesto por gravas de dimensión de  $\frac{3}{4}$ " a 1" coincidiendo con lo utilizado por Hidalgo (2018), verificando que dicha granulometría impide que el sistema se sature. En las zonas del afluente y efluente del sistema se utilizó piedra grande de 2" con el objeto de que no se produzca saturación y se diseñó el uso de arena gruesa en una altura de 0.50 m. para favorecer el crecimiento de la vegetación. Para la función de depuración se utilizó vegetación proveniente de la localidad de investigación, específicamente la que crece en el río Piura en condiciones de saturación, coincidiendo con lo indicado por Lara y Vera (2005) que recomiendan utilizar vegetación local, que tenga adaptación a los medios de soporte, de fácil mantenimiento, que tenga resistencia a la concentración de contaminantes, tolerancia a la exposición prolongada de los rayos de sol y que tengan una raíz de profundidad entre 0.40 m. y 0.60 m.

La selección de vegetación local coincide a lo indicado por Bayas (2018) que, recomienda usar especies locales o nativas, de preferencia las que crecen a orillas de los ríos ya que sus raíces están adaptadas a crecer en condiciones saturadas, siendo idóneas las plantas con un sistema extenso de raíces y rizoma pues soportan fuertes cargas y períodos cortos de sequía.

El diseño tiene la capacidad de procesar el tratamiento de 21.96 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales domésticas en un área de 292.70 m<sup>2</sup> durante un período de retención hidráulico de 3.5 días. El diseño del tratamiento primario con humedal se dividió en 3 celdas, de modo tal que funcionen de manera intermitente. Esta propuesta es similar a la utilizada por Delgadillo et al (2010) que investigó el procedimiento para tratar aguas servidas experimentando la secuencia de humedales construidos en la localidad de Cochabamba, donde realizó pruebas en humedales construidos con tanques en serie para retención de contaminantes.

En relación al diseño estructural, los componentes han sido calculados con ayuda del software Sap2000 y se obtuvieron los detalles del acero de refuerzo de las estructuras de los componentes similar al procedimiento efectuado por Hidalgo (2018). Por su parte, el costo de las actividades de operación y mantenimiento se

proyectaron a un bajo costo debido a que el sistema no hace uso de equipos mecánicos, por tanto, tiene un nulo costo de energía eléctrica; en tal sentido, a efectos de que se logre un correcto funcionamiento durante el periodo de diseño, especialmente en épocas con presencia de lluvias, se requiere una correcta operación y un eficiente mantenimiento. Asimismo, se hace necesario realizar una educación ambiental en los habitantes del sector Linderos, a fin de que conozcan esta tecnología sostenible, que participen de un correcto mantenimiento y que se tome conciencia que un incompleto tratamiento de aguas servidas produce una contaminación de las corrientes de aguas, tanto subterráneas como superficiales y que sirven para el riego agrícola y en algunos casos en el consumo directo.

Por otro lado, el diseño propuesto resulta ser una tecnología viable para tratar aguas servidas, especialmente en áreas rurales que experimenten climas tropicales, donde existan terrenos de gran extensión, con costos menores de construcción, operación y mantenimiento. El costo directo del proyecto asciende a s./ 178,429.83 a razón de s./ 585.01 por habitante. El costo de la operación y mantenimiento asciende a s./ 16,262.40 por cada año.

Estos costos son similares a los costos encontrados en la investigación de Macedo y Vela (2020) que diseñaron un sistema incorporando humedales construidos con un costo de s./ 183.48 por habitante. El diseño del tratamiento primario ha sido diseñado con 3 celdas que funcionan de manera intermitente y previendo que la población actual es menor a la población futura, es posible iniciar las operaciones del sistema con el funcionamiento de 2 celdas, lo que permite reducir los costos de inversión.

Finalmente es de indicar que el costo por la implementación del diseño propuesto es menor al costo de implementar un sistema de disposición de excretas de manera individual por vivienda a través de unidades básicas de saneamiento, ya que este sistema, debido al comportamiento de la población ha demostrado que no cumple con el objeto de mejorar las condiciones ambientales en comunidades rurales.

## 5.2 Variable reúso de aguas depuradas

La investigación realizada por Montiel (2014) demostró que un correcto diseño de un sistema de humedales requiere que se establezca el nivel de reducción de contaminantes de la DBO<sub>5</sub>. En la presente investigación se ha demostrado que especificando en el diseño un ingreso de carga de 248 mg/L para obtener una reducción a 15 mg/L nos permite obtener resultados positivos.

Los resultados de la investigación, han sido expuestos a análisis y comparación con los límites indicados en la normativa nacional, concluyendo que, los valores del agua residual a obtener en los parámetros de la DBO<sub>5</sub> de esta investigación permiten disponer directamente al suelo o cuerpos de agua los efluentes ya que cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa del Perú.

Por otro lado, en el caso de reutilizar el agua depurada en el riego de vegetales de tallo alto como la caña de guayaquil se debe cumplir con los estándares de calidad ambiental (ECA) regulados en el Perú por el D. S. N° 004-2017-MINAM (2017). El valor obtenido en la DBO<sub>5</sub> en el diseño cumple en el estándar para actividades de reúso en el riego de vegetales con tallo alto, como la caña de guayaquil, lo que permitirá a la comunidad del Sector Linderos obtener ingresos económicos por la producción de dicho insumo.

Finalmente, el diseño del humedal sub superficial de flujo vertical en comunidades rurales con baja carga orgánica como el sector Linderos permite la generación de lodos que al secarse pueden utilizarse como abono agrícola en la siembra de vegetación de tallo alto como la caña de guayaquil.

## VI. CONCLUSIONES

**Sobre el objetivo general:** *Describir las características del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura.*

Para establecer las características de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en el sector Linderos se analizaron, mediante la técnica documental, plantas de tratamiento en localidades con similares características de población de diseño y de clima. La eficiencia de remoción de contaminantes del diseño de la planta fue del 94%.

<b>Nº</b>	<b>Características de diseño</b>	<b>Und</b>	<b>Valor</b>
1	Población de diseño	Hab.	305
2	Dotación de agua potable	l/hab*día	90.00
3	Contribución de aguas residuales	%	80
4	Caudal de diseño	m <sup>3</sup> /día	21.96
5	Periodo de diseño	años	20
6	Contribución per cápita de DBO <sub>5</sub>	grDBO <sub>5</sub> /hab*día	50
7	Eficiencia de remoción de la planta	%	94.00
8	Calidad del efluente (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15.00

**Sobre el objetivo específico 1:** *Describir las características de los componentes del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura.*

Para describir las características de los componentes del diseño de la planta de tratamiento para su reutilización en el sector Linderos se consultó el reglamento nacional de edificaciones del Perú y el estudio de depuración de aguas servidas en zonas rurales de baja densidad poblacional, los componentes y sus características fueron los siguientes:

<b>Nº</b>	<b>Componentes</b>	<b>Ancho (m.)</b>	<b>Largo (m.)</b>	<b>Prof. (m.)</b>
1	Buzón de entrada	1.20 (diámetro)		1.40
2	Cámara de rejillas	0.30	3.46	0.71
3	Desarenador	0.90	5.00	0.71
4	Cámara de distribución 1	1.60	3.15	1.15
5	Tres lechos de humedal (c/u)	8.00	12.00	0.85
6	Cámara de distribución 2	0.70	0.70	0.95
7	Zanja de infiltración	3.00	20.00	0.60
8	Zona de amortiguamiento	10.00	20.00	-

**Sobre el objetivo específico 2.** *Describir las características del diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura.*

Las características del diseño hidráulico de la planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en el sector Linderos fueron calculadas usando las disposiciones establecidas en la norma técnica OS 090 del reglamento nacional de edificaciones del Perú y son las siguientes:

<b>Nº</b>	<b>Características de diseño hidráulico</b>	<b>Und</b>	<b>Valor</b>
1	Caudal medio diario	lt/s	0.32
2	Caudal máximo diario	lt/s	0.40
3	Caudal máximo horario	lt/s	0.50
4	Coefficiente geométrico	-	0.80
5	Tirante máximo	m	0.4
6	Área mínima de cámara	m <sup>2</sup>	0.01
7	Longitud de reja	m	0.82
8	Número de barras	und	9
9	Radio hidráulico	m	0.04
10	Pendiente del canal	%	5.19
11	Velocidad entre rejas	m/s	0.56
12	Constante de temperatura	-	0.874
13	Área superficial humedal	m <sup>2</sup>	276.27
14	Tiempo de retención hidráulica	días	3.5

**Sobre el objetivo específico 3.** *Describir las características del diseño estructural de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.*

Las características del diseño estructural de la planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en el sector Linderos fueron modeladas y analizadas con el programa de elementos finitos versión educacional Sap2000 en los componentes de cámara de rejas, desarenador y los lechos de humedal sub superficial vertical y se obtuvieron las siguientes características:

<b>Nº</b>	<b>Componente</b>	<b>Acero</b>	<b>Espaciamiento</b>
1	Tratamiento preliminar (Cámara de rejas y desarenador)		
	(cámara de rejas y desarenador)		
	Muros (acero vertical)	3/8"	20.00 cm
	Muros (acero horizontal)	3/8"	20.00 cm
	Fondo (acero transversal)	3/8"	20.00 cm
	Fondo (acero longitudinal)	3/8"	20.00 cm

2	Tratamiento secundario (lechos de humedal sub superficial vertical)		
	Muros (acero vertical)	1/2"	30.00 cm
	Muros (acero horizontal)	1/2"	25.00 cm
	Fondo (acero transversal)	3/8"	20.00 cm
	Fondo (acero longitudinal)	3/8"	20.00 cm

**Sobre el objetivo específico 4.** *Estimar los costos del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura.*

Los costos de la planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en el sector Linderos fueron estimados tanto para la inversión del proyecto, como para la operación y mantenimiento y se determinaron calculando el análisis de precios unitarios de las partidas que forman parte del sistema. El valor obtenido por habitante es menor al costo que demanda la ejecución de otras alternativas de saneamiento como las unidades básicas de saneamiento.

<b>Nº</b>	<b>Costos</b>	<b>Und</b>	<b>Valor</b>
1	Costo directo de inversión	s./	178,429.83
2	Costo por habitante	s./	585.01
3	Costo de operación y mantenimiento por año	s./	16,262.40

## **VII. RECOMENDACIONES**

**Sobre el objetivo general.** *Describir las características del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura.*

Se recomienda analizar soluciones de diseño de planta de tratamiento en comunidades rurales de baja densidad poblacional ya ejecutados y en operación con resultados positivos, para evaluar una eventual sustitución con la alternativa unidades básicas de saneamiento, ya que éstas dejan de utilizarse al poco tiempo de construirse y no solucionan el problema de la disposición de aguas residuales. Asimismo, se recomienda hacer el estudio de tratabilidad biológicas de las aguas residuales domésticas en forma experimental en condiciones climáticas similares a las de la localidad de investigación.

### **Sobre el objetivo específico 1**

*Describir las características de los componentes del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.*

Se recomienda estudiar las características de los componentes de diseño de plantas de tratamiento que no hagan uso de energía eléctrica para que puedan ser implementadas en las Juntas administradoras de servicios de saneamiento de comunidades rurales que cuentan con bajo presupuesto.

### **Sobre el objetivo específico 2**

*Describir las características del diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.*

Se recomienda estudiar las características de diseño hidráulico con el menor número de componentes tanto para el tratamiento preliminar, como del tratamiento primario y que cumplan con la eficiencia en la remoción de contaminantes en

sustitución de las soluciones planteadas en el reglamento nacional de edificaciones del Perú.

### **Sobre el objetivo específico 3**

*Describir las características del diseño estructural de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.*

Se recomienda para la elaboración del cálculo estructural de este tipo de estructuras la utilización de programa de elementos finitos versión educacional Sap2000 ya que permite obtener los datos del acero de refuerzo de cada componente de diseño de manera fiable.

### **Sobre el objetivo específico 4**

*Estimar los costos del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.*

Se recomienda elaborar una plantilla de metrados y análisis de precios unitarios para este tipo de diseños, ya que al tratarse de sistemas no convencionales su aplicación aún es incipiente en el Perú y no se cuenta con base de datos para la construcción de lechos de humedal sub superficial como tratamiento primario de aguas residuales.

