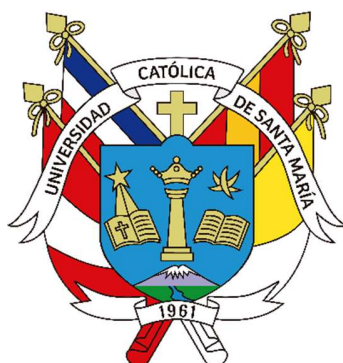


**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**Diagnóstico y reestructuración a la planta de tratamiento de agua potable en  
la ciudad de Huamachuco – La Libertad**

Tesis presentada por el Bachiller:

**Charaja Zapana, Uriel Ramiro**

**ORCID: 0009-0000-1764-8514**

para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor (a):

**Mg. Ing. Cornejo Lecaros, Karla Fiorella**

**ORCID: 0000-0002-2704-6987**

Arequipa - Perú

2024

UCSM-ERP

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA CIVIL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 18 de Septiembre del 2024

**Dictamen: 006324-C-EPIC-2024**

Visto el borrador del expediente 006324, presentado por:

**2005244681 - CHARAJA ZAPANA URIEL RAMIRO**

Titulado:

**DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN  
LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

**INGENIERO CIVIL**

**29688899 - HIDALGO VALDIVIA ALEJANDRO VICTOR  
DICTAMINADOR**



**23923450 - ARROYO AMBIA ARTURO FELIX  
DICTAMINADOR**



**29412437 - UGARTE CALDERON ENRIQUE ALFONSO  
DICTAMINADOR**



# Diagnóstico y reestructuración a la planta de tratamiento de agua potable en la ciudad de Huamachuco – La Libertad

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>31</b> %	<b>32</b> %	<b>4</b> %	<b>12</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.uandina.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>7</b> %
<b>2</b>	<b>www.munihuamachuco.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>5</b> %
<b>3</b>	<b>repositorio.unsa.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5</b> %
<b>4</b>	<b>vsip.info</b> Fuente de Internet	<b>3</b> %
<b>5</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>6</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Católica de Santa María</b> Trabajo del estudiante	<b>2</b> %
<b>8</b>	<b>pt.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %

### **Dedicatoria**

A mi padre, cuyo soporte y apoyo incondicional han sido mi roca durante todo este viaje; gracias por guiarme con sabiduría y por ser mi ejemplo de fortaleza.

A mi madre, cuyo increíble amor y persistencia incansable han sido mi mayor inspiración; gracias por enseñarme el valor del trabajo arduo y la dedicación.

A mis hermanos, quienes han demostrado siempre la fortaleza de nuestro lazo familiar y la calidad excepcional de su profesionalismo; gracias por estar a mi lado y por ser mi fuente constante de motivación.

A mis hijos, cuya presencia en mi vida me llena de un amor inmenso y me impulsa a alcanzar mis metas; ustedes son mi razón para esforzarme cada día y mi mayor logro.

Y a mi compañera, cuyo apoyo incommensurable y amor incondicional han sido mi mayor bendición; gracias por ser mi compañera de vida y por estar siempre ahí en los momentos difíciles y en los triunfos.

**Uriel Ramiro Charaja Zapana**

## Agradecimiento

Agradezco infinitamente a mi familia por su inquebrantable apoyo y comprensión a lo largo de mi proceso de aprendizaje, especialmente en los momentos más necesarios.

A mis queridos padres, Felipe y Bonifacia, han sido mi sólido soporte en cada instante, dándome aliento en los momentos más complejos. A mis amados hermanos, les agradezco su ejemplo y comprensión siempre presente.

A mis hijos, quienes han sido mi motivación constante en cada paso de mi vida.

Cada kilómetro recorrido en este camino de desarrollo personal y profesional ha valido la pena gracias a su amor.

**Uriel Ramiro Charaja Zapana**

## Resumen

La ciudad de Huamachuco – Sánchez Carrión – La Libertad, enfrenta una problemática crítica en la prestación de servicios de agua potable debido al colapso y deterioro de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP Huamachuco), la cual ha sobrepasado su período de diseño. Esta situación ha generado una deficiente continuidad en el servicio y una mala calidad de agua ofrecida a la población.

Desde el enfoque ambiental. La situación actual en Huamachuco demanda una solución sostenible para garantizar agua de calidad para el consumo humano.

La deficiencia en el servicio de agua potable afecta negativamente la calidad de vida de la población y contraviene el derecho constitucional de acceder al agua potable. La investigación busca realizar una evaluación y diagnóstico de la planta para proponer una reestructuración que asegure el adecuado abastecimiento de agua potable para los próximos 20 años.

En el ámbito económico, la investigación es viable y se cubre con los recursos del tesista. La información requerida está respaldada por el Reglamento y fuentes accesibles.

Desde el enfoque técnico, la investigación se enmarca en la ingeniería hidráulica y civil, y busca contribuir al conocimiento y aplicación en el diseño de plantas de tratamiento de agua potable, mejorando así la calidad de vida de la población de Huamachuco.

El resumen ejecutivo destaca la relevancia de esta investigación, la cual se proyecta en la solución de un problema crucial para la comunidad y la aplicación de conocimientos técnicos para mejorar el bienestar de los habitantes. La investigación tiene un alcance específico en Huamachuco y no presenta limitaciones técnicas, económicas ni de información que puedan afectar su desarrollo.

**Palabras clave:** Planta de Tratamiento, Tratamiento de Agua, Agua Potable.

### Abstract

The city of Huamachuco – Sánchez Carrión – La Libertad, faces a critical problem in the provision of drinking water services due to the collapse and deterioration of the Potable Water Treatment Plant (PTAP Huamachuco), which has exceeded its design period. This situation has generated poor continuity in the service and poor quality of water offered to the population.

From the environmental approach. The current situation in Huamachuco demands a sustainable solution to guarantee quality water for human consumption.

The deficiency in the drinking water service negatively affects the population's quality of life and contravenes the constitutional right to access drinking water. The investigation seeks to evaluate and diagnose the plant to propose a restructuring that ensures an adequate drinking water supply for the next 20 years.

In the economic field, the research is viable and is covered with the resources of the thesis student. The required information is supported by the Regulation and accessible sources.

From the technical approach, the research is framed in hydraulic and civil engineering. It seeks to contribute to the knowledge and application in the design of drinking water treatment plants, thus improving the quality of life of the population of Huamachuco.

The executive summary highlights the relevance of this research, which is projected to solve a crucial problem for the community and the application of technical knowledge to improve the well-being of the inhabitants. The research has a specific scope in Huamachuco and does not present technical, economic or information limitations that could affect its development.

**Keywords:** Treatment Plant, Water Treatment, Drinking Water.

## Índice

*Dedicatoria*

*Agradecimiento*

*Resumen*

*Abstract*

*Índice de Tablas*

*Índice de Figuras*

*Índice de Ecuación*

**Introducción ..... 1**

**Capítulo I: Planteamiento del Problema ..... 3**

**1.1. Problemática de la investigación ..... 3**

**1.2. Justificación ..... 4**

1.2.1. Justificación Ambiental ..... 4

1.2.2. Justificación Social ..... 4

1.2.3. Justificación Económica ..... 5

1.2.4. Justificación Técnica ..... 5

1.2.5. Justificación Política Institucional ..... 5

1.2.6. Justificación Ética ..... 6

**1.3. Hipótesis ..... 6**

**1.4. Objetivos de la investigación ..... 7**

1.4.1. Objetivo general ..... 7

1.4.2. Objetivos específicos ..... 7

**1.5. Relevancia de la investigación ..... 8**

1.6. Alcances y limitaciones .....	8
<b>Capítulo II: Generalidades de la Localidad de la Investigación .....</b>	<b>9</b>
2.1. Ubicación Geográfica .....	9
2.2. Contexto Geográfico y Ambiental .....	10
2.2.1. Clima .....	10
2.2.2. Hidrografía .....	10
2.3. Aspectos Sociales y Económicos .....	11
2.3.1. Dinámica Económica Productiva .....	12
2.3.2. Actividad y Producción Agrícola .....	15
2.3.3. Actividad Pecuaria .....	17
2.3.4. Actividad Minera .....	19
2.3.5. Producción Forestal .....	21
2.3.6. Actividad Turística .....	21
2.3.7. Servicios Financieros .....	22
2.3.8. Actividades Comerciales .....	23
<b>Capítulo III: Fundamentos Teóricos .....</b>	<b>24</b>
3.1. Antecedentes de la investigación .....	24
3.2. Estado del arte .....	32
3.3. Marco teórico .....	40
3.3.1. Calidad de Agua .....	40
3.3.2. Tratamiento de Agua Potable .....	64
<b>Capítulo IV: Diagnóstico a la Planta de Tratamiento de la Ciudad de Huamachuco .....</b>	<b>76</b>
4.1. Diagnóstico y evaluación de la captación y del tipo de fuente .....	76
4.1.1. Calidad del Agua de fuente: .....	77

4.1.2.	Captación.....	82
4.1.3.	Pretratamiento .....	85
4.1.4.	Conducción .....	92
<b>4.2.</b>	<b>Diagnóstico de los componentes de la Planta de Tratamiento de Agua Potable</b>	
<b>existente</b>	<b>93</b>	
4.2.1.	Mezcla Rápida .....	94
4.2.2.	Floculador.....	96
4.2.3.	Decantación.....	99
4.2.4.	Diagnóstico de los filtros .....	103
<b>4.3.</b>	<b>Resultados del Diagnóstico a la PTAP.....</b>	<b>106</b>
4.3.1.	Potencial de producción actual.....	106
4.3.2.	Análisis Físico - Químico Microbiológico .....	107
4.3.3.	Diagnóstico Captación.....	107
4.3.4.	Diagnóstico Canal de Conducción .....	108
4.3.5.	Diagnóstico del Desarenador .....	108
4.3.6.	Diagnóstico de la Conducción .....	108
4.3.7.	Diagnóstico de la Mezcla Rápida .....	108
4.3.8.	Diagnóstico del Floculador .....	109
4.3.9.	Diagnóstico del Decantador .....	109
4.3.10.	Diagnóstico de los Filtros .....	110
4.3.11.	Diagnóstico del Laboratorio y Oficinas.....	111
<b>Capítulo V:</b>	<b>Propuesta de Reestructuración .....</b>	<b>112</b>
<b>5.1.</b>	<b>Criterios de Diseño.....</b>	<b>112</b>
<b>5.2.</b>	<b>Análisis Poblacional .....</b>	<b>113</b>
5.2.1.	Población Actual.....	113

5.2.1.1.	Método de Proyección.....	113
5.2.1.2.	Cálculo de la Tasa de Crecimiento.....	113
5.2.2.	Periodo de Diseño.....	116
5.2.3.	Población Futura.....	117
5.2.4.	Dotación de Agua Potable.....	117
5.2.5.	Caudal de Diseño.....	117
<b>5.3.</b>	<b>Diseño de la Planta de Tratamiento.....</b>	<b>121</b>
5.3.1.	Diseño del Canal de Mezcla Rápida.....	122
5.3.2.	Diseño del Floculador.....	130
5.3.3.	Diseño de Decantadores.....	138
5.3.2.	Diseño y Ampliación de los Filtros.....	152
5.3.3.	Caseta de Cloración y Caseta de Bombas.....	164
5.3.2.	Casa Química.....	172
<b>Capítulo VI: Estudios Técnicos.....</b>		<b>179</b>
<b>6.1.</b>	<b>Estudio Topográfico.....</b>	<b>179</b>
6.1.1.	Objetivo del estudio Topográfico.....	179
6.1.2.	Alcance de la Información Topográfica.....	179
<b>6.2.</b>	<b>Estudio Hidrológico.....</b>	<b>179</b>
6.2.1.	Objetivos del estudio Hidrológico.....	179
6.2.2.	Evaluación de la Cuenca Hidrográfica:.....	180
6.2.3.	Ubicación Hidrográfica.....	181
6.2.4.	Análisis de Precipitación:.....	182
<b>Capítulo VII: Análisis de Riesgos de la Planta de Tratamiento de Agua.....</b>		<b>190</b>
<b>7.1.</b>	<b>Identificación de Riesgos y sus tipos en la PTAP.....</b>	<b>190</b>
7.1.1.	Categorías del Riesgo.....	190

7.1.2.	Identificación de Riesgos en la Planta de Tratamiento de Agua Potable .....	194
<b>7.2.</b>	<b>Plan de Gestión de Riesgos para PTAP .....</b>	<b>196</b>
7.2.1.	Riesgos Relativos a la Documentación y Organización .....	196
7.2.2.	Riesgos Relativos a Recursos Humanos.....	197
7.2.3.	Riesgos Relativos a Suministros y Equipos .....	198
7.2.4.	Riesgos Relativos a la Comunicación y Liderazgo .....	199
7.2.5.	Riesgos Externos.....	200
<b>Capítulo VIII: Cuantificación de la Propuesta Técnica .....</b>		<b>201</b>
<b>8.1.</b>	<b>Costo y Presupuestos .....</b>	<b>201</b>
8.1.1.	Metrados.....	201
8.1.2.	Análisis de Costos Unitarios .....	201
8.1.3.	Presupuesto .....	201
8.1.4.	Fórmula Polinómica.....	201
8.1.5.	Especificaciones Técnicas .....	202
<b>8.2.</b>	<b>Programación de Obra .....</b>	<b>202</b>
8.2.1.	Diagrama Gantt .....	202
8.2.2.	Calendario Valorizado .....	202
8.2.3.	Calendario de Adquisición de Materiales.....	202
<b>8.3.</b>	<b>Planos .....</b>	<b>202</b>
<b>8.4.</b>	<b>Lista de Planos .....</b>	<b>203</b>
<b>Conclusiones .....</b>		<b>204</b>
<b>Recomendaciones .....</b>		<b>208</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>		<b>211</b>
<b>Anexos.....</b>		<b>216</b>

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b>	Ficha de registro de datos de campo .....	78
<b>Tabla 2</b>	Análisis Microbiológico.....	79
<b>Tabla 3</b>	Características físico-química Del Río Grande.....	80
<b>Tabla 4</b>	Características físico-química metales pesados del Río Grande.....	81
<b>Tabla 5</b>	Caudal Aforado .....	84
<b>Tabla 6</b>	Características Desarenador 1 .....	86
<b>Tabla 7</b>	Características Desarenador 2.....	86
<b>Tabla 8</b>	Características adicionales del Desarenador 1 .....	87
<b>Tabla 9</b>	Caudal del máximo de tratamiento del desarenador .....	92
<b>Tabla 10</b>	Límites de canaleta Parshall.....	95
<b>Tabla 11</b>	Unidad de floculación hidráulica de flujo horizontal deteriorada .....	99
<b>Tabla 12</b>	<i>Cálculo superficial de los decantadores</i> .....	102
<b>Tabla 13</b>	<i>Estimación de capacidad de filtros</i> .....	105
<b>Tabla 14</b>	<i>Potencial de Producción PTAP Huamachuco</i> .....	106
<b>Tabla 15</b>	<i>Potencial Actual de Huamachuco</i> .....	114
<b>Tabla 16</b>	<i>Mujeres y hombres de la población de Huamachuco</i> .....	115
<b>Tabla 17</b>	<i>Tasa de crecimiento de la población de Huamachuco</i> .....	116
<b>Tabla 18</b>	<i>Cuadro de Demandas</i> .....	118
<b>Tabla 19</b>	<i>Matriz de cálculo de caudal de diseño</i> .....	120
<b>Tabla 20</b>	<i>Caudal obtenido en las unidades de pretratamiento</i> .....	121
<b>Tabla 21</b>	<i>Dimensiones de los canales de Mezcla Rápida Parshal</i> .....	122
<b>Tabla 22</b>	<i>Cálculo de la gradiente de velocidad Mezcla Rápida</i> .....	125

<b>Tabla 23</b>	<i>Cálculo características del difusor.....</i>	126
<b>Tabla 24</b>	<i>Diseño Hidráulico de Floculadores Verticales Tramo 01.....</i>	132
<b>Tabla 25</b>	<i>Diseño Hidráulico de Floculadores Verticales Tramo 02.....</i>	134
<b>Tabla 26</b>	<i>Diseño Dimensionamiento de un Floculador de Pantallas de Flujo Vertical</i> 135	
<b>Tabla 27</b>	<i>Dimensionamiento de Canal de Agua Floculada.....</i>	140
<b>Tabla 28</b>	<i>Cálculo de la Velocidad y Pérdidas de Carga en la Primera y Última</i> <i>Compuerta</i>	141
<b>Tabla 29</b>	<i>Dimensionamiento del Canal Central de Distribución de Agua Floculada</i> 142	
<b>Tabla 30</b>	<i>Cálculo de <math>1/\sqrt{\beta}</math> en el dimensionamiento del canal interior de distribución</i> <i>de agua floculada en el decantador.....</i>	143
<b>Tabla 31</b>	<i>Dimensionamiento de un decantador de placas paralelas.....</i>	145
<b>Tabla 32</b>	<i>Dimensionamiento del sistema de recolección de agua decantada.....</i>	146
<b>Tabla 33</b>	<i>Dimensionamiento del colector múltiple de tolvas separadas.....</i>	148
<b>Tabla 34</b>	<i>Cálculo de número de filtros.....</i>	152
<b>Tabla 35</b>	<i>Granulometría de arena Medio Filtrante.....</i>	153
<b>Tabla 36</b>	<i>Especificaciones para la arena como medio filtrante.....</i>	153
<b>Tabla 37</b>	<i>Capa de Soporte de grava Viguetas Prefabricadas.....</i>	154
<b>Tabla 38</b>	<i>Expansión de la arena para <math>C_e=0.80</math>.....</i>	155
<b>Tabla 39</b>	<i>Determinación de la expansión de la arena para <math>C_e=0.80</math>.....</i>	156
<b>Tabla 40</b>	<i>Determinación de las pérdidas de carga durante el lavado.....</i>	157
<b>Tabla 41</b>	<i>Cuadro para estimar la carga hidráulica necesaria para que la batería opere</i> <i>con una tasa decreciente.....</i>	159

<b>Tabla 42</b>	<i>Estimación de altura total de la caja del filtro .....</i>	160
<b>Tabla 43</b>	<i>Estimación del almacenamiento de cloro .....</i>	165
<b>Tabla 44</b>	<i>Estimación de la Estación de cloro .....</i>	167
<b>Tabla 45</b>	<i>Cálculo Almacenamiento de Sulfato de Aluminio .....</i>	174
<b>Tabla 46</b>	<i>Cálculo Almacenamiento de Sulfato de Aluminio .....</i>	176
<b>Tabla 47</b>	<i>Instrumentos y Materiales para Laboratorio .....</i>	178
<b>Tabla 48</b>	<i>Afluentes de Río Grande .....</i>	180
<b>Tabla 49</b>	<i>Cuadro de tendencias (1965 -2018) .....</i>	183
<b>Tabla 50</b>	<i>Caudales Generados .....</i>	186
<b>Tabla 51</b>	<i>Fuentes de Riesgo .....</i>	191
<b>Tabla 52.</b>	<i>Matriz de Riesgos PTAP Huamachuco.....</i>	195
<b>Tabla 53</b>	<i>Formato de Control: Registro de Capacitación para Nuevo Personal .....</i>	196
<b>Tabla 54</b>	<i>Formato de Control: Registro de Formación y Certificación del Personal</i> <i>197</i>	
<b>Tabla 55</b>	<i>Formato de Control: Registro de Incentivos y Reconocimientos .....</i>	197
<b>Tabla 56</b>	<i>Formato de Control: Cronograma de Abastecimiento .....</i>	198
<b>Tabla 57</b>	<i>Formato de Control: Inventario de Equipos y Herramientas .....</i>	198
<b>Tabla 58</b>	<i>Formato de Control: Registro de Reuniones con la Directiva .....</i>	199
<b>Tabla 59</b>	<i>Formato de Control: Evaluación de Efectividad de Canales .....</i>	199
<b>Tabla 60</b>	<i>Formato de Control: Registro de Monitoreo de Parámetros del Agua .....</i>	200
<b>Tabla 61</b>	<i>Lista de Planos Propuesta de Reestructuración .....</i>	203

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	Cargos en la provincia de Sánchez Carrión - Perú .....	10
<b>Figura 2</b>	Cuencas Hidrográficas Provincia Sánchez Carrión .....	11
<b>Figura 3</b>	Provincia de Sánchez Carrión: PBI% estimado al año 2017 por actividad y distritos	12
<b>Figura 4</b>	Provincia de Sánchez Carrión: PBI% estimado al año 2017 por actividad – Valores a precios constantes año 1994 – Miles de nuevos soles .....	13
<b>Figura 5</b>	Provincia de Sánchez Carrión: PBI% estimado al año 2017 por actividad y distrito - Gráfico de barras.....	14
<b>Figura 6</b>	Provincia de Sánchez Carrión: PBI% estimado al año 2017 por ramas de actividad	15
<b>Figura 7</b>	Provincia de Sánchez Carrión: Producción agrícola campaña 2013 – 2014 a nivel distrito	16
<b>Figura 8</b>	Provincia de Sánchez Carrión y distrito Huamachuco producción agrícola campaña 2013 – 2014 (Tn) .....	17
<b>Figura 9</b>	Provincia de Sánchez Carrión: Producción pecuaria 2017 .....	18
<b>Figura 10</b>	Población pecuaria 2017 a nivel distrito y provincia .....	19
<b>Figura 11</b>	Provincia de Sánchez Carrión: Percepción monetaria por cuenta de canon según distritos, 2017 .....	20
<b>Figura 12</b>	Provincia de Sánchez Carrión: Arribo de turistas nacionales y extranjeros 2009 – 2011, días de pernотación.....	22
<b>Figura 13</b>	Categorías determinadas en relación al uso que se va a dar a un cuerpo natural de agua	50

<b>Figura 14</b>	Categoría 1: Poblacional y recreacional. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.....	51
<b>Figura 15</b>	Guía para el control de calidad del agua potable.....	54
<b>Figura 16</b>	Frecuencia de muestreo para el control bacteriológico en plantas, fuentes y reservorios	56
<b>Figura 17</b>	Frecuencia de muestreo para el control bacteriológico en la red de distribución	56
<b>Figura 18</b>	Frecuencia de muestreo para el control físico químico en plantas, fuentes y reservorios	58
<b>Figura 19</b>	Frecuencia de muestreo para el control físico químico en la red de distribución	59
<b>Figura 20</b>	Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos parasitológicos	60
<b>Figura 21</b>	Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica .....	61
<b>Figura 22</b>	Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos – Parte 1	62
<b>Figura 23</b>	Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos – Parte 2	63
<b>Figura 24</b>	Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos – Parte 3	64
<b>Figura 25</b>	Esquema de procesos de tratamiento.....	65
<b>Figura 26</b>	Captación Río Grande .....	83
<b>Figura 27</b>	Diagnóstico canal de captación tramo II .....	85
<b>Figura 28</b>	Vista planta desarenadores .....	88

<b>Figura 29</b>	Vista canto desarenadores .....	89
<b>Figura 30</b>	Vista corte desarenadores.....	90
<b>Figura 31</b>	Diagnóstico de la Línea de Conducción.....	93
<b>Figura 32</b>	Canal de mezcla rápida.....	94
<b>Figura 33</b>	Planta floculador existente .....	96
<b>Figura 34</b>	Unidad de floculación hidráulica de flujo horizontal colapsada .....	97
<b>Figura 35</b>	Unidad de floculación hidráulica de flujo horizontal deteriorada.....	98
<b>Figura 36</b>	Decantador de flujo inclinado con placas paralelas de PVC.....	101
<b>Figura 37</b>	Decantador de flujo inclinado con placas paralelas de PVC.....	101
<b>Figura 38</b>	Decantador de flujo inclinado con placas paralelas de PVC, incompletas, sucias, desalineadas	102
<b>Figura 39</b>	Batería de filtros de arena.....	104
<b>Figura 40</b>	Potencial de Producción PTAP Huamachuco .....	107
<b>Figura 41</b>	Parámetro de diseño .....	117
<b>Figura 42</b>	Dimensiones de los canales de Mezcla Rápida Parshal .....	123
<b>Figura 43</b>	Floculador Vertical Propuesto Modelado.....	135
<b>Figura 44</b>	Decantador Modelado .....	149
<b>Figura 45</b>	Modelado de Filtros.....	161
<b>Figura 46</b>	Planimetría de la caseta de cloración .....	166
<b>Figura 47</b>	Planta Casa Química .....	175
<b>Figura 48</b>	Plano de Almacén.....	177
<b>Figura 49</b>	Mapa político de la cuenca Crisnejas .....	181
<b>Figura 50</b>	Tendencia Anual.....	183
<b>Figura 51</b>	<i>Tendencia de Avenida</i> .....	184

<b>Figura 52</b>	<i>Tendencia de Estiaje .....</i>	184
<b>Figura 53</b>	<i>Caudales medios generados.....</i>	188
<b>Figura 54</b>	<i>Estado Climático actual zona de estudio – Parte 1 .....</i>	189
<b>Figura 55</b>	<i>Estado Climático actual zona de estudio – Parte 2 .....</i>	189
<b>Figura 56</b>	<i>Fuentes de Riesgo PTAP Huamachuco.....</i>	193



### Índice de Ecuación

<b>Ecuación 1.</b> Área transversal – Diagnostico desarenador .....	86
<b>Ecuación 2.</b> Volumen – Diagnostico desarenador .....	86
<b>Ecuación 3.</b> Velocidad de Flujo – Diagnostico desarenador .....	86
<b>Ecuación 4.</b> Velocidad de sedimentación – Diagnostico desarenador.....	86
<b>Ecuación 5.</b> Tiempo de sedimentación – Diagnostico desarenador.....	86
<b>Ecuación 6.</b> Caudal máximo desarenador.....	91
<b>Ecuación 7.</b> Caudal máximo – Diagnostico Floculador.....	99
<b>Ecuación 8.</b> Área superficial – Diagnostico decantador .....	102
<b>Ecuación 9.</b> Capacidad estimada – Diagnostico decantadores .....	103
<b>Ecuación 10.</b> Población en el año .....	113
<b>Ecuación 11.</b> Tasa de crecimiento.....	114
<b>Ecuación 12.</b> Alta de agua en sección de medición - Mezcla Rápida Parshal.....	125
<b>Ecuación 13.</b> Dimensión de la canaleta D - Mezcla Rápida Parshal .....	125
<b>Ecuación 14.</b> Velocidad en sección de medición - Mezcla Rápida Parshal.....	125
<b>Ecuación 15.</b> Caudal específico en garganta de canaleta - Mezcla Rápida Parshal.....	125
<b>Ecuación 16.</b> Dimensión de la canaleta - Mezcla Rápida Parshal .....	125
<b>Ecuación 17.</b> Velocidad antes del resalto - Mezcla Rápida Parshal .....	125
<b>Ecuación 18.</b> Altura del agua antes del resalto - Mezcla Rápida Parshal .....	125
<b>Ecuación 19.</b> Número de Froude - Mezcla Rápida Parshal .....	125
<b>Ecuación 20.</b> Altura de resalto - Mezcla Rápida Parshal.....	125
<b>Ecuación 21.</b> Velocidad en el resalto - Mezcla Rápida Parshal.....	125
<b>Ecuación 22.</b> Altura en sección de salida de canaleta - Mezcla Rápida Parshal.....	125
<b>Ecuación 23.</b> Velocidad en sección de salida - Mezcla Rápida Parshal .....	125

<b>Ecuación 24.</b> Pérdida de carga en el resalto - Mezcla Rápida Parshal.....	125
<b>Ecuación 25.</b> Tiempo de Mezcla en el resalto - Mezcla Rápida Parshal .....	125
<b>Ecuación 26.</b> Gradiente de velocidad - Mezcla Rápida Parshal .....	125
<b>Ecuación 27.</b> Presión en base de módulo.....	128
<b>Ecuación 28.</b> Momento flector máximo en base de módulo.....	128
<b>Ecuación 29.</b> Área de acero necesaria.....	128
<b>Ecuación 30.</b> Área proporcionada por varilla .....	129
<b>Ecuación 31.</b> Volumen total de la unidad – Floculador Vertical.....	132
<b>Ecuación 32.</b> Ancho total de la unidad – Floculador Vertical .....	132
<b>Ecuación 33.</b> Tiempo retención de 1° tramo – Floculador Vertical.....	132
<b>Ecuación 34.</b> Número de comportamientos 1°Tramo – Floculador Vertical.....	132
<b>Ecuación 35.</b> Espaciamiento entre pantallas 1°Tramo – Floculador Vertical.....	132
<b>Ecuación 36.</b> Velocidad en tramos verticales 1°Tramo – Floculador Vertical.....	132
<b>Ecuación 37.</b> Velocidad en los pasos 1°Tramo – Floculador Vertical.....	132
<b>Ecuación 38.</b> Altura del paso 1°Tramo – Floculador Vertical.....	132
<b>Ecuación 39.</b> Extensión total 1°Tramo – Floculador Vertical .....	132
<b>Ecuación 40.</b> Radio hidráulico de compartimiento entre pantallas 1° Tramo – Floculador Vertical.....	132
<b>Ecuación 41.</b> Altura de ventana comportamiento 1° y 2° Tramo – Floculador Vertical .....	132
<b>Ecuación 42.</b> Altura para limpieza 1°Tramo – Floculador Vertical .....	132
<b>Ecuación 43.</b> Pérdida de carga continua 1°Tramo – Floculador Vertical.....	132
<b>Ecuación 44.</b> Pérdida de carga en vueltas del 1°Tramo – Floculador Vertical.....	132
<b>Ecuación 45.</b> Pérdida de carga total 1° Tramo – Floculador Vertical.....	132