## REFERENCIAS

- ABDEL-KADER, Amr. Studying the efficiency of grey water treatment by using rotating biological contactors system [en línea]. Arabia Saudita: Revista de la Universidad King Saud - Ciencias de la ingeniería, 2015. [fecha de consulta: 26 de febrero del 2021]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S101836391200013X>
- AGENCIA de protección ambiental. Guía para el diseño y construcción de un humedal artificial construido con flujos sub superficiales [en línea]. Estados Unidos: División de manejo de aguas, 1993. [fecha de consulta: 10 de febrero del 2021]. Disponible en <https://nepis.epa.gov>
- BAYAS, Leonardo. Diseño de Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en poblaciones rurales de sierra norte de Ecuador: Aplicación a la parroquia Lita. Tesis (Maestría en Ingeniería). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2018, 112 pp.
- CARVACHO, Cristian y LORETO, Tania. Diagnóstico del funcionamiento de los sistemas de alcantarillado de aguas residuales domésticas, en las viviendas sociales de la comuna de Lampa, región Metropolitana. Tesis (Licenciatura en Ingeniería). Chile: Universidad de Chile, 2007
- CARVALHO, Pedro, ARIAS, Carlos, BRIX, Hans. Constructed Wetlands for Water Treatment: New Developments, 2017 [en línea]. Dinamarca: Departamento de Biociencia, Universidad de Aarhus [fecha de consulta: 26 de febrero del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.3390/w9060397>
- CASTELLANOS, Oswaldo, ZURITA, Florentina y RODRIGUEZ, Araceli. El tratamiento de las aguas residuales municipales en las comunidades rurales de México. Revista mexicana de ciencias agrícolas [en línea]. Julio – agosto 2011. N° 2. [fecha de consulta: 25 de febrero del 2021]. (2011). Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342011000700011](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000700011).  
ISSN 2007-0934
- CONTRERAS, Roger. Propuesta de una PTAR para reducir el impacto ambiental del sistema de alcantarillado en el centro poblado “Andy y su pueblo”, Carabayllo – Lima. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2018, 129 pp.
- DELGADILLO, Oscar, CAMACHO, Alan, PÉREZ, Luis y ANDRADE, Mauricio. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Cochabamba: Antequera [en línea]. 1era edición. Bolivia: Nelson Antequera, 2010. [fecha de consulta: 24 de febrero del 2021]. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>

- ELZEIN, Z, ABDOU, A, y ELGAWAD, Abd. Constructed Wetlands as a Sustainable Wastewater Treatment Method in Communities [en línea]. Egipto: Procedia Environmental Sciences, 2016 [fecha de consulta: 26 de febrero del 2021]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029616300755>
- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 16 de marzo del 2010.
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 06 de junio del 2017.
- Decreto Supremo N° 003-2016 – VIVIENDA. Reglamento nacional de edificaciones. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 22 de enero del 2016.
- ESPINOSA, Camilo. Factibilidad del diseño de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales municipales de 30,000 habitantes [en línea]. Tesis (Maestría en Ingeniería Civil). Bogota: Escuela colombiana de ingeniería – Julio Garavito, 2014. 81 pp. Disponible en <https://www.coursehero.com/file/30502877/factibilidad-del-diseno-de-un-humedal-de-flujo-subsuperficial-para-30000-habitantespdf/>
- GRANADOS, Mildred. Estudio de factibilidad de la implementación de Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en ecosistema de alta montaña en Toquilla. Tesis (Maestría en Ingeniería). Toquilla: Universidad Libre de Colombia, 2018, 83 pp. ISSN 1815-8242
- HIDALGO, Carlos. Propuesta de de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el barrio El Milagro, Huaraz – Ancash 2018. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Huaraz: Universidad César Vallejo, 2018, 93 pp.
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 6ta Ed. México D.F.: McGraw – Hill, 2014. 600 pp. ISBN 978-1-4562-2396-0
- INSTITUTO nacional de estadística (Perú). Informe técnico: "Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento". Lima, 2018, 192 pp.
- KASSA, Yesbie. Recent Advances in Application of Constructed Wetland Technologies for Enhanced Wastewater Treatment [en línea]. Etiopia: Revista de investigación académica e industrial (JAIR), 2019. [fecha de consulta: 26 de febrero del 2021]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/340531847\\_Recent\\_Advances\\_in\\_Application\\_of\\_Constructed\\_Wetland\\_Technologies\\_for\\_Enhanced\\_Wastewater\\_Treatment](https://www.researchgate.net/publication/340531847_Recent_Advances_in_Application_of_Constructed_Wetland_Technologies_for_Enhanced_Wastewater_Treatment)
- LARA, Jaime y VERA, Ismael. Implantación y evolución de un humedal artificial de flujo subsuperficial en Cogua, Cundinamarca, Colombia [en línea]. Ingeniería y Universidad. Enero – junio 2005. N° 1 [fecha de Consulta 21 de febrero de

2021]. ISSN: 0123-2126. Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477/47720781003>

LICATA, Mario, GENNARO, María, TUTTOLOMONDO, Teresa, LETO, Claudio, LA BELLA, Salvatore. Research focusing on plant performance in constructed wetlands and agronomic application of treated wastewater – A set of experimental studies in Sicily. Italia: Estudios experimentales en Italia, 2019. [fecha de consulta: 26 de febrero del 2021]. Disponible en <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0219445>

MACEDO, Patrick y VELA, Marvin. Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales incorporando humedales artificiales para mejorar la disposición de coliformes fecales, Tarapoto 2020. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Tarapoto: Universidad Cesar Vallejo, 2020. 57 pp.

MAO, Yuting y HUANG Haiqin. Research on performance improvement of constructed wetland wastewater treatment system. China: Ciencias de la Tierra y el medio ambiente, 2019. [fecha de consulta: 26 de febrero del 2021]. Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/384/1/012173>

MENA, Paolo. Evaluación de la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas, implementando un sistema de humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal. Tesis (Maestría en Ciencias ambientales). Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 2014. 160 pp.

MINISTERIO del Ambiente (Perú). Manual para municipios ecoeficientes. Lima, 2009. Disponible en: [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/manual\\_para\\_municipios\\_ecoeficientes.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/manual_para_municipios_ecoeficientes.pdf)

MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Decreto Supremo N° 018-2017-VIVIENDA: Plan Nacional de Saneamiento 2017-2021. Lima, 2017, 149 pp.

MOGOLLON, Cristhian. Sistema multifase de humedal sub superficial para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis (Maestría en Ciencias de Ingeniería). Huancavelica: Universidad nacional de Huancavelica, 2020, 192 pp.

OMONDI, Donde, NAVALIA, Atalitsa. Constructed Wetlands in Wastewater Treatment and Challenges of Emerging Resistant Genes Filtration and Reloading. [en línea]. Kenia: Aguas interiores: dinámica y ecología, 2019. [fecha de consulta: 26 de febrero del 2021]. Disponible en <https://www.intechopen.com/books/inland-waters-dynamics-and-ecology/constructed-wetlands-in-wastewater-treatment-and-challenges-of-emerging-resistant-genes-filtration-a>

- OTENG-PEPRAH, Michael, AGBESI ACHEAMPONG, Mike y DEVRIES, Nanne. Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception—a Review [en línea]. Países Bajos: Revista Springer Contaminación del suelo, del suelo, del aire y del agua, 2018. [fecha de consulta: 26 de febrero del 2021]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6133124/>
- PREISNER, Michał, NEVEROVA-DZIOPAK, Elena y KOWALEWSKI, Zbigniew. An Analytical Review of Different Approaches to Wastewater Discharge Standards with Particular Emphasis on Nutrients. Polonia: Gestión Ambiental, 2020. [fecha de consulta: 26 de febrero del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01344-y>
- RESNICK, DB. What is ethics in research and why is it important [en línea]. New York - EEUU: Lista adaptada de Shamoo A y Resnik D, 2015. Conducta responsable de la investigación, 3ª ed. [fecha de consulta: 27 de febrero del 2021]. Disponible en: <https://www.skillsyouneed.com/learn/research-ethics.html>
- Resolución Ministerial N°192-2018-VIVIENDA. Diario oficial El Peruano, 24 de octubre, Lima, Perú, 16 de mayo del 2018.
- SAEID, Eslamian, SAEID, Okhravi y FAEZEH, Eslamian. Constructed Wetlands. Estados Unidos: Ciencias de la Tierra, Ingeniería y Tecnología, 2019. [fecha de consulta: 26 de febrero del 2021]. Disponible en <https://www.taylorfrancis.com/books/constructed-wetlands-saeid-eslamian-saeid-okhravi-faezeh-eslamian/10.1201/9780429242625>. ISBN 9780429242625
- SAMAYAMANTHULA, Dhanu, SABARATHINAM,y BHANDARY, Harish. Treatment and effective utilization of greywater [en línea]. Kuwait: Ciencia aplicada del agua, 2019 [fecha de consulta: 25 de febrero del 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-019-0966-0>. ISBN: 0006858
- THALLA, Arun, DEVATHA, C., ANAGH, K., SONY, Elsa. Performance evaluation of horizontal and vertical flow constructed wetlands as tertiary treatment option for secondary effluents. India: Ciencia aplicada del agua, 2019. [fecha de consulta: 26 de febrero del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1014-9>
- VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. 2ª ed. Lima: San Marcos, 2015. 495 pp. ISBN 978-612-302-878-7
- VASILIKI, Ioannidou, PEARSON, Jonathan. Hydraulic and Design Parameters in Full-Scale Constructed Wetlands and Treatment Units: Six Case Studies.

REINO UNIDO: Springer International, 2018. [fecha de consulta: 26 de febrero del 2021]. Disponible en [researchgate.net/publication/325950852](https://researchgate.net/publication/325950852)

YAQIAN Zhao, BIN Ji, RANBIN Liu, BAIMING Ren, TING Wei. Constructed treatment wetland: Glance of development and future perspectives. China: Universidad de Tecnología de Xian, 2020. [fecha de consulta: 26 de febrero del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2020.07.002>. ISSN 2666-4453,

VARA, Arístides. 7 pasos para elaborar una tesis. Lima: Macro, 2015. 591 pp. ISBN 978-612-304-311-7

VIDAL, Gladys y HORMAZÁBAL, Sujey. Humedales construidos: Diseño y operación. Chile. Universidad de Concepción, 2018. 169 pp. ISBN: 978-956-227-419-7

VIDAL, Gladys y ARAYA, Francisca. Las aguas servidas y su depuración en zonas rurales: Situación actual y desafíos. Chile. Universidad de Concepción, 2014. 121 pp. ISBN: 978-956-227-378-7

## ANEXOS

### ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título de la tesis: “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en el sector Linderos - Morropón – Piura, 2021”					
PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfoque: Cuantitativa</li> <li>• Tipo: Aplicada</li> <li>• Diseño: Descriptivo - Transversal– No experimental</li> </ul> <p><b>Población y muestra:</b>  <b>Población:</b> La población de estudio está conformada por el agua residual del sector Linderos - Buenos Aires, Morropón-Piura.</p> <p>Técnicas e instrumentos:            Variable independiente:            Ficha de recolección de datos</p>
¿Cuáles serían las características del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021?	Describir las características del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.	La implementación del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales permite de manera significativa la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.	<b>X: Tratamiento de aguas residuales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tratamiento preliminar</li> <li>▪ Cámara de distribución</li> <li>▪ Tratamiento primario</li> <li>▪ Zona de amortiguamiento</li> </ul>	
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	1. Componentes del diseño		
1. ¿Cuáles serían las características de los componentes del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021?	1. Describir las características de los componentes del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.	1. La implementación de los componentes del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales permite de manera significativa la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.	2. Diseño hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Caudal de diseño</li> <li>▪ Cargas de diseño hidráulico</li> <li>▪ Área superficial</li> <li>▪ Relación largo:ancho</li> <li>▪ Profundidad</li> <li>▪ Perfil hidráulico</li> <li>▪ Tiempo de retención hidráulico.</li> </ul>	

<p>2. ¿Cuáles serían las características del diseño hidráulico de la planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021?</p>	<p>2. Describir las características del diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.</p>	<p>2. La implementación del diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales permite de manera significativa la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.</p>	<p>3. Diseño estructural</p> <p>4. Costos de la planta de tratamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cargas de diseño</li> <li>▪ Nivel freático</li> <li>▪ Datos geológicos</li> <li>▪ Datos geotécnicos</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Valor referencial</li> </ul>	
<p>3. ¿Cuáles serían las características del diseño estructural de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021?</p>	<p>3. Describir las características del diseño estructural de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.</p>	<p>3. La implementación del diseño estructural de una planta de tratamiento de aguas residuales permite de manera significativa la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.</p>	<p><b>Y: Reutilización de aguas depuradas</b></p> <p>1. Impacto ambiental</p>	<p>Porcentaje de eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub></p>	
<p>4. ¿Cuáles serían los costos del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021?</p>	<p>4. Estimar los costos del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.</p>	<p>3. La implementación de los costos del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales inciden de manera significativa en la reutilización de las aguas depuradas en el sector Linderos del distrito de Buenos Aires, Morropón – Piura, 2021.</p>			

## ANEXO 2. Instrumentos de recolección de datos

1. Instrumentos de recolección de datos de la variable independiente
  - a. Instrumento para guía de revisión documental

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>
<b>Título: Instrumento para guía de revisión documental</b>	
<b>Variable independiente: Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales</b>	
Autor	
Localidad	
Año	
Título	
Diseño de Investigación	
Universidad	
Proceso constructivo	
Conclusiones	

*Nota:* Elaboración propia

b. Instrumento para lista de cotejo de modelos matemáticos de características hidráulicas y estructurales del diseño.