<b>Ecuación 46.</b> Volumen del 1° Tramo – Floculador Vertical .....	132
<b>Ecuación 47.</b> Comprobación del gradiente de longitud total en 1°Tramo – Floculador Vertical.....	132
<b>Ecuación 48.</b> Perdida de carga de cada 1°Tramo – Floculador Vertical.....	132
<b>Ecuación 49.</b> Perdida de carga en cada pantalla (paso) 1°Tramo – Floculador Vertical .....	132
<b>Ecuación 50.</b> Caudal unitario – Floculador Vertical.....	132
<b>Ecuación 51.</b> Verificando ancho del 1°Tramo – Floculador Vertical.....	132
<b>Ecuación 52.</b> Caudal de ingreso a cada decantador – Canal de Agua Floculada.....	140
<b>Ecuación 53.</b> Sección final de canal – Canal de Agua Floculada .....	140
<b>Ecuación 54.</b> Velocidad en sección final de canal – Canal de Agua Floculada .....	140
<b>Ecuación 55.</b> Sección inicial del canal – Canal de Agua Floculada .....	140
<b>Ecuación 56.</b> Altura inicial del canal – Canal de Agua Floculada.....	140
<b>Ecuación 57.</b> Sección útil de las compuertas – Canal de Agua Floculada.....	140
<b>Ecuación 58.</b> Coeficiente de pérdida de carga total compuertas – Canal de Agua Floculada .....	140
<b>Ecuación 59.</b> Velocidad real en 1ra compuerta – Canal de Agua Floculada .....	140
<b>Ecuación 60.</b> Velocidad real en ultima compuerta – Canal de Agua Floculada.....	140
<b>Ecuación 61.</b> Desviación caudal entre primer y último orificio <5% – Canal de Agua Floculada.....	140
<b>Ecuación 62.</b> Perdida de carga en compuertas – Canal de Agua Floculada .....	140
<b>Ecuación 63.</b> Radio hidráulico de compuerta – Canal de Agua Floculada.....	140
<b>Ecuación 64.</b> Gradiente de velocidad en orificios – Canal de Agua Floculada .....	140

<b>Ecuación 65.</b> Caudal del canal durante el mantenimiento de una unidad – Canal central de distribución de agua floculada .....	142
<b>Ecuación 66.</b> Caudal de la mitad del canal – Canal central de distribución de agua floculada.....	142
<b>Ecuación 67.</b> Área total de orificios – Canal central de distribución de agua floculada .....	142
<b>Ecuación 68.</b> Número de orificios a cada lado de canal – Canal central de distribución de agua floculada .....	142
<b>Ecuación 69.</b> Área de cada orificio – Canal central de distribución de agua floculada	142
<b>Ecuación 70.</b> Diámetros de los orificios – Canal central de distribución de agua floculada .....	142
<b>Ecuación 71.</b> Sección en el extremo final del canal – Canal central de distribución de agua floculada.....	142
<b>Ecuación 72.</b> Caudal por orificio – Canal central de distribución de agua floculada ...	142
<b>Ecuación 73.</b> Caudal que llega al extremo final del canal – Canal central de distribución de agua floculada .....	142
<b>Ecuación 74.</b> Caudal que llega al extremo final del canal – Canal central de distribución de agua floculada .....	142
<b>Ecuación 75.</b> Sección final del canal – Canal central de distribución de agua floculada .....	142
<b>Ecuación 76.</b> Velocidad en el extremo inicial – Canal central de distribución de agua floculada.....	142
<b>Ecuación 77.</b> Coeficiente de pérdida de carga total 1° orificio canal – Canal central de distribución de agua floculada .....	142

<b>Ecuación 78.</b> Coeficiente de pérdida de carga total en último orificio canal – Canal central de distribución de agua floculada .....	142
<b>Ecuación 79.</b> Velocidad real en 1° orificio – Canal central de distribución de agua floculada.....	142
<b>Ecuación 80.</b> Velocidad real en último orificio – Canal central de distribución de agua floculada.....	142
<b>Ecuación 81.</b> Desviación caudal 1° y último orificio – Canal central de distribución de agua floculada .....	142
<b>Ecuación 82.</b> Gradiente de velocidad en orificios – Canal central de distribución de agua floculada.....	142
<b>Ecuación 83.</b> Espaciamiento entre placas – Dimensionamiento decantador placas paralelas .....	145
<b>Ecuación 84.</b> Longitud útil dentro de placas – Dimensionamiento decantador placas paralelas .....	145
<b>Ecuación 85.</b> Longitud relativa del módulo de placas – Dimensionamiento decantador placas paralelas .....	145
<b>Ecuación 86.</b> Coeficiente del módulo de placas – Dimensionamiento decantador placas paralelas .....	145
<b>Ecuación 87.</b> Área superficial de la unidad – Dimensionamiento decantador placas paralelas .....	145
<b>Ecuación 88.</b> Número de canales formados por placas – Dimensionamiento decantador placas paralelas .....	145
<b>Ecuación 89.</b> Longitud total del decantador – Dimensionamiento decantador placas paralelas .....	145

<b>Ecuación 90.</b> Velocidad Media del flujo – Dimensionamiento decantador placas paralelas .....	145
<b>Ecuación 91.</b> Radio Hidráulico del módulo de placas – Dimensionamiento decantador placas paralelas .....	145
<b>Ecuación 92.</b> Número de Reynolds – Dimensionamiento decantador placas paralelas	145
<b>Ecuación 93.</b> Velocidad longitudinal máximo – Dimensionamiento decantador placas paralelas .....	145
<b>Ecuación 94.</b> Longitud de tuberías de recolección – Recolector de agua decantada....	146
<b>Ecuación 95.</b> Tubos recolección en módulos placas – Recolector de agua decantada .	146
<b>Ecuación 96.</b> Número orificios Tubos de recolección – Recolector de agua decantada .....	146
<b>Ecuación 97.</b> Área de orificios de 0.5 pulg – Recolector de agua decantada .....	146
<b>Ecuación 98.</b> Área sección del tubo recolección – Recolector de agua decantada.....	146
<b>Ecuación 99.</b> Número de orificios por tubos recolección – Recolector de agua decantada .....	146
<b>Ecuación 100.</b> Longitud de base mayor de cada tolva – Colector de tolvas separadas	148
<b>Ecuación 101.</b> Sección máxima de tolva – Colector de tolvas separadas.....	148
<b>Ecuación 102.</b> Volumen parte recta de tolva – Colector de tolvas separadas.....	148
<b>Ecuación 103.</b> Volumen tronco pirámide tolva – Colector de tolvas separadas.....	148
<b>Ecuación 104.</b> Caudal lodos producidos – Colector de tolvas separadas .....	148
<b>Ecuación 105.</b> Frecuencia descarga – Colector de tolvas separadas.....	148
<b>Ecuación 106.</b> Diámetro orificios de descarga – Colector de tolvas separadas.....	148
<b>Ecuación 107.</b> Diámetro colector múltiple – Colector de tolvas separadas.....	148
<b>Ecuación 108.</b> Caudal descarga de lodos – Colector de tolvas separadas .....	148

<b>Ecuación 109.</b> Tiempo vaciado de lodos – Colector de tolvas separadas.....	148
<b>Ecuación 110.</b> Volumen que descarga cada tolva – Colector de tolvas separadas .....	148
<b>Ecuación 111.</b> Cálculo de la presión en la base del módulo .....	150
<b>Ecuación 112.</b> Cálculo del momento flector máximo en la base del módulo .....	150
<b>Ecuación 113.</b> Cálculo del área de acero necesaria .....	151
<b>Ecuación 114.</b> Selección del refuerzo .....	151
<b>Ecuación 115.</b> Área de cada filtro -Filtros .....	152
<b>Ecuación 116.</b> Área total de filtros -Filtros.....	152
<b>Ecuación 117.</b> Número de filtros -Filtros.....	152
<b>Ecuación 118.</b> Diámetro equivalente de la capa más fina – Expansión lecho filtrante	156
<b>Ecuación 119.</b> Número de Galileo para la capa más fina de la arena – Expansión lecho filtrante.....	156
<b>Ecuación 120.</b> Número de Reynolds modificado – Expansión lecho filtrante .....	156
<b>Ecuación 121.</b> Porosidad expandida promedio de la capa de arena – Expansión lecho filtrante.....	156
<b>Ecuación 122.</b> Porcentaje de expansión promedio de la arena – Expansión lecho filtrante .....	156
<b>Ecuación 123.</b> Altura del lecho filtrante expandido – Expansión lecho filtrante .....	156
<b>Ecuación 124.</b> Caudal que recolecta cada canaleta – Expansión lecho filtrante.....	156
<b>Ecuación 125.</b> Ancho de las canaletas de lavado – Expansión lecho filtrante.....	156
<b>Ecuación 126.</b> Altura total de canaletas de lavado más losa de fondo – Expansión lecho filtrante.....	156
<b>Ecuación 127.</b> Altura del borde de la canaleta de lavado con respecto al fondo del filtro – Expansión lecho filtrante .....	156

<b>Ecuación 128.</b> Pérdida de carga en la arena durante el lavado – Perdidas de carga durante lavado Filtro.....	157
<b>Ecuación 129.</b> Número de vigueta del drenaje – Perdidas de carga durante lavado Filtro.....	157
<b>Ecuación 130.</b> Número de orificios de cada vigueta – Perdidas de carga durante lavado Filtro.....	157
<b>Ecuación 131.</b> Número total de orificios en el drenaje – Perdidas de carga durante lavado Filtro.....	157
<b>Ecuación 132.</b> Caudal de lavado por orificio – Perdidas de carga durante lavado Filtro.....	157
<b>Ecuación 133.</b> Área de los orificios del drenaje – Perdidas de carga durante lavado Filtro.....	157
<b>Ecuación 134.</b> Pérdida de carga en los orificios del drenaje – Perdidas de carga durante lavado Filtro.....	157
<b>Ecuación 135.</b> Sección transversal del falso fondo – Perdidas de carga durante lavado Filtro.....	157
<b>Ecuación 136.</b> Velocidad en el fondo durante el retrolavado – Perdidas de carga durante lavado Filtro.....	157
<b>Ecuación 137.</b> Pérdida de carga en el falso fondo durante el retrolavado – Perdidas de carga durante lavado Filtro.....	157
<b>Ecuación 138.</b> Pérdida de carga en la compuerta de salida durante el retrolavado – Perdidas de carga durante lavado Filtro.....	157
<b>Ecuación 139.</b> Altura de agua sobre las canaletas – Perdidas de carga durante lavado Filtro.....	157

<b>Ecuación 140.</b> Pérdida de carga total durante el retrolavado – Perdidas de carga durante lavado Filtro.....	157
<b>Ecuación 141.</b> Nivel del vertedero que controla la hidráulica del lavado con respecto al fondo del filtro – Perdidas de carga durante lavado Filtro.....	157
<b>Ecuación 142.</b> Pérdida de carga inicial en la capa de arena en función de la velocidad de filtración - Filtros.....	159
<b>Ecuación 143.</b> Caudal por orificio de drenaje durante el proceso de filtración en función de la velocidad de filtración - Filtros.....	159
<b>Ecuación 144.</b> Pérdida de carga en orificios por drenaje en función a la velocidad de filtración - Filtros.....	159
<b>Ecuación 145.</b> Sección de la compuerta de entrada - Filtros.....	159
<b>Ecuación 146.</b> Pérdida de carga en la compuerta de entrada en función a la velocidad de filtración - Filtros.....	159
<b>Ecuación 147.</b> Altura de agua en el vertedero de salida - Filtros.....	159
<b>Ecuación 148.</b> <i>Cálculo de la presión en la base del módulo</i> .....	162
<b>Ecuación 149.</b> Cálculo del momento flector máximo en la base del módulo.....	163
<b>Ecuación 150.</b> Cálculo del área de acero necesaria.....	163
<b>Ecuación 151.</b> Área proporcionada por varillas de 3/4" (diámetro de 1.91 cm) y un espaciamiento de 20 cm.....	163
<b>Ecuación 152.</b> Dosis promedio (D) – Caseta de Cloración.....	165
<b>Ecuación 153.</b> Peso del cloro requerido en el período de almacenamiento (W) – Caseta de Cloración.....	165
<b>Ecuación 154.</b> Número de cilindros que se almacenarán (N) – Caseta de Cloración...	165
<b>Ecuación 155.</b> Área ocupada por los cilindros – Caseta de Cloración.....	165

<b>Ecuación 156.</b> Caudal mínimo de agua requerido para la operación del eyector (q) – Caseta de cloración.....	167
<b>Ecuación 157.</b> Capacidad requerida del equipo – Caseta de cloración.....	167
<b>Ecuación 158.</b> Capacidad comercial máxima más cercana – Caseta de cloración .....	167
<b>Ecuación 159.</b> Capacidad mínima del clorador – Caseta de cloración .....	167
<b>Ecuación 160.</b> Área de tubería – Caseta de cloración.....	167
<b>Ecuación 161.</b> Diámetro de la tubería de alimentación de agua – Caseta de cloración	167
<b>Ecuación 162.</b> Pérdida de carga por fricción – Caseta de cloración.....	167
<b>Ecuación 163.</b> Pérdida de carga menores – Caseta de cloración .....	167
<b>Ecuación 164.</b> Carga dinámica total – Caseta de cloración .....	167
<b>Ecuación 165.</b> Potencia de la bomba – Caseta de cloración .....	167
<b>Ecuación 166.</b> Volumen del tanque de contacto de cloración – Caseta de cloración...	167
<b>Ecuación 167.</b> Caudal promedio de solución al 1% - Dosificador casa química.....	174
<b>Ecuación 168.</b> Caudal promedio al 10% - Dosificador casa química.....	174
<b>Ecuación 169.</b> Consumo de coagulante por tanque de solución - Dosificador casa química.....	174
<b>Ecuación 170.</b> Número de sacos para tanque de solución - Dosificador casa química	174
<b>Ecuación 171.</b> Horas reales de turno de trabajo - Dosificador casa química.....	174
<b>Ecuación 172.</b> Volumen real del tanque de solución C=1% - Dosificador casa química.....	174
<b>Ecuación 173.</b> Volumen real del tanque de solución C=10% - Dosificador casa química.....	174
<b>Ecuación 174.</b> Volumen elegido del tanque - Dosificador casa química.....	174

<b>Ecuación 175.</b> Consumo real del coagulante por tanque de solución - Dosificador casa química.....	174
<b>Ecuación 176.</b> Caudal adicional de agua que se debe aplicar a la salida del dosificador - Dosificador casa química.....	174
<b>Ecuación 177.</b> Altura del tanque de solución - Dosificador casa química.....	174
<b>Ecuación 178.</b> Volumen final del tanque de solución - Dosificador casa química.....	174
<b>Ecuación 179.</b> Caudal máximo del tanque de solución - Dosificador casa química ....	174
<b>Ecuación 180.</b> Caudal mínimo del tanque de solución - Dosificador casa química.....	174
<b>Ecuación 181.</b> Dosis promedio .....	176
<b>Ecuación 182.</b> Volumen de almacenamiento requerido – Almacén casa química .....	176
<b>Ecuación 183.</b> Área neta de almacenamiento requerido – Almacén casa química.....	176
<b>Ecuación 184.</b> Largo de la fila de los sacos – Almacén casa química.....	176
<b>Ecuación 185.</b> Ancho total del almacén – Almacén casa química.....	176
<b>Ecuación 186.</b> Longitud Total – Almacén casa química .....	176
<b>Ecuación 187.</b> Consumo diario de coagulante – Almacén casa química.....	176
<b>Ecuación 188.</b> Número de sacos en 30 días – Almacén casa química.....	176
<b>Ecuación 189.</b> Número de sacos por ruma – Almacén casa química .....	176

## Introducción

En la ciudad de Huamachuco – Sanchez Carrión – La Libertad, se enfrenta una problemática crítica en cuanto a la prestación de servicios de agua potable a la población. La planta de tratamiento de agua existente, conocida como PTAP Huamachuco, ha superado su período de diseño y se encuentra colapsada, lo que ha resultado en un deficiente suministro de agua y una mala calidad del recurso ofrecido a los ciudadanos.

La actual administración del servicio de agua potable en Huamachuco recae en la EPS SEGASC. El abastecimiento proviene del río grande, ubicado al sur de la ciudad, aproximadamente a 2.0 km de distancia. Sin embargo, el río presenta variaciones en su caudal a lo largo del año, y en temporadas de avenida, su alta turbiedad dificulta su tratamiento adecuado en la planta, debido a la falta de capacidad en sus unidades y al mal estado de estas.

Esta problemática impacta negativamente en la población, afectando su calidad de vida y salud, y contraviene el derecho constitucional de todo ciudadano a acceder al agua potable. En este contexto, esta investigación surge con la justificación de abordar la problemática desde distintos enfoques.

Desde la perspectiva ambiental, el acceso al agua potable es un derecho esencial reconocido por el Estado peruano, y la situación actual en Huamachuco demanda una solución sostenible y que garantice la disponibilidad de agua de calidad para el consumo humano.

En el aspecto social, la deficiencia en el servicio de agua potable impacta negativamente en la población, afectando su bienestar y calidad de vida. El presente estudio busca realizar una evaluación y diagnóstico de la planta para proponer una reestructuración que asegure el correcto abastecimiento de agua potable a la población para los próximos 20 años.

En el ámbito técnico, la investigación se enmarca en la ingeniería hidráulica y civil, y busca contribuir al conocimiento y aplicación en el diseño de plantas de tratamiento de agua potable, con el fin de mejorar la calidad de vida de la población de Huamachuco.

El principal objetivo de esta investigación busca abordar la problemática crítica en el suministro de agua potable en Huamachuco desde diferentes perspectivas, cumpliendo con la justificación ambiental, social, económica y técnica. Su relevancia al cubrir esta brecha radica en mejorar la calidad de vida de los habitantes y su impacto se proyecta en la aplicación de conocimientos técnicos y en la solución de un problema crucial para la comunidad. El estudio tiene un alcance específico en Huamachuco y no presenta limitaciones técnicas, económicas ni de información que puedan afectar su desarrollo.

## Capítulo I: Planteamiento del Problema

### 1.1. Problemática de la investigación

En la ciudad de Huamachuco – Sanchez Carrión – La Libertad, se presenta una problemática crítica ya que los servicios de agua potable que se prestan a la población son deficientes, el problema parte a raíz de que la planta de tratamiento de agua existente (en adelante PTAP Huamachuco) cumplió con el período de diseño para la que fue proyectada; dicho problema se refleja en la falta de continuidad en el servicio, además de la mala calidad de agua dado que las estructuras que conforman la Planta ya han colapsado. Por lo expuesto, el servicio que se presta a la población es deficiente.

Actualmente la prestación de servicio de agua potable en la ciudad de Huamachuco es administrada por la EPS SEGASC.

La fuente de abastecimiento de agua para la ciudad proviene del “río grande”, el cual es captado mediante diferentes estructuras para su posterior tratamiento en la planta de tratamiento de agua potable PTAP de Huamachuco.

El “río grande” está ubicado al sur de la ciudad, en tanto que la captación se ubica aproximadamente a 2.0 km de la misma. El río recolecta las aguas de escorrentía de su cuenca hidrográfica, que comprende principalmente la quebrada Mamorco, así como las descargas de la Laguna Negra. El caudal es variable a lo largo del año.

Se tiene conocimiento que los problemas de calidad se presentan en las temporadas de avenida, en la cual el agua cruda presenta una alta turbiedad que es difícil tratarla en la planta existente, por la falta de capacidad en sus diferentes unidades de tratamiento y el mal estado de las mismas.

## **1.2. Justificación**

### ***1.2.1. Justificación Ambiental***

El agua es un recurso natural que cubre el 70% del planeta, no obstante, no toda esta masa es apta para consumo, muchas veces es necesario someterlas a un proceso a conjuntos de estos para convertirla en agua apta para consumo humano.

El estado peruano mediante Ley y artículo 7<sup>a</sup> - A, incorpora en la Constitución Política del Perú el derecho de toda persona a acceder de forma progresiva y universal al agua potable.

El Estado garantiza este derecho priorizando el consumo humano sobre otros usos. Asimismo, promueve el manejo sostenible del agua, el cual se reconoce como un recurso natural esencial y como tal, constituye un bien público y patrimonio de la Nación. Su dominio es inalienable e imprescriptible

### ***1.2.2. Justificación Social***

En la ciudad de Huamachuco se cuenta con una planta de tratamiento de agua potable de tipo convencional, la cual fue puesta en marcha en mayo del año 1998 con un periodo de diseño de 20 años que a la actualidad ya cumplió, esto, representa un problema crítico para la población puesto que el sistema se encuentra colapsado y las estructuras que conforman la planta ya han superado su capacidad y ello se refleja en la deficiencia con la que se viene prestando el servicio actualmente y los problemas sociales y de salud que ello conlleva, el estado peruano contempla en la constitución que todo ciudadano tiene derecho a acceder a agua potable, lo que no se da en la población de Huamachuco, pese a tener fuentes de agua para captación.

Por lo anterior expuesto, la presente investigación pretende realizar una evaluación y diagnóstico a la planta con el fin generar una propuesta de reestructuración que garantice el

correcto abastecimiento de agua potable a la población de Huamachuco para un nuevo periodo de diseño de 20 años.

### ***1.2.3. Justificación Económica***

Esta investigación es totalmente viable en cuanto al aspecto económico; ya que los gastos necesarios para su elaboración y desarrollo estarán solventados por el tesista, otro lado, la información que se tiene acerca del tema de investigación es abundante y está respaldada por el Reglamento, por lo que puede ser recopilada de diferentes fuentes, además, todos los softwares y equipos de laboratorio para su realización se encuentran en el medio.

### ***1.2.4. Justificación Técnica***

Esta investigación está desarrollada en la rama de la ingeniería hidráulica, específicamente en la línea de saneamiento y todos los procesos realizados en esta, están sustentados en el Reglamento Nacional de Edificaciones y normas nacionales que respaldan su desarrollo, todo ello englobado en la Ingeniería Civil.

La presente investigación hace énfasis y contribuirá al conocimiento, aplicación e importancia en el diseño de plantas de tratamiento de agua potable para tratar aguas para consumo humano y con ello aportar a la mejora de calidad de vida en la población de Huamachuco.

Esta investigación no solo es un aporte académico al conocimiento de procesos hidráulicos en tratamiento de agua si no también será un antecedente para nuevos estudios y para futuros proyectos que planteen diseñar plantas en condiciones similares de la Ciudad de Huamachuco.

### ***1.2.5. Justificación Política Institucional***

La prestación de servicios de agua potable es una responsabilidad compartida entre el Estado y las entidades prestadoras de servicios (EPS). En el caso de la ciudad de Huamachuco, la EPS SEGASC es la encargada de administrar y gestionar el suministro de agua potable. La

Constitución Política del Perú y la Ley General de Servicios de Saneamiento establecen el marco legal y normativo para garantizar el acceso al agua potable a toda la población. La reestructuración de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de Huamachuco es necesaria para cumplir con estos mandatos legales y asegurar que la EPS SEGASC pueda prestar un servicio de calidad, cumpliendo con los estándares nacionales e internacionales. Además, la mejora de la PTAP contribuirá a la eficiencia y sostenibilidad de los recursos hídricos, alineándose con las políticas de desarrollo sostenible del Estado peruano que es cubrir todas las brechas de vital importancia como la del objetivo de esta investigación.

### ***1.2.6. Justificación Ética***

El acceso al agua potable es un derecho humano fundamental, reconocido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU). La falta de acceso a agua segura y de calidad tiene serias implicaciones en la salud y el bienestar de la población, afectando principalmente a los sectores más vulnerables. La ética en la ingeniería civil implica no solo la aplicación de conocimientos técnicos, sino también el compromiso con la mejora de la calidad de vida de las personas. Esta investigación busca asegurar que todos los habitantes de la ciudad Huamachuco tengan acceso a agua potable mediante estructuras existentes, siendo eficientes en el uso de recursos del estado; así como también, reduciendo los riesgos de enfermedades y mejorando las condiciones de vida. La reestructuración de la PTAP es, por tanto, una obligación ética para cumplir con los principios de equidad y justicia social.

### **1.3. Hipótesis**

**Dado:** Que los servicios de agua potable en Huamachuco son deficientes debido al deterioro y obsolescencia de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, la cual ha superado su vida útil y periodo de diseño establecido por la normativa vigente

**Es probable:** Realizar un diagnóstico exhaustivo, análisis detallado y una propuesta integral de reestructuración para que la Planta de Tratamiento de Agua Potable cumpla con los estándares de calidad establecidos y cubra la brecha de la demanda de agua potable de la población durante los próximos 20 años.

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

##### ***1.4.1. Objetivo general***

Evaluar el comportamiento Hidráulico y Sanitario, así como desarrollar las propuestas de Mejoramiento y Reestructuración de la Planta de Tratamiento de Agua potable de la ciudad de Huamachuco.

##### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Evaluar el estado y situación actual de la estructura existente la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Huamachuco
- Realizar el análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua a tratar proveniente del Río Grande de la ciudad de Huamachuco
- Calcular el nuevo caudal de diseño para un período de 20 años de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Huamachuco
- Identificar los procesos y establecer el grado de tratamiento de la Planta de tratamiento de Agua Potable que garanticen los parámetros establecidos para agua de consumo humano
- Elaborar la propuesta técnica de reestructuración.
- Realizar el análisis de riesgos de la situación actual de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Huamachuco.

### **1.5. Relevancia de la investigación**

Investigar en temas relacionados con el recurso hídrico es fundamental, sobre todo investigar en el manejo y mejora de la calidad de esta importante fuente de vida.

Es de conocimiento general que no solo en esta región si no en el Perú y en el mundo se tiene el gran problema con la calidad y abastecimiento de agua para consumo humano y es necesario enfocarse en ello ya que precisamente se trata del líquido fuente vida, por esta razón se propone esta investigación que constituyen obras hidráulicas y de saneamiento que aportan en la solución al problema de mala calidad de agua e inadecuado abastecimiento con los que a diario debe lidiar la población.

La constante búsqueda de mejorar la calidad de vida de las personas es uno de los temas principales que como ingenieros debemos trabajar y es precisamente en vista de ello que se desarrolló esta investigación, que contribuye además en la aplicación de conocimiento sustentados en la ingeniería y distintas ramas de esta, recaudados durante el proceso de formación académica.

### **1.6. Alcances y limitaciones**

El alcance de estudio de la presente investigación se limita a la ciudad de Huamachuco – Sanchez Carrión – La Libertad, concretamente a la evaluación, diagnóstico y reestructuración a nivel de ingeniería (planos, memoria de cálculo y presupuesto) de la Planta de Tratamiento de Agua Potable existente además de la gestión de riesgos derivada de la situación actual de esta.

La investigación no presenta limitaciones técnicas, económicas ni de información.

## Capítulo II: Generalidades de la Localidad de la Investigación

### 2.1. Ubicación Geográfica

La Ciudad de Huamachuco se encuentra ubicada en la parte septentrional del Perú, a  $7^{\circ}49'04''$  latitud sur hasta los  $79^{\circ}17'45''$  de longitud, a 3,150.00 msnm. Presenta un relieve accidentado. Se ubica en la sierra del Departamento de La Libertad, a una distancia de 180 Km de la ciudad de Trujillo. La extensión del proyecto abarca un área urbana de 749.76 Ha, dentro del cual se ubica una población de aproximadamente 34,089 habitantes (Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado, 2019).

Los límites del distrito del mismo nombre como se muestra en la Figura 1, y estos son:

- Por el norte con el distrito de Marcabal.
- Por el sur con el distrito de Sarín y la provincia de Santiago de Chuco.
- Por el este con el distrito de Chugay y Curgos.
- Por el oeste con el distrito de Sanagorán.

**Figura 1**

*Curgos en la provincia de Sánchez Carrión - Perú*



*Nota.* Obtenido de Wikipedia (2023).

## **2.2. Contexto Geográfico y Ambiental**

### **2.2.1. Clima**

La Ciudad de Huamachuco posee un clima frío y templado, con temperatura media anual de 11° a 12°C. Las lluvias son estacionales y se precipitan en forma irregular desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo, en algunos años se prolongan hasta el mes de abril.

### **2.2.2. Hidrografía**

En la provincia de Sánchez Carrión se encuentran dos cuencas hidrográficas: La Cuenca Crisnejas, compuesta por los distritos de Sanagorán, Huamachuco y Marcabal, y la Intercuenca Alto Maraón, compuesta por los distritos de Sarín, Curgos, Chugay, Cochorco y Sartimbamba. Cabe resaltar que los ríos de estas cuencas eventualmente se convierten en tributarios del río

Marañón y del río Chusgón, que son ríos de régimen permanente con caudales crecientes durante la época de lluvia.