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>Título: Instrumento para matriz de características hidráulicas y estructurales</b>			
<b>Variable independiente: Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales</b>			
<b>Indicador:</b>	<b>Unidad 1</b>	<b>Unidad 2</b>	<b>Unidad 3</b>
<b>Hidráulica</b>			
Cálculo de Caudal			
Área superficial			
Cálculo del ancho del sistema			
Cálculo del largo del sistema			
Cálculo de temperatura			
Cálculo de tiempo de retención hidráulica			
<b>Indicador:</b>	<b>Unidad 1</b>	<b>Unidad 2</b>	<b>Unidad 3</b>
<b>Estructural</b>			
Estudio topográfico			
Estudio de mecánica de suelos			
Cálculo estructural			

*Nota.* Elaboración propia

### ANEXO 3. Instrumentos de procesamiento de datos

a. Instrumento de recolección de datos de calidad de la DBO<sub>5</sub>

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
<b>Título: Instrumento para recolección y procesamiento de datos de la DBO<sub>5</sub></b>			
<b>Variable dependiente: Reúso de aguas depuradas</b>			
AFLUENTE			
Localidad	Distrito	Provincia	Departamento
Denominación del punto de monitoreo			
Fecha	Hora	DBO <sub>5</sub>	Caudal afluente
Eventuales observaciones al punto de monitoreo			
Características del agua residual			
EFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo			
Fecha	Hora	DBO <sub>5</sub>	Caudal afluente
Eventuales observaciones al punto de monitoreo			
Características del agua residual			

*Nota.* Ficha adaptada del protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de PTAR – R.M. 273-2013-VIVIENDA

## ANEXO 4. Evidencias fotográficas



# ANEXO 5. CALCULOS DE DISEÑO HIDRAULICO

## DISEÑO DE LA CÁMARA DE REJAS - TRATAMIENTO PRELIMINAR

Tesis *Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en el sector Linderos - Morropón - Piura, 2021*  
 Universidad Cesar Vallejo

Localidad *Linderos*

Distrito *Buenos Aires*

Provincia *Morropón*

Línea de investigación *Diseño de obras hidráulicas y saneamiento*

Bachilleres *Rives Raul Ramirez Manrique - Cristhian Juan Mogollon Vizqueta*

Fecha *27/06/2021*



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

### CALCULO DE DEMANDA

DATOS	CANTIDAD		UND	PROCESO DE CÁLCULO			CANTIDAD		UND	RESULTADOS
Caudal Máximo Horario	$Q_{mh} =$	1.21	lps	$Q_d = Q_{mh} + Q_{inf} + Q_{ce}$	$Q_d =$	2.09	lps		Caudal de diseño	
Caudal por Infiltración	$Q_{inf} =$	0.88	lps							
Caudal por conexiones erradas	$Q_{ce} =$	0.00	lps							
Caudal de Diseño	$Q_d =$	2.09	lps	$Q_{max} = K_{max} \times Q_p$	$Q_{max} =$	1.21	lps		Caudal Máximo	
Constante Mínimo	$K_{min} =$	0.5		$Q_{min} = K_{min} \times Q_p$	$Q_{min} =$	0.61	lps		Caudal Mínimo	

### CALCULO DE BARRAS

DATOS	CANTIDAD		UND	PROCESO DE CÁLCULO			CANTIDAD		UND	RESULTADOS
Número de canales	$N_c =$	1	und	cada unidad con un canal de rejillas funcionando alternadamente para limpieza y mantenimiento						
Caudal Máximo	$Q_{max} =$	2.09	lps	$Q_{max\ u} = Q_{max} / N$	$Q_{max\ u} =$	2.09	lps		Tirante Máximo	
Caudal Mínimo	$Q_{min} =$	0.605	lps	$Q_{min\ u} = Q_{min} / N$	$Q_{min\ u} =$	0.605	lps		Tirante Mínimo	
Espesor de las Barras	$e =$	1/4	pulg	$E = \frac{a}{(a+e)}$	$E =$	0.80			Coef. geométrico (sección de paso entre barras)	
Espaciamiento entre Barras	$a =$	1	pulg							
Ancho de las barras	$br =$	1 1/2	pulg							
Velocidad entre barras	$V_r =$	0.70	m/s	$A_u = (Q_{max} / V_r) / 1000$	$A_u =$	0.003	m <sup>2</sup>		Area útil	
				$A_c = A_u / E$	$A_c =$	0.004	m <sup>2</sup>		Area del canal	

### CALCULO DEL CANAL DE REJAS / CRIBAS

DATOS	CANTIDAD		UND	PROCESO DE CÁLCULO			CANTIDAD		UND	RESULTADOS
Ancho del canal	$B =$	0.30	m	$Y_{max} = A_c / B$	$Y_{max} =$	0.012	m		Tirante Máximo	
Coef. Rugosidad del Canal	$n =$	0.013		$R_H = A_c / P_m = A_c / (2Y + B)$	$R_H =$	0.011	m		Radio Hidráulico	
Velocidad	Correcta			$S = (Q_{max} * n / (A_c * R_H^{2/3}))^2$	$S =$	5.19	%		Pendiente del canal	
				$V_c = Q_{max} / A_c$	$V_c =$	0.56	m/s		Velocidad antes de las rejillas	
De la Tabla para el Ymin	Y/B =	0.093		$R = Q_{min} * n / (S^{1/2} B^{8/3})$	$R =$	0.1386	m		Determinar la relación Y/B	
				$Y_{min} = 0.093 * B$	$Y_{min} =$	0.03	m		Tirante Mínimo	
Velocidad	Correcta			$A_{min} = B * Y_{min}$	$A_{min} =$	0.01	m <sup>2</sup>		Area Mínimo	
				$V_{min} = Q_{min} / A_{min}$	$V_{min} =$	0.0723	m/s		Velocidad mínimo en el canal	
				$N = (B - a) / (e + a)$	$N =$	9	und		Número de Barras	

### PERDIDA DE CARGA EN LAS REJAS

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
<i>Según Kirshner (Rejas Limpias)</i>						
Velocidad Máxima en la rejilla	$V_r = 0.70$	m/s	$h_v = \frac{V^2}{2g}$	$h_v = 0.02$	m	Pérdida de energía en la rejilla
Gravedad	$g = 9.81$	m/s <sup>2</sup>				
Forma de Barra	Rectangular		$H_r = \beta \left(\frac{e}{a}\right)^{4/3} h_v \cdot \text{sen}\theta$	$H_r = 0.01$	m	Pérdida total en la rejilla
Factor forma	$\beta = 2.42$					
separación entre barrotes	$a = 1$	pulg				
Diámetro de Barrote	$e = 1/4$	pulg				
inclinación de las barras	$\theta = 60$	°				
<i>Según Metcalf-Eddy (Rejas Obstruidas)</i>						
Velocidad Máxima en la rejilla	$V = 0.70$	m/s	$V' = V/t$	$V' = 1.40$	m/s	veloc.considerando 50% obstrucción
Obstrucción en las rejillas	$t = 50\%$		$H_f = \left[\frac{(V_r'^2 - V^2)}{2g}\right] / 0.7$	$H_f = 0.11$	m	Pérdida de carga(Metcalf-Eddy)
Gravedad	$g = 9.81$	m/s <sup>2</sup>				
Pérdida de carga elegida			MAYOR [ $H, H_f$ ]	$H_f = 0.11$	m	se elige la mayor pérdida de carga

### CALCULO DE LA ALTURA DE LA REJA

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Tirante Máximo	$Y = 0.012$	m	$H = Y + BL$	$H = 0.71$	m	Altura de la reja
Borde Libre	$BL = 0.70$	m				

### CALCULO DE LA LONGITUD DE LA REJA

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Altura de la reja	$B = 0.71$	m	$L = H/\text{sen}\theta$	$L = 0.82$	m	Longitud de la reja
Inclinación de las barras	$\theta = 60$	°	$PH = H/\text{tag}\theta$	$PH = 0.41$	m	Proyección Horizontal mínima

### ZONA DE TRANSICIÓN

DATOS	CANTIDAD		UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD		UND	RESULTADOS
Pendiente del Emisor	S' =	66	‰	$\theta = 2 \arccos \left( 1 - \frac{2h}{D} \right)$ $D = \sqrt[2]{\left( \frac{Q * n}{S^{1/2}} \right)^3 * \frac{2^{13} * \theta^2}{(\theta - \text{sen}\theta)^5}}$	ϑ =	4.19	rad	Angulo formado del centro de tubería
Caudal Máximo Emisor	Qmxu =	0.0021	m³/s		D =	0.20	m	Diámetro del Emisor calculado
Relación Max Y/D	Y/D =	0.75			Dc =	0.20	m	Diámetro del Emisor comercial
Coef. Rugosidad Emisor	n =	0.013			Dc =	8	pulg	Diámetro del Emisor comercial
Angulo de zona de transición	φ =	30	°sexg	$L' = (B - Dc) / (2 * \tan\phi)$	L' =	0.23	m	Longitud d mínima transición emisor
Ancho cribado	B =	0.30	m					
De la Tabla	Y/D =	0.515		$R_1 = Qmxu * n / (S^{1/2} Dc^{8/3})$	R 1 =	0.00024		Determinar la relación Y/B
				$Y_1 = 0.515 * Dc$	Y 1 =	0.10	m	Tirante en el emisor
				$A_1 = k * Dc^2$	A 1 =	0.02	m²	Area Húmeda del emisor
				$R_{H1} = A_1 / P_{M1}$	R H1 =	0.04	m	Radio Hidráulico
	Tensión Tractiva Correcta			$T_1 = S' * R_{H1}$	T 1 =	2.64	kgf/m²	Fuerza Tractiva
				$V_1 = Qmx u / A_1$	V 1 =	3.10	m/s	Velocidad en el emisor
				$H_1 = 0.1(V_1 - Vc)^2 / 2g$	H 1 =	0.03	m/s	Velocidad en el emisor
Caudal Mínimo Emisor	Qminu =	0.0006	m³/s	$R_2 = Qminu * n / (S^{1/2} Dc^{8/3})$	R 2 =	0.0001	m	Para determinar la relación Y2/Dc
Diámetro del Emisor	Dc =	0.20	m		$Y_2 = 0.174 * Dc$	Y 2 =	0.03	m
De la Tabla	Y/D =	0.174		$A_2 = k * Dc^2$	A 2 =	0.004	m²	Area húmeda del emisor
				$V_2 = Qmin u / A_2$	V 2 =	0.16	m/s	Velocidad en el emisor
				$R_{H2} = A_2 / P_{M2}$	R H2 =	0.02	m	Radio Hidráulico
				Tensión Tractiva Correcta			$T_2 = S' * R_{H2}$	T 2 =

### MATERIAL CRIBADO

DATOS	CANTIDAD		UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD		UND	RESULTADOS
Caudal Máximo	Qmh =	0.0021	m³/s	$M_{tc} = Qmh * M_c * 86400$	Mtc =	4.15	lpd	Material cribado a ser retirado por día
Abertura/Espaciamento	Y/D =	1	pulg					
		25	mm					
Materia Cribado / Caudal	Mc =	0.023	L/m³					

### CALCULO DEL VERTEDERO DE SALIDA

DATOS	CANTIDAD		UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD		UND	RESULTADOS
Caudal Máximo	Qmh =	0.023	m³/s	$H_v = (Q / (1.838 * B))^{2/3}$	Hv =	0.1	m	Altura del Vertedero
Ancho del canal	B =	0.30	m					



## ANEXO 6. CALCULOS DE DISEÑO HIDRÁULICO DESARENADOR

### DISEÑO DE DESARENADOR - TRATAMIENTO PRELIMINAR

Tesis	Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en el sector Linderos - Morropón - Piura, 2021 Universidad Cesar Vallejo
Localidad	Sector Linderos
Distrito	Buenos Aires
Provincia	Morropón
Linea de investigación	Diseño de obras hidráulicas y saneamiento
Bachilleres	Rives Raul Ramirez Manrique - Cristhian Juan Mogollon Vizueta
Fecha	01/05/2021

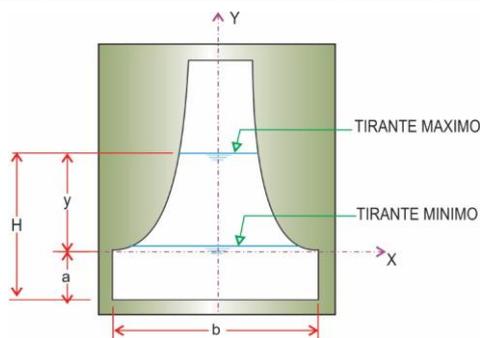


#### CALCULO DE DEMANDA

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Caudal Máximo Horario	$Q_{mh} = 1.210$	lps	$Q_d = Q_{mh} + Q_{inf} + Q_{ce}$	$Q_d = 2.0900$		Caudal de diseño
Caudal por Infiltración	$Q_{inf} = 0.88$	lps				
Caudal por conexiones erradas	$Q_{ce} = 0.00$	lps				
Caudal de Diseño	$Q_d = 2.09$	lps	$Q_{max} = K_{max} \times Q_p$	$Q_{max} = 1.21$	lps	Caudal Máximo
Constante Mínimo	$K_{min} = 0.50$		$Q_{min} = K_{min} \times Q_p$	$Q_{min} = 0.61$	lps	Caudal Mínimo

#### SECCION RECTANGULAR CONTROLADO POR VERTEDERO SUTRO

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Caudal Máximo Unitario	$Q_{max\ u} = 0.0021$	$m^3/s$	$Q = 2.74\sqrt{ab}\left(H - \frac{a}{3}\right)$	$Q = 0.0146$	$m^3/s$	Verificamos para nuestro Caudal Máximo Horario
Caudal Mínimo Unitario	$Q_{min\ u} = 0.000605$	$m^3/s$		$Q = 14.59$	lps	
altura mínima	$a = 0.01$	m				
Ancho de la base	$b = 0.30$	m				
Altura de agua	$H = 0.1006$	m				



#### LONGITUD DEL DESARENADOR

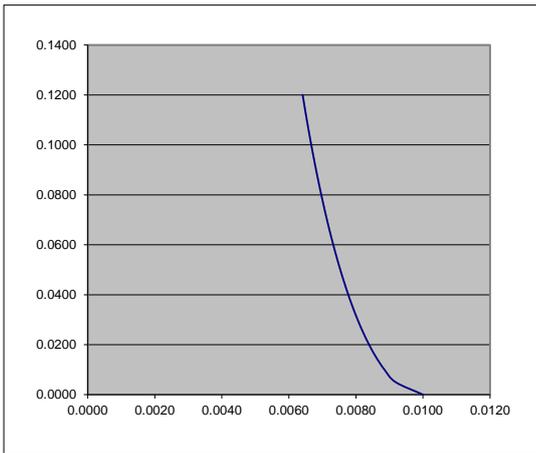
DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Altura de agua	$H = 0.101$	m	$L = 25 * H$	$L_d = 2.51$	m	Longitud del Desarenador
<i>Por Norma se adiciona 25% como mínimo a la entrada y a la salida del desarenador</i>						
Coef. Rugosidad	$n = 0.013$		$L_r = 25\% * L_d$	$L_r = 3.14$	m	Longitud real del Desarenador
				$L_r = 3.20$	m	

#### ANCHO DEL DESARENADOR

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Caudal Máximo	$Q_{max} = 0.001$	$m^3/s$	$A = Q_{max} / (V.H)$	$A = 0.04$		Ancho mínimo del Desarenador
Altura de agua	$H = 0.101$	m				
Velocidad Horizontal	$V = 0.30$	m/s				

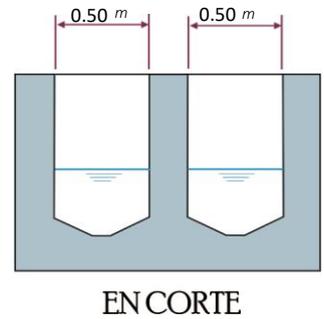
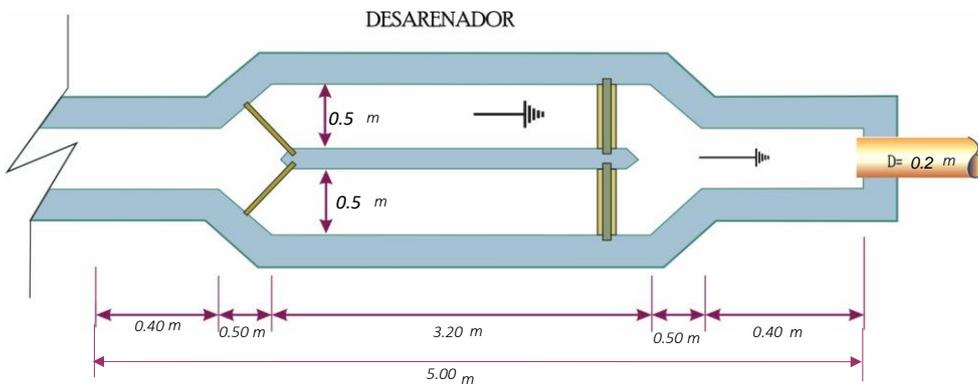
### CALCULO DE LA SECCION DEL SUTRO

$$x/b = 1 - (2/p)$$



X (m)	y (m)	X (m)	y (m)
0.0100	0.0000	0.0065	0.1150
0.0092	0.0050	0.0064	0.1200
0.0089	0.0100	0.0064	0.1250
0.0086	0.0150	0.0063	0.1300
0.0084	0.0200	0.0062	0.1350
0.0082	0.0250	0.0062	0.1400
0.0081	0.0300	0.0061	0.1450
0.0079	0.0350	0.0061	0.1500
0.0078	0.0400	0.0060	0.1550
0.0076	0.0450	0.0060	0.1600
0.0075	0.0500	0.0059	0.1650
0.0074	0.0550	0.0059	0.1700
0.0073	0.0600	0.0058	0.1750
0.0072	0.0650	0.0058	0.1800
0.0071	0.0700	0.0058	0.1850
0.0070	0.0750	0.0057	0.1900
0.0070	0.0800	0.0057	0.1950
0.0069	0.0850	0.0056	0.2000
0.0068	0.0900	0.0056	0.2050
0.0067	0.0950	0.0056	0.2100
0.0067	0.1000	0.0055	0.2150
0.0066	0.1050	0.0055	0.2200
0.0065	0.1100	0.0055	0.2250
0.0065	0.1150	0.0054	0.2300
0.0064	0.1200	0.0054	0.2350

### DIMENSIONES DEL DESARENADOR



# ANEXO 7. CALCULOS DE DISEÑO HIDRAULICO HUMEDAL SUB SUPERFICIAL

## DIMENSIONAMIENTO DE HUMEDAL SUB SUPERFICIAL VERTICAL

Tesis *Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en el sector Linderos - Morropón - Piura, 2021*  
Universidad Cesar Vallejo

Localid Linderos

District Buenos Aires

Provin Morropón

Línea *Diseño de obras hidráulicas y saneamiento*

Bachill Rives Raul Ramirez Manrique - Cristhian Juan Mogollon Vizueta

Fecha 01/05/2021



Se aplica el método de la norma de saneamiento (RNC) vigente  
Este método es válido cuando se usa piedras como medio filtrante.

### DIMENSIONAMIENTO DE HUMEDAL SUB SUPERFICIAL VERTICAL

DESCRIPCION	ENTRADA	UNIDAD
Población de diseño ( $P_f$ )	305	habitantes
Dotación de agua ( $D$ )	90	L/(habitante.día)
Contribución de aguas residuales ( $C$ )	80%	
Contribución per cápita de DBO5 ( $Y$ )	50	grDBO5/(habitante.día)
Producción per cápita de aguas residuales: $q = D \times C$	72	L/(habitante.día)
DBO <sub>5</sub> resultado del Analisis de Laboratorio	248.00	mg/L
Eficiencia de remoción de DBO5 del tratamiento primario ( $Ep$ )	0.33	
Temperatura del Proyecto ( $Tp$ )	16.00	°C
DBO <sub>5</sub> remanente: $So = (1 - Ep) \times St$	167.40	mg/L
Caudal de aguas residuales: $Q = P_f \times q / 1000$	21.96	m <sup>3</sup> /día

### DIMENSIONAMIENTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL VERTICAL

DESCRIPCION	ENTRADA	UNIDAD
DBO requerida en el efluente ( $Se$ )--Balance de masa	15	mg/L
Eficiencia del humedal ( $E$ ): $E = (So - Se)/So$	91.04%	
Carga de DBO ( $W$ ): $W = So \times Q / 1000$	3.68	Kg DBO/día
Factor de recirculación ( $F$ ): $F = (1 + R)/(1 + R/10)^2$	1	
Tasa de aplicación superficial ( $TAS$ ): $TAS = Q/A$	0.773	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .día)
Carga orgánica ( $CV$ ): $CV = W/V$	0.043	Kg DBO/(m <sup>3</sup> .día)
K <sub>20</sub> (temperatura 20°C)	1.104	1.06
Kt (Cons. Temperatura)	0.874	0.792094
K <sub>20</sub> (temperatura 20°C)	20	-4
T° (temperatura)	16	°C
Q (m <sup>3</sup> /d)	21.96	m <sup>3</sup> /día
Ln Co (afluente)(DBO)	248	5.513428746
Ln Ce (efluente) (DBO)	15	2.708050201
y(profundidad)	0.85	m
n(porosidad)	0.3	0.25 mm
(lnCo-lnCe)		2.805378545
Q*(lnCo-lnCe)		61.60611285
Kt(h)(n)	0.22	
Area Superficial	<b>276.27</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICA		
AS	276.27	m <sup>2</sup>
y(altura)	0.85	m
n (porosidad)	0.3	
Q	21.96	m <sup>3</sup> /d
TRH	3.208	días
	<b>3.5</b>	<b>días</b>
RELACION ANCHO: LARGO		
ANCHO:LARGO	1:1.5	
AS	<b>97.60</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
As/3	6.59	m
b(ancho del humedal)	<b>8.00</b>	<b>m</b>
L=1.5B (largo del humedal)	<b>12.00</b>	<b>m</b>

Diseño: 3 celdas 8.00 m. x 12.00 m.

**ANEXO 8. PRESUPUESTO DE OBRA**

**PRESUPUESTO DE OBRA PLANTA DE TRATAMIENTO EN SECTOR LINDEROS**

Tesis *Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en el sector Linderos - Morropón - Piura,*  
 Localidad *Linderos*  
 Distrito *Buenos Aires*  
 Provincia *Morropón*  
 Línea de investigación *Diseño de obras hidráulicas y saneamiento*  
 Bachilleres *Rives Raul Ramirez Manrique - Cristhian Juan Mogollon Vizuela*  
 Fecha *27/06/2021*