Los ríos de la Intercuenca Alto Marañón desembocan en el río Marañón en el sector oriental, mientras que los ríos de la Cuenca Crisnejas terminan en el río Condebamba, luego en el río Crisnejas y finalmente en el río Marañón. Como se resumen en la Figura 2.

**Figura 2**

*Cuencas Hidrográficas Provincia Sánchez Carrión*

N°	DISTRITO	Cuenca	Area	%	Tributarios	Longitud( m)	Observacion
1	CURGOS	Intercuenca Alto Marañón	1,706,941,847	68	Río Cansul	17,402	Los Tributarios desembocan al río principal Marañón
2	SARIN				Río Cerpaquiño	11,622	
3	CHUGAY				Río Larichuco	5,266	
4	COCHORCO				Río Quinuales	5,514	
5	SARTIMBAMBA				Río Sarin	24,433	
6	MARCABAL				Río Chusgon	48,045	
7					Río Marañón	171,149	
		<b>Total</b>				<b>283,430</b>	
1		Crisnejas	793,238,448	32	Quebrada Comun Pampa	4,736	Los tributarios desembocan al río Condebamba luego al Río Crisnejas, este a su vez al río Marañón.
2	SANAGORAN				Quebrada la Florida	6,670	
3					Río Chuyuhual	16,871	
4	HUAMACHUCO				Río Condebamba	14,017	
5					Río Grande	21,166	
6	MARCABAL				Río Huayrro	12,700	
7					Río Sanagoran	9,762	
8					Río Shiracmaca	13,121	
9					Río Yamobamba	20,736	
		<b>Total</b>	<b>2,500,180,295</b>			<b>119,779</b>	

*Nota.* Obtenido de ONER – Oficina Nacional de Recursos Naturales.

### 2.3. Aspectos Sociales y Económicos

A nivel provincial, se viene dinamizando la actividad económica, con impactos sobre la estructura socioeconómica y características socioculturales de la población, la dinámica demográfica, el crecimiento de la demanda urbana de vivienda, de infraestructura y servicios básicos y los equipamientos comunales. Situación que amerita una profunda evaluación para la estructuración del sistema de asentamientos humanos y las previsiones para el acondicionamiento

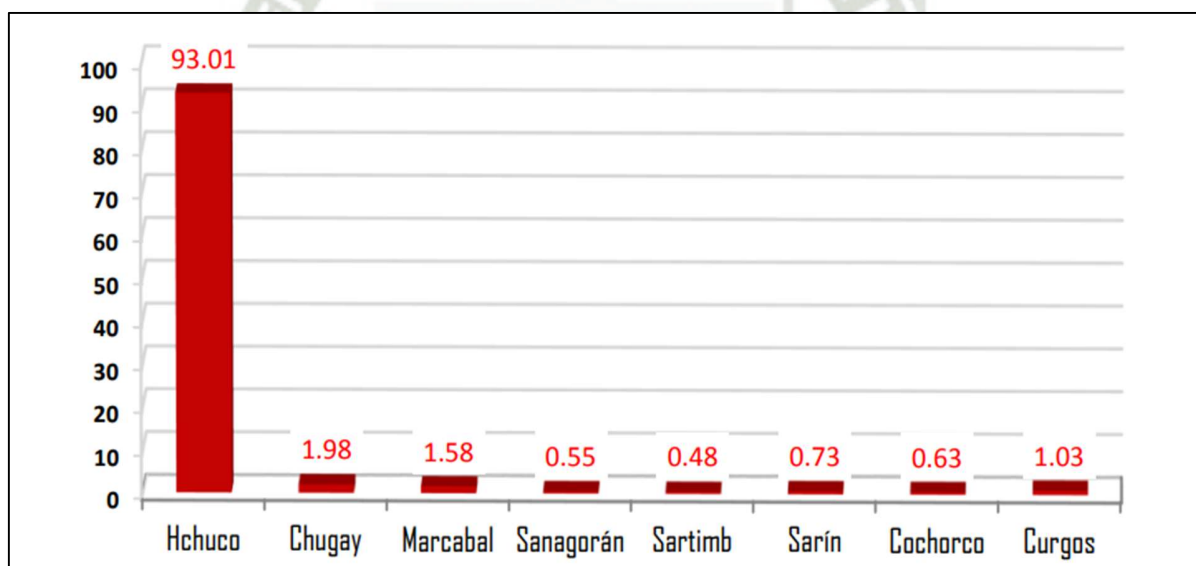
territorial y el desarrollo urbano sostenible de la provincia (Municipalidad Provincial Sánchez Carrión, 2015).

### 2.3.1. Dinámica Económica Productiva

Según el estudio de Diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de la Provincia de Sánchez Carrión 2010, la participación del distrito de Huamachuco al PBI Provincial es del orden del 93%, seguido de Chugay (2%), Marcabal (1,6%) y Curgos (1%). Como se muestra en la Figura 3.

**Figura 3**

*Provincia de Sánchez Carrión: PBI% estimado al año 2017 por actividad y distritos*



*Nota.* Obtenido del estudio diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de Sánchez Carrión.

De otro lado, las actividades terciarias contribuyen aproximadamente con el 49,6% de aporte al PBI de la provincia, destacando las actividades comerciales, restaurantes y hoteles (24%) y otros servicios con aproximadamente 20%. A nivel de distritos, Huamachuco y Chugay

presentan los más importantes porcentajes (52% y 34,7% respectivamente). Como se muestra en detalle de la Figura 4 y Figura 5.

#### Figura 4

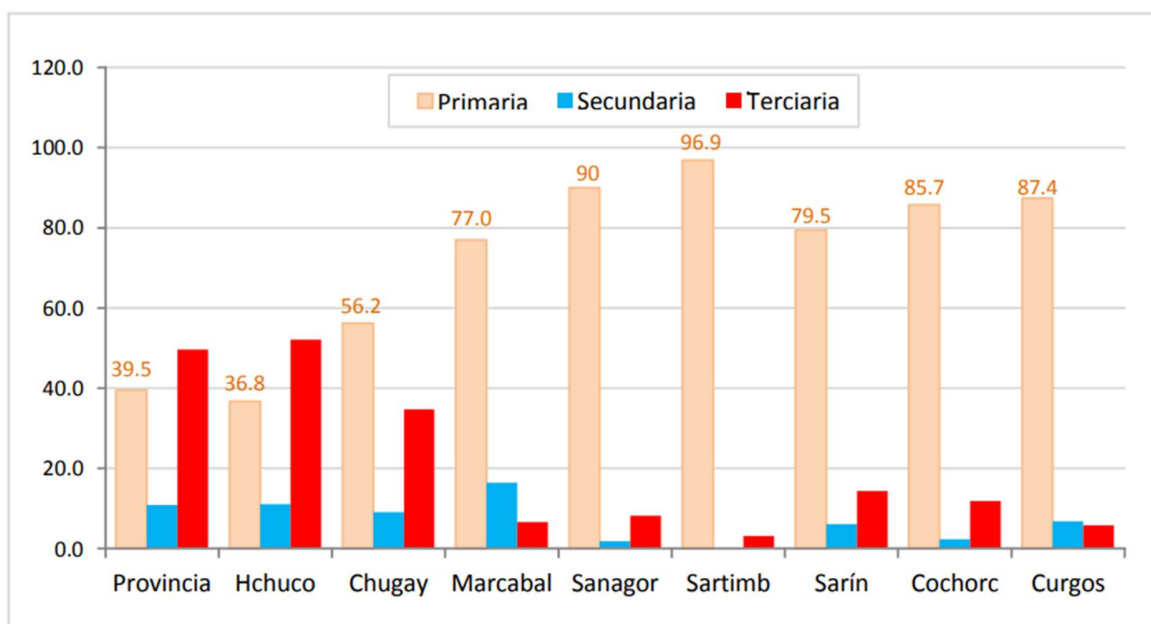
*Provincia de Sánchez Carrión: PBI% estimado al año 2017 por actividad – Valores a precios constantes año 1994 – Miles de nuevos soles*

Provincia Distritos	Total PBI	PBI por actividad					
		Primaria	%	Secundaria	%	Terciaria	%
Provincia	383550.22	151525.54	39.51	41745.26	10.88	190279.41	49.61
Huamachuco	356742.74	131141.89	36.76	39520.89	11.08	186079.95	52.16
Chugay	7612.71	4276.16	56.17	690.32	9.07	2646.23	34.76
Cochorco	2416.12	2070.96	85.71	57.53	2.38	287.63	11.90
Curgos	3950.17	3451.61	87.38	268.46	6.80	230.10	5.83
Marcabal	6078.66	4678.84	76.97	997.13	16.40	402.70	6.62
Sanagorán	2109.32	1898.38	90.00	38.35	1.82	172.58	8.18
Sarín	2799.64	2224.37	79.45	172.58	6.16	402.69	14.38
Sartimbamba	1840.86	1783.33	96.87	0.00	0.00	57.53	3.13

*Nota.* Obtenido del estudio diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de Sánchez Carrión.

**Figura 5**

*Provincia de Sánchez Carrión: PBI% estimado al año 2017 por actividad y distrito - Gráfico de barras.*



*Nota.* Obtenido del estudio diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de Sánchez Carrión.

En los otros distritos de la provincia, la actividad primaria (agropecuaria, forestal y minería) es la más representativa, constituyéndose en el segundo sector en importancia en la estructura económica provincial. A nivel provincial el nivel de participación de esta actividad es de aproximadamente 40%; siendo las actividades agrícolas (31%) y explotación minera y canteras (9%) las que más aportan, sin embargo, a nivel de distrito, las actividades primarias representan desde el 56%, en el caso del distrito de Chugay, hasta el 97% en el distrito de Sartimbamba. Como se muestra en el detalle de la Figura 6.

**Figura 6**

*Provincia de Sánchez Carrión: PBI% estimado al año 2017 por ramas de actividad*

Ámbito	Agricultura, ganadería, caza y selvicultura	Explotación de Minas y Canteras	Ind. Manufacturera	Construcción	Comercio restaurante y hoteles	Alquiler de vivienda	Producción Servicios Gubernam.	Otros Servicios
Provincia	117,949.1	33,576.5	37,718.4	4,027.0	93,423.5	1,342.3	19,770.0	75,742.8
	30.8%	8.8%	9.8%	1.0%	24.4%	0.3%	5.2%	19.7%
Huamachuco	98,792.7	32,349.2	35,494.0	4,027.0	90,278.7	1,342.3	19,233.0	75,225.0
	27.7%	9.1%	9.9%	1.1%	25.3%	0.4%	5.4%	21.1%
Chugay	3,048.9	1,227.2	690.3		2,205.2		249.3	191.8
	40.1%	1.6%	9.1%	0.0%	29.0%	0.0%	3.3%	2.5%
Cochorco	2,071.0		57.5		95.9		19.2	172.6
	85.7%		2.4%		4.0%		0.8%	7.1%
Curgos	3,451.6		268.5		57.5		57.5	115.1
	87.4%		6.8%		1.5%		1.5%	2.9%
Marcabal	4,678.8		997.1		364.3		19.2	19.2
	77.0%		16.4%		6.0%		0.3%	0.3%
Sanagorán	1,898.4		38.4		115.1		57.5	
	90.0%		1.8%		5.5%		2.7%	
Sarín	2,224.4		172.6		268.5		115.1	19.2
	79.5%		6.2%		9.6%		4.1%	0.7%
Sartimbamba	1,783.3				38.4		19.2	
	96.9%				2.1%		1.0%	

*Nota.* Obtenido del estudio diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de Sánchez Carrión.

En el distrito de Huamachuco la presencia del sector minería aporta el 9% del PBI a nivel de distrito. Las actividades de industria manufacturera, construcción, luz, entre otros, están comprendidas en el sector secundario, actividades que participan en menor grado dentro de la economía de la provincia, contribuyendo con aproximadamente el 11% del PBI provincial. Las actividades vinculadas a la construcción se aprecian únicamente en el caso del distrito de Huamachuco, representando 1,13% en el aporte distrital y 1% en el PBI provincial.

### **2.3.2. Actividad y Producción Agrícola**

La provincia de Sánchez Carrión, es el primer productor de papa de la región, según cifras del Portal Agrario La Libertad correspondiente a la Campaña 2013 – 2014, aporta con 28% de la

producción regional, primer productor de maíz amiláceo (34%) y de quinua (27%), segundo productor de cebada (14%) y tercer productor de trigo (17%). La producción agrícola provincial, se fundamenta en 5 principales cultivos, predominando por superficie sembrada y cosechada los siguientes cultivos en el ámbito provincial: la papa (123,344 ton.), trigo (10,401 ton.), cebada (7,772 ton.), maíz amiláceo (7,191 ton.) y quinua (2,126 ton.). Como se indica en la Figura 7.

**Figura 7**

*Provincia de Sánchez Carrión: Producción agrícola campaña 2013 – 2014 a nivel distrito*

Distrito	Papa		Maíz Amiláceo		Trigo		Cebada		Quinua		Maiz Choclo	
	Produc.	%	Produc.	%	Produc.	%	Produc.	%	Produc.	%	Produc.	%
Provincia	123,344	100	7,191	100	10,401	100	7,772	100	1,053	100	2,126	100
Huamachuco	41,933	34.0	1,610	22.4	2,335	22.4	2,390	30.8	291	27.6	737	34.7
Chugay	11,557	9.4	443	6.2	2,051	19.7	1,012	13.0	14	1.3	58	2.73
Marcabal	20,113	16.3	1,418	19.7	1,307	12.6	733	9.4	97	9.2	292	13.7
Sanagorán	17,818	14.4	1,450	20.2	1,731	16.6	1,482	19.1	89	8.5	555	26.1
Sartimbamba	3,339	2.7	272	3.8	469	4.5	252	3.2	331	31.4	18	0.85
Sarín	11,910	9.7	970	13.5	950	9.1	1,300	16.7	90	8.5	205	9.64
Cochorco	4,763	3.9	295	4.1	650	6.2	210	2.7	75	7.1	41	1.93
Curgos	11,911	9.7	733	10.2	908	8.7	393	5.1	66	6.3	220	10.3

*Nota.* Obtenido del estudio diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de Sánchez Carrión (2017).

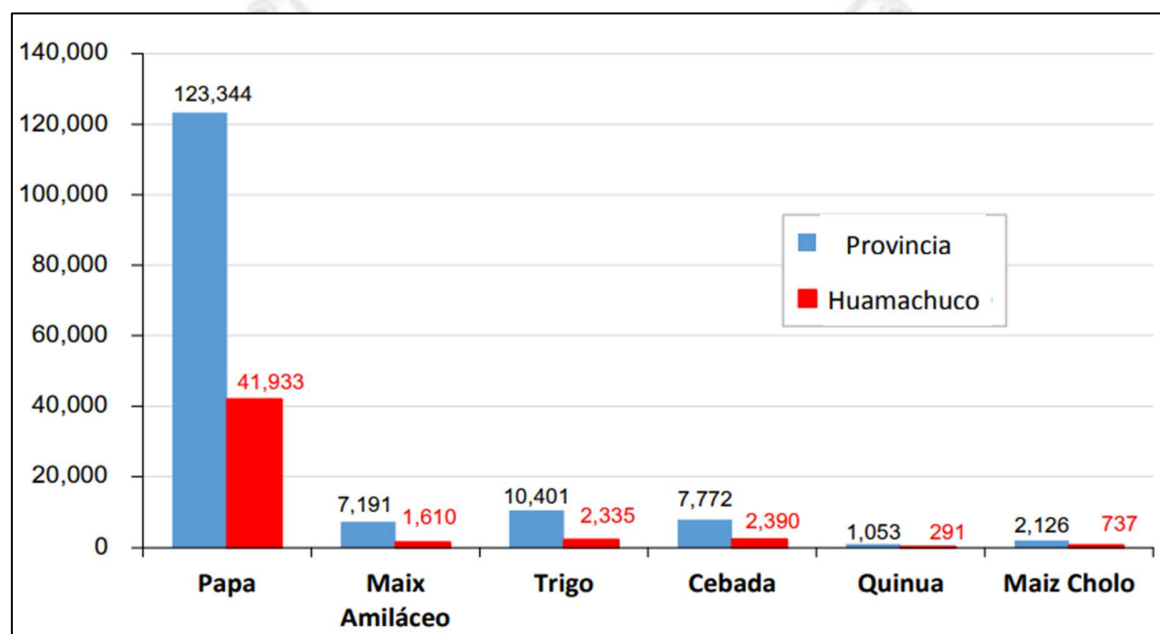
Huamachuco (34%), Marcabal (16%), Sanagorán (14,4%) y Curgos (10%), son los principales distritos que contribuyen a la producción de papa a nivel provincial, en tanto que los distritos de Huamachuco (22%), Chugay (19,7%), Sanagorán (16,6%) y Marcabal (12,6%) son los principales productores de trigo. Los distritos de Huamachuco, Sanagorán y Chugay contribuyen con 30,8%, 19% y 13% respectivamente a la producción provincial de cebada, en tanto que a la producción provincial de maíz choclo, son los distritos de Huamachuco, Sanagorán y Marcabal estos mismos distritos contribuyen con el 34,7%, 26% y 13,7% del total de producción. Los

distritos de Sartimbamba y Huamachuco son los mayores productores de quinua en la provincia (31,4% y 27,6% respectivamente). Como se muestra en la Figura 8.

**Figura 8**

*Provincia de Sánchez Carrión y distrito Huamachuco producción agrícola campaña 2013 – 2014*

*(Tn)*



*Nota.* Obtenido del estudio diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de Sánchez Carrión (2017).

**2.3.3. Actividad Pecuaria**

Al año 2014, en la región La Libertad se registró una población ganadera de 365 mil cabezas de ovinos y 259 mil cabezas de ganado vacuno, de las cuales la provincia de Sánchez Carrión contribuyó con el 32% y 14% respectivamente. También es importante la participación provincial en la producción regional de ganado caprino y camélido. Como se detalla en la Figura 9.

**Figura 9**

*Provincia de Sánchez Carrión: Producción pecuaria 2017*

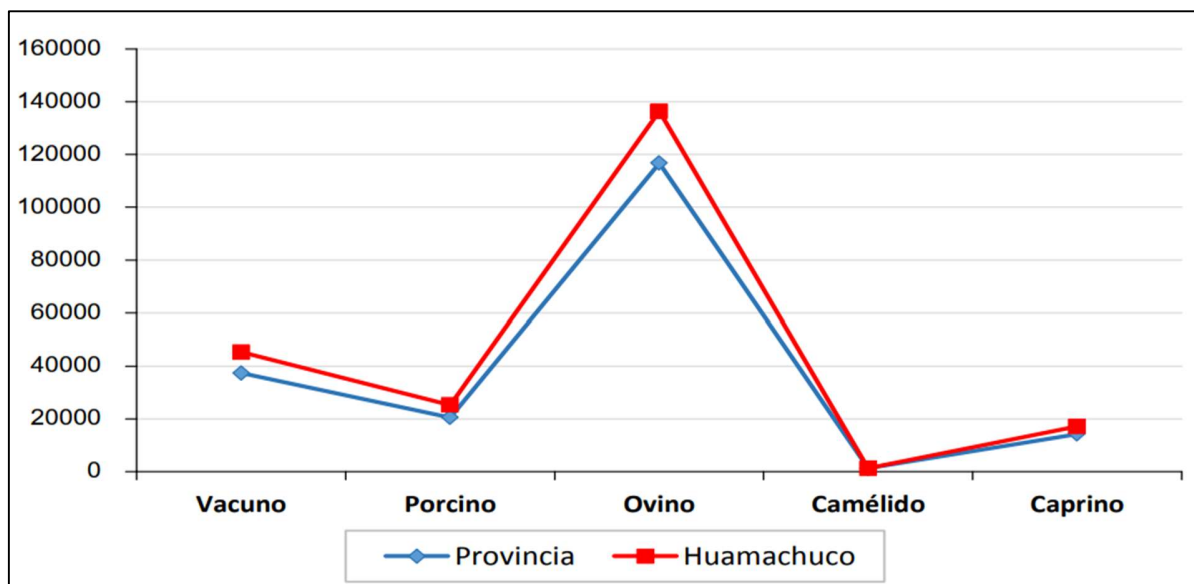
Distrito	Ovino		Vacuno		Porcino		Caprino		Camélido (A)	
	Produc.	%	Produc.	%	Produc.	%	Produc.	%	Produc.	%
Provincia	116,736	100	37,431	100	20,550	100	14,327	100	1,307	100
Huamachuco	19,631	16.8	7,893	21.1	4,743	23.1	2,845	19.9		
Chugay	19,460	16.7	4,935	13.2	3,062	14.9	2,147	15.0		
Marcabal	21,433	18.4	5,281	14.1	2,789	13.6	1,391	9.7		
Sanagorán	13,656	11.7	7,085	18.9	2,007	9.8	2,994	20.9		
Sartimbamba	12,793	11.0	2,976	8.0	2,095	10.2	1,976	13.8		
Sarín	14,539	12.5	3,842	10.3	2,415	11.8	1,401	9.8	1,307	100
Cochorco	7,799	6.7	2,735	7.3	1,409	6.9	1,061	7.4		
Curgos	7,425	6.4	2,684	7.2	2,030	9.9	512	3.6		

*Nota.* Obtenido del estudio diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de Sánchez Carrión (2017).

La actividad pecuaria, la provincia de Sánchez Carrión ha adquirido una dinámica más activa, actividad que se orienta principalmente a la conducción de ganado ovino y vacuno, ganado que se conduce bajo régimen de libre pastoreo (pastos naturales), actividad que ocupa aproximadamente 16,230 Hás., de la provincia; siendo los distritos de Marcabal (18%), Huamachuco (17%) y Chugay (17%) los principales productores de ganado ovino; Huamachuco, Sanagorán, Marcabal y Chugay productores de ganado vacuno (21%, 19%, 14 y 13% respectivamente). Como se muestra en la Figura 10.

**Figura 10**

*Población pecuaria 2017 a nivel distrito y provincia*



*Nota.* Obtenido del estudio diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de Sánchez Carrión (2017).

#### **2.3.4. Actividad Minera**

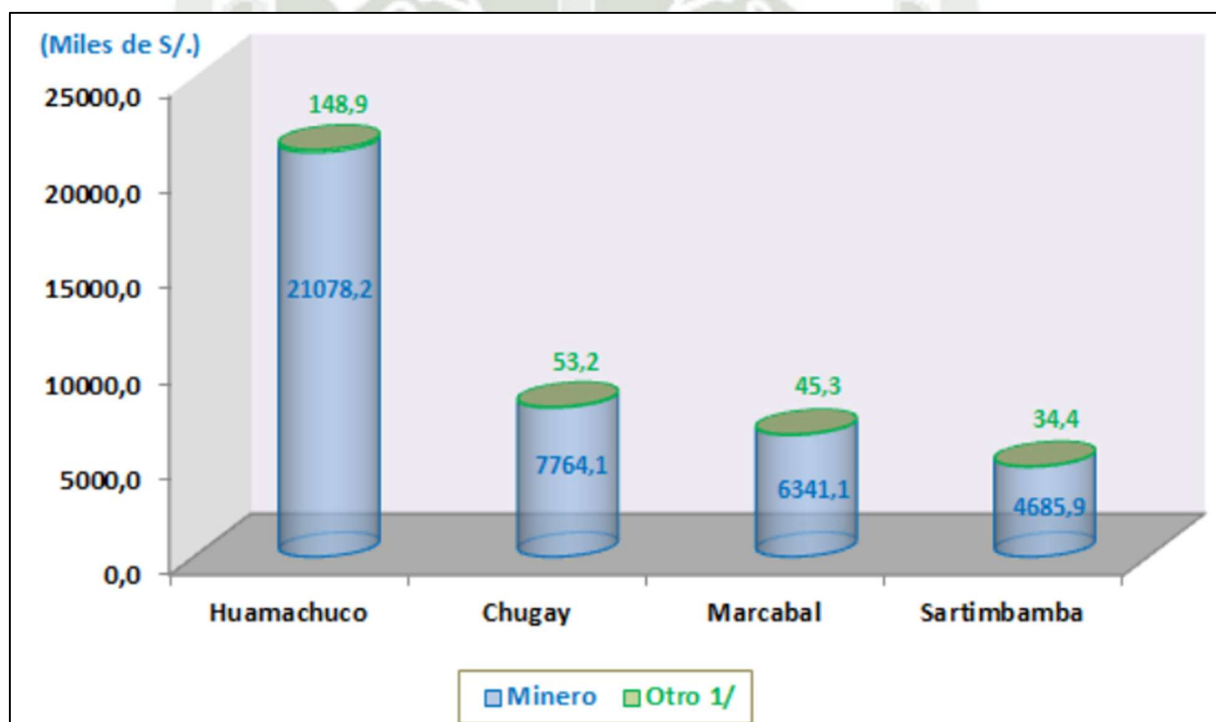
Otro aspecto importante de la economía provincial lo constituye la explotación minera, que congrega a pequeños, medianos y grandes yacimientos mineros. La producción minera de oro de la provincia de Sánchez Carrión se ubica principalmente en el distrito de Huamachuco (97%), y la de plata en Sarín (70%) y Huamachuco (29%).

La minería en la región La Libertad al año 2017, generó aproximadamente 15,7 mil empleos directos, lo que representa el 9,4% de empleo generado en este sector a nivel nacional. En este sentido, Sánchez Carrión y en particular Huamachuco cuentan con gran potencial minero comprobado, razón por la cual operan empresas mineras transnacionales que a su vez contribuyen al desarrollo de la población con proyectos de responsabilidad social y mediante sus impuestos.

En relación al canon minero, en el año 2017, la Municipalidad de Sánchez Carrión se convirtió en la comuna con mayor percepción (25 millones 771 mil nuevos soles), seguida de Sanagorán (19 millones 463 mil nuevos soles); en total, se transfirió a la provincia 81 millones 104 mil nuevos soles, equivalente a 17.6% más que en el año 2011 cuando recibió 68 millones 916 mil de nuevos soles. Como se muestra en la Figura 11.

**Figura 11**

*Provincia de Sánchez Carrión: Percepción monetaria por cuenta de canon según distritos, 2017*



*Nota.* Obtenido del estudio diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de Sánchez Carrión (2017).

En el gráfico adjunto se puede observar la transferencia de canon en el año 2017, en los distritos de la provincia mencionada, a fin de tener una idea de cuánto ha evolucionado al año 2017, lógicamente producto de un mayor dinamismo extractivo de los minerales; asimismo, se

espera que este importante recurso que reciben las municipalidades ayude a revertir las carencias y situación de pobreza de la población, brindándoles mejores servicios públicos.

### ***2.3.5. Producción Forestal***

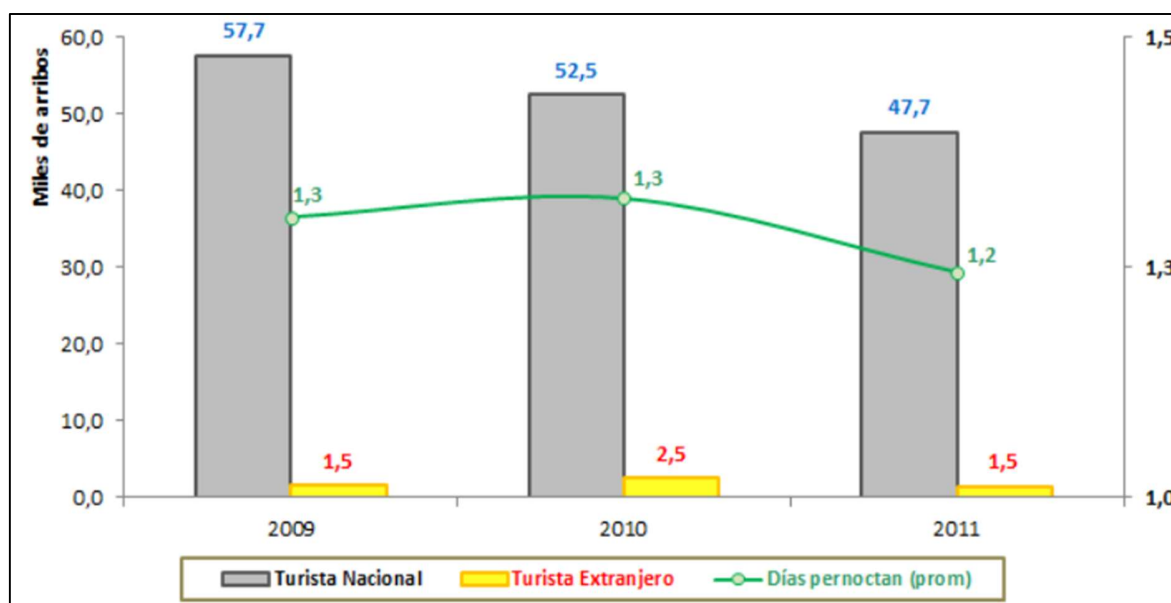
La Libertad es la segunda región productora de Tara a escala nacional, Sánchez Carrión y Otuzco se destacan como las principales provincias productoras con 54.5% y 29% respectivamente. Por otra parte, La Libertad es el primer productor de madera de eucalipto a nivel nacional y la provincia de Sánchez Carrión es una de las principales productoras. Es importante señalar que existe un alto tráfico informal de madera, el mismo que está relacionado precisamente al potencial forestal de Sánchez Carrión.