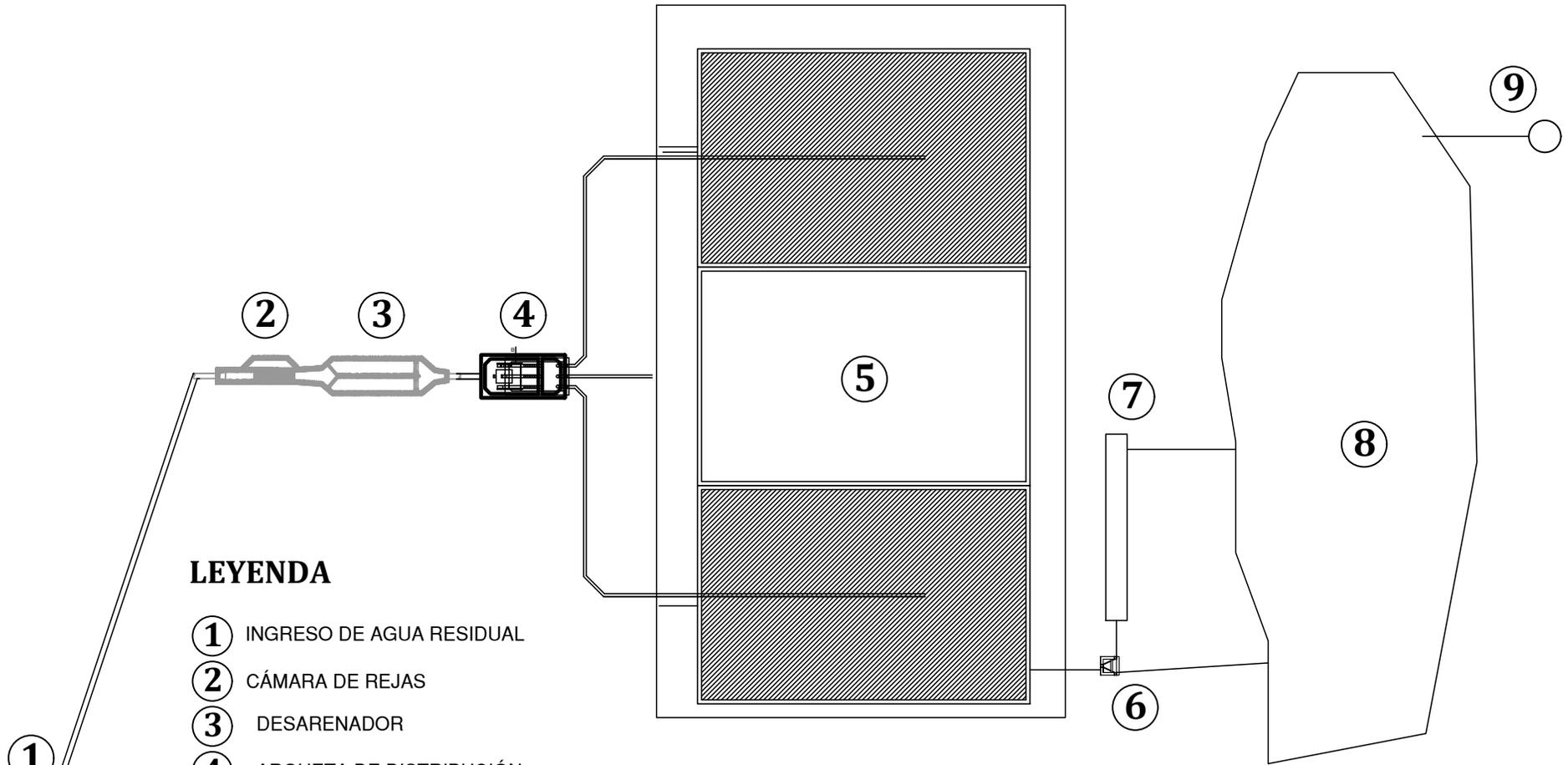


ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	PRECIO	PARCIAL		TOTAL
01.00.00	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>					6,206.70	6,206.70
01.01.00	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO	M2	27.00	2.10	56.70		
01.02.00	CORTE DE MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	M3	750.00	8.20	6,150.00		
02.00.00	<b>CÁMARA DE REJAS Y DESARENADOR</b>					11,163.16	11,163.16
02.01.00	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	30.50	1.50	45.75		
02.02.00	TRAZO Y REPLANTEO	M2	27.00	2.10	56.70		
02.03.00	EXCAVACIÓN PARA CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN Y TALUDES	M3	8.05	38.90	313.15		
02.04.00	RELLENO Y COMPACTADO PARA CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN Y TALUDES CON MATERIAL DE PRÉSTAMO	M3	2.05	27.90	57.20		
02.05.00	EXCAVACIÓN DE TERRENO NORMAL	M3	20.10	37.52	754.15		
02.06.00	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	9.50	17.50	166.25		
02.07.00	SOLADO e=2" (MEZCLA 1:2 CEMENTO HORMIGON)	M2	20.10	25.90	520.59		
02.08.00	CONCRETO F'C = 175 KG/CM2	M3	5.40	395.00	2,133.00		
02.09.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	49.02	52.20	2,558.84		
02.10.00	ACERO FY = 4,200 KG/CM2	KG	378.80	4.90	1,856.12		
02.11.00	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	M2	38.53	30.20	1,163.61		
02.12.00	REJILLA DE LISO FRIO 1/2"	Und	1.00	257.80	257.80		
02.13.00	COMPUERTA METÁLICA TIPO TARJETA	Und	2.00	320.00	640.00		
02.14.00	VERTEDERO SUTRO METÁLICO	Und	2.00	320.00	640.00		
03.00.00	<b>ARQUETA DE DISTRIBUCIÓN</b>					3,175.68	3,175.68
03.01.00	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	7.80	1.50	11.70		
03.02.00	TRAZO Y REPLANTEO	M2	7.80	2.10	16.38		
03.03.00	EXCAVACIÓN DE TERRENO NORMAL	M3	3.34	39.50	131.93		
03.04.00	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	4.50	19.60	88.20		
03.05.00	SOLADO e=2" (MEZCLA 1:2 CEMENTO HORMIGON)	M2	6.45	25.90	167.06		
03.06.00	CONCRETO F'C = 175 KG/CM2	M3	1.87	395.00	738.65		
03.07.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	15.16	52.20	791.35		
03.08.00	ACERO FY = 4,200 KG/CM2	KG	64.90	4.90	318.01		
03.09.00	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	M2	9.02	30.20	272.40		
03.10.00	TAPA METALICA TIPO REJILLA	Und	1.00	320.00	320.00		
03.11.00	INSTALACION DE TANQUE PENDULAR	Und	1.00	320.00	320.00		
04.00.00	<b>LECHO DE HUMEDAL SUB SUPERFICIAL</b>					81,981.88	81,981.88
04.01.00	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	411.30	1.50	616.95		
04.02.00	TRAZO Y REPLANTEO	M2	315.00	2.10	661.50		
04.03.00	EXCAVACIÓN DE TERRENO C/MAQUINARIA	M3	741.20	21.20	15,713.44		
04.04.00	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	210.12	19.50	4,097.34		
04.05.00	SOLADO e=2" (MEZCLA 1:2 CEMENTO HORMIGON)	M2	288.00	25.90	7,459.20		
04.06.00	CONCRETO F'C = 175 KG/CM2	M3	81.00	395.00	31,995.00		
04.07.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	8.77	52.20	457.79		

04.08.00	ACERO FY = 4,200 KG/CM2	M2	152.20	4.90	745.78		
04.09.00	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	M2	96.40	30.20	2,911.28		
04.10.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA	M2	315.00	15.20	4,788.00		
04.11.00	COLOCACIÓN DE SUSTRATO GRAVA DE 1/2" A 1"	M3	87.12	85.54	7,452.24		
04.12.00	COLOCACION DE ARENA GRUESA	M2	27.50	75.60	2,079.00		
04.13.00	INSTALACION DE TUBERIA PVC 200 mm	M	95.52	30.50	2,913.36		
04.14.00	SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULAS	Und	2.00	45.50	91.00		
05.00.00	<b><u>CÁMARA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES</u></b>					2,606.35	2,606.35
05.01.00	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	2.50	1.10	2.75		
05.02.00	TRAZO Y REPLANTEO	M2	7.50	2.10	15.75		
05.03.00	EXCAVACIÓN DE TERRENO NORMAL	M3	5.90	38.95	229.81		
05.04.00	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	6.90	19.50	134.55		
05.05.00	SOLADO e=2" (MEZCLA 1:2 CEMENTO HORMIGON)	M2	2.50	25.90	64.75		
05.06.00	CONCRETO F'C = 175 KG/CM2	M3	2.54	395.00	1,003.30		
05.07.00	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO	M2	9.60	52.20	501.12		
05.08.00	ACERO FY = 4,200 KG/CM2	M2	7.52	4.90	36.85		
05.09.00	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	M2	9.85	30.20	297.47		
05.10.00	TAPA METALICA TIPO REJILLA	Und	1.00	320.00	320.00		
06.00.00	<b><u>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS PVC</u></b>					11,343.26	11,343.26
06.01.00	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	9.52	1.10	10.47		
06.02.00	TRAZO Y REPLANTEO EN OBRAS DE SANEAMIENTO	M	145.20	2.10	304.92		
06.03.00	REPLANTEO, COLOCACIÓN DE PUNTOS Y PLANTILLAS	M	145.20	1.40	203.28		
06.04.00	EXCAVACIÓN DE ZANJA CON MAQUINARIA	M3	64.20	28.80	1,848.96		
06.05.00	REFINE, NIVELACIÓN Y CONFINAMIENTO DE ZANJAS	M	145.20	3.40	493.68		
06.06.00	PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE CAMA DE APOYO e=10 cm	M	145.20	5.50	798.60		
06.07.00	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO Y COMPACTADO	M	145.20	20.10	2,918.52		
06.08.00	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	8.35	19.40	161.99		
06.09.00	TUBERIA PVC NORMA ISO 4435 DN=200mm	M2	145.20	30.50	4,428.60		
06.10.00	PRUEBA HIDRÁULICA + ESCORRENTÍA DE TUBERÍAS	M2	145.20	1.20	174.24		
07.00.00	<b><u>CERCO PERIMETRICO</u></b>					11,225.70	11,225.70
07.01.00	TRAZO Y REPLANTEO	M2	450.00	2.10	945.00		
07.02.00	EXCAVACION DE TERRENO NATURAL	M3	8.50	38.90	330.65		
07.03.00	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	15.52	19.40	301.09		
07.04.00	CONCRETO F'C = 140 KG/CM2	M3	8.40	346.90	2,913.96		
07.05.00	CERCO, CON TUBO FºGº 2"	M	103.00	45.00	4,635.00		
07.06.00	SUMINISTRO E INSTALACION DE MALLA OLÍMPICA N° 10, CON MARCO DE TUBO FºGº DE 2" 2.00 x 2.00 mts	Und	1.00	2,100.00	2,100.00		
08.00.00	<b><u>ZANJA DE INFILTRACIÓN</u></b>					862.47	862.47
08.01.00	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	9.52	1.10	10.47		
08.02.00	TRAZO Y REPLANTEO	M2	9.52	1.50	14.28		
08.03.00	EXCAVACIÓN DE TERRENO NORMAL	M3	15.52	28.80	446.98		
08.04.00	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	5.45	19.40	105.73		
08.05.00	COLOCACIÓN DE SUSTRATO GRAVA DE 1/2" A 1"	M3	2.80	85.54	239.51		
08.06.00	SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULAS	Und	1.00	45.50	45.50		
09.00.00	<b><u>BUZONES ( 2 UNIDADES: INGRESO, SALIDA)</u></b>					4,210.40	4,210.40
09.01.00	TRAZO Y REPLANTEO	M2	7.50	2.10	15.75		
09.02.00	EXCAVACIÓN PARA BUZONES	M3	3.10	39.50	122.45		

09.03.00	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	3.25	19.50	63.38		
09.04.00	SOLADO e=2" (MEZCLA 1:2 CEMENTO HORMIGON)	M2	2.50	25.90	64.75		
09.05.00	CONCRETO F'C = 210 KG/CM2	M3	6.20	425.20	2,636.24		
09.06.00	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO	M2	9.40	52.20	490.68		
09.07.00	ACERO FY = 4,200 KG/CM2	M2	38.50	4.90	188.65		
09.08.00	TAPA DE CONCRETO	Und	2.00	314.25	628.50		
10.00.00	<b>ZONA DE AMORTIGUAMIENTO</b>					2,981.12	2,981.12
10.01.00	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	210.00	1.10	231.00		
10.02.00	TRAZO Y REPLANTEO	M2	210.00	1.50	315.00		
10.03.00	EXCAVACIÓN DE TERRENO NORMAL	M3	45.21	28.80	1,302.05		
10.04.00	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	35.21	19.40	683.07		
10.05.00	SIEMBRA DE CAÑA DE GUAYAQUIL	GLB	1.00	450.00	450.00		
11.00.00	<b>PRUEBAS/FLETES</b>					15,455.00	15,455.00
11.01.00	PRUEBA DE CALIDAD DEL CONCRETO	UND	10.00	45.50	455.00		
11.02.00	FLETE TERRESTRE	GLB	1.00	15,000.00	15,000.00		
COSTO DIRECTO							<b>151,211.72</b>
IGV 18%							27,218.11
<b>COSTO TOTAL</b>							<b>178,429.83</b>

ANEXO 9. PLANOS DE OBRA PLANTA DE TRATAMIENTO SECTOR LINDEROS



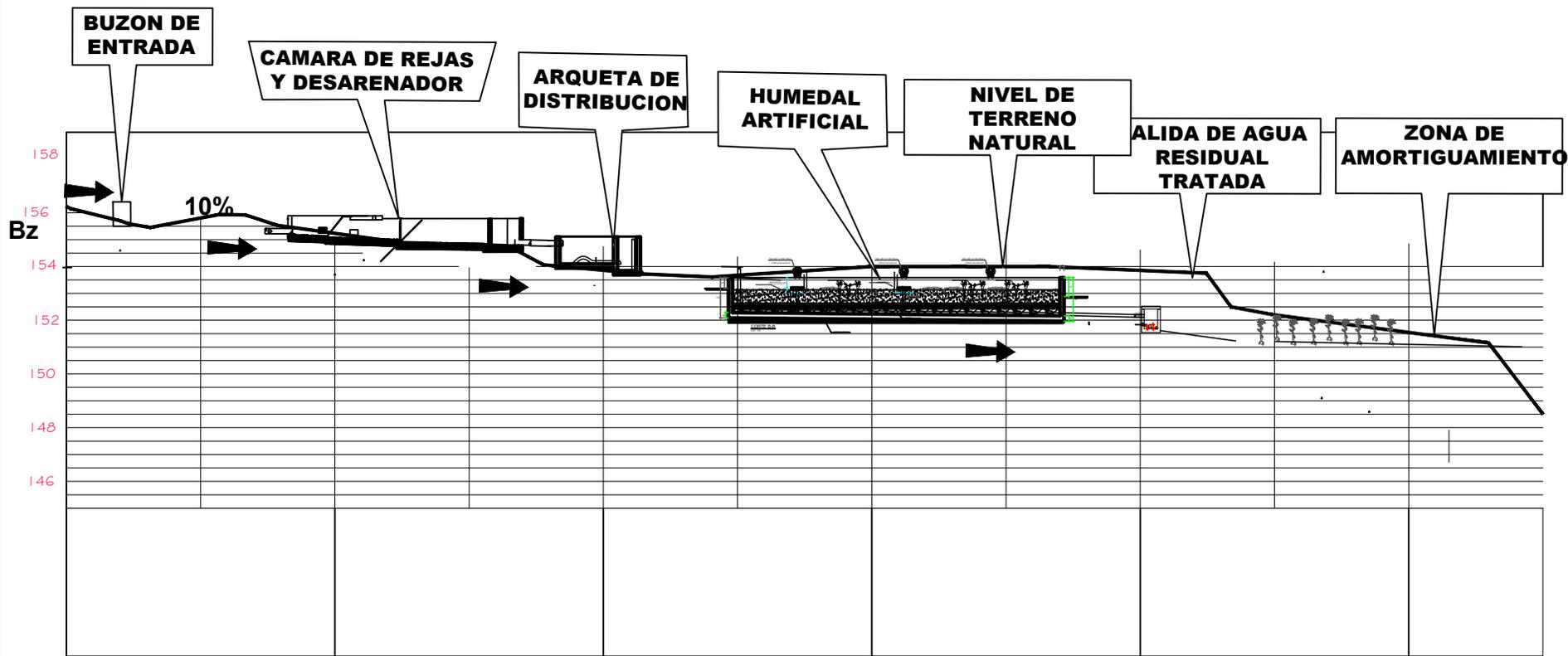
**LEYENDA**

- ① INGRESO DE AGUA RESIDUAL
- ② CÁMARA DE REJAS
- ③ DESARENADOR
- ④ ARQUETA DE DISTRIBUCIÓN
- ⑤ LECHO DE HUMEDAL SUPERFICIAL
- ⑥ CAJA DE DISTRIBUCIÓN
- ⑦ ZANJA DE INFILTRACIÓN
- ⑧ ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (SIEMBRA DE CAÑA DE GUAYAQUIL)
- ⑨ SALIDA DE AGUA RESIDUAL