### ***2.3.6. Actividad Turística***

La región La Libertad es un reconocido destino turístico que atrae turistas nacionales y extranjeros. Al interior de esta, en la provincia de Sánchez Carrión existe una interesante alternativa turística donde es posible disfrutar de diversas actividades recreativas, impresionantes paisajes, deportes de aventura y beneficios terapéuticos. Particularmente en Huamachuco la actividad turística se está potenciando con la ampliación de la capacidad instalada de hospedajes, pues entre el 2009 y 2011, la cantidad de establecimientos se ha incrementado (20,7%), registrándose en el último año 752 establecimientos. Así en la provincia durante el año 2011, se registraron el arribo de 47,7 mil turistas nacionales y 1,5 mil turistas extranjeros, los cuales se quedaron en promedio por más de un día. Cabe precisar que en Huamachuco se concentran prácticamente todas las instalaciones de hospedajes. Como se muestra en la Figura 12.

**Figura 12**

*Provincia de Sánchez Carrión: Arribo de turistas nacionales y extranjeros 2009 – 2011, días de pernoctación*



*Nota.* Obtenido del estudio diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de Sánchez Carrión (2017).

Los recursos turísticos son las aguas termales de Yanasara y El Edén, la laguna Sausacocha y el emblemático Complejo Arqueológico Markahuamuchuco.

### **2.3.7. Servicios Financieros**

Si bien las entidades bancarias aún no se han hecho presentes en Huamachuco (únicamente el Banco de Crédito del Perú y Banco de la Nación), sin embargo diversas microfinancieras están presentes en la economía huamachuquina, allí ofertan sus servicios financieros las cajas municipales de Trujillo y de Piura, la caja rural Chavín, Cooperativas de Ahorro y Crédito Cajamarca, Rondesa, Sipán y León XIII, y las EDPYMEs: Marcimex, Microcrédito, PROEMPRESA, Confianza, Efectiva, Confianza y Edyficar, complementan esta oferta

microfinanciera, las ONGs AMA e IDER César Vallejo, estas últimas a través de su programas – PROCRIDER- microfinancieros facilitan créditos a mujeres con negocios.

### **2.3.8. Actividades Comerciales**

#### **a) Ferias Distritales**

Las ferias son actividades que se realizan una vez por semana creando circuitos comerciales vinculados a corredores económicos. Los pobladores de las capitales distritales y principales centros poblados concurren a efectuar intercambio de productos principalmente agropecuarios (compras/ venta) de la zona y adquieren otros productos de la ciudad de Trujillo, Cajamarca, Lima y que llegan vía Huamachuco.

### Capítulo III: Fundamentos Teóricos

#### 3.1. Antecedentes de la investigación

Sánchez (2017), desarrolló la investigación titulada “Evaluación y mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable Hernán Perochena – Mollendo”. El objetivo del proyecto era incrementar la producción de 98.5 l/s a 200 l/s para atender a la población actual ( de 28,310.00 habitantes en Mollendo y 3,223.00 habitantes en Matarani , fuente oficina zonales Seda par – SUNASS) y futura las 24 horas del día , así mismo, se atendería la zona industrial, comercial y estatal de Mollendo y Matarani; mejorar la eficiencia y operatividad del sistema de tratamiento y reducir costo de producción, empleando tecnología apropiada y utilizar al máximo la capacidad instalada para reducir el costo de obra. Los objetivos del incremento de dotación de 101.5 l/s adicionales, en la captación del canal Ensenada Mejía con carácter permanente para el consumo humano.

El sistema de tratamiento de agua potable de la localidad de Mollendo está ubicado en las instalaciones de la planta proyectada para satisfacer la demanda requerida en el período de planeamiento. La planta existente es de tecnología promovida por el CEPIS, consiste en una planta completa de filtración rápida formada por un sistema de tratamiento de funcionamiento totalmente hidráulico en todos sus procesos, con un mínimo de equipos electromecánicos. La planta cuenta con un pretratamiento en desarenadores, con los procesos de mezcla rápida, floculación, decantación, filtración y cámara de contacto; tiene como instalaciones complementarias laboratorio, sala de dosificación, almacén general, casa del operador, y sala de cloración. La planta de tratamiento proyectada con tecnología promovida por el CEPIS tiene una capacidad de tratamiento de 100 l/s y es una planta completa de filtración rápida de funcionamiento hidráulico de todos los procesos.

En general, el sistema propuesto por su compactación facilitará la operación, siendo posible desarrollar eficientemente las tareas de operación con un solo operador y un ayudante; de igual forma, también se facilita las labores de mantenimiento.

Como conclusiones, se verificó los criterios necesarios, tanto normativos como los que indica el manual del CEPIS para poder realizar un buen diseño Hidráulico y Sanitario concluyendo que es de suma importancia el análisis del tipo de tecnología que se deberá usar para plantear una PTAP. Se definió que el buen diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable se basa en elegir las características y componentes adecuados a la realidad de la Localidad donde se vaya construir la PTAP con la finalidad que esta pueda realizar con eficiencia los procesos y operaciones unitarias. Se estableció la diferencia entre el uso de una planta convencional y una planta de tratamiento avanzado, su utilización dependerá de los aspectos económicos, sociales y culturales de la población, de esta forma se podrá operar y mantener por el periodo que se diseña, manteniendo sus características de calidad y cantidad.

El deficiente funcionamiento de La Planta de Tratamiento de Agua Potable Hernán Perochena fue debido: al mal diseño hidráulico, provocando que esta no funcione al 100% no tratando la cantidad de caudal para la que fue diseñada y además sanitariamente, ya que no remueve algunos parámetros fisicoquímicos sobrepasando los LMP que señala la norma y así considerar agua de calidad para consumo humano.

Los riesgos y peligros que se obtiene al tener un diseño mal elaborado de una Planta de Tratamiento de Agua Potable pueden llevar a generar problemas no solo salubres sino también sociales, ya que la Localidad de Mollendo y Matarani racionan sus aguas ya que la planta no produce la cantidad suficiente y si se habla de calidad, la población consume agua con contenido de arsénico que sobrepasa los LMP.

En la investigación se calculó los parámetros necesarios para que la planta pueda funcionar hidráulicamente adecuada, de modo que no exista retornos de agua en los decantadores y pueda tratarse los 100 l/s para lo que se diseñó la PTAP.

La calidad de Agua de la Planta de Tratamiento de Mollendo puede mejorar si se realiza una remoción del arsénico mediante alúmina activada o la coagulación de arsénico pentavalente, haciendo que el arsénico +3 pase a su estado +5 en el pretratamiento de modo que este se vuelve más inestable generando su decantación posterior de tal forma que los siguientes componentes de la Planta puede remover con mayor eficiencia las impurezas que tenga el Agua.

Rodríguez (2018) desarrolló el estudio “Propuesta de optimización de los procesos de tratamiento de agua potable de la PTAP San Bernardo y ampliación de cobertura de abastecimiento”. La presente tesis realiza el estudio del sistema de abastecimiento de agua actual en los distritos de Paucarpata y Chiguata, en el desarrollo de la tesis se muestra capítulos que expresan las generalidades y antecedentes que justifican la realización del presente estudio, en el tercer capítulo se muestra un marco de referencia necesario para establecer procedimientos que den solución a la problemática de calidad de agua expresada.

En el capítulo IV y V se muestra la descripción y características de la zona y del sistema existente, necesario para realizar un diagnóstico técnico y operativo del sistema de producción de agua potable mostrado en el capítulo siguiente, Capítulo VI, a partir de estos resultados presentar una propuesta de optimización de la planta de tal manera que sea adecuada para tratar los elementos químicos con concentraciones fuera de norma mostrados en el análisis de calidad de agua, información que fue brindada por la EPS SEDAPAR.

En el capítulo VII y VIII de la tesis se comprobará dos puntos: Primero la eficiencia de la planta con los procesos utilizados para potabilizar el agua del manantial, y como segundo punto

saber si existe la posibilidad que esta planta pueda abastecer a más sectores que formarían parte posteriormente de sus límites de abastecimientos ampliando la cobertura y continuidad del servicio.

En los capítulos IX y X se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó con el presente estudio, respondiendo a los objetivos generales y específicos. Tesis con la que se logró identificar y concluir que la PTAP SAN BERNARDO actualmente se encuentra en condiciones regulares sin lograr una eficiencia óptima de cobertura de abastecimiento además que sus procesos de potabilización necesitan una optimización que permitan mejorar el servicio.

Como conclusiones se observó que se necesita mantenimiento a las estructuras actuales. Para cumplir con las condiciones de calidad del agua ya sea fisicoquímicas y bacteriológicas. El diagnóstico realizado a la planta concluye que los procesos utilizados actualmente dan de resultado un agua potable que no cumple con la normativa establecida a pesar de tener un funcionamiento eficiente. Estos no están destinados a tratar el tipo de agua que el Manantial La Bedoya ofrece debido a que tiene concentraciones de Boro y arsénico fuera de los LMP y valores guías.

Para mejorar y ampliar la cobertura del servicio de agua potable en la zona este de la Ciudad de Arequipa, que comprende los circuitos de los reservorios N8, N9, N9A, N10, N12A. se realizó la propuesta de dos alternativas, una es la ejecución de empalmes que permita que estos tengan una nueva fuente de abastecimiento y lista para el consumo, y la otra el cambio de ubicación de la PTAP de tal manera que esta tenga una cota mayor y pueda abastecer por gravedad a todos los reservorios se concluye que es la solución más factible. El primer empalme por la diferencia de altura que existe entre el reservorio N50 y la PTAP trabajaría por bombeo con una Línea de Impulsión de 315 mm, y el otro por Gravedad conectando al reservorio N52 con el R33 a través de una línea de conducción de 100mm.

La solución propuesta al problema existente es la optimización de la planta para tener así un buen aprovechamiento de recurso hídrico. Con esta propuesta de optimización se mejorará la calidad de vida de la población de todos los circuitos, y más aún de la población que había en las partes altas de Paucarpata.

Gonzáles (2020) desarrolló la investigación: “Calculo, diseño y evaluación de riesgos del sistema de agua potable y alcantarillado en la asociación de vivienda Señor de los Milagros y Villa Hermosa, en el Anexo Yuramayo 4ta pampa, distrito de Vitor - Arequipa – Arequipa”. Este estudio es relevante ya que las Asociaciones de vivienda Señor de los Milagros y Villa Hermosa son los Centros Poblados con mayor población del Distrito de Vitor que no cuentan con los servicios de agua potable y alcantarillado, motivo por el cual el estado ha comenzado a priorizar la elaboración de estudios definitivos para sistemas de agua potable y saneamiento sostenible a nivel nacional.

El presente estudio permite dar una solución ante la falta de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario para la evacuación de excretas, privando a la población de satisfacer sus necesidades más elementales. Comprende también el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario, el cual fue necesario tomar en cuenta la densidad poblacional, basándome al censo poblacional y catastro de viviendas realizado en la zona, la topografía del sector, además se consideró parámetros como: área de aportación, período de diseño, caudal, tasa de crecimiento, entre otros. Para complementar el diseño se utilizó el software libre WaterCAD especializado que permite una mayor confiabilidad en los resultados para redes de distribución de agua potable y cálculos manuales para el diseño hidráulico de red de alcantarillado, así mismo se complementa con el diseño de una planta de tratamiento de agua potable PTAP, en función al análisis físico– químico y bacteriológico del agua de la fuente, así como también el planteamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales PTAR, teniendo en consideración el porcentaje

de remoción de la carga orgánica para dar cumplimiento con las Ecas y LMP. El proyecto está conformado por memorias de cálculo de diseño hidráulico, diseño sanitario, resultados de laboratorio para análisis de agua, análisis de riesgo, planos de arquitectura, estructuras e hidráulica para tener un panorama claro de lo que conlleva la ejecución satisfactoria del mismo y su funcionamiento.

Para realizar el diseño se empleó la Norma técnica: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el Ámbito Rural del Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, el cual se tuvo en consideración el algoritmo de selección de sistemas de agua potable para ámbito rural, además de las consideraciones de la Norma Boliviana NB688 para el diseño de redes de alcantarillado Sanitario. Con respecto a la evaluación de riesgos y vulnerabilidad del proyecto, se siguió la metodología y las directrices sugeridas en El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Además, los resultados se tomaron para la evaluación cualitativa y cuantitativa. Para empezar, se identificó los peligros, vulnerabilidades y el grado de riesgo., finalmente se desarrolla un plan de respuesta.

El resultado de la investigación nos indica que el sistema de agua potable del Centro Poblado Señor de los Milagros y Villa Hermosa se encuentra expuesto a vulnerabilidad ambiental, económica, social e institucional, tiene una resiliencia medio, es decir, puede hacer frente a cualquier evento y tiene un grado de riesgo medio al que está expuesto el sistema de agua potable y alcantarillado, se propone un plan de respuesta, mapa de zonificación de peligros.

Como conclusiones se observó un mal funcionamiento hidráulico en las redes de agua potable genera riesgos de abastecimiento y cobertura en una población, debido a ello se propuso en la presente tesis un procedimiento de cálculo y diseño para el planteamiento hidráulico del Centro Poblado Señor de los Milagros y Villa Hermosa, teniendo en consideración su ámbito rural.

La falta de alcantarillado sanitario en la zona de estudio vulnera la salud de los pobladores y del medio ambiente, tal y como detallo a continuación: Contaminación ambiental causada por desborde de letrinas, contaminación del subsuelo, generación de focos infecciosos cargados de bacterias patógenas.

Se plantea mitigar y reducir las enfermedades gastrointestinales debido a la ingesta de agua no tratada captada del canal de regadío Yuramayo, planteando una Planta de tratamiento de agua potable en función al análisis físico químico y bacteriológico de la fuente. La planta de tratamiento seleccionada no requiere de un sistema de aireación, esto se debe porque los resultados de los ensayos químicos arrojan valores por debajo del permisible: Elemento Fe  $0.3 < 1.5$  mg/l Elemento Mn  $0.05 < 1.5$  mg/l

Dueñas (2016), elaboró el estudio “Evaluación y mejoramiento de planta de tratamiento de agua potable del centro poblado de Yauri, distrito de Yauri, provincia de Espinar, región Cusco”. La localidad de Yauri - Espinar cuenta con una PTAP de tecnología convencional semejante al de CEPIS/OPS, con una antigüedad aproximada de 30 años. Actualmente, se encuentra operando con una sobrecarga de caudal de 95 L/s, habiendo sido diseñado para un caudal de 36 L/s. La fuente de abastecimiento proviene de un canal de riego del río Apurímac, que luego es bombeado hacia la PTAP.

La evaluación de la PTAP permitió determinar que los procesos unitarios como la dosificación, mezcla rápida, floculación, decantación y filtración; resultaban poco eficientes, debido principalmente al mayor caudal que están tratando y ocasionando que en épocas de alta turbiedad la planta se paralice, trayendo como consecuencia que el agua producida no cumpla con los límites permisibles establecidos por las normas de calidad.

Según investigaciones realizadas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, al final del proceso de tratamiento se debe lograr una calidad de agua tratada menor a 0.10 UNT, para lo cual el decantador debe producir un efluente menor a 2 UNT; valores que en ningún caso se cumplieron en la planta de tratamiento evaluada. La propuesta de mejoramiento de PTAP tendrá un horizonte mínimo de 15 años, con un presupuesto que asciende a la suma de S/. 393,881.26, y un tiempo de ejecución de 60 días calendarios.

Como conclusión se observó que el sistema de dosificación se ha mejorado con la instalación de un sistema de bombeo automático de agua filtrada para la preparación de soluciones, bombas dosificadoras para regular el caudal de solución, difusores que permitan la aplicación de la solución de forma distribuida y en el punto de mezcla del resalto, y una capacidad de los tanques de solución en concordancia a los parámetros óptimos de dosificación obtenidos de laboratorio y el caudal de operación actual.

El proceso de mezcla rápida se ha mejorado cambiando las condiciones hidráulicas a la salida de la canaleta Parshall, logrando un resalto óptimo con un tiempo de mezcla de 1.16 s y un gradiente de velocidad de 914 s<sup>-1</sup>.

En el proceso de floculación, se ha aumentado el tiempo de retención de 14.6 min a 18 min, aproximándose al tiempo óptimo. Las pantallas floculadoras se han cambiado por nuevas unidades de fibra de vidrio, y su distribución se ha modificado de acuerdo a los gradientes óptimos. En el proceso de decantación, se ha incrementado la tasa de decantación aparente de 29 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup> -día a 100 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup> -día mediante la instalación de placas paralelas de vinilo, y se ha mejorado la distribución de caudal tanto al ingreso, como a lo largo de las unidades. Todas estas mejoras permitirán obtener un efluente menor a 2 UNT, lo que permitirá tener carreras de filtración más largas y mayor eficiencia en los filtros.

La eficiencia de los decantadores en las épocas de baja turbiedad se puede aumentar cambiando el mecanismo de coagulación al de barrido, pero es necesario realizar un adecuado ensayo de prueba de jarras para obtener las dosis óptimas de las sustancias.

En el proceso de filtración, se ha incrementado la tasa de filtración de 120 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup> -día a 270 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup> -día, mediante el cambio del medio filtrante a un lecho doble de arena y antracita de 0.65m de espesor. Todas estas acciones permitirán que el efluente producido por los filtros sea menor a 0.10 UNT, garantizando la ausencia de huevos de parásito.

Las características físicas, químicas y microbiológicas de las fuentes de abastecimiento de agua de la represa Huayllumayo y Canal Apurímac, cumplen con los valores establecidos en el DS N°002-2008-MINAM, Anexo I: “Estándares Nacionales de calidad Ambiental para Agua”, categoría: Poblacional y Recreacional - Aguas Superficiales Destinadas a la Producción de Agua Potable, Categoría 1- A2; por lo que pueden ser usadas para consumo humano previo tratamiento.

La represa Huayllumayo se encuentra en mal estado estructural y no presenta una descarga de fondo para limpiar los sedimentos, ni válvulas de regulación, por lo que no puede ser intervenida para captar mayor caudal, aunque exista un superávit en el balance hídrico.

Incrementando el tiempo de bombeo del sistema de captación del río Apurímac a 16 horas, y considerando el aporte del sistema de Huayllumayo, se lograría ampliar el horizonte del proyecto hasta el año 2034 (19 años a partir del 2015).

### **3.2. Estado del arte**

Según Ortiz et al. (2016), se puede decir que la preservación de la fuente hídrica que abastece a la planta de tratamiento es un factor importante, ya que su deterioro contamina el agua a tratar. Los procesos y técnicas de tratamiento, las condiciones bioclimáticas y el comportamiento de consumo impulsado por la cultura varían de una región a otra. Además, es probable que los

cambios en los procesos y técnicas de tratamiento afecten al medio ambiente durante todas las etapas del ciclo operativo de una planta. Por lo tanto, cualquier mejora generalmente está orientada al uso de materias primas y energía, teniendo siempre en cuenta que una planta de tratamiento debe ser viable tanto ambiental como socioeconómicamente. Los diferentes tipos de técnicas de tratamiento varían sustancialmente dependiendo de la ubicación geográfica de la planta. Las diferencias climáticas, tecnológicas, culturales y socioeconómicas definen claramente los estándares de una planta en cualquier contexto y región. Sin embargo, la función es siempre la misma: proporcionar agua de buena calidad a las personas a las que sirve. En gran medida, las variaciones en los resultados se deben a las diferentes condiciones en las que se lleva a cabo el proceso. Una de las variables más importantes es la fuente hídrica que abastece a la planta, dependiendo de los tipos de suministro y cantidades particulares que se puedan utilizar en el proceso de agua potable.

De acuerdo con Arrieta (2019) en el estudio realizado se observa que las problemáticas principales encontradas en las distintas plantas de tratamiento de agua potable están asociadas al uso de materiales y tecnologías no apropiadas que generan problemas en la operación, ya que en el caso de los materiales estos sufren deterioros graves que afectan la integridad de las estructuras. En el caso del tipo de tecnología empleada se evidencia el uso de equipos no acordes a los niveles socioeconómicos de la población atendida lo que genera problemas de intermitencia en la prestación del servicio debido a fallas graves que no pueden ser solucionadas rápidamente debido a su costo y dificultad, dicha descripción relata claramente la realidad en la ciudad de Huamachuco.

Es muy común encontrar en nuestras comunidades más alejadas e incomunicadas plantas de tratamiento de agua potable (ya que el acceso al agua potable es un derecho fundamental para toda la población) para el tratamiento de aguas superficiales y subterráneas,

también es común observar que las mismas presentan graves inconvenientes de operación y mantenimiento, por lo general se observa que el grado tecnológico del sistema de tratamiento no es acorde al nivel socio económico de la población a la cual sirve. También es frecuente encontrar que los sistemas presentan altos grados de deterioro por los embates del clima y de las condiciones de sitio del lugar de ubicación de la planta. Está demostrado que los costos de optimización y/o rehabilitación de plantas de tratamiento son altos, es por tanto muy pertinente hacer diseños u optimizaciones que minimicen estos costos y uno de los aspectos más importantes al respecto es el uso de materiales idóneos para cada aplicación.

También indica Velandia y Pulgarín (2019) que mantener fuentes de agua potable limpias y seguras se está convirtiendo cada vez más en una prioridad debido a la contaminación global. Los medios para alcanzar y mantener fuentes de agua potable limpias requieren políticas efectivas que identifiquen, documenten y reduzcan los riesgos de las cuencas hidrográficas. Estos riesgos están definidos por su impacto potencial en la salud humana. La salud y el riesgo están, por lo tanto, indudablemente vinculados porque en parte se definen entre sí. En última instancia, la gestión del agua potable debe basarse en una ciencia y una política sólidas, una instrumentación de política efectiva y una comprensión clara del riesgo. Lo esencial de la calidad del agua potable actual se centra en el producto final, sin embargo, la calidad del agua es una consecuencia de la fuente, el tratamiento y la distribución del agua. Idealmente, la protección del agua potable debería centrarse en elevar la calidad del agua de origen en lugar de aumentar la sofisticación del tratamiento. El tratamiento solo no es a prueba de fallos, sino que debe utilizarse como parte de un enfoque de barrera múltiple. Es especialmente crítico comprender la ecología de los patógenos humanos y gestionarlos mediante la prevención de la contaminación de las fuentes de agua. Los mayores costos de los usuarios a corto plazo para desarrollar programas

de cuencas hidrográficas integradas pueden reducir tanto los riesgos como los costos de salud humana y ambiental a largo plazo. La disparidad entre las políticas que describen la protección de las cuencas hidrográficas y la capacidad de los servicios públicos de agua para implementar programas de cuencas hidrográficas subraya el papel fundamental del Gobierno. La política debe ir más allá de las declaraciones y proporcionar instrumentos para el logro práctico de los objetivos de la política. Se debe considerar las implicaciones a corto y largo plazo de la gestión de los recursos hídricos. La prevención de la contaminación del agua parece una directiva de manejo más sabia y prudente que la limpieza de nuestras fuentes de agua en el futuro. El agua es esencial para la sostenibilidad, por lo que las políticas deben dirigirse necesariamente a gestionar y utilizar el agua de manera sostenible.

Así mismo, el MVCS, en el capítulo V de la Norma técnica de diseño, Evaluación de Infraestructuras para Recuperación (2020), sobre estructuras existentes indica; Para un proyecto existente cuyo estado físico y nivel de servicio se ha visto mermado con el pasar del tiempo u otros factores, como pueden ser: inclemencias del clima, evento sísmico, desastre natural, vandalismo o inclusive la capacidad actual queda reducida ante la cantidad de personas a atender es por ello que ingeniero proyectista debe realizar de forma obligatoria, ante la existencia de un sistema de saneamiento, una evaluación a detalle y ver la posibilidad de recuperar parte de él o su totalidad.

La importancia de la valoración y el desempeño de plantas de tratamiento de agua existentes, con la finalidad de mejorar la efectividad y/o evaluar posibles ampliaciones, llevan a los estudiantes de pregrado a ahondar en estos tema, es así que, Sánchez (2017) en su investigación de pregrado, “EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HERNÁN PEROCHENA –MOLLENDO”, donde evalúa el mejoramiento de la PTAP con la finalidad de ampliar la dotación de agua en las ciudades de Mollendo y Matarani,

de tal manera que exista un abastecimiento continuo para la población beneficiada, para ello la investigación evaluó el comportamiento hidráulico y sanitario de la planta de tratamiento identificando deficiencias en el diseño original que afectaban tanto la cantidad como la calidad del agua producida.

El estudio se centró en mejorar la capacidad de producción y eficiencia operativa de la PTAP con el objetivo de incrementar la producción de agua de 98.5 l/s a 200 l/s para satisfacer las necesidades actuales y futuras de una población total de más de 31,500 habitantes.

Los resultados evidenciaron la importancia de un diseño hidráulico y sanitario adecuado, así como la selección correcta de componentes de una planta, para garantizar un funcionamiento eficiente y cumplir con los estándares de calidad requeridos para agua potable, dado que se encontró que el mal diseño hidráulico y sanitario original resultó en un funcionamiento deficiente de la planta, incapaz de tratar adecuadamente el caudal diseñado y de remover parámetros fisicoquímicos, como el arsénico, por encima de los límites permitidos, por lo que, se propuso implementar tecnología adecuada para optimizar el tratamiento, reducir costos operativos y maximizar la capacidad instalada.

Las propuestas de mejora de acuerdo a las características del agua cruda, incluyeron técnicas avanzadas de remoción de arsénico para garantizar un suministro seguro y adecuado de agua potable para la comunidad.

La investigación concluye con la necesidad crítica de un diseño hidráulico y sanitario adecuado, adaptado a las condiciones locales, para garantizar un suministro de agua seguro y suficiente para la comunidad de Mollendo y Matarani.

Al mismo modo, Fernández y Yana (2021) en su investigación de pregrado “PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO EL CASTILLO, APLAO-AREQUIPA”, donde pretenden la ampliación del sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Castillo, para ello, la investigación realizó la evaluación del estado físico y operativo de cada componente de la PTAP donde se identificaron deficiencias estructurales y operativas en varias unidades de la planta, comprometiendo la calidad del agua tratada, verificaron además, el diseño hidráulico según las normativas vigentes, para luego proponer alternativas técnicas para la optimización de la PTAP, puesto que los análisis de calidad del agua del canal Ongoro mostraron elevadas concentraciones de turbidez, aluminio, arsénico, hierro, coliformes y otros contaminantes, superando los límites establecidos para aguas de consumo humano, de acuerdo a los límites permitidos por la DIGESA (2010) y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de 2017.

Con base en estos resultados, se propuso una alternativa técnica que incluye la reubicación de la captación, el rediseño de algunos componentes de la planta y la ampliación, puesto que un tratamiento convencional resulta insuficiente para tratar agua con estas características.

La ampliación del sistema de abastecimiento del centro poblado El Castillo incluye el diseño hidráulico de una estación de bombeo, línea de impulsión, reservorio y redes de distribución. También se consideraron los costos de la red de distribución y el impacto ambiental.

Como conclusión, la investigación resalta la necesidad de mejoras urgentes en la infraestructura de tratamiento y distribución de agua para asegurar un suministro seguro y reducir las enfermedades relacionadas al consumo de agua no potable.

Otra investigación de pregrado que estudia temas relacionados al mejoramiento de una PTAP, la propuesta de mejora de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Ayaviri, Melgar, Puno - 2018, de Romero (2021), quien en su investigación se centró en proponer mejoras para esta PTAP, realizando así un diagnóstico exhaustivo que reveló problemas como el exceso de caudal ingresante y la falta de eficiencia en las unidades de tratamiento, debido a infraestructuras deterioradas. y un manejo inadecuado de insumos químicos.

Como mejora se diseñaron soluciones específicas adaptadas a un caudal de 82,05 l/s, que incluyen la implementación de unidades como almacenamiento, dosificación, mezcla de coagulante, floculación vertical, decantación, filtración, desinfección y un sistema de cloración de emergencia.

Como tema central, la investigación destaca la necesidad urgente de implementar unidades de tratamiento para mejorar la turbidez del agua cruda, recomienda también equipar la unidad de dosificación con mezcladores mecánicos para optimizar la disolución del coagulante. Además, propone modificar la configuración de las unidades de floculación y decantación para mejorar la eficiencia del proceso, y se enfatiza la importancia de un mantenimiento adecuado y sistemas de registro continuo para garantizar la calidad del agua tratada.

A diferencia pero con la misma finalidad Duarte y Guerrero (2017) en su investigación de pregrado “DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO DE TIPACOQUE, BOYACÁ” proponen el diseño de una nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable, con los estándares del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), así, plantean la purificación del agua de la quebrada El Verde para eliminar impurezas y sedimentos, para ello se llevaron a cabo muestreos y análisis de campo para calcular el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA), determinando la

necesidad urgente de una nueva planta debido al riesgo alto detectado en el agua suministrada por la instalación anteriormente operativa.