**PLANTA ESQUEMA GENERAL**

ESC: 1:25

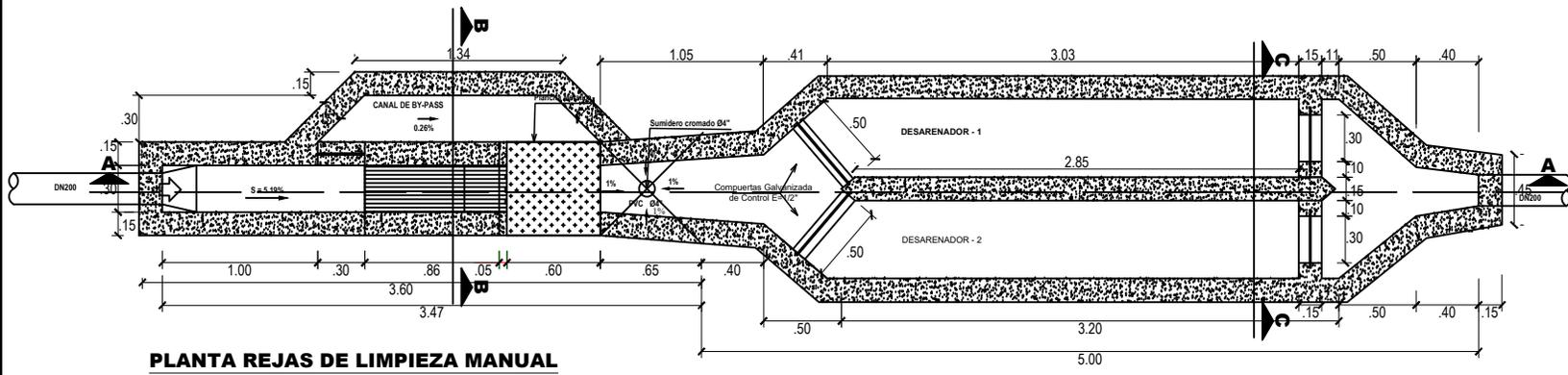
 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	TESIS: "DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA SU REUTILIZACIÓN EN EL SECTOR LINDEROS, MORROPÓN, PIURA 2021"			LAMINA N°: <b>A-01</b>	
	PLANO: PLANTA ESQUEMA GENERAL				
	UBICACIÓN: DISTRITO BUENOS AIRES		PROVINCIA MORROPÓN	REGIÓN PIURA	ESCALA: Indicada
	FECHA: JUNIO 2021				



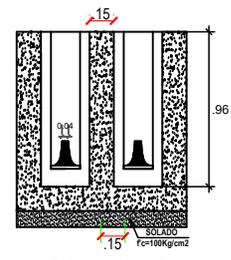
**CORTE ESQUEMA GENERAL**

ESC: 1:25

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	TESIS: "DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA SU REUTILIZACIÓN EN EL SECTOR LINDEROS, MORROPÓN, PIURA 2021"		
	PLANO: CORTE DE ESQUEMA GENERAL		LAMINA N°: <b>A-02</b>
	UBICACIÓN: DISTRITO      PROVINCIA      REGIÓN BUENOS AIRES      MORROPÓN      PIURA		ESCALA: Indicada
			FECHA: JUNIO 2021

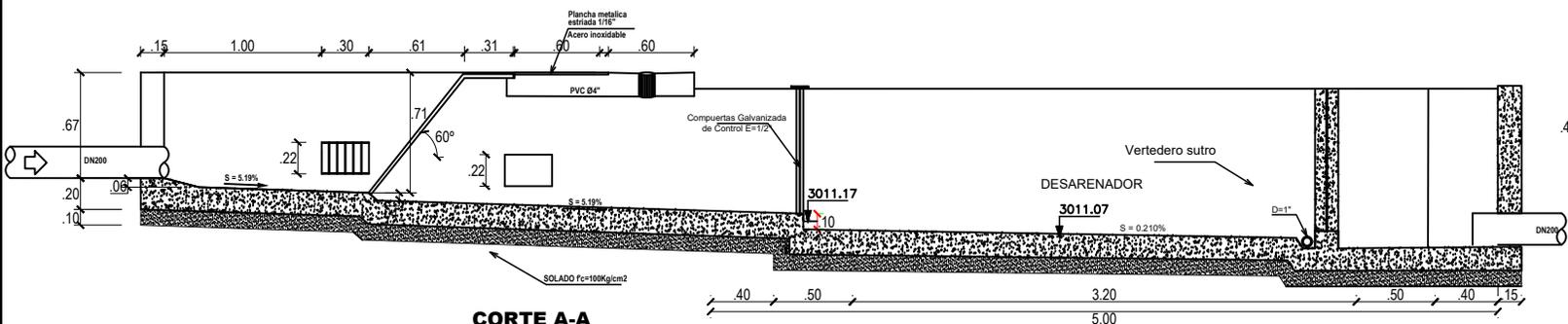


**PLANTA REJAS DE LIMPIEZA MANUAL**  
 ESC: 1:25

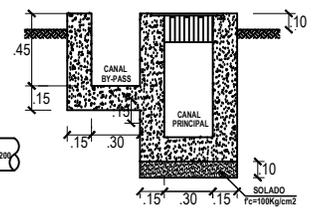


**CORTE C-C**  
 ESC: 1:20

**PLANTA DESARENADOR CON VERTEDERO SUTRO**

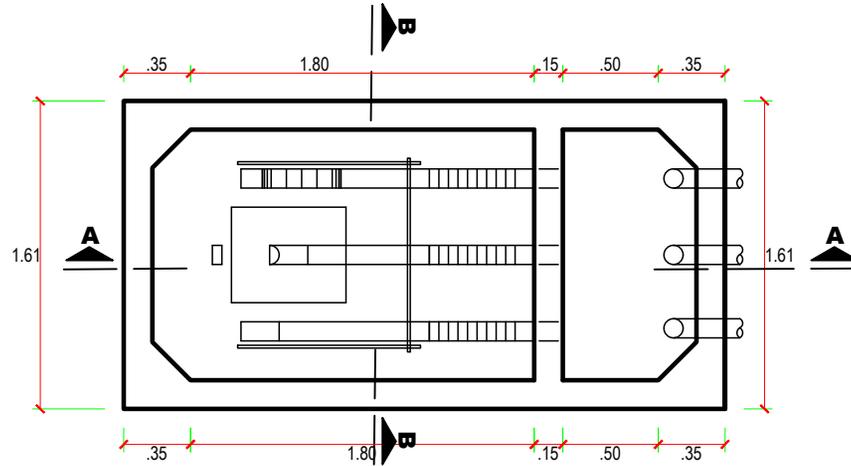


**CORTE A-A**  
 ESC: 1:25

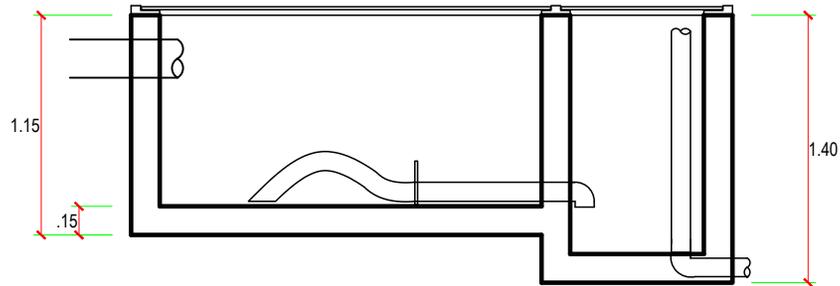


**CORTE B-B**  
 ESC: 1:20

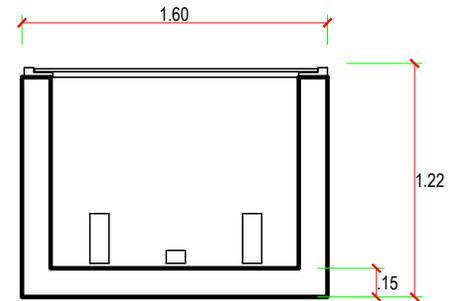
 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	TESIS: <b>"DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA SU REUTILIZACIÓN EN EL SECTOR LINDEROS, MORROPÓN, PIURA 2021"</b>		LAMINA N°: <b>A-03</b>
	PLANO: CAMARA DE REJAS Y DESARENADOR		
	UBICACIÓN: DISTRITO BUENOS AIRES    PROVINCIA MORROPÓN    REGIÓN PIURA		ESCALA: Indicada
			FECHA: JUNIO 2021