Como objetivos la investigación pretende diseñar una planta de potabilización con énfasis hidráulico, a través de la determinación de la población y caudal requerido para el diseño de la planta, para con ello diseñar la planta conforme a los parámetros y regulaciones del RAS 2000, además, realizar un informe de impacto ambiental para proponer medidas de mitigación.

La investigación calculó una población de 4883 habitantes al 2040, con un caudal de diseño de 12,8 L/s suficiente para abastecer sin restricciones, de acuerdo a la investigación, el agua de la quebrada El Verde, por su origen poco intervenido, requiere solo un tratamiento convencional.

Para finalizar, el artículo científico, APLICACIÓN CONJUNTA DE PLANES DE SEGURIDAD DEL AGUA (PSA) Y EL PROGRAMA DE CORRECCIÓN POR COMPONENTES (CCP) EN LA GESTIÓN DE RIESGOS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, donde La Organización Mundial de la Salud (OMS) promueve metodologías para evaluar riesgos en acueductos con el fin de garantizar agua potable segura y propone dos estrategias como son los Planes de Seguridad del Agua (PSA) y el Programa de Corrección por Componentes (CCP), que han demostrado su efectividad en la gestión de riesgos. Generalmente, estas metodologías se aplican de manera independiente, sin experiencias previas de implementación conjunta. Históricamente, brotes de enfermedades de origen hídrico, han evidenciado fallas en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP). Esto subraya la necesidad de un enfoque de aseguramiento de la calidad del agua diferente al monitoreo del producto final. Así surgieron las metodologías PSA y CCP, que se basan en la gestión de riesgos y en el concepto de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control. Estas metodologías identifican amenazas y riesgos, establecen controles y verifican la efectividad de las acciones para

mitigar o eliminar los riesgos presentes en el sistema de suministro de agua. Tanto PSA como CCP comparten objetivos orientados a la salud, la evaluación de la cadena de suministro de agua, el monitoreo operacional, la evaluación y priorización de riesgos, y el establecimiento de controles y verificación.

### **3.3. Marco teórico**

#### **3.3.1. Calidad de Agua**

La calidad de agua está definida por un conjunto de características fisicoquímicas y biológicas cuyo origen, importancia en la salud, procesos de tratamiento y límites máximos permitidos, se encuentra establecidos por organismos mundiales encargados de la calidad de agua para consumo humano tales como la OMS, que a su vez son velados por los reglamentos de calidad vigentes en cada país.

- **Características Físicas Del Agua**

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. Se consideran importantes los siguientes:

- a) **Turbidez**

Está originada por aquellas partículas que reducen la transparencia del agua, éstas pueden ser arcillas, limos, etc. Estás partículas o coloides estarán suspendidas en el medio acuoso debido a su tamaño. La medición de la turbidez se realiza con un Turbidímetro, la medición estará dada en Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) cuya medida no deberá exceder 5 UNT.

La remoción de turbidez es un proceso de fácil realización, no obstante, es uno de los procesos de más costo dentro de una planta de tratamiento porque requiere del uso de coagulantes generalmente químicos, así como estabilizadores de pH, la remoción de turbidez estará en función

al tipo, tamaño y comportamiento de las partículas existentes lo que influirá directamente en el tipo de sustancia coagulante a usar. Si bien la turbidez en el agua de consumo no afecta de manera significativa en la salud, está afecta la estética del agua generando rechazo frente al consumidor.

#### **b) Sólidos y residuos**

Son aquellos que podrán encontrarse suspendidos o disueltos, será la materia sobrante luego de evaporar y secar una muestra de agua a determinada temperatura.

#### **c) Color**

El color puede estar relacionado a la turbidez como puede ser independiente a ella, esta característica del agua se da debido a presencia de diferentes agentes como taninos, lignina, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, entre otros. Existen también otros agentes responsables de color natural del agua como la descomposición de materia, materia orgánica en el suelo y presencia de metales y otros compuestos metálicos, otros factores que influyen en el color del agua serán el pH y la temperatura. Existen diferentes métodos de remoción del color del agua el más empleado es el de coagulación mediante compuestos químicos como el sulfato de aluminio y cloruro férrico. El valor impuesto por la OMS en de 15 unidades de color (UC)

#### **d) Olor y Sabor**

Ambos parámetros están relacionados. El olor en el agua será indicio directo de la presencia o ausencia de sustancias contaminantes. Tanto el olor como el sabor en agua están relacionados a los compuestos orgánicos que derivan de la actividad de microorganismos, algas o desechos industriales. La eliminación del olor podrá darse mediante la aireación o adición de carbón activado.

### **e) Temperatura**

La temperatura influye en la aceleración o retardo de actividad biológica, absorción de oxígeno, precipitación de compuestos, formación de depósitos, desinfección, los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Los factores ambientales serán los principales responsables de la alteración de la temperatura en el agua.

- **Características Químicas Del Agua**

- a) PH (Potencial de Hidrógeno)**

El pH es una característica que tiene efectos directos sobre la salud, además, influye en los procesos de tratamiento de agua, así mismo el pH incide en fenómenos como son la corrosión e incrustaciones en redes de distribución. El pH es un parámetro que se puede ajustar mediante la adición de distintas sustancias como la cal, para optimizar los procesos de coagulación. Las guías establecen que el pH en agua potable deberá estar en un rango de 6.5 a 8.5 para agua potable

Cada país tiene un ente regulador del agua destinada al consumo humano; En el Perú está responsabilidad recae en el Ministerio de Salud, ente que regula la calidad de agua para consumo humano y de los afluentes.

- b) Aceites y grasas**

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Algunas de sus principales características son: poca solubilidad en el agua, baja densidad y baja o nula biodegradabilidad. Es por ello que, si no son controladas debidamente se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido, alterando así la calidad estética del agua (olor, sabor y apariencia). Debido a que influye directamente en la percepción que tienen las personas sobre la

calidad del agua, lo más recomendable es que no haya presencia de aceites ni grasas en la misma. (Chávez de Allain, 2012)

### **c) Dureza**

La dureza del agua hace referencia a la concentración de compuestos minerales de cationes polivalentes (principalmente bivalentes y específicamente los alcalinotérreos) que hay en una determinada cantidad de agua, principalmente  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , expresados como  $\text{mg/l CaCO}_3$ , que ingresan al agua en el proceso natural de disolución de las formaciones rocosas presentes en el suelo. (Chávez de Allain, 2012) La organización Mundial de la Salud indica que el valor del umbral gustativo del ion calcio se encuentra entre 100 y 300  $\text{mg/l}$  dependiendo del anión asociado, mientras que el del magnesio es probablemente menor que el del calcio. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500  $\text{mg/l}$ ; esto se encuentra en función de las condiciones locales. No obstante, no se propone ningún valor de referencia para la dureza del agua de consumo basado en efectos sobre la salud. (pág. 186) Por otro lado, la OMS resalta que es importante determinar este parámetro para determinar la calidad del agua, ya que a elevadas temperaturas y en función de la interacción de otros factores, como el pH y la alcalinidad, puede formar incrustaciones en los equipos mecánicos, instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución y las tuberías.

### **d) Cloruros**

La Organización Mundial de la Salud señala que las altas concentraciones de cloruro confieren un sabor salado al agua y las bebidas. A concentraciones superiores a 250  $\text{mg/l}$  es cada vez más probable que los consumidores detecten el sabor del cloruro. En general, para el anión cloruro depende con qué catión está asociado para determinar su sabor. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cloruro en el agua de consumo.

**e) Sodio**

La Organización Mundial de la Salud indica que, a temperatura ambiente, el umbral gustativo promedio del sodio es de 200 mg/l aproximadamente. Sin embargo, es un valor referencial, pues el umbral gustativo del sodio en agua depende del anión asociado y de la temperatura de la solución. Por otro lado, no se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud.

**f) Conductividad Eléctrica**

La conductividad eléctrica del agua es la capacidad que tienen las sales inorgánicas presentes en el agua para conducir corriente eléctrica. Es por ello, que la conductividad eléctrica es un perfecto indicador de la cantidad de sales disueltas, pues a mayor cantidad de éstas, mayor será la conductividad del agua. (Dirección General de Salud Ambiental, 2010) Por otro lado, las personas solo pueden consumir agua con Conductividad eléctrica de máximo 1 500 mho/cm.

**g) Sulfatos**

Según la Organización Mundial de Salud, la presencia de sulfato en el agua de consumo puede generar un sabor apreciable y en niveles muy altos un efecto laxante en consumidores no habituados. Por lo general, se considera que el deterioro del sabor es mínimo cuando la concentración es menor que 250 mg/l. Sin embargo, varía en función de la naturaleza del catión asociado. Asimismo, no se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el sulfato.

- **Características Microbiológicas del Agua (Bacterias, Coliformes Termotolerantes, Escherichia Coli)**

Según la Organización Mundial de la Salud, los riesgos para la salud relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por

agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos (por ejemplo, protozoos y helmintos). La carga para la salud pública es función de la gravedad de la enfermedad o enfermedades relacionadas con los agentes patógenos, de su infectividad y de la población expuesta.

El agua es considerada uno de los vehículos más comunes de transmisión de enfermedades. Sin embargo, esto dependerá de ciertos factores como: los hábitos de la población, el uso de aguas residuales, la calidad del agua potable, la cantidad de pobladores, cantidad de animales, la variabilidad de la inmunidad de las personas, etc. Para evitar el surgimiento de epidemias o enfermedades, es imprescindible mejorar la calidad del agua y su distribución, así como los sistemas de eliminación de excrementos y la higiene en general.

A continuación, se describen algunas bacterias, virus y parásitos patógenos, cuyo principal medio de transmisión es el agua.

#### **a) Bacterias**

Para la Organización Mundial de la Salud, la mayoría de bacterias patógenas pueden ser transmitidas por el agua, causando graves enfermedades o lesiones al aparato respiratorio e incluso al cerebro. Por ello, es de vital importancia asegurar la calidad del agua de consumo. Para esto, se toman en cuenta una serie de indicadores microbiológicos, cuya interpretación debe ser muy cuidadosa y según las circunstancias de lugar y tiempo en que se tomen las muestras, ya que la calidad del agua puede variar con gran rapidez y todos los sistemas pueden presentar fallos ocasionales. Por ejemplo, la lluvia puede hacer aumentar en gran medida la contaminación microbiana en el agua de origen, haciendo frecuentes los brotes de enfermedades transmitidas por la misma.

### **b) Coliformes Termotolerantes**

Para la Organización Mundial de la Salud, los coliformes termotolerantes representan un grupo de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Generalmente la bacteria que predomina en la mayoría de las aguas, es *Escherichia*; incluso está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y 14 animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal. Sin embargo, no se debe dejar de mencionar que también las bacterias *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* son termotolerantes.

### **c) Escherichia Coli**

Según la Organización Mundial de la Salud, esta bacteria está presente en grandes cantidades en la microflora intestinal de las personas y animales donde suele ser inocua. Es por ello, que es el índice de contaminación fecal más adecuado. Por otro lado, se debe considerar que estos microorganismos también se utilizan como indicadores de desinfección, pero los análisis son mucho más lentos y menos fiables. Asimismo, *E. coli* es mucho más sensible a la desinfección que los protozoos y virus entéricos. Esta bacteria al estar presente en otras partes del cuerpo puede causar enfermedades graves, como infecciones de las vías urinarias y diarreas agudas. La infección se asocia al consumo de agua contaminada, contacto con animales y transmisión de persona a persona. Para evitar su brote se recomienda la protección de las fuentes de agua de los residuos humanos y animales, tratamiento adecuado y protección del agua durante su distribución. Los análisis de Coliformes termotolerantes son un índice que determina la presencia o no de esta bacteria.

- **Normas Nacionales Sobre Calidad de Agua**

Se tiene 4 normas que se apoyan en bases tales como la constitución política del Perú, la ley general de salud, el Código del medio Ambiente y los Recursos Naturales y la ley Marco para el crecimiento de la inversión privada.

La constitución política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. La Ley General de Salud concierta que la condición indispensable para el desarrollo humano y el medio fundamental para alcanzar el bienestar colectivo es la salud. El Código del Medio Ambiente y Recursos Naturales establece que el estado es el gran vigía encargado de mantener la calidad de vida de las personas en un nivel compatible con la dignidad humana.

Se inscribe en la Ley General de Agua, Decreto Ley 17752, Decreto Supremo 261-69-AP, cuyos objetivos son la conservación e incremento del recurso agua, y sus preservación o protección.

Por otro lado, en el reglamento de los títulos I, II, III del Decreto Ley 17752, establece que existen seis clases de aguas, las clases uno y dos corresponden a aguas que pueden ser destinadas para el consumo humano. La clase uno está referida a las aguas subterráneas que si no cumplen con las características sobre la calidad requerida para el agua potable entonces necesitan un tratamiento adicional al de la desinfección previo a suministro. La clase dos están referidos a las aguas superficiales o incluso subterráneas, que después de pasar por tratamiento convencional que incluye los procesos de floculación, coagulación, sedimentación, filtración y desinfección que podrán destinarse para el consumo humano.

Las normas referidas estrictamente a la calidad del agua potable, el Perú cuenta con una norma vigente, el Reglamento de los Requisitos Físico, Químicos y Bacteriológicos que deben

cumplir las aguas de bebida para ser consideradas potables, que se promulgó mediante una Resolución Suprema el 17 de diciembre del 1946.

En el reglamento se marca el aspecto físico químico en el que hace énfasis en cuatro elementos como son el plomo, flúor, arsénico y selenio que no deberán exceder los límites indicados para estos.

- **Estándares de Calidad Ambiental Para el Agua**

- a) **Decreto Supremo N°- 004-2017-MINAN.**

- Artículo 31 del Estándar de Calidad Ambiental.**

- 31.1 El estándar de calidad Ambiental – ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire agua o suelo, en condiciones de cuerpo receptor que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni el ambiente.

- 31.2 El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. Es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

- Artículo 32 del Límite Máximo Permisible**

- 32.1 El Límite Máximo Permisible – LMP es la medida de la concentración o al grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un afluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud al bienestar humano y al ambiente.

- 32.2 El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los ECA.

### **Artículo 33 de la elaboración del ECA y LMP**

33.1 La Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y LMP, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga, las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo.

33.2 La Autoridad Ambiental Nacional en el proceso de elaboración de los ECA y LMP y otros estándares o parámetros para el control y la protección ambiental, debe tomar en cuenta lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) o de las entidades de nivel internacional especializadas en cada uno de los temas ambientales.

#### **Decreta:**

**Artículo 2.-** Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua. Apruébense los Estándares de la Calidad Ambiental (ECA) para agua, que como anexo forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

**Artículo 3.-** Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua. Para la aplicación de los ECA para agua se debe considerar las siguientes que se muestran en la Figura 13 y en la Figura 14.

**Figura 13**

*Categorías determinadas en relación al uso que se va a dar a un cuerpo natural de agua*

Categoría	Descripción	Subcategoría	Descripción
Categoría 1-A	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	A1	Agua que puede ser potabilizada con desinfección
		A2	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento convencional
		A3	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento avanzado
Categoría 1-B	Aguas superficiales destinadas a recreación	B1	Contacto primario
		B2	Contacto secundario
Categoría 2: Actividades de extracción y cultivo marino costeras y continentales	Agua de mar	C1	Extracción y cultivo de moluscos bivalvos
		C2	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas
		C3	Otras actividades
	Agua continental	C4	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	Parámetros para riego de vegetales	D1	Riego de cultivos de tallo alto y bajo
	Parámetros para bebida de animales	D2	Bebida de animales
Categoría 4	Conservación del Ambiente Acuático	E1	Lagunas y lagos
		E2: Ríos	Ríos de costa y sierra
			Ríos de selva
		E3: Ecosistemas marino costeras	Estuarios
Marinos			

*Nota.* Obtenido del Ministerio del Ambiente (2015).

**Figura 14**

*Categoría 1: Poblacional y recreacional. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable*

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

*Nota.* Obtenido del Ministerio del Ambiente (2017).

**Precisiones sobre sus categorías:**

Categoría 1 Poblacional y Recreacional

A) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Entiéndase como aquellas aguas que previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano”

A1. Aguas que puedan ser potabilizadas con desinfección.

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección de conformidad con la normativa vigente.

A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, Floculación, Decantación, Sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, en conformidad con la normativa vigente.

A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como prefloración, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, Carbón Activado, Ósmosis Inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector equivalente.

**Artículo 4.-** Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua. La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías

establecidas en el presente Decreto Supremo atendido a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.1 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

- **Control de calidad de agua potable**

El control de calidad del agua potable debe entenderse como un conjunto de actividades que incluye la planificación, programación y coordinación con los diversos sectores, con el objetivo de obtener agua potable de buena calidad y mantenerla en esas condiciones, de modo que su consumo no represente riesgo para la salud, dentro de los límites de la norma vigente. Se puede visualizar un resumen de los requisitos de calidad que debe cumplir el agua potable, como se detalla en la Figura 15.

**Figura 15**

*Guía para el control de calidad del agua potable*

Tipo de control	Parámetro	Requisito de calidad	Norma/guía	Toma de muestras <sup>a</sup>
Desinfección	Cloro residual libre	80% de las muestras de la red deben contener >0,5 mg/L  20% de las muestras de la red pueden contener como mínimo 0,3 mg/L	Directiva sobre desinfección del agua R. S. N.º 190-97-SUNASS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la red de distribución</li> <li>- A la salida de los reservorios</li> <li>- A la salida de las plantas de tratamiento</li> <li>- A la salida de fuentes subterráneas</li> </ul>
Bacteriológico	Coliformes totales  Coliformes termotolerantes	95% de las muestras de la red deben estar sin coliformes totales  100% de las muestras de la red deben estar sin coliformes termotolerantes	Norma nacional / Guía OMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la red de distribución</li> <li>- A la salida de los reservorios</li> <li>- A la salida de las plantas de tratamiento</li> <li>- A la salida de fuentes subterráneas</li> </ul>
Físico	Turbiedad  pH  Conductividad	< 5 UNT  6,5 - 8,5  < 1.500 µS/cm	Norma nacional / Guía OMS y directiva sobre control de calidad del agua R.S. N.º 1121-99-SUNASS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la red de distribución</li> <li>- A la salida de los reservorios</li> <li>- A la salida de las plantas de tratamiento</li> <li>- A la salida de fuentes subterráneas</li> </ul>
Químico	Afectan aceptabilidad  Afectan la salud	Valores máximos permisibles referenciales <sup>a</sup>  Valores máximos permisibles referenciales <sup>a</sup>	Norma nacional / Guía OMS y directiva sobre control de calidad del agua R. S. N.º 1121-99-SUNASS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la red de distribución</li> <li>- A la salida de los reservorios</li> <li>- A la salida de las plantas de tratamiento</li> <li>- A la salida de fuentes subterráneas</li> </ul>

*Nota.* Obtenido de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2004).

**a) Inspecciones sanitarias**

Las inspecciones sanitarias en las fuentes de agua y en el sistema de agua potable tienen por finalidad detectar posibles factores o circunstancias que ocasionen la pérdida de la calidad del agua potable, contingencias imposibles de determinar en los análisis rutinarios. Al inspeccionar, se observa en qué condiciones físicas están las instalaciones de los sistemas de producción,

almacenamiento y distribución del agua potable, principalmente las partes más vulnerables, vinculadas a la conservación de la calidad. La finalidad es identificar las deficiencias estructurales u operativas en el sistema de abastecimiento.

#### **b) Control del cloro residual**

El control de cloro residual debe realizarse a la salida de las plantas de tratamiento, fuentes subterráneas y reservorios, y en el sistema de distribución, en el cual cada EPS establece zonas de abastecimiento o sectores, programa el número de muestras y la frecuencia del control que se debe realizar, de conformidad con lo dispuesto en la directiva 190-97-SUNASS: una muestra diaria en zonas de abastecimiento con población menor de 20.000 habitantes y en las zonas en las que la población exceda esta cifra, una muestra diaria por cada 20.000 habitantes. esta cifra, una muestra diaria por cada 20.000 habitantes.

#### **c) Control de la calidad bacteriológica del agua potable**

El control de la calidad bacteriológica se debe realizar a la salida de las plantas de tratamiento, fuentes subterráneas y reservorios, así como en las redes de distribución. Su finalidad es garantizar a la población que el agua potable que se está suministrando se encuentra libre de bacterias. El número y frecuencia de muestreo deben ser proporcionales a la complejidad del sistema y a la población atendida. En las figuras 4 y 5 se indica la frecuencia mínima para cada caso. Como se muestra en la Figura 16 y Figura 17.

**Figura 16**

*Frecuencia de muestreo para el control bacteriológico en plantas, fuentes y reservorios*

Parámetro	Capacidad de producción*		En fuentes subterráneas	En plantas de tratamiento	En reservorios
	L/s	m <sup>3</sup>			
Coliformes totales	Hasta 50	< 500	Trimestral	Mensual	Mensual
Coliformes termotolerantes	50-100	500-2.000	Trimestral	Quincenal	Mensual
Bacterias heterotróficas <sup>b</sup>	101-400	2.001-4.000	Trimestral	Semanal	Mensual
	401-1.000	> 4.000		Dos veces por semana	Mensual
	> 1.000			Diario	

*Nota.* Obtenido de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2004).

**Figura 17**

*Frecuencia de muestreo para el control bacteriológico en la red de distribución*

Parámetro	Población servida* (habitantes)	Frecuencia de muestreo	Muestras por año
Coliformes totales	Hasta 5.000	Mensual	12
Coliformes termotolerantes	5.001-20.000	Quincenal	26
Bacterias heterotróficas <sup>b</sup>	20.001-500.000 (por cada 20.000 hab.)	Quincenal	26-650
	500.001-6.500.000 (por cada 20.000 hab.)	Quincenal	650-8.450

*Nota.* Obtenido de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2004).

**d) Control de calidad físico química del agua potable**

El control de la calidad física y química del agua potable se realiza en todo el sistema de abastecimiento; es decir, a la salida de las plantas de tratamiento, fuentes subterráneas, reservorios

y redes de distribución. Para ello, las EPS establecerán un programa de acuerdo con las características de su sistema de abastecimiento y el nivel de control establecido por la SUNASS. Asimismo, el número de muestras dependerá del tipo de fuente y del volumen de producción. La frecuencia mínima de muestreo para el control a la salida de plantas, fuentes superficiales, reservorios y redes se indica en las imágenes 6 y 7 respectivamente.

La presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua que serán de origen natural o antrópico, marca la composición fisicoquímica y bacteriológicas tanto en aguas subterráneas como superficiales, debido a la presencia de estos contaminantes es fundamental conocer estas características en la fuente de agua cruda, para darle el tratamiento adecuado antes de su consumo. Como se detalle en la Figura 18 y Figura 19.

**Figura 18**

*Frecuencia de muestreo para el control físico químico en plantas, fuentes y reservorios*

Parámetro	Producción (L/s) o almacenamiento (m <sup>3</sup> ) <sup>a</sup>		En fuentes subterráneas	En plantas de tratamiento	En reservorios
	L/s	m <sup>3</sup>			
pH	Hasta 50	< 500	Trimestral	Mensual	Mensual
Turbiedad	50-100	500 – 2.000	Trimestral	Quincenal	Mensual
Conductividad <sup>b</sup>	101-1.000	2.001– 4.000	Trimestral	Semanal	Mensual
	> 1.000	> 4.000		Diario	Mensual
Color	Hasta 50	< 500	Anual	Trimestral	Mensual
Nitratos	50-100	500-2.000	Anual	Mensual	Mensual
Hierro	101-1.000	2.001-4.000	Anual	Mensual	Mensual
Manganeso	> 1.000	> 4.000	Anual	Mensual	Mensual
Aluminio					
Dureza total					
Cloruros					
Sulfatos					
Plomo					
Arsénico					
Mercurio					
Cadmio					
Cromo total					

*Nota.* Obtenido de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2004).

**Figura 19**

*Frecuencia de muestreo para el control físico químico en la red de distribución*

Parámetro	Población servida* (habitantes)	Frecuencia de muestreo	Muestras por año (por cada 20.000 hab.)
pH Turbiedad Conductividad	Hasta 5.000	Mensual	12
	5.001-30.000	Quincenal	30
	30.001-500.000 (por cada 20.000 hab.)	Quincenal	30-650
	500.001-6.500.000 (por cada 20.000 hab.)	Quincenal	650-8.450
Nitratos Hierro Manganeso Aluminio Dureza total Cloruros Sulfatos	Hasta 5.000	Semestral	2
	5.001-20.000	Semestral	2-10
	20.001-500.000 (por cada 20.000 hab.)	Semestral	10-50
	500.001-6.500.000 (por cada 20.000 hab.)	Anual	50-325
Plomo <sup>b</sup> Arsénico <sup>b</sup> Mercurio <sup>b</sup>	5.001-20.000	Anual	12
	20.001-500.000 (por cada 50.000 hab.)	Semestral	2-20
	500.001-6.500.000 (por cada 100.000 hab.)	Anual	20-130

*Nota.* Obtenido de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2004).

- **Reglamento de la calidad de agua para consumo humano – MINSA**

El Reglamento DS N° 031-2010-SA. Establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población. Como se muestra en la Figura 20, Figura 21, Figura 23 y Figura 24.

**Figura 20**

*Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos parasitológicos*

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias  
(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 / 100 ml

Nota. Obtenido del Ministerio de Salud (2011).

**Figura 21**

*Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica*

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500
7. Sólidos totales disueltos	$\text{mg L}^{-1}$	1 000
8. Cloruros	$\text{mg Cl}^{-} \text{ L}^{-1}$	250
9. Sulfatos	$\text{mg SO}_4^{-} \text{ L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	500
11. Amoníaco	$\text{mg N L}^{-1}$	1,5
12. Hierro	$\text{mg Fe L}^{-1}$	0,3
13. Manganeso	$\text{mg Mn L}^{-1}$	0,4
14. Aluminio	$\text{mg Al L}^{-1}$	0,2
15. Cobre	$\text{mg Cu L}^{-1}$	2,0
16. Zinc	$\text{mg Zn L}^{-1}$	3,0
17. Sodio	$\text{mg Na L}^{-1}$	200

UCV = Unidad de color verdadero  
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

*Nota.* Obtenido del Ministerio de Salud (2011).

Figura 22

Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos – Parte 1

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg F L <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Níquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50,00
15. Nitritos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0,010
17. Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0,07
19. Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL <sup>-1</sup>	0,01
3. Aceites y grasas	mgL <sup>-1</sup>	0,5
4. Alacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
5. Aldicarb	mgL <sup>-1</sup>	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
7. Benceno	mgL <sup>-1</sup>	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,001
10. Endrin	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL <sup>-1</sup>	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
14. Metoxicloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL <sup>-1</sup>	0,009
16. 2,4-D	mgL <sup>-1</sup>	0,030
17. Acrilamida	mgL <sup>-1</sup>	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL <sup>-1</sup>	0,0003
20. Benzopireno	mgL <sup>-1</sup>	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
22. Tetracloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,04

Nota. Obtenido del Ministerio de Salud (2011).

**Figura 23**

*Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos – Parte 2*

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL <sup>-1</sup>	3
24. Tricloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL <sup>-1</sup>	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL <sup>-1</sup>	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
29. 1,1- Dicloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,03
30. 1,2- Dicloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,05
31. Diclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL <sup>-1</sup>	0,6
33. Etilbenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
35. Acido Nítrilotriacético	mgL <sup>-1</sup>	0,2
36. Estireno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
37. Tolueno	mgL <sup>-1</sup>	0,7
38. Xileno	mgL <sup>-1</sup>	0,5
39. Atrazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
40. Carbofurano	mgL <sup>-1</sup>	0,007
41. Clorotoluron	mgL <sup>-1</sup>	0,03
42. Cianazina	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
43. 2,4- DB	mgL <sup>-1</sup>	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL <sup>-1</sup>	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL <sup>-1</sup>	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
48. Dicloroprop	mgL <sup>-1</sup>	0,1
49. Dimetato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
50. Fenoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,009
51. Isoproturon	mgL <sup>-1</sup>	0,009
52. MCPA	mgL <sup>-1</sup>	0,002
53. Mecoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,01
54. Metolacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,01
55. Molinato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
56. Pendimetalina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
57. Simazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
58. 2,4,5- T	mgL <sup>-1</sup>	0,009
59. Terbutilazina	mgL <sup>-1</sup>	0,007
60. Trifluralina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
61. Cloropirifos	mgL <sup>-1</sup>	0,03
62. Piriproxifeno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
63. Microcistin-LR	mgL <sup>-1</sup>	0,001

*Nota.* Obtenido del Ministerio de Salud (2011).

**Figura 24**

*Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos – Parte 3*

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL <sup>-1</sup>	0,01
65. Bromodiclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,06
66. Bromoformo	mgL <sup>-1</sup>	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL <sup>-1</sup>	0,01
68. Cloroformo	mgL <sup>-1</sup>	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL <sup>-1</sup>	0,07
70. Dibromoacetnitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,05
72. Dicloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,02
73. Dicloroacetnitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,9
74. Formaldehído	mgL <sup>-1</sup>	0,02
75. Monocloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,2
76. Tricloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol		

*Nota.* Obtenido del Ministerio de Salud (2011).

### 3.3.2. Tratamiento de Agua Potable

Remoción por métodos naturales o artificiales de todas las materias objetables presentes en el agua, para alcanzar las metas especificadas en las normas de calidad de agua para consumo humano

En general, el tratamiento de agua potable está orientado a remover parámetros microbiológicos, parasitológicos y organolépticos.

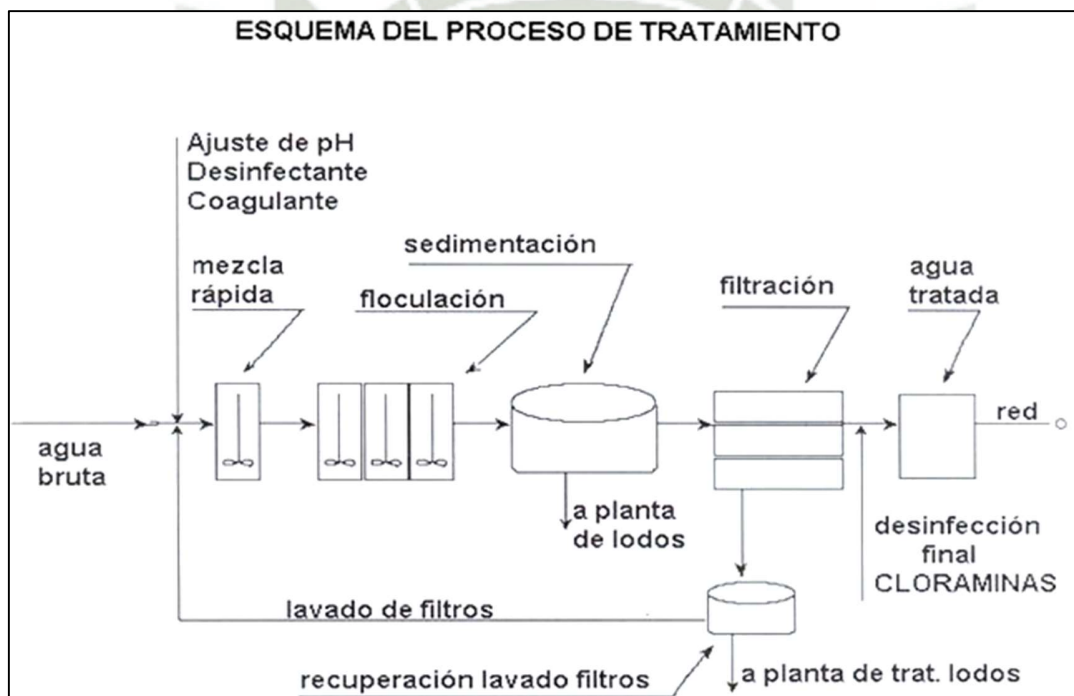
Esta remoción se logra a través de una combinación adecuada de procesos: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, no obstante, el agua a tratar podría contener parámetros orgánicos, inorgánicos y radiactivos que requieran de tratamientos más complejos antes de ser apta para consumo humano.

- **Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP**

Se trata de la unidad o conjunto de procesos realizados en estructuras ingenieriles cuyo fin es obtener agua apta para consumo humano que cumpla con los requisitos de agua potable establecidos en las normas de calidad de agua vigentes en el país. Entre los procesos más utilizados se tiene los que se muestran en la Figura 25.

**Figura 25**

*Esquema de procesos de tratamiento*



*Nota.* Obtenido de la revista del agua potable.

**a) Mezcla Rápida**

Es un proceso empleado en tratamiento de agua que tiene como fin dispersar diferentes sustancias químicas y gases de forma rápida y uniforme con la dispersión de coagulante a través del flujo del agua.

**b) Flocculación**

Es el proceso siguiente a la mezcla rápida, pasando a una mezcla lenta donde se observa el contacto de los flóculos. El mezclado lento baja la velocidad prudentemente para no correr el riesgo de que los flóculos se rompan por un tiempo más prolongado que el mezclado rápido. Es el proceso donde se puede visualizar el crecimiento y aglomeración de los flóculos, aumentando de tamaño y peso para poder sedimentarse.

**c) Coagulación**

Técnica que consiste en desestabilizar los coloides, neutralizar las fuerzas que los mantienen separados adicionando coagulantes químicos y aplicando una energía de mezclado. El tratamiento mediante coagulación es muy eficaz si se realiza de manera correcta y también el más utilizado para eliminar diversas sustancias del agua a menor costo.

La técnica de coagulación está condicionada a la dosis de coagulante para su funcionamiento correcto, si la dosis de coagulante está mal conduce a degradar rápidamente la calidad del agua y genera gastos injustificados, es imposible realizar una clarificación.

El principal objetivo es desestabilizar las partículas coloidales para la formación de flóculos y así atrapar materias orgánicas, elementos químicos y turbidez

**d) Sedimentación**

Proceso físico que consiste en la separación o remoción de las partículas suspendidas por efecto de la gravedad. Dichas partículas tienen que estar concentradas y el fluido clarificado, para poder remover por filtrado, sedimentado o ejecutando ambos procesos complementarios.

**e) Filtración**

La filtración consiste en la eliminación de partículas suspendidas y coloides que están presentes en suspensión acuosa, es la última etapa del tratamiento de agua, la que garantiza la calidad del agua a condiciones aptas para el consumo humano.

La filtración consiste en dos mecanismos el primero el transporte a un medio filtrante y el segundo la adherencia a los granos, resistiendo a la acción de las fuerzas de corte debidas a las condiciones hidrodinámicas del escurrimiento.

**f) Desinfección**

La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua, es el proceso último, pero no menos importante en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable, las aguas de origen subterráneo muchas veces sólo requieren de este proceso antes de ser aptas para consumo humano

La desinfección se logra mediante la adición de desinfectantes químicos y/o físicos tal es el caso del Cloro, Dióxido de Cloro, Hipoclorito, ozono, etc. ello deberá ser determinado después de haber realizado los estudios fisicoquímicos y bacteriológicos al agua cruda.

Los desinfectantes no solo deben matar a los microorganismos, sino que deben además tener un efecto residual, que significa que se mantienen como agentes activos en el agua después de la desinfección para prevenir el crecimiento de los microorganismos en las tuberías provocando re contaminación del agua.

**g) Marco legal (normativa técnica, normativa externa)**

- **Reglamento Nacional De Edificaciones 2006 - Norma Os.020**
- **Determinación Del Grado De Tratamiento**

Establece los factores que se deberán considerar para determinar el grado de tratamiento del agua para consumo humano.

- **Estudio Del Agua Cruda**

Para el análisis de las características del agua cruda se deberán tomar en cuenta lo siguientes factores:

Estudio de la cuenca en el punto considerado, con la apreciación de los usos industriales y agrícolas que puedan afectar la cantidad o calidad del agua.

Usos previstos de la cuenca en el futuro, de acuerdo a regulaciones de la entidad competente.

Régimen del curso de agua en diferentes períodos del año.

Aportes a la cuenca e importancia de los mismos, que permita realizar el balance hídrico.

- **Plan de muestreo y ensayos**

Se debe tener un registro completo del comportamiento de la calidad del agua cruda para proceder a la determinación del grado de tratamiento. Este registro debe corresponder a por lo menos un ciclo hidrológico. La extracción de muestras y los ensayos a realizarse se harán según las normas correspondientes (métodos estándar para el análisis de aguas de la AWWA de los Estados Unidos). Será responsabilidad de la empresa prestadora del servicio el contar con este registro de calidad de agua cruda y de sus potenciales fuentes de abastecimiento.

○ **Factores de diseño**

En la elección del emplazamiento de toma y planta, además de los ya considerados respecto a la cantidad y calidad del agua, también se tomarán en cuenta los siguientes factores:

- Estudio de suelos.
- Topografía de las áreas de emplazamiento.
- Facilidades de acceso.
- Disponibilidad de energía.
- Facilidades de tratamiento y disposición final de aguas de lavado y lodos producidos en la planta.

○ **Factores fisicoquímicos y microbiológicos**

Los factores fisicoquímicos y microbiológicos a considerar son:

- Turbiedad
- Color
- Alcalinidad
- pH
- Dureza
- Coliformes totales
- Coliformes Fecales
- Sulfatos
- Nitratos
- Nitritos
- Metales pesados
- Otros que se identificarán en el levantamiento sanitario (art. 4.2.4.1)

- **Tipos de planta a considerar**

Dependiendo de las características físicas, químicas y microbiológicas establecidas como meta de calidad del efluente de la planta, el ingeniero proyectista deberá elegir el tratamiento más económico con sus costos capitalizados de inversión, operación y mantenimiento. Se establecerá el costo por metro cúbico de agua tratada y se evaluará su impacto en la tarifa del servicio.

- **Unidades de tratamiento por medios físicos**

Para la eliminación de partículas por medios físicos, pueden emplearse todas o algunas de las siguientes unidades de tratamiento:

- Desarenadores
  - Sedimentadores
  - Prefiltros de grava
  - Filtros lentos.
- **Unidades de Tratamiento por Medios Físico Químicos, pueden emplearse todas o algunas de las siguientes unidades de tratamiento:**
  - Desarenadores
  - Mezcladores
  - Floculadores o acondicionadores del flóculo
  - Decantadores y
  - Filtros rápidos

Con cualquier tipo de tratamiento deberá considerarse la desinfección de las aguas como proceso terminal.

### ○ **Etapas de Diseño**

Una vez determinadas las condiciones del agua cruda y el grado de tratamiento requerido, el diseño debe efectuarse de acuerdo con las siguientes etapas:

- Caracterización fisicoquímica y bacteriológica del curso de agua.
- Inventario de usos y vertimientos.
- Determinación de las variaciones de caudales de la fuente.
- Selección de los procesos de tratamiento y sus parámetros de diseño.
- Pre dimensionamiento de las alternativas de tratamiento.
- Disponibilidad del terreno para la planta de tratamiento.
- Factibilidad técnico-económica de las alternativas y selección de la alternativa más favorable.

### ○ **Diseño definitivo de la planta**

Que comprende.

- Dimensionamiento de los procesos de tratamiento de la planta.
- Diseños hidráulico-sanitarios.
- Diseños estructurales, mecánicos, eléctricos y arquitectónicos.
- Planos y memoria técnica del proyecto.
- Presupuesto referencial.
- Especificaciones técnicas para la construcción.
- Manual de puesta en marcha y procedimientos de operación y mantenimiento.

Según el tamaño e importancia de la instalación que se va a diseñar se podrán combinar las dos etapas de diseño mencionadas.

**a) Normas Para Los Estudios De Factibilidad**

Los estudios de factibilidad técnico económica son de carácter obligatorio.

**b) El diseño preliminar deberá basarse en registros de calidad de agua de, por lo menos, un ciclo hidrológico. En caso de que dichos registros no existan, el diseño se basará en el estudio de los meses más críticos, es decir, en los meses más lluviosos, según las características de la cuenca.**

**c) Con la información recolectada se procederá a determinar las bases del diseño de la planta de tratamiento de agua. Para el efecto, se considerará un horizonte de diseño entre 10 y 20 años, el mismo que será debidamente justificado con base al cálculo del periodo óptimo de diseño. Las bases del diseño consisten en determinar para las condiciones actuales, futuras (final del período de diseño) e intermedias (cada cinco años) los valores de los siguientes parámetros:**

- Población total y servida por el sistema.
- Caudales promedio y máximo diario.

**d) Una vez determinado el grado de tratamiento, se procederá a seleccionar los procesos de tratamiento que se adecuen a la calidad de la fuente en estudio. Se tendrá especial consideración a la remoción de microorganismos del agua. Se seleccionarán procesos que puedan ser construidos y mantenidos sin mayor dificultad y se reducirá al mínimo la mecanización y automatización de las unidades a fin de evitar al máximo la importación de partes y equipo.**

- e) Una vez seleccionados los procesos de tratamiento para el agua cruda, se procederá al Predimensionamiento de alternativas, utilizando los parámetros de diseño específicos para la calidad de agua a tratar, determinados a nivel de laboratorio o de planta piloto, dependiendo de la capacidad de la instalación. En esta etapa se determinará el número de unidades de los procesos a ser construidas en las diferentes fases de implementación y otras instalaciones de la planta de tratamiento, como tuberías, canales de interconexión, edificaciones para operación y control, arreglos exteriores, etc. De igual forma, se determinarán rubros de operación y mantenimiento, como consumo de energía y personal necesario para las diferentes fases.
- f) En el estudio de factibilidad técnico-económica se analizarán las diferentes alternativas en relación al tipo de tecnología, necesidad de personal especializado para la operación, confiabilidad en condiciones de mantenimiento correctivo y situaciones de emergencia. Para el análisis económico se considerarán los costos directos, indirectos, de operación y de mantenimiento de las alternativas, para analizarlos de acuerdo a un método de comparación apropiado. Se determinará en forma aproximada, el monto de las tarifas por concepto de tratamiento. Con la información antes indicada, se procederá a la selección de la alternativa más favorable.

- **Normas para el estudio de ingeniería básica**

El propósito de los estudios de ingeniería básica es desarrollar información adicional para que los diseños definitivos puedan concebirse con un mayor grado de seguridad. Entre los trabajos que se pueden realizar a este nivel se encuentran:

- a) Estudios adicionales de caracterización del curso de agua que sean requeridos.
- b) Estudios geológicos, geotécnicos y topográficos.
- c) Estudios de tratabilidad de las aguas, mediante simulación de los procesos en el laboratorio o el uso de plantas a escala de laboratorio o a escala piloto, cuando el caso lo amerite.
- d) Estudios geológicos y geotécnicos requeridos para los diseños de cimentaciones de las diferentes unidades de la planta de tratamiento
- e) En sistemas de capacidad superior a 5 m<sup>3</sup>/s, los estudios de tratabilidad deben llevarse a cabo en plantas a escala piloto con una capacidad de alrededor de 40-60 m<sup>3</sup>/día. El tipo, tamaño y secuencia de los estudios se determinarán de acuerdo a condiciones específicas.
- f) Estudios de impacto ambiental con las acciones de mitigación de los impactos negativos identificados.
- g) Estudios de vulnerabilidad a desastres naturales frecuentes en la zona.

Todo proyecto de plantas de tratamiento de agua potable, deberá ser elaborado por un Ingeniero Sanitario colegiado, quien asume la responsabilidad de la puesta en marcha del sistema. El ingeniero responsable del diseño no podrá delegar a terceros dicha responsabilidad.

En el expediente técnico del proyecto, además de lo ya indicado, se debe incluir las especificaciones de calidad de los materiales de construcción y otras especificaciones de los elementos constructivos, acordes con las normas técnicas de edificación (estructuras). La calidad de las tuberías y accesorios utilizados en la instalación de plantas de tratamiento de agua potable, deberá especificarse en concordancia con las Normas Técnicas Peruanas, relativas a Tuberías y Accesorios.

### ○ Disposiciones Específicas Para Diseños Definitivos

Para el diseño definitivo de una planta de tratamiento se deberá contar como mínimo con la siguiente información básica:

- Levantamiento topográfico detallado de la zona en donde se ubicarán las unidades de tratamiento.
- Estudios de desarrollo urbano y/o agrícola que puedan existir en la zona seleccionada para el tratamiento.
- Datos geológicos y geotécnicos necesarios para el diseño estructural de las unidades, incluidos los datos del nivel freático.
- Datos hidrológicos del cuerpo de agua, incluidos los niveles máximos de inundación.
- Registros de la calidad de agua a tratar.
- Resultados de los ensayos de tratabilidad.
- Datos climáticos de la zona.
- Disponibilidad y confiabilidad del servicio de energía eléctrica (horas de servicio, costo, etc.).
- Disponibilidad y confiabilidad en el suministro de sustancias químicas.

El diseño definitivo de una planta de tratamiento de agua para consumo humano consistirá de dos documentos:

- El estudio definitivo
- El expediente técnico.

Estos documentos deberán presentarse teniendo en consideración que la contratación de la ejecución de las obras deberá incluir la puesta en marcha de la planta de tratamiento.

## Capítulo IV: Diagnóstico a la Planta de Tratamiento de la Ciudad de Huamachuco

### 4.1. Diagnóstico y evaluación de la captación y del tipo de fuente

La Planta de tratamiento de agua potable en la ciudad de Huamachuco - Sánchez Carrión – La Libertad fue puesta en marcha el 30 mayo de 1998 y fue diseñada para un caudal de tratamiento de 55 L/s; sin embargo, actualmente se observa que a la planta está ingresando un caudal de 90 L/s, lo cual es muy superior a su capacidad de diseño, esto se debe a la demanda poblacional que debe cubrir.

Para el inicio de esta investigación se realizó (diagnóstico del estado situacional) una inspección y muestreo de las diferentes estructuras en el que claramente se evidencia que las mismas han colmado su capacidad de tratamiento y en muchos casos se encuentran deterioradas por falta de mantenimiento y se observó también deficiencia en la operación de la planta, nuestra de lo expuesto detallamos lo siguiente:

La planta de tratamiento de agua de la ciudad de Huamachuco tiene como fuente de abastecimiento las aguas superficiales provenientes del Río Grande, esta es captada a través de la acumulación generada por un barraje fijo en todo el ancho del río, al costado de este se encuentra una bocatoma de concreto armado que contiene una compuerta deslizante de acero que regula el ingreso del agua cruda a un canal de concreto que distribuye el agua en dos desarenadores que posteriormente derivan la misma en una tubería de conducción, para su posterior tratamiento.

El Río Grande se encuentra al sur de la ciudad, y el punto de captación se ubica aproximadamente a 2.5 km de la misma. El río recolecta el agua de escorrentía de la cuenca hidrográfica, esta comprende principalmente la quebrada Mamorco, así como las descargas de la Laguna Negra. El caudal es variable a lo largo del año de acuerdo a las estaciones de estiaje y

avenida, presentando durante las épocas de estiaje un caudal máximo de 70 L/s, en este contexto la PTAP necesita todo el caudal para el abastecimiento adecuado.

#### ***4.1.1. Calidad del Agua de fuente:***

Para el monitoreo y registro de la calidad del agua, se utilizó el “Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales ECAs” establecido por la DIGESA, bajo estos lineamientos se procedió a obtener las muestras en los procesos que se muestran en la Tabla 1.



**Tabla 1***Ficha de registro de datos de campo*

N°	Origen de la Fuente	Descripción del Punto de Muestreo	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha	Hora de Muestreo	Coordenadas UTM	
									Este	Norte
001	Captación	Toma en el barraje, al ingreso de la Captación	Molino Grande	Huamachuco	Sanchez Carrión	La Libertad	25/10/2022	12:58	825912.7	9132628.4
003	Ingreso PTAP	Ingreso al Canal de Mezcla Rápida	Molino Grande	Huamachuco	Sanchez Carrión	La Libertad	25/10/2022	13:30	825888.4	9132904.2
004	Salida PTAP	Salida de Ptap, en almacenamiento	Molino Grande	Huamachuco	Sanchez Carrión	La Libertad	25/10/2022	13:27	825866.9	9132922.8

*Nota.* Elaboración propia.

### a) Características Microbiológicas del Río Grande

Con respecto a la calidad de la fuente de abastecimiento de la planta de tratamiento, Río Grande, se consideró para su evaluación las características microbiológicas de los “Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA)” estableciendo y aprobando por disposiciones complementarias mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. En la Tabla 2 se muestran los análisis microbiológicos.

**Tabla 2**

*Análisis Microbiológico*

Determinaciones	Unidades	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS			ECAs DS 004-2017 MINAM Categoría 1 Sub Categoría A2
		Captación Río Grande	Ingreso PTAP	Salida PTAP	
		001	003	004	
Recuento Total de Bacterias	UFC/100 mL	15	17	15	-
Huevos y larvas de helmintos, quistes o ooquistes de protozoarios patógenos	N° org./L	0	0	0	0
Escherichia coli	NMP/100mL	0	0	0	0
Virus	UFC/mL	0	0	0	0
Coliformes termotolerantes	NMP/ 100 mL	Negativos	Negativos	Negativos	20
Coliformes totales	NMP/ 100 mL	Negativos	Negativos	Negativos	50

*Nota.* Obtenido de los resultados del laboratorio F.Q.A. Perú S.A.C.

### b) Características físico-química del Río Grande

De la misma forma para determinar las características Físico Químicas de la fuente de abastecimiento de la planta, Río Grande, se consideró para su evaluación los “Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA)” estableciendo y aprobando disposiciones complementarias mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. En la Tabla 3 se muestran las características físico-químicas Del Río Grande.

**Tabla 3**

*Características físico-química Del Río Grande*

Determinaciones	Unidades	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS			ECAs DS 004-2017 MINAM Categoría 1 Sub Categoría A2
		Captación Río Grande	Ingreso PTAP	Salida PTAP	
		001	003	004	
Olor	-	Aceptable	Aceptable	Aceptable	-
Sabor	-	Aceptable	Aceptable	Aceptable	-
Color	Pt/Co	14	14	14	15
Turbidez	UNT	4	4	4	5
pH	-	8.17	8.38	8.42	6.5 - 8.5
Conductividad	uS/cm	339	423	446	1500
Solidos totales disueltos	mg/L	217	271	286	1000
Cloruros	Cl mg/L	26.56	27.05	27.78	250
Calcio	Ca mg/L	7.52	35.06	35.53	-
Magnesio	Mg mg/L	43.86	21.6	21.7	-
Sodio	Na mg/L	2.18	12.51	12.8	-
Potasio	K mg/L	0.07	0.26	0.23	-
Sulfatos	SO <sub>4</sub> mg/L	29.8	38	42.2	250
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub> mg/L	191	178	182	500
Amoniaco	NH <sub>3</sub> mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	1.5
Cianuro Total	CN mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	-
Aceites y Grasas	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	0.5
Carbonatos	CO <sub>3</sub> mg/L	0	0	0	-
Bicarbonatos	HCO <sub>3</sub> mg/L	24	44	42	-
Nitratos	NO <sub>3</sub> mg/L	0.158	0.81	0.83	50
Nitritos	NO <sub>2</sub> mg/L	0.032	0.07	0.081	3

*Nota.* Obtenido de los resultados del laboratorio F.Q.A. Perú S.A.C.

**Tabla 4**

*Características físico-química metales pesados del Río Grande*

Metales Pesados	Unidades	CODIFICACIÓN MUESTRAS		ECAs DS 004-2017 MINAM Categoría 1 Sub Categoría A2
		Ingreso PTAP	Salida PTAP	
		003	004	
Plata	mg/L	<0.001	<0.001	0.05
Aluminio	mg/L	0.0074	0.0081	0.9
Arsénico	mg/L	0.0016	0.0022	0.01
Boro	mg/L	<0.001	<0.001	2.4
Bario	mg/L	<0.001	<0.001	0.7
Cadmio	mg/L	0.0054	0.0057	0.003
Cerio	mg/L	N.D.	N.D.	-
Cobalto	mg/L	0.0013	0.0019	-
Cromo	mg/L	<0.001	<0.001	0.05
Cobre	mg/L	0.0087	0.0086	2
Hierro	mg/L	0.0046	0.0049	0.3
Mercurio	mg/L	<0.001	<0.001	0.001
Potasio	mg/L	0.13	0.19	-
Litio	mg/L	N.D.	N.D.	-
Manganeso	mg/L	0.032	0.039	0.4
Molibdeno	mg/L	<0.001	<0.001	0.07
Sodio	mg/L	14.17	14.8	-
Níquel	mg/L	0.0084	0.0087	0.07
Fósforo	mg/L	11.42	11.56	0.1
Plomo	mg/L	0.0018	0.0021	0.01
Antimonio	mg/L	<0.003	<0.006	0.02
Selenio	mg/L	<0.001	<0.001	0.04
Sílice	mg/L	1.96	1.83	-
Estaño	mg/L	N.D.	N.D.	-
Estroncio	mg/L	N.D.	N.D.	-
Torio	mg/L	<0.001	<0.001	-
Titanio	mg/L	N.D.	N.D.	-
Talio	mg/L	<0.001	<0.001	-
Uranio	mg/L	N.D.	N.D.	0.02
Vanadio	mg/L	<0.001	<0.001	0.1
Zinc	mg/L	1.36	1.39	3

*Nota.* Obtenido de los resultados del laboratorio F.Q.A. Perú S.A.C.

Según la información obtenida en el laboratorio, se evidencia que el agua fuente cumple con las especificaciones establecidas para la Categoría 1: Subcategoría A (Aguas destinadas a producción de agua potable) determinados en los ECA, puesto que en todos los casos está dentro de los límites máximos permisibles admisibles para ser utilizada con fines de consumo humano; sin embargo, se conoce que los problemas de calidad se presentan en las temporadas de avenida, puesto que el caudal de la cuenca está conformado por múltiples afluentes y al ser estas aguas superficiales el agua cruda presenta una alta presencia de turbidez, problema que es imposible tratar en la planta con las condiciones existentes debido al colapso en sus diferentes unidades de tratamiento.

Bajo la información recopilada se evidencia que la planta de tratamiento no realiza ninguna mejora a la calidad del agua puesto que los resultados de la muestra 003 que son del ingreso a la PTAP, son mejores que la muestra 004 que es recolectada en la salida de la planta, esto debido a que todos los componentes de la PTAP colapsaron y presentan materia orgánica debido a su falta de mantenimiento.

#### ***4.1.2. Captación***

##### **a) Diagnóstico del Barraje y Cámara de Captación**

La captación de agua cruda en el “río grande” se realiza con una estructura de encauzamiento que se complementa con un barraje a todo lo ancho del río, en una longitud de 20.00 m. La estructura permite captar el agua en las épocas de estiaje. Como se muestra en la Figura 26.

**Figura 26***Captación Río Grande*

*Nota.* Fotografías de las visitas realizadas

Se observa que el barraje en parte de su estructura presenta deterioro, lo que evidencia falta de mantenimiento de la misma, sin embargo, se recopiló información que indica que se estaría realizando mantenimiento eventualmente.

El agua es captada por una ventana de 0.30 m de ancho y 0.50 m de altura, que se regula con una compuerta deslizante. Antes de ingresar, el agua pasa por una reja metálica de las mismas dimensiones que la ventana y que está compuesta por 8 barras cuyo diámetro es  $\frac{1}{2}$ " , separadas 1.5" entre sí.

La estructura es de concreto armado y se encuentra en buen estado de conservación. En las épocas de avenidas, sobre todo cuando el agua presenta una gran turbiedad, se cierra la compuerta de ingreso hasta que el agua cruda presenta menor cantidad de turbidez, dado que está

característica no podría tratarse en la planta debido a las condiciones en las actualmente se encuentra, que esta se encuentra.

### b) Diagnóstico del Canal de Conducción

Después de la ventana de captación, mediante un canal de sección rectangular de 24.90 m de longitud, con un ancho de 0.40 m y una altura útil de 0.40 m, se conduce el agua cruda hasta las unidades de pretratamiento.

El canal se encuentra en estado de deterioro y requiere mejoramiento.

La estructura de captación no cuenta con un sistema de medición; sin embargo, se optó por determinar el caudal aforado el cual detallamos a continuación:

- **Caudal Aforado**

Se optó por realizar el aforo por el método de la pelota vs tiempo en el Tramo 2 de del canal de conducción con las medidas 0.4 m \*0.4 m obteniendo los resultados que se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Caudal Aforado*

EJERCICIO	AFORO			DIAGNOSTICO CANAL			CAUDAL	
	LONGITUD (m)	TIEMPO (m/s)	VELOCIDAD (m/s)	TIRANTE (m)	SOLERA (m)	AREA HIDRAULICA (m2)	m3/s	L/s
1	17	16.8	1.011904762	0.28	0.4	0.112	0.11333333	113.333333
2	17	17.01	0.999412111	0.28	0.4	0.112	0.11193416	111.934156
3	17	17	1	0.28	0.4	0.112	0.112	112
4	17	17.3	0.98265896	0.28	0.4	0.112	0.1100578	110.057803
PROMEDIO	17	17.028	0.998493958	0.28	0.4	0.112	0.11183132	111.831323

*Nota.* Obtenido de los resultados del laboratorio F.Q.A. Perú S.A.C.

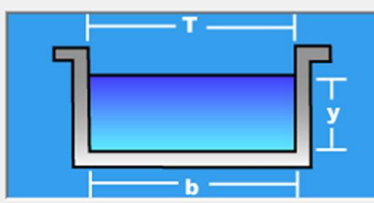
Se determinó que el caudal aforado en condiciones óptimas es de 111.8 L/s, los siguientes valores se calcularon en el software HCANALES. Como se muestra en la Figura 27.

**Figura 27**

*Diagnóstico canal de captación tramo II*

Lugar:	PTAP HUAMACHUCO	Proyecto:	TESIS URIEL CHARAJA
Tramo:	TRAMO 2 CAPTACIÓN	Revestimiento:	

<b>Datos:</b>		
Caudal (Q):	0.11 m <sup>3</sup> /s	
Ancho de solera (b):	0.4 m	
Talud (Z):		
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.003 m/m	

<b>Resultados:</b>			
Tirante normal (y):	0.2912 m	Perímetro (p):	0.9825 m
Área hidráulica (A):	0.1165 m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.1186 m
Espejo de agua (T):	0.4000 m	Velocidad (v):	0.9443 m/s
Número de Froude (F):	0.5586	Energía específica (E):	0.3367 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico		

*Nota.* Elaborado con Software HCANALES.