**PLANTA ARQUETA DE DISTRIBUCIÓN**  
 ESC: 1:25

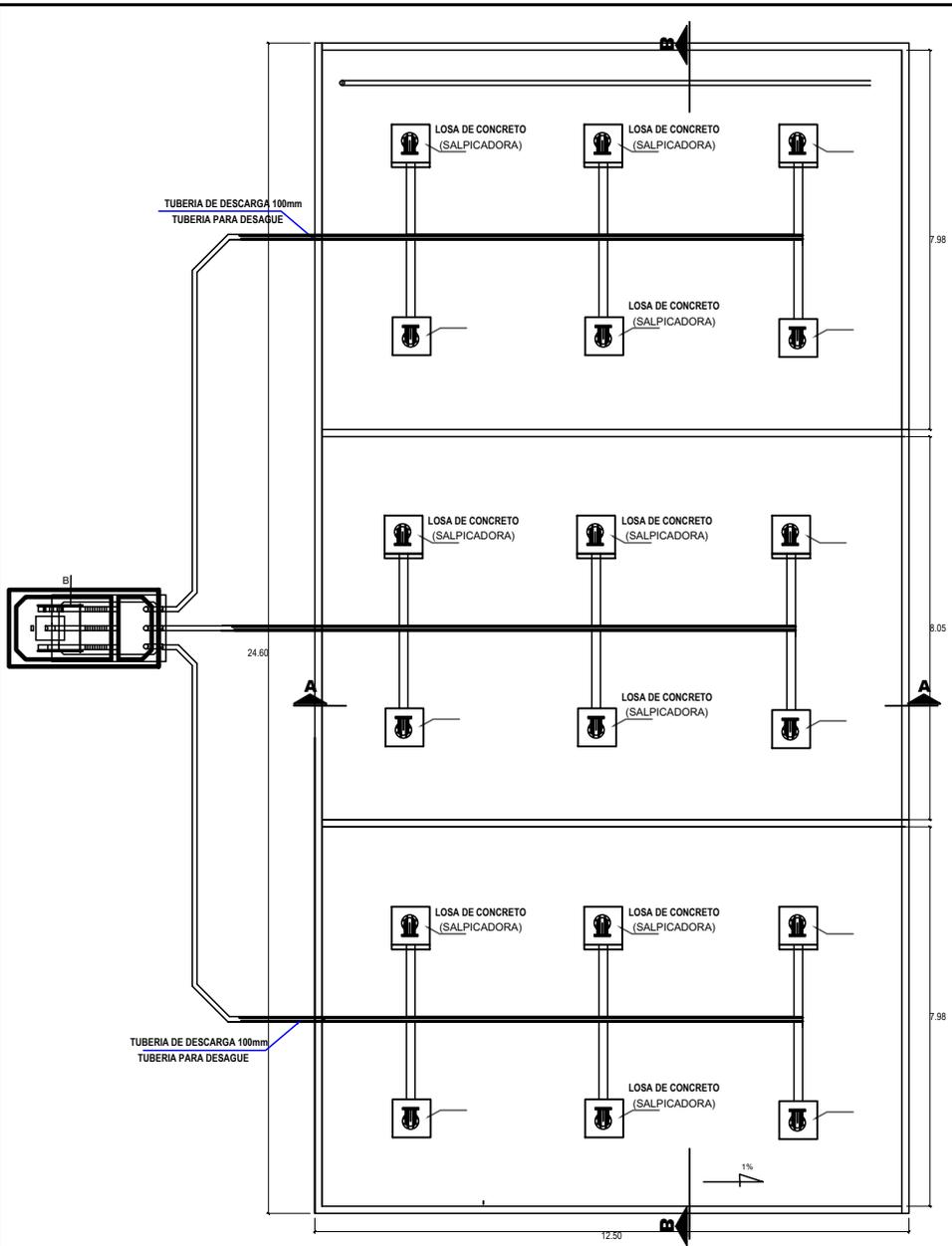


**CORTE A-A**  
 ESC: 1:25

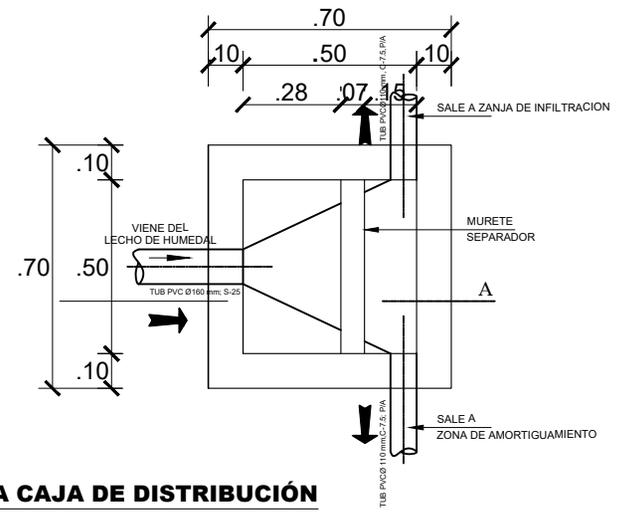


**CORTE B-B**  
 ESC: 1:25

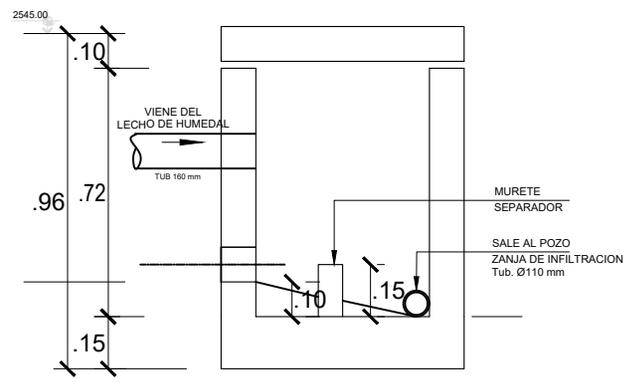
 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	TESIS: "DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA SU REUTILIZACIÓN EN EL SECTOR LINDEROS, MORROPÓN, PIURA 2021"			LAMINA N°: <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">A-02</span>	
	PLANO: ARQUETA DE DISTRIBUCIÓN				
	UBICACIÓN: DISTRITO BUENOS AIRES		PROVINCIA MORROPÓN	REGIÓN PIURA	ESCALA: Indicada
				FECHA: JUNIO 2021	



**PLANTA TIPO HUEDAL SUB SUPERFICIAL**  
ESC: 1:25

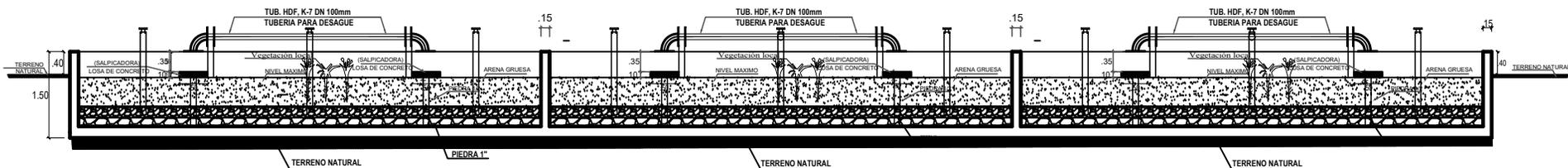


**PLANTA CAJA DE DISTRIBUCIÓN**  
ESC: 1:25

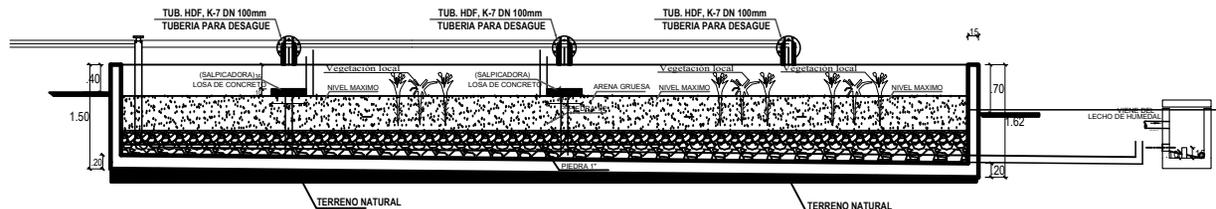


**CORTE A-A**  
ESC: 1:25

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	TESIS: <b>"DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA SU REUTILIZACIÓN EN EL SECTOR LINDEROS, MORROPÓN, PIURA 2021"</b>		LAMINA Nº: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">A-05</div>
	PLANO: PLANTA TIPO HUEDAL SUB SUPERFICIAL PLANTA CAJA DE DISTRIBUCIÓN		
	UBICACIÓN: DISTRITO      PROVINCIA      REGIÓN BUENOS AIRES      MORROPÓN      PIURA		ESCALA: Indicada
			FECHA: JUNIO 2021



**CORTE B-B**  
ESC: 1:25



**CORTE A-A**  
ESC: 1:25



UNIVERSIDAD  
CESAR VALLEJO

TESIS:

"DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA SU REUTILIZACIÓN EN EL SECTOR LINDEROS, MORROPÓN, PIURA 2021"

PLANO:

CORTES DE TIPO HUMEDAL SUB SUPERFICIAL

LAMINA N°:

UBICACIÓN:

DISTRITO BUENOS AIRES PROVINCIA MORROPÓN REGIÓN PIURA

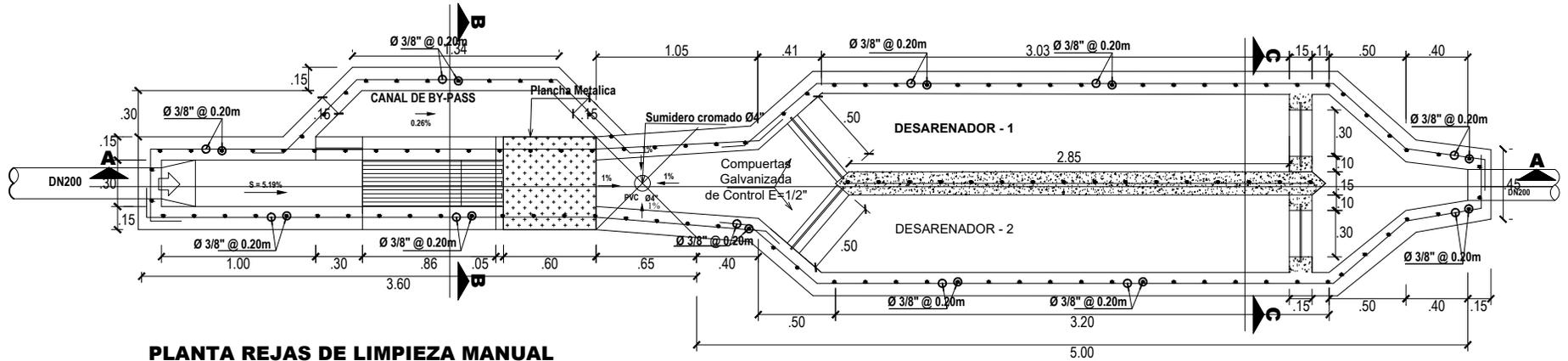
ESCALA:

Indicada

FECHA:

JUNIO 2021

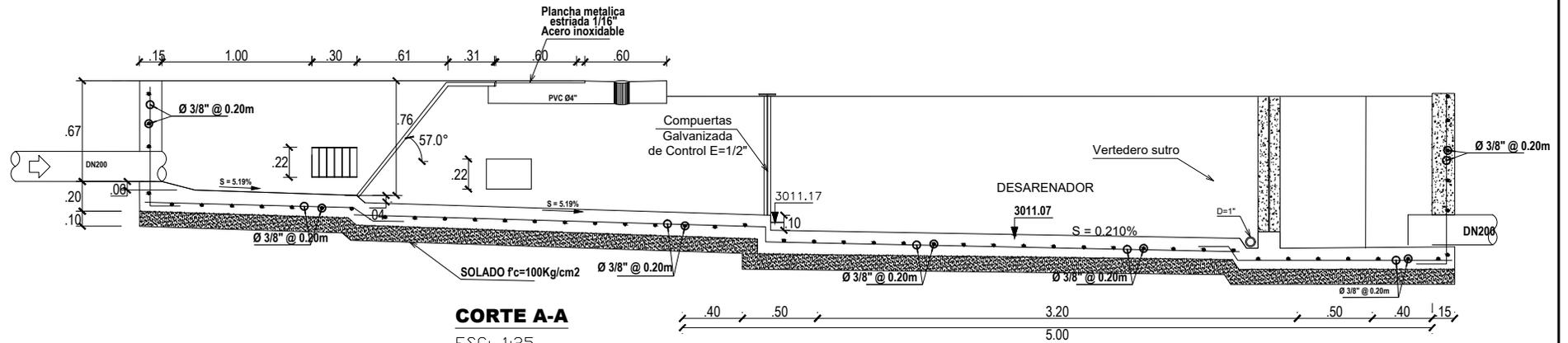
**A-06**



**PLANTA REJAS DE LIMPIEZA MANUAL**

ESC: 1:25

**PLANTA DESARENADOR CON VERTEDERO SUTRO**

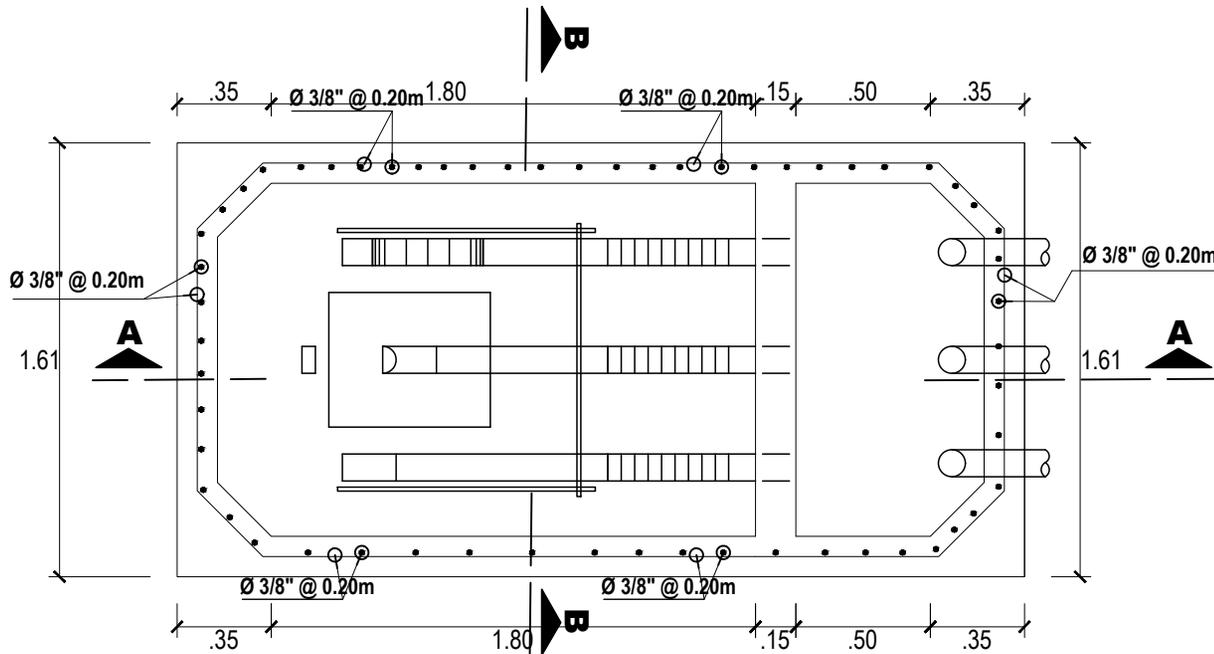


**CORTE A-A**

ESC: 1:25



TESIS: <b>"DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA SU REUTILIZACIÓN EN EL SECTOR LINDEROS, MORROPÓN, PIURA 2021"</b>			LAMINA N°: <b>E-01</b>
PLANO: ESTRUCTURA DE CAMARA DE REJAS Y DESARENADOR			
UBICACIÓN: DISTRITO BUENOS AIRES		PROVINCIA MORROPÓN	REGIÓN PIURA
ESCALA: Indicada		FECHA: JUNIO 2021	



### ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  MURDOS Y LOSAS T.M Ø 25 mm  
 $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$  SOLADO  
 CEMENTO PORTLAND TIPO I EN GENERAL  
 ACERO  $f'y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$   
 PRESION ADMISIBLE DEL TERRENO =  $0.8 \text{ Kg/cm}^2$   
 RECUBRIMIENTOS

MURDOS  
 LOSAS MACIZAS

SE UTILIZAN ADITIVO IMPERMEABILIZANTE 1:2 + SIKA  
 $e = 1.5 \text{ CM}$  o SIMILAR EN PROPORCION DE ACUERDO A LAS  
 ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

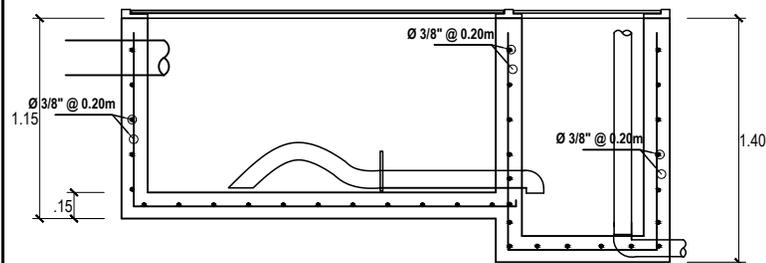
NORMAS USADAS  
 REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES  
 NORMA DE CARGA E-020  
 NORMA DE SUELOS Y CIMENTACION E-050  
 NORMA CONCRETO ARMADO E-060

### CUADRO DE TRASLAPES

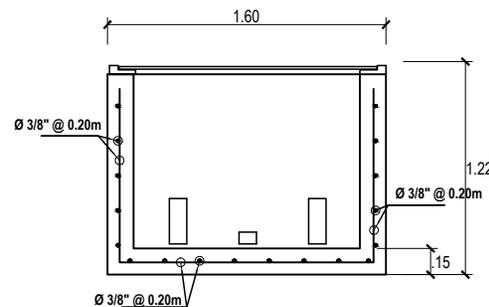
Ø	TRASLAPE	LONG. GANCHO 90°
3/8"	0.40	.20

### CUADRO DE GANCHOS STANDARD EN VARILLAS DE FIERRO CORRUGADAS

		NOTA:
Ø	G(cm)	EL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN FORMA LONGITUDINAL, EN VIGAS Y LOSA DE CIMENTACION, COLUMNA Y VIGAS, DEBERAN TERMINAR EN GANCHOS STANDARD, LOS CUALES SE ALOJARAN EN EL CONCRETO CON LAS DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN EL CUADRO MOSTRADO.
1/4"	15	
3/8"	20	
1/2"	25	



**CORTE A-A**  
 ESC: 1:25



**CORTE B-B**  
 ESC: 1:25



UNIVERSIDAD  
 CESAR VALLEJO

TESIS:

"DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA SU  
 REUTILIZACIÓN EN EL SECTOR LINDEROS, MORROPÓN, PIURA 2021"

PLANO:

ESTRUCTURA DE ARQUETA DE DISTRIBUCIÓN

LAMINA N°:

**E-03**

UBICACIÓN:

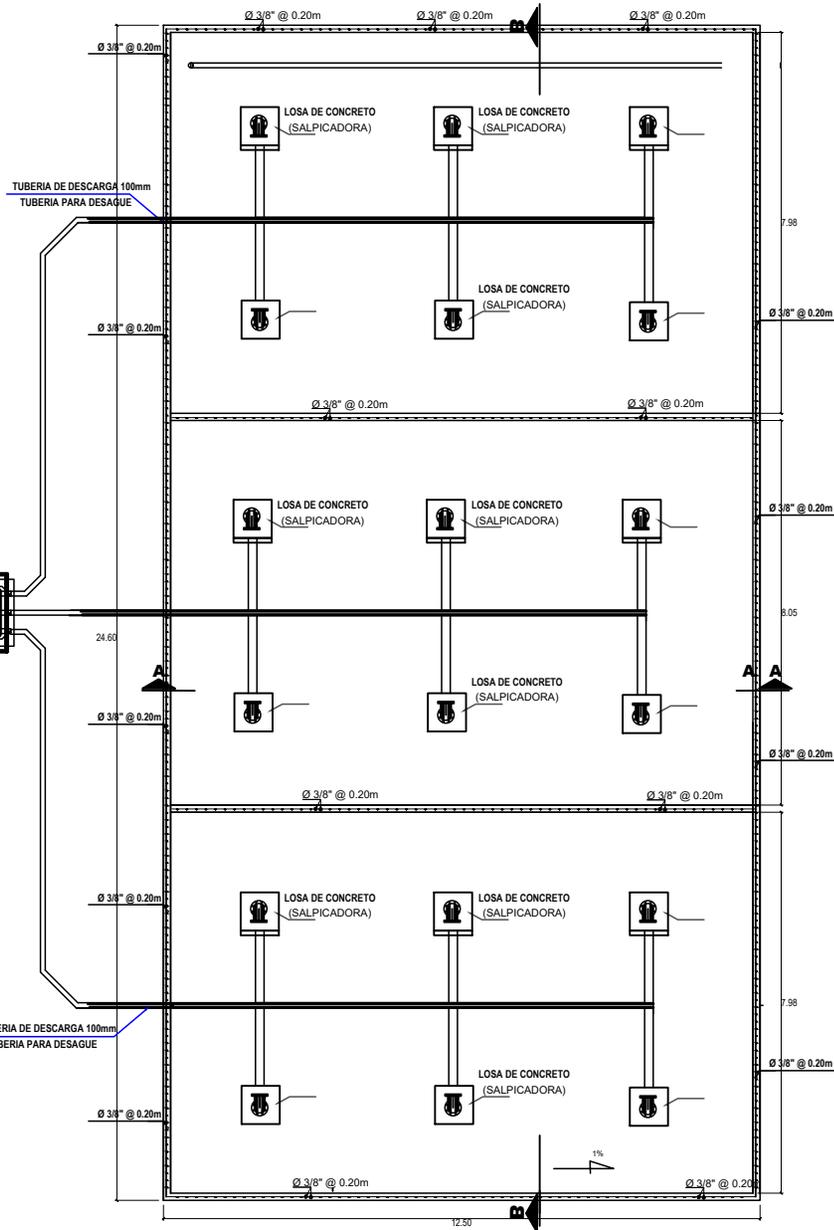
DISTRITO BUENOS AIRES    PROVINCIA MORROPÓN    REGIÓN PIURA

ESCALA:

Indicada

FECHA:

JUNIO 2021



**PLANTA TIPO HUEMDAL SUB SUPERFICIAL**  
ESC: 1:25

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  MURDS Y LOSAS T.M Ø 25 mm  
 $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$  SOLADO  
 CEMENTO PORTLAND TIPO I EN GENERAL  
 ACERO  $f'y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$   
 PRESION ADMISIBLE DEL TERRENDO =  $0.8 \text{ Kg/cm}^2$   
 RECUBRIMIENTOS

MURDS  
 LOSAS MACIZAS

SE UTILIZAN ADITIVO IMPERMEABILIZANTE 1:2 + SIKA  
 $e = 1.5 \text{ CM}$  o SIMILAR EN PROPORCION DE ACUERDO A LAS  
 ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

NORMAS USADAS  
 REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES  
 NORMA DE CARGA E-020  
 NORMA DE SUELOS Y CIMENTACION E-050  
 NORMA CONCRETO ARMADO E-060

### CUADRO DE TRASLAPES

Ø	TRASLAPE	LONG. GANCHO 90°
3/8"	0.40	.20

### CUADRO DE GANCHOS STANDARD EN VARILLAS DE FIERRO CORRUGADAS

Ø		G(cm)
1/4"		15
3/8"		20
1/2"		25

NOTA:  
 EL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN FORMA LONGITUDINAL, EN VIGAS Y LOSA DE CIMENTACION, COLUMNA Y VIGAS, DEBERAN TERMINAR EN GANCHOS STANDARD, LOS CUALES SE ALOJARAN EN EL CONCRETO CON LAS DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN EL CUADRO MOSTRADO.



UNIVERSIDAD  
 CESAR VALLEJO

TESIS:

"DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA SU REUTILIZACIÓN EN EL SECTOR LINDEROS, MORROPÓN, PIURA 2021"

PLANO:

ESTRUCTURA TIPO HUMEDAL SUB SUPERFICIAL

LAMINA N°:

**E-04**

UBICACIÓN:

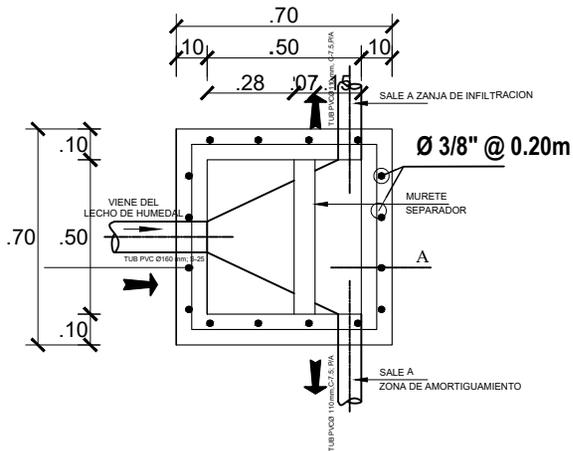
DISTRITO PROVINIA REGIÓN  
 BUENOS AIRES MORROPÓN PIURA

ESCALA:

Indicada

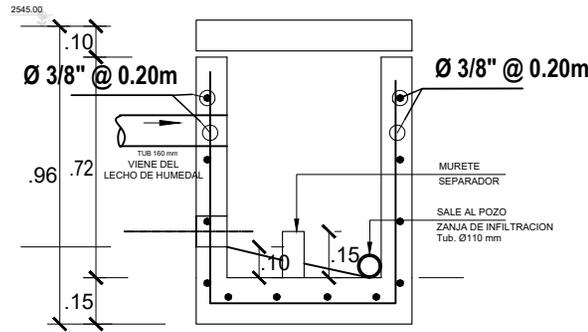
FECHA:

JUNIO 2021



**PLANTA CAJA DE DISTRIBUCIÓN**

ESC: 1:25



**CORTE A-A**

ESC: 1:25

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

CONCRETO  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  MURDS Y LOSAS T.M Ø 25 mm  
 $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$  SOLADO  
CEMENTO PORTLAND TIPO I EN GENERAL  
ACERO  $f'y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$   
PRESION ADMISIBLE DEL TERRENO =  $0.8 \text{ Kg/cm}^2$   
RECUBRIMIENTOS

MURDS  
LOSAS MACIZAS

SE UTILIZAN ADITIVO IMPERMEABILIZANTE 1:2 + SIKA  
 $e = 1.5 \text{ CM}$  o SIMILAR EN PROPORCION DE ACUERDO A LAS  
ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

NORMAS USADAS  
REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES  
NORMA DE CARGA E-020  
NORMA DE SUELOS Y CIMENTACION E-050  
NORMA CONCRETO ARMADO E-060

**CUADRO DE TRASLAPES**

Ø	TRASLAPE	LONG. GANCHO 90°
3/8"	0.40	.20

**TRASLAPES Y EMPALMES**

Ø	LOSAS	MUROS	LOSAS	EN MUROS
	(cm)	(cm)		
6mm	30			
3/8"	40	30		
1/2"	50	40		
5/8"	60	50		
			<i>No se permitirán empalmes de refuerzo superior (negativo) en una Longitud de 1/4 de luz de la losa a cada lado del apoyo</i>	<i>Los empalmes L se ubicarán en el tercio central. No se empalmarán más del 50% de la armadura en una misma sección.</i>

**CUADRO DE GANCHOS STANDARD EN VARILLAS DE FIERRO CORRUGADAS**

Ø		G(cm)
1/4"		15
3/8"		20
1/2"		25

NOTA:  
EL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN FORMA LONGITUDINAL, EN VIGAS Y LOSA DE CIMENTACION, COLUMNA Y VIGAS, DEBERAN TERMINAR EN GANCHOS STANDARD, LOS CUALES SE ALOJARAN EN EL CONCRETO CON LAS DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN EL CUADRO MOSTRADO.



TESIS:  
**"DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA SU REUTILIZACIÓN EN EL SECTOR LINDEROS, MORROPÓN, PIURA 2021"**

PLANO: ESTRUCTURA DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN

LAMINA N°:

UBICACIÓN:  
DISTRITO BUENOS AIRES PROVINCIA MORROPÓN REGIÓN PIURA

ESCALA:  
Indicada  
FECHA:  
JUNIO 2021

**E-05**