#### 4.1.3. Pretratamiento

##### a) Diagnóstico de los Desarenadores Existentes

Cada desarenador tiene una longitud útil de 11.70 m, un ancho de 1.50 m y una altura útil de 1.12 m. Considerando estas características y el caudal captado, el período de retención total es de 6 minutos, tiempo que se puede considerar aceptable teniendo como valor recomendado de 5.0 - 10 minutos. (Norma OS 020 pág 13) la información recopilada y características según el diagnóstico que se muestra en la Tabla 6 y Tabla 7.

**Tabla 6**

*Características Desarenador 1*

Símbolo	Descripción	Fórmulas	Cantidad	Unidad	Ecuación
Q	Caudal de Operación	Dato	0.05	m <sup>3</sup> /s	
L	Largo	Dato	11.7	m	
b	Ancho	Dato	1.5	m	
h1	Profundidad mayor	Dato	1.38	m	
h2	Profundidad menor	Dato	0.86	m	
A <sub>t</sub>	Área Transversal	$b*(h1*h2)/2$	1.68	m <sup>2</sup>	<b>(1)</b>
V	Volumen	$(b*(h1*h2)/2)*L$	19.656	m <sup>3</sup>	<b>(2)</b>
v	Velocidad de Flujo	Q/A <sub>t</sub>	0.0297619	m/s	<b>(3)</b>
w'	Reducción de Velocidad por Efectos de Turbulencia	Eghiazaroff	0.3353832	cm/s	
w	Velocidad de Sedimentación	$(h*v)/L+w'$	0.68642105	cm/s	<b>(4)</b>
T <sub>s</sub>	Tiempo de Sedimentación	V/Q	6.552	min	<b>(5)</b>

Nota. Elaboración Propia

**Tabla 7**

*Características Desarenador 2*

Símbolo	Descripción	Fórmulas	Cantidad	Unidad	Ecuación
Q	Caudal de Operación	Dato	0.05	m <sup>3</sup> /s	
L	Largo	Dato	11.7	m	
b	Ancho	Dato	1.5	m	
h1	Profundidad mayor	Dato	1.47	m	
h2	Profundidad menor	Dato	0.88	m	
A <sub>t</sub>	Área Transversal	$b*(h1*h2)/2$	1.7625	m <sup>2</sup>	<b>(1)</b>
V	Volumen	$(b*(h1*h2)/2)*L$	20.62125	m <sup>3</sup>	<b>(2)</b>
v	Velocidad de Flujo	Q/A <sub>t</sub>	0.02836879	m/s	<b>(3)</b>
w'	Reducción de Velocidad por Efectos de Turbulencia	Eghiazaroff	0.31239725	cm/s	
w	Velocidad de Sedimentación	$(h*v)/L+w'$	0.66882569	cm/s	<b>(4)</b>
T <sub>s</sub>	Tiempo de Sedimentación	V/Q	6.87375	min	<b>(5)</b>

Nota. Elaboración Propia

En ambos casos se considera el caudal de operación la mitad de caudal de aforo en el canal de conducción del tramo II debido a que se reparte en ambos desarenadores equitativamente.

Según el análisis realizado se determina que el fluido corresponde a un régimen subcrítico como se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Características adicionales del Desarenador 1*

Símbolo	Descripción	Fórmulas	Cantidad	Unidad
Vs	Velocidad de Sedimentación	Dato	0.66882569	cm/s
Ps	Densidad Relativa de arena	Dato	2.65	gr/cm <sup>3</sup>
U	Viscosidad cinemática a 10°C	Dato	0.01308	cm <sup>2</sup> /s
g	Gravedad	Dato	981	cm/s <sup>2</sup>
d	Diámetro de las partículas		0.00986325	cm
Re	Número de Reynolds		0.50434222	-

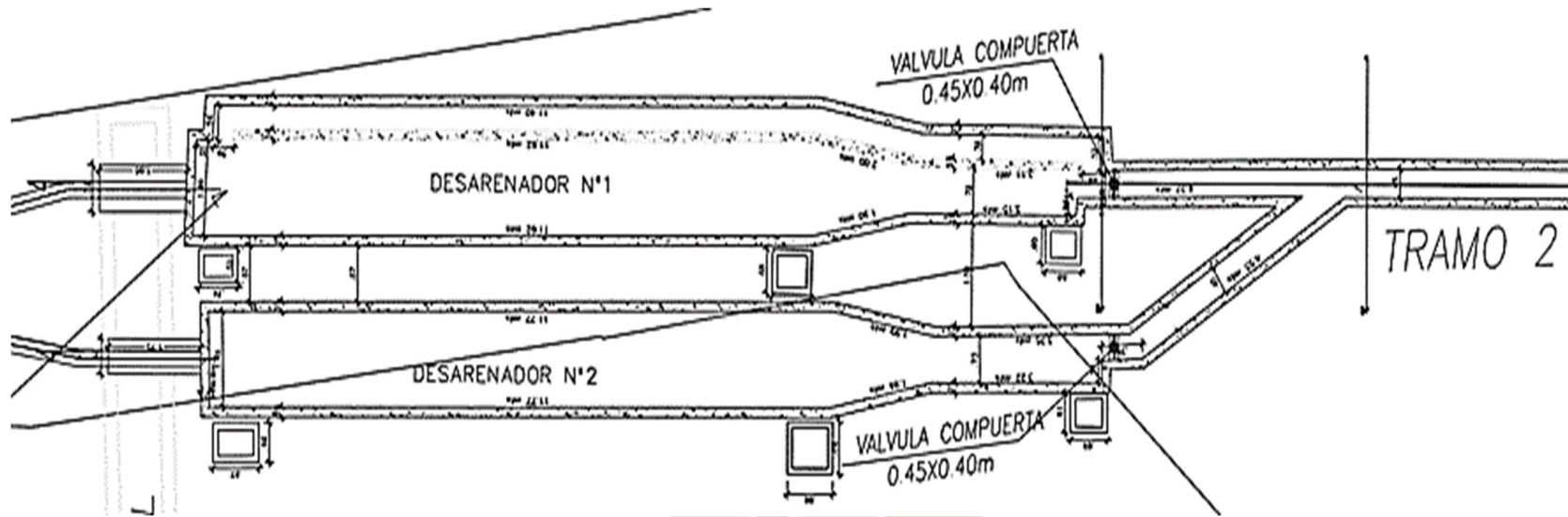
Nota. Elaboración Propia

Según el indicador del Número de Reynolds 0.5 se comprueba el régimen suscritico por ser inferior a 1 evidenciado en campo, así como también se determina que el desarenador tiene la capacidad de retener partículas de arena fina de hasta 0.0098mm que es el equivalente de 0.01mm.

Según la velocidad horizontal de flujo, se obtiene un valor de 0.03 m/s, el cual es menor a la velocidad máxima recomendada de 0.17 m/s (Norma OS 020 pág. 13). Por consiguiente, se concluye que las unidades tienen capacidad para realizar el pretratamiento del agua captada. Como se muestra en la Figura 28, Figura 29 y Figura 30.

**Figura 28**

*Vista planta desarenadores*

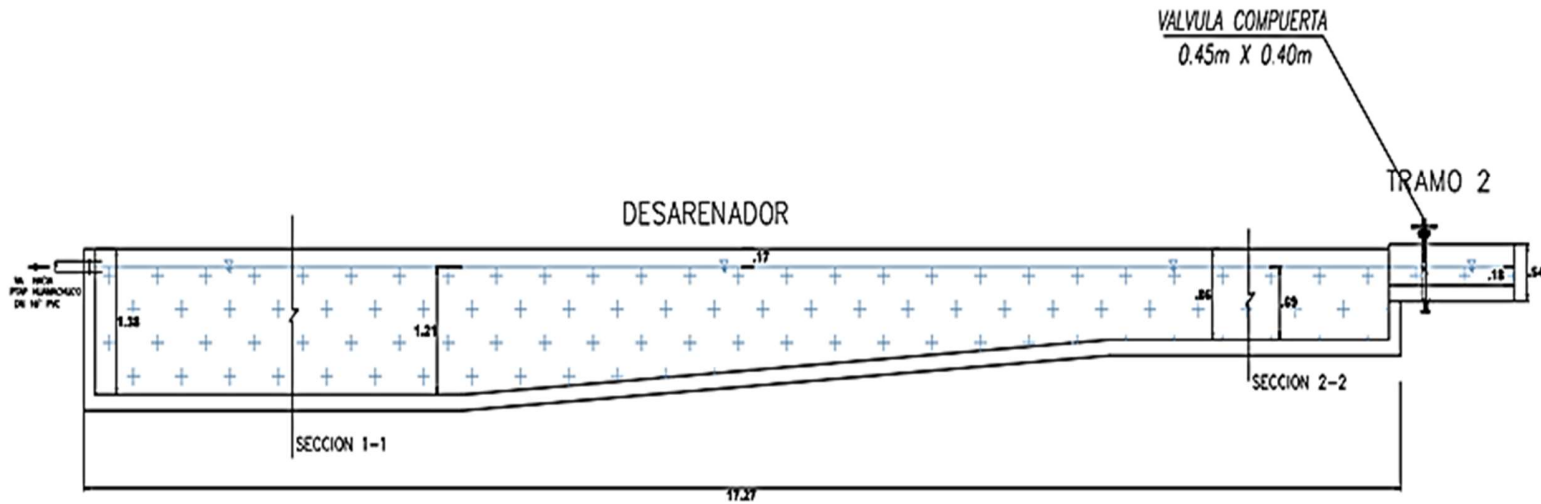


*Nota.* Obtenido de la Municipalidad Sánchez Carrión.



**Figura 29**

*Vista canto desarenadores*

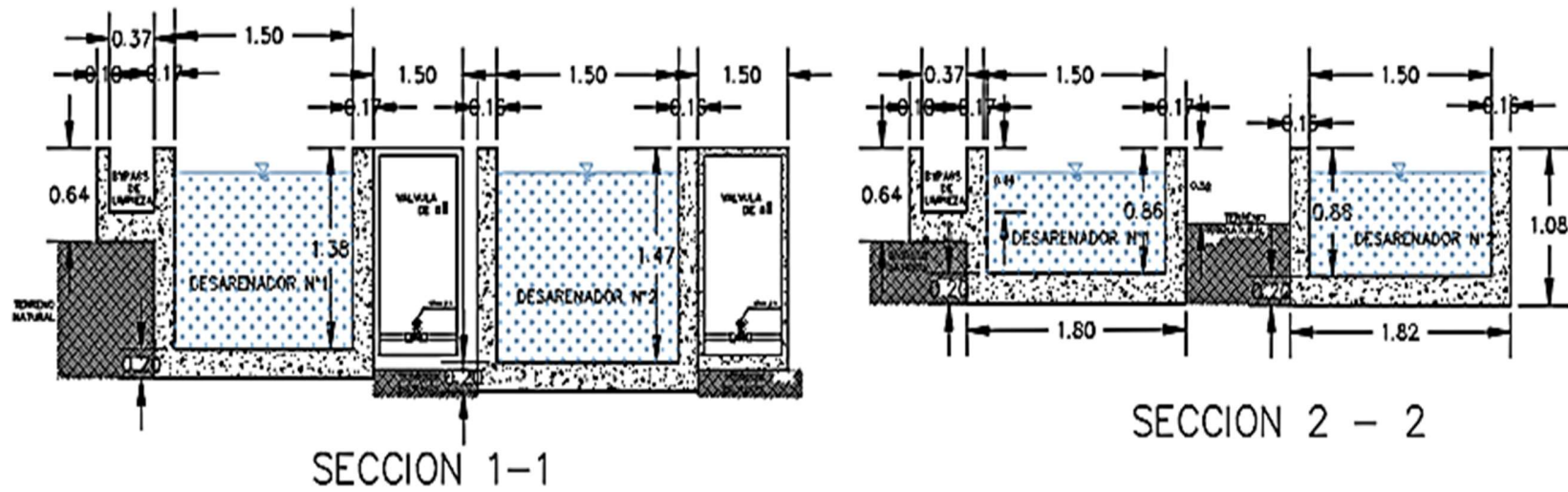


*Nota.* Obtenido de la Municipalidad Sánchez Carrión.



Figura 30

Vista corte desarenadores



Nota. Obtenido de la Municipalidad Sánchez Carrión.



Lo sedimentado en los desarenadores son evacuadas mediante un sistema de desagüe, el cual está conformado por una tubería de 200 mm de diámetro y es operado mediante una válvula de compuerta del mismo diámetro, finalmente el agua discurre en la quebrada aledaña donde se dispersa y descarga en el “Río Grande”.

En el Desarenador 1, el sistema cuenta con un canal by-pass de concreto que sirve para conducir el agua directamente hasta la planta de tratamiento.

El agua pretratada de cada desarenador es recolectada con una tubería de 200 mm de diámetro, las cuales se unen en una sola tubería mediante un accesorio tipo Y del mismo diámetro para conducir el agua hasta la planta de tratamiento.

#### **b) Cálculo del caudal máximo de tratamiento del desarenador**

Para un tiempo de sedimentación de 5 min según norma, se estima un caudal máximo de tratamiento de desarenador como se muestra en la Tabla 9.

**Ecuación 6.**  
*Caudal máximo desarenador*

$$Q_{des} = \frac{V}{(3600 * T_s)} * 1000$$

**Tabla 9**

*Caudal del máximo de tratamiento del desarenador*

Símbolo	Descripción	Fórmulas	Cantidad	Unidad
L	Largo	Dato	11.7	m
b	Ancho	Dato	1.5	m
h1	Profundidad mayor	Dato	1.47	m
h2	Profundidad menor	Dato	0.88	m
V	Volumen	$(b*(h1*h2)/2)*L$	20.62125	m <sup>3</sup>
Qdes	Caudal Max. Desarenador	$V/(3600*Ts)*1000$ ..(6)	68.7375027	L/s

*Nota.* Elaborado con Software HCANALES.

Se obtiene que el cálculo del caudal máximo a tratar del desarenador es de  $Q_{max}=68.73$  L/s por desarenador, teniendo dos unidades en paralelo que trabajan simultáneamente se puede estimar que entre los dos tiene la capacidad de darle un pretratamiento al agua captada de  $Q_{maxT}=137$  L/s, la cual cumple con la oferta actual y con lo proyectado.

#### 4.1.4. Conducción

##### a) Diagnóstico de la línea de conducción

La línea de conducción de agua pretratada es de PVC de 200 mm de diámetro, en una longitud aproximada de 230 m. El recorrido de la línea es por una carretera afirmada hasta llegar a la PTAP.

La línea se encuentra en buen estado de conservación y no presenta problemas en su funcionamiento, se muestran sus características como se muestra en la Figura 31.


**Figura 31**

*Diagnóstico de la Línea de Conducción*

Lugar:	<input type="text" value="PTAP HUAMACHUCO"/>	Proyecto:	<input type="text" value="TESIS URIEL CHARAJA"/>
Tramo:	<input type="text" value="LINEA CONDUCCIÓN"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

<b>Datos:</b>	
Tirante (y) :	<input type="text" value="0.20"/> m
Diámetro (d) :	<input type="text" value="0.20"/> m
Rugosidad (n) :	<input type="text" value="0.0085"/>
Pendiente (S) :	<input type="text" value="0.0427"/> m/m

<b>Resultados:</b>			
Caudal (Q) :	<input type="text" value="0.1037"/> m <sup>3</sup> /s	Velocidad (v) :	<input type="text" value="3.2995"/> m/s
Área hidráulica (A) :	<input type="text" value="0.0314"/> m <sup>2</sup>	Perímetro mojado (p) :	<input type="text" value="0.6283"/> m
Radio hidráulico (R) :	<input type="text" value="0.0500"/> m	Espejo de agua (T) :	<input type="text" value="0.0000"/> m
Número de Froude (F) :	<input type="text" value="0.1879"/>	Energía específica (E) :	<input type="text" value="0.7549"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo :	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

*Nota.* Elaborado con Software HCANALES.

La línea trabaja en su máxima capacidad de 103 L/s, cuya agua es tratada en su totalidad en la PTAP de Huamachuco existente.

#### 4.2. Diagnóstico de los componentes de la Planta de Tratamiento de Agua Potable existente

La potabilización del agua del río grande se realiza en una planta de tratamiento PTAP hidráulica del tipo filtración rápida, que cuenta con los procesos de mezcla rápida, floculación, decantación y filtración.

La planta fue construida en el año 1,995 y esta fue diseñada para tratar 55 L/s; sus estructuras son de concreto armado y se encuentra en regulares condiciones las cuales serán expuestas a continuación en la Figura 32.

#### 4.2.1. Mezcla Rápida

##### Figura 32

##### Canal de mezcla rápida



*Nota.* Fotografías de las visitas realizadas

El proceso de mezcla rápida se realiza en un canal rectangular de 0.42 m de ancho y 0.39 m de altura útil, en donde se ha instalado una canaleta Parshall de 6" de ancho de garganta. La canaleta permite la medición de caudales, así como la aplicación de coagulantes por el resalto hidráulico que se produce al final de la garganta.

El canal no registra la inyección de ninguna sustancia química que contribuyan al proceso de generación de flóculos de fácil decantación y/o filtración durante el proceso de floculación, esto es muestra que entre otras deficiencias, la planta no cuenta con una instalación de dosificación de coagulantes, necesarios durante las épocas de avenida, cuando se presenta una gran turbidez en el agua cruda, debido a ello, durante dichas épocas se cierra el ingreso de agua a la planta, lo que, en ocasiones deja a la población sin agua por largas horas e incluso días, hasta que el agua tenga mejores características y pueda iniciar el tratamiento nuevamente.

La estructura de concreto armado se encuentra deteriorada ya que registra fisuras y por consiguiente filtraciones de agua a lo largo de todo el canal.

**a) Capacidad de la mezcla rápida**

De acuerdo con el autor Chow (1994), para anchos de garganta  $W = 6''$  (15.24 cm), tienen una capacidad de caudal mínimo de 1.42 L/s hasta 110.44 L/s, por lo que la canaleta cumple con el caudal para el que fue diseñada la planta, para el caudal que transporta la línea de conducción a la PTAP de 104 L/s. Como se considera en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Límites de canaleta Parshall*

ANCHO W	LÍMITES DE CAUDAL (L/S)	
	Q MINIMO	Q MAXIMO
1"	0.28	5.67
2"	0.57	14.15
3"	0.85	28.31
6"	1.42	110.44
9"	2.58	252
12"	3.11	455.9
18"	4.24	696.5
24"	11.9	937.3
36"	17.27	1427.2
48"	36.81	1922.7
60"	45.31	2424
72"	73.62	29.31

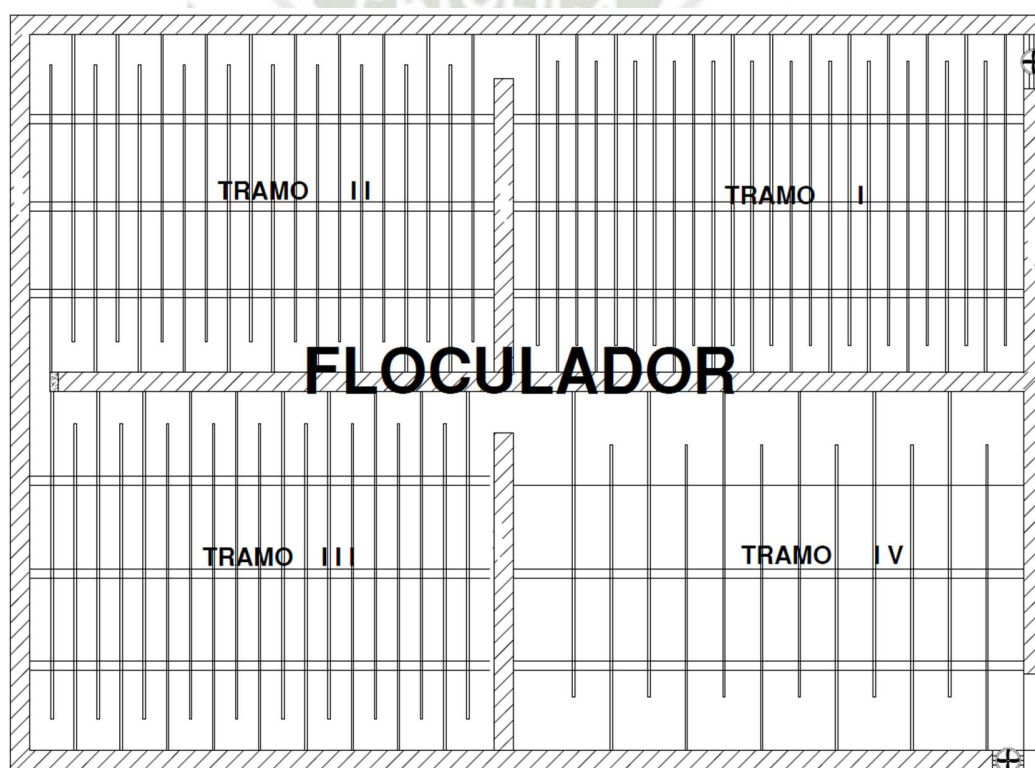
Nota. Elaboración Propia

#### 4.2.2. Floculador

La unidad de floculación es de tipo hidráulico de flujo horizontal, con pantallas de planchas onduladas de asbesto – cemento. Tiene cuatro zonas de floculación con las características que se muestran en la Figura 33, Figura 34 y Figura 35.

**Figura 33**

*Planta floculador existente*



*Nota.* Elaboración Propia

- La primera zona de floculación tiene un ancho de 3.68 m, una longitud de 5.40 m, con 16 canales de floculación y una altura de agua promedio de 0.95 m.
- La segunda zona de floculación tiene un ancho de 3.68 m, una longitud de 5.12 m, con 15 canaletas de floculación y una altura de agua promedio de 0.87 m.

- La tercera zona de floculación tiene un ancho de 3.90 m, una longitud de 5.12 m, con 11 canaletas de floculación y una altura de agua promedio de 0.82 m.
- La cuarta zona de floculación tiene un ancho de 3.90 m, una longitud de 5.40 m, con 12 canaletas de floculación y una altura de agua promedio de 0.78 m.

**Figura 34**

*Unidad de floculación hidráulica de flujo horizontal colapsada*



*Nota.* Fotografías de las visitas realizadas

En la figura 34, se observa que en la primera y segunda zona, la estructura ha rebasado su límite de capacidad por lo que el flujo de agua ya no discurre por las pantallas de planchas onduladas, sino trabaja en forma ahogada, evidenciando así una sobrecarga de tratamiento, además, observamos que las planchas no están perfectamente alineadas por lo que el ancho de las canaletas no es uniforme, la estructura presenta fisuras por la que se registra filtraciones y evidente falta de mantenimiento a la estructura.

**Figura 35**

*Unidad de floculación hidráulica de flujo horizontal deteriorada*



*Nota.* Fotografías de las visitas realizadas

Con los debidos permisos se realizó una exploración invasiva a la estructura para conocer el estado de concreto armado, así, en la fotografía 03 observamos que el muro presenta un refuerzo de malla de  $\frac{1}{2}$ " espaciado a 0.20 cm., con concreto saturado, no obstante, el acero no presenta corrosión. Se puede concluir que la estructura de concreto armado se encuentra en regular estado de conservación se observa fisuras en las aristas de los muros, lo que genera pequeñas filtraciones de agua, no genera impacto en el tratamiento de agua, no obstante, se puede discernir que en los lugares con presencia de fisuras el acero de refuerzo podría estar deteriorado debido a la acción corrosiva de agua, lo que vulnera drásticamente la estructura.

### b) Caudal máximo de procesamiento de los floculadores

De acuerdo con las características de la unidad recopilada en campo se tiene la siguiente información que se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Unidad de floculación hidráulica de flujo horizontal deteriorada*

Zona	Altura de Agua (hw)	Ancho (m)	Espaciamiento (m)	N° de Compartimientos	Volumen (m3)
1	0.95	3.68	0.33	16	18.45888
2	0.87	3.68	0.34	15	16.32816
3	0.82	3.9	0.45	11	15.8301
4	0.78	3.9	0.45	12	16.4268
<b>Total:</b>					67.04394

*Nota.* Elaboración Propia

Según la OS 020 el tiempo de retención mínimo requerido para floculadores de 50 L/s deberá ser de 20 min, con el volumen obtenido podemos hallar el caudal máximo operativo del floculador. Como se muestra en la fórmula 1.

**Ecuación 7.**  
*Caudal máximo – Diagnostico floculador*

$$Q_{max} = Vol/T$$

$$Q_{max} = (67.04m^3 / 20 \text{ min}) \times 1440 = 4827.164 \text{ m}^3/\text{día} = \mathbf{55.86995 \text{ L/s}}$$

#### 4.2.3. Decantación

El proceso de decantación se realiza en dos unidades de flujo inclinado con placas paralelas de PVC. Las unidades operan en forma simultánea.

El agua floculada ingresa a la unidad mediante un vertedero a un compartimiento rectangular que mediante un tabique perforado ingresa a la zona de decantación por la parte inferior.

La zona de decantación está diseñada para trabajar con 28 placas inclinadas de PVC pero se evidencia que no se encuentran completas, solamente cuenta con 11 placas inclinadas, estas no se encuentran alineadas y no se realiza los mantenimientos adecuados para su conservación, se evidencia también materia orgánica en toda la superficie de la placas de PVC así como también un deterioro agresivo en los muros de concreto, existe desprendimiento ocasionado por la erosión, el flujo del agua y la calidad del concreto.

### **c) Detallado de las unidades de decantación**

El primer decantador tiene un ancho de 1.09 m y el segundo tiene 1.24 m; la longitud de la unidad es 4.80 m. De acuerdo a estas dimensiones y con una tasa apropiada de decantación de 235 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.día, el caudal máximo que puede tratar es de 33.25 L/s (Organización Panamericana de la Salud, 2006).

La recolección del agua decantada se realiza mediante un vertedero rectangular ubicado al final de la unidad y a todo lo ancho, a este vertedero se le añadió un tabique artesanal de malla lo cual evita un flujo turbulento, seguidamente el agua es conducida a la batería de filtros, como se muestra en la Figura 36.

**Figura 36**

Decantador de flujo inclinado con placas paralelas de PVC



*Nota.* Fotografías de las visitas realizadas

Cada decantador cuenta con un sistema de desagües para evacuar los lodos retenidos, los cuales son finalmente descargados en el río grande. La estructura se encuentra en pésimo estado de conservación; requiriéndose una reparación en toda la cobertura de la unidad y reemplazo de las planchas de PVC. Como se muestra en la Figura 37 y Figura 38.

**Figura 37**

*Decantador de flujo inclinado con placas paralelas de PVC*



*Nota.* Fotografías de las visitas realizadas

**Figura 38**

*Decantador de flujo inclinado con placas paralelas de PVC, incompletas, sucias, desalineadas*



*Nota.* Fotografías de las visitas realizadas

**d) Capacidad productiva de los decantadores:**

**Ecuación 8.**

*Área superficial – Diagnostico decantador*

$$\text{Área superficial} = \text{Ancho} * \text{Largo}$$

Se realiza el cálculo superficial de los decantadores como se muestra en la Tabla 12

**Tabla 12**

*Cálculo superficial de los decantadores*

Componente	Ancho (m)	Largo (m)	Área Superficial (m2)
1	1.24	4.93	6.1132
2	1.24	4.93	6.1132
		Sumatoria:	12.2264

*Nota.* Elaboración Propia

La tasa de decantación aparente para módulos laminares de placas paralelas en modalidad de operación para remoción de turbidez se considera un  $q_s=235 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$

La Capacidad ( $\text{m}^3/\text{S}$ ) estimada se determina= Área Superficial ( $\text{m}^2$ ) \* tasa de decantación ( $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$ )

**Ecuación 9.**

*Capacidad estimada – Diagnostico decantadores*

$$\text{Capacidad estimada} = \text{Área Superficial} * \text{Tasa de decantación (9)}$$

$$\text{Capacidad (m}^3/\text{d)} = 12.22\text{m}^2 * 235\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día} = 2873.2 \text{ m}^3/\text{día} = 33.25 \text{ L/s}$$

#### 4.2.4. Diagnóstico de los filtros

##### a) Descripción de la batería de filtros y sus componentes

El sistema de filtración está compuesto por una batería de cuatro filtros, que tienen como medio filtrante arena, el diseño ha sido concebido para que los filtros sean de funcionamiento hidráulico con tasa declinante y auto lavables, esto significa que un filtro es lavado con el agua proveniente de los otros, se detalla la descripción de sus componentes:

- **Caja del Filtro**

Presenta dimensiones de 2.50m de largo por 1.35m de ancho efectivo, de la cual se obtiene un área de 3.375  $\text{m}^2$  por filtro, toda la batería de filtros tiene un total de 13.5  $\text{m}^2$ , cuenta con viguetas de sección triangular prefabricadas de concreto, seguidamente, se tiene un falso fondo que conduce las aguas filtradas al canal de aislamiento.

- **Canal de distribución de agua decantada**

Cada filtro contiene una compuerta de 0.25 m X 0.25m, por donde ingresa agua decantada, esta se encuentra bajo una losa, lo cual están unidas por un canal.

- **Cisterna de almacenamiento de 100 m<sup>3</sup>**

El agua filtrada se recolecta y almacena en una cisterna que tiene una capacidad de 100 m<sup>3</sup>, esta es de concreto armado, lo cual tiene presencia de material orgánico en las paredes; seguidamente, el agua tratada se conduce hacia los reservorios de la ciudad como se muestra en la Figura 39.

**Figura 39**

*Batería de filtros de arena*



*Nota.* Fotografías de las visitas realizadas

Los filtros prácticamente no tienen medio filtrante, en el tiempo se ha ido perdiendo en el proceso de lavado y no ha sido reemplazado. Conserva parte del medio de soporte conformado por grava. Los filtros son lavados cada mes, lo que indica una deficiencia en la operación.

De acuerdo a las capacidades en cada proceso, el caudal de tratamiento en la planta sería de 37.5 L/s; sin embargo, se observa que a la planta está ingresando un caudal de 90 L/s, lo cual es muy superior a su capacidad de diseño.

La planta de tratamiento cuenta con un by-pass que permite desviar el agua, saltando todo el proceso de tratamiento en la planta, hasta la cisterna. Esto se realiza cuando se quiere hacer mantenimiento a toda la planta.

Como la planta no cuenta con todas las instalaciones de dosificación de coagulante, durante las épocas de avenida, cuando se presenta una gran turbidez se cierra el ingreso a la planta hasta que el agua tenga aparentemente la calidad adecuada para el tratamiento.

La planta no cuenta con un sistema de desinfección, lo que implica que el agua sale de la planta sin aplicarse algún componente de desinfección, lo cual es un riesgo para la salud. La Tabla 13 muestra la estimación de la capacidad de los filtros.

#### b) Estimación de capacidad de filtros

$$\text{Area superficial} = \text{Ancho} * \text{Largo}$$

**Tabla 13**

*Estimación de capacidad de filtros*

N° Unidad	Ancho (m)	Largo (m)	Área Superficial (m <sup>2</sup> )
F-1	1.35	2.5	3.375
F-2	1.35	2.5	3.375
F-3	1.35	2.5	3.375
F-4	1.35	2.5	3.375
		<b>Total=</b>	<b>13.5</b>

*Nota.* Elaboración Propia

Según las áreas netas de las cajas de filtración se tiene una sumatoria de 13.5 m<sup>2</sup>, considerando una tasa de filtración seleccionada de 240 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.día, debido a que el tipo de lecho filtrante fue diseñado para trabajar con arena y antracita (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006).

Se obtiene una capacidad estimada de:  $\text{Capacidad(m}^3/\text{d)} = \text{Área (m}^2) \times \text{Tasa de filtración (m}^3/\text{m}^2.\text{día)}$

$$\text{Capacidad(m}^3/\text{día)} = 13.5 \text{ m}^2 \times 240 \text{ (m}^3/\text{m}^2. \text{ día)} = 3,240.0 \text{ m}^3/\text{día} = 37.5 \text{ L/s}$$

En tal sentido, actualmente los filtros carecen de lecho filtrante debido a que no fue repuesto debido a las constantes lavadas que se dieron, en tal sentido el filtro solamente permite el paso del agua por la cama de grava que no realiza filtración alguna.

### 4.3. Resultados del Diagnóstico a la PTAP

#### 4.3.1. Potencial de producción actual

La cantidad de caudal de producción de los componentes de la planta de tratamiento se muestran en el siguiente cuadro donde se evidencia la brecha a cubrir y equilibrar para así lograr una adecuada calidad de agua tratada a suministrar a la población, estos datos fueron extraídos del diagnóstico realizado a la PTAP Huamachuco en el punto 4.2. La Tabla 14 y la Figura 40 muestran el potencial de producción PTAP Huamachuco.

**Tabla 14**

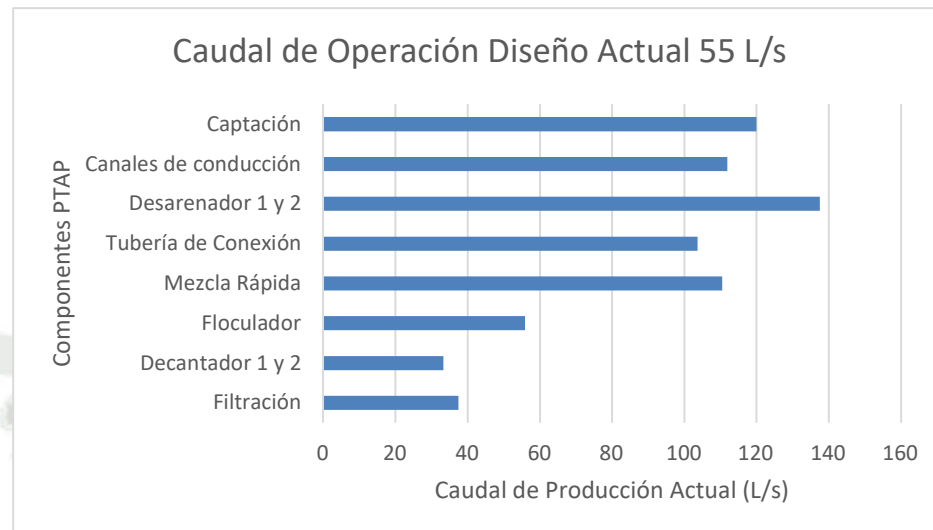
*Potencial de Producción PTAP Huamachuco*

Item	Componentes	Qp (L/s)
1	Captación	120
2	Canales de conducción	111.831323
3	Desarenador 1 y 2	137.475005
4	Tubería de Conexión	103.7
5	Mezcla Rápida	110.44
6	Floculador	55.86995
7	Decantador 1 y 2	33.2546759
8	Filtración	37.5

*Nota. Elaboración Propia*

**Figura 40**

*Potencial de Producción PTAP Huamachuco*



*Nota.* Elaboración Propia

De acuerdo al caudal de diseño a proponer podemos ver que las estructuras que requieren de una ampliación serán el floculador, decantador y la batería de filtros.

#### **4.3.2. Análisis Físico - Químico Microbiológico**

De acuerdo a las características físico - química de la captación ubicada en el río Grande, se infiere lo siguiente:

- Que la temperatura oscila entre los 10 °C y 12 °C, se usa como referencia 10 °C.
- Los pH de las 3 muestras oscilan entre 9.17 y 8.42m y según valores de la MINAM el rango aceptable para un tipo de agua A2 es entre 6.5 y 8.5 lo cual tenemos valores aceptables y no se requiere variadores de pH

#### **4.3.3. Diagnóstico Captación**

Según el diagnóstico y evaluación de la captación cubre la brecha propuesta con 120 L/s de producción, así como también la estructura se encuentra en buen estado.

#### ***4.3.4. Diagnóstico Canal de Conducción***

Según el diagnóstico y evaluación el canal de conducción cubre la brecha propuesta con 111.83 L/s de aforo, el canal se encuentra deteriorado y requiere mejoramiento, el canal no cuenta con un sistema de medición.

El tramo II se encuentra en las mismas condiciones.

Así como también las compuertas y sus marcos tienen evidente desgaste con óxido y sin pintura protectora.

#### ***4.3.5. Diagnóstico del Desarenador***

De acuerdo a la evaluación se obtiene lo siguiente:

- La estructura se encuentra en estado de deterioro moderado, es posible garantizar su funcionamiento con un mantenimiento adecuado a nivel de su relieve.
- Cada Desarenador tiene la capacidad de dar tratamiento a 68.7 L/s, en total ambos tienen la capacidad de tratar 137 L/s.

#### ***4.3.6. Diagnóstico de la Conducción***

De acuerdo a lo evidenciado se obtiene los siguientes resultados:

- El material de conducción es PVC de 200 mm en buen estado de conservación.
- La capacidad máxima es de 103 L/s, en la actualidad trabaja a su máxima capacidad. Excediendo el caudal con el que fue diseñado inicialmente para una planta de 50 L/s.

#### ***4.3.7. Diagnóstico de la Mezcla Rápida***

De acuerdo a la evaluación realizada se obtiene los siguientes resultados:

- La estructura se encuentra en un estado de deterioro, es necesario un mantenimiento a nivel estructural debido a las evidentes fisuras y filtraciones.

- La capacidad máxima es de 110 L/s, según las dimensiones de su estructura.
- No se aplica ningún tipo de aditivo para el tratamiento del agua.

#### **4.3.8. Diagnóstico del Floculador**

De acuerdo a la evaluación realizada se obtiene los siguientes resultados:

- El floculador existente es de flujo horizontal, con pantallas de asbesto cemento en estado muy deteriorado, en la estructura y las pantallas, en las aristas de la estructura se tiene filtraciones.
- La capacidad según la zona que presenta es de 55.86 L/s.
- Actualmente la planta está tratando caudales superiores a los 70 L/s es por eso que se encuentra saturada, el agua cubre las pantallas, lo cual evidencia su no funcionamiento.

#### **4.3.9. Diagnóstico del Decantador**

De acuerdo a la evaluación realizada sobre el decantador se obtiene los siguientes resultados:

- El decantador es un sedimentador de alta tasa con módulos laminares de placas paralelas que cumple con la función de remoción de turbidez.
- La tasa de decantación aparente es de  $q_s=235 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$ . lo cual da una capacidad de decantación de 33.25 L/s
- Actualmente la planta está tratando caudales superiores a los 70 L/s es por eso que se encuentra colapsada y sin mantenimiento, el agua cubre rebosa las placas que se encuentra con materia orgánica en su relieve y con la ausencia de varias placas debido al deterioro, lo cual evidencia su no funcionamiento.

- Este componente es el de menor capacidad siendo así el cuello de botella de la planta de tratamiento.
- La capacidad de decantación representa el 33% de lo actualmente usado y necesario.
- Según los resultados de agua tratada en la entrada y salida de la planta (Características Físico Química del Rio Grande), prácticamente no remueve absolutamente nada de turbiedad, dado indicadores similares; esto debido al no funcionamiento de este componente.

#### ***4.3.10. Diagnóstico de los Filtros***

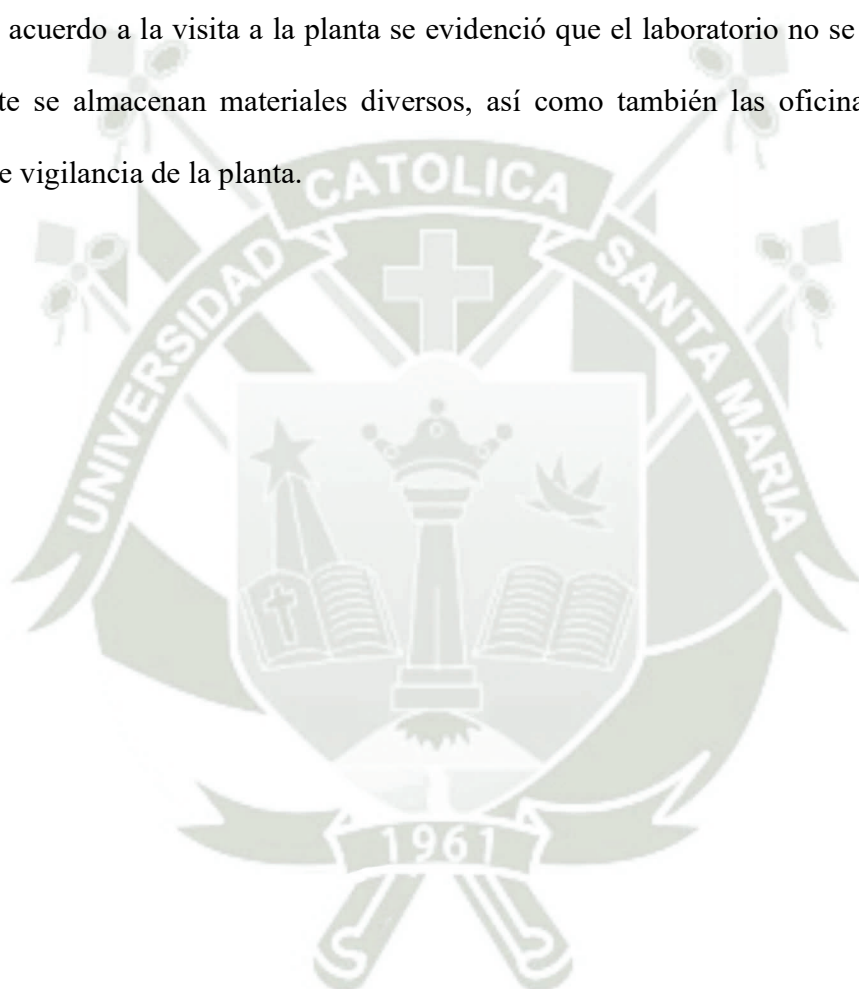
De acuerdo con la evaluación realizada a la batería de Filtros de Tasa Declinante se obtiene los siguientes resultados:

- El decantador es un sedimentador de alta tasa con módulos laminares de placas paralelas que cumple con la función de remoción de turbidez.
- La tasa de decantación aparente es de  $q_s=240$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.día. lo cual da una capacidad de decantación de 33.25 L/s (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006).
- Actualmente la planta está tratando caudales que bordea los 90 L/s es por eso que se encuentra colapsada y sin mantenimiento.
- Los módulos de filtración existentes no presentan lecho de filtración como arena y antracita, este material fue perdiéndose con las lavadas mensuales que se le da a la planta, lo cual evidencia una mala gestión de operatividad.

- Según los resultados de agua tratada en la entrada y salida de la planta (Características Físico Química del Rio Grande), prácticamente no filtra nada debido a que los indicadores son los mismos con el agua de entrada según muestra.

#### ***4.3.11. Diagnóstico del Laboratorio y Oficinas***

De acuerdo a la visita a la planta se evidenció que el laboratorio no se encuentra en uso, actualmente se almacenan materiales diversos, así como también las oficinas son de uso del personal de vigilancia de la planta.



## Capítulo V: Propuesta de Reestructuración

### 5.1. Criterios de Diseño

Según los resultados del diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Huamachuco, y tomando en cuenta como criterio básico y fundamental el Análisis Poblacional (5.2) se evidencia la gran brecha que se debe cubrir con el abastecimiento de agua necesaria para la población, en tal sentido este proyecto de investigación contempla los siguientes criterios para su reestructuración:

- La propuesta de mejoramiento a la PTAP Huamachuco, que contempla esta investigación está basada en el estado actual de la planta, estudios de población, calidad de agua cruda y fuente de abastecimiento, por ello se optó por una Planta de tipo convencional de filtración rápida con sistema de filtración directa.
- Para el cálculo de población futura, la presente investigación utilizará el periodo de diseño de 20 años, según lo establecido en la Norma Técnica de diseño, obteniendo así una tasa de crecimiento de 2.46% y con ello una cantidad de habitantes de 122,881.0 para el año 2042.
- Considerando como fuente la Norma Técnica de Diseño: se asume la dotación para un clima frío, característico de la sierra a 150 L/habitante/día, el periodo de diseño de 20 años y considerando un porcentaje de 20% de pérdidas en redes, calculamos un caudal de diseño de 354.07 L/s.
- La reestructuración que propone la presente investigación será únicamente para un caudal de diseño de 100 L/s, a razón que la fuente principal de abastecimiento “Río Grande” oferta un caudal máximo de 70 L/s en época de estiaje, así mismo, actualmente ciertas estructuras vienen trabajando en similitud al caudal de diseño propuesto, con la

propuesta de reestructuración se estaría duplicando el caudal para la que originalmente fue diseñada.

## 5.2. Análisis Poblacional

### 5.2.1. Población Actual

Para realizar la proyección poblacional de la ciudad de Huamachuco, se utilizaron los datos censales proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) correspondientes a los años 2007 y 2017. A partir de estos datos, se aplicó un método de proyección demográfica para estimar la población de los años intermedios y futuros.

#### 5.2.1.1. Método de Proyección.

El método utilizado para la proyección poblacional es el método de crecimiento exponencial, el cual se basa en la fórmula:

**Ecuación 10.**  
*Población en el año*

$$P_t = P_0 * (1 + r)^t \dots(10)$$

**Donde:**

- $P_t$ : Población en el año t.
- $P_0$ : Población en el año base.
- $r$ : Tasa de crecimiento anual.
- $t$ : Número de años desde el año base.

#### 5.2.1.2. Cálculo de la Tasa de Crecimiento.

Para determinar la tasa de crecimiento anual ( $r$ ), se utilizó la población de los censos de 2007 y 2017. La tasa de crecimiento se calculó con la fórmula:

**Ecuación 11.**  
*Tasa de crecimiento*

$$r = \left( \frac{P_{2017}}{P_{2007}} \right)^{1/10} * 1 \dots(11)$$

**Donde:**

- $P_{2017} = 66902$
- $P_{2007} = 52459$

**Justificación del Uso del Método**

El método de crecimiento exponencial fue elegido debido a su simplicidad y la disponibilidad de datos limitados. Este método es adecuado para proyecciones a corto y mediano plazo cuando se asume una tasa de crecimiento constante, lo cual es razonable dada la información proporcionada por los censos.

**Proyección de la Población**

Aplicando la tasa de crecimiento anual calculada, se proyectó la población de Huamachuco para los años 2018 a 2022. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 15. En la Tabla 16 se muestra la población de hombres y mujeres de Huamachuco. Finalmente, en la Tabla 17 se muestra la tasa de crecimiento de la población de Huamachuco

**Tabla 15**

*Potencial Actual de Huamachuco*

Año	2007	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Población Total</b>	<b>52459.00</b>	<b>66902.00</b>	68547.79	70234.06	71961.82	73732.08	75545.89

*Nota.* Obtenido del INEI.

**Tabla 16**

*Mujeres y hombres de la población de Huamachuco*

<b>Población de Huamachuco (hombres y mujeres)</b>									
<b>2007</b>									
CUADRO N° 1: POBLACIÓN TOTAL, POR ÁREA URBANA Y RURAL, Y SEXO, SEGÚN DEPARTAMENTO, PROVINCIA, DISTRITO Y EDADES SIMPLES									
DEPARTAMENTO, PROVINCIA, DISTRITO Y EDADES SIMPLES	TOTAL	POBLACIÓN		TOTAL	URBANA		TOTAL	RURAL	
		HOMBRES	MUJERES		HOMBRES	MUJERES		HOMBRES	MUJERES
<b>Distrito HUAMACHUCO (000)</b>	<b>52459</b>	<b>25268</b>	<b>27191</b>	<b>29970</b>	<b>14299</b>	<b>15671</b>	<b>22489</b>	<b>10969</b>	<b>11520</b>
- Población Nominalmente Censada.									
- No se empadronó a la población del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.									
Fuente : INEI - Censos Nacionales 2007 : XI de Población y VI de Vivienda									
<b>2017</b>									
<b>AREA # 130901 La Libertad, Sánchez Carrión, distrito: Huamachuco</b>									
<b>P: Sexo</b>		<b>Casos</b>	<b>%</b>	<b>Acumulado %</b>					
Hombre		32 190	48,12%	48,12%					
Mujer		34 712	51,88%	100,00%					
<b>Total</b>		<b>66 902</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>					

*Nota.* Obtenido del INEI.

**Tabla 17**

*Tasa de crecimiento de la población de Huamachuco*

DESCRIPCIÓN	CANT	UND	VARIABLES				
			Año 0	2007	P0 :	52459	hab
Tasa de crecimiento (r)	2.46	%	Año t	2017	Pt :	66902	hab
			Tiempo:	t :	10	años	
<b>NOTA. Si la tasa es negativa se considerará una tasa 0 según RM-192 - MVCS - 2018</b>							
			<b>Ámbito Geográfico</b>		Perú, Departamento, Provincia y Distrito		
<b>Justificación</b>							
<b>Propósito de uso</b>		La tasa de crecimiento de población determina la velocidad de cambio demográfico de un país, región o localidad. Permite analizar la evolución demográfica y efectuar comparaciones entre regiones.					
<b>Fórmula</b>		$r = ((Pt/ Po)^{1/n} - 1) \times 100$ Donde: Pt es el total de habitantes del censo de 2007; Po es el total de habitantes del censo de 1993 , t es el tiempo transcurrido entre ambos censos(años y fracción),					

*Nota.* Obtenido del INEI.

### 5.2.2. Período de Diseño

Según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento para Plantas de Tratamiento de agua para consumo humano (PTAP) es conveniente asignarles 20 años como periodo de diseño, considerando año 0 el día de la recolección de información para el proyecto.

En tal sentido se considera como parámetro de diseño 20 años.

**Figura 41**

*Parámetro de diseño*

<b>ESTRUCTURA</b>	<b>PERIODO DE DISEÑO</b>
✓ Fuente de abastecimiento	20 años
✓ Obra de captación	20 años
✓ Pozos	20 años
✓ Planta de tratamiento de agua para consumo humano (PTAP)	20 años
✓ Reservorio	20 años
✓ Líneas de conducción, aducción, impulsión y distribución	20 años
✓ Estación de bombeo	20 años
✓ Equipos de bombeo	10 años
✓ Unidad Básica de Saneamiento (arrastre hidráulico, compostera y para zona inundable)	10 años
✓ Unidad Básica de Saneamiento (hoyo seco ventilado)	5 años

*Nota.* Obtenido de la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento.

### **5.2.3. Población Futura**

De acuerdo con la tasa de crecimiento obtenido de 2.46%, se puede estimar la población futura para la ciudad de Huamachuco, y considerando el periodo de diseño calculado se obtiene 122,881.0 habitantes para el año 2042.

### **5.2.4. Dotación de Agua Potable**

Considerando como fuente la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Urbano, se asume la dotación para un clima frío, característico de la sierra a 150 L/habitante/día.

### **5.2.5. Caudal de Diseño**

El caudal de diseño se calcula considerando varios factores: dotación de agua potable, demanda comercial, industrial y estatal, pérdidas en redes, volúmenes de regulación y contra incendios. A continuación, se justifica cada uno de estos elementos y se presentan los cálculos correspondientes.

### 5.2.5.1. Justificación de Demanda Comercial, Industrial y Estatal.

Es fundamental considerar las demandas de agua de diferentes sectores de uso, incluyendo el comercial, industrial y estatal. La siguiente tabla presenta el consumo promedio por conexión por mes, el número de edificios y la demanda anual para cada uno de estos usos que se muestra en el Cuadro de Demandas de la Tabla 18.

**Tabla 18**

*Cuadro de Demandas*

USO	CONSUMO: M3/CONEX/MES	CANTIDAD	DEMANDA (M3/AÑO)
COMERCIAL	44.66	87	46,625.04
INDUSTRIAL	49.48	21	12,469.67
ESTATAL	80.47	28	27,037.92

Nota. Obtenido de la Municipalidad Provincial de Sánchez Carrión.

### 5.2.5.2. Justificación de Pérdidas en Redes.

La determinación del 20% de pérdidas en las redes de distribución de agua en Huamachuco se basa en datos proporcionados por la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS) SEGASC. Según el Informe N° 0176-2017-MPSC/SEGASC/ALRA de la EPS SEGASC, se ha estimado que las pérdidas en las redes de distribución de agua en Huamachuco alcanzan un 20%. Este valor se obtuvo al analizar la producción y el consumo de agua en la ciudad, considerando tanto las conexiones antiguas como las nuevas.

### **5.2.5.3. Justificación de Volúmenes de Regulación.**

El volumen de regulación se calcula para asegurar un suministro constante de agua, considerando variaciones en la demanda diaria. Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), se recomienda un volumen de regulación equivalente al 25% del caudal promedio diario.

### **5.2.5.4. Justificación de Volumen Contra Incendio.**

El volumen contra incendio es una reserva específica para emergencias. Según el RNE, se debe considerar un volumen contra incendio de 50 m<sup>3</sup>. La Tabla 19 muestra el cálculo de caudal de Diseño.



**Tabla 19**

Matriz de cálculo de caudal de diseño

**CAUDAL DE DISEÑO - HUAMACHUCO**

**Datos básicos de diseño**

Tasa de crecimiento           0.0246  
  
Dotación                           150  
Coef. Var. Diaria K1=           1.3  
Coef. Var. Horaria K2=        1.8

**Almacenamiento**

El Volumen de almacenamiento es la suma de: Volumen de Regulación= 0.25\*Qp (m3), (25% de capacidad de regulación, según RNE).

Volumen contra incendio = 50m3, según el RNE.

Año	Años del proyecto	Población	Demanda de Agua Domestica		DEMANDA COMERCIAL	DEMANDA INDUSTRIAL	DEMANDA ESTATAL	DEMANDA TOTAL	Perdidas de agua	Producción Total de Agua		Volúmenes de Almacenamiento (m <sup>3</sup> )			Caudales de diseño (lt/seg)		
			Proyectada (2038)	Anual (m <sup>3</sup> /año)	Diaria (lt/seg)	Anual (m <sup>3</sup> /año)	Anual (m <sup>3</sup> /año)	Anual (m <sup>3</sup> /año)		Anual (m <sup>3</sup> /año)	%	Anual (m <sup>3</sup> /año)	Diaria (lt/seg)	Vol. de Regulación	Vol. Contra Incendio	Vol. Total	Promedio
2007		52459															
2017		66902	3662884.50	116.15	46625.04	12469.67	27037.92	3749017.13	20	4686271.41	148.60	3210.00	50.00	3260.00	148.60	193.18	267.48
2022	0	75546	4136143.50	131.16	47772.00	12776.00	27703.00	4224394.50	20	5280493.13	167.44	3617.00	50.00	3667.00	167.44	217.68	301.40
2023	1	77404	4237869.00	134.38	48947.00	13091.00	28385.00	4328292.00	20	5410365.00	171.56	3706.00	50.00	3756.00	171.56	223.03	308.81
2024	2	79309	4342167.75	137.69	50151.00	13413.00	29083.00	4434814.75	20	5543518.44	175.78	3797.00	50.00	3847.00	175.78	228.52	316.41
2025	3	81260	4448985.00	141.08	51385.00	13743.00	29798.00	4543911.00	20	5679888.75	180.11	3890.00	50.00	3940.00	180.11	234.14	324.19
2026	4	83259	4558430.25	144.55	52649.00	14081.00	30531.00	4655691.25	20	5819614.06	184.54	3986.00	50.00	4036.00	184.54	239.90	332.17
2027	5	85307	4670558.25	148.10	53944.00	14427.00	31282.00	4770211.25	20	5962764.06	189.08	4084.00	50.00	4134.00	189.08	245.80	340.34
2028	6	87405	4785423.75	151.74	55271.00	14782.00	32052.00	4887528.75	20	6109410.94	193.73	4185.00	50.00	4235.00	193.73	251.85	348.71
2029	7	89555	4903136.25	155.48	56631.00	15146.00	32840.00	5007753.25	20	6259691.56	198.49	4287.00	50.00	4337.00	198.49	258.04	357.29
2030	8	91758	5023750.50	159.30	58024.00	15518.00	33648.00	5130940.50	20	6413675.63	203.38	4393.00	50.00	4443.00	203.38	264.39	366.08
2031	9	94016	5147376.00	163.22	59451.00	15900.00	34476.00	5257203.00	20	6571503.75	208.38	4501.00	50.00	4551.00	208.38	270.90	375.09
2032	10	96329	5274012.75	167.24	60914.00	16291.00	35324.00	5386541.75	20	6733177.19	213.51	4612.00	50.00	4662.00	213.51	277.56	384.31
2033	11	98698	5403715.50	171.35	62412.00	16692.00	36193.00	5519012.50	20	6898765.63	218.76	4725.00	50.00	4775.00	218.76	284.39	393.77
2034	12	101126	5536648.50	175.57	63948.00	17103.00	37083.00	5654782.50	20	7068478.13	224.14	4841.00	50.00	4891.00	224.14	291.38	403.45
2035	13	103614	5672866.50	179.89	65521.00	17523.00	37996.00	5793906.50	20	7242383.13	229.65	4961.00	50.00	5011.00	229.65	298.55	413.38
2036	14	106163	5812424.25	184.31	67133.00	17954.00	38930.00	5936441.25	20	7420551.56	235.30	5083.00	50.00	5133.00	235.30	305.90	423.55
2037	15	108774	5955376.50	188.84	68784.00	18396.00	39888.00	6082444.50	20	7603055.63	241.09	5208.00	50.00	5258.00	241.09	313.42	433.96
2038	16	111450	6101887.50	193.49	70476.00	18849.00	40869.00	6232081.50	20	7790101.88	247.02	5336.00	50.00	5386.00	247.02	321.13	444.64
2039	17	114192	6252012.00	198.25	72210.00	19312.00	41875.00	6385409.00	20	7981761.25	253.10	5467.00	50.00	5517.00	253.10	329.03	455.58
2040	18	117001	6405804.75	203.13	73986.00	19787.00	42905.00	6542482.75	20	8178103.44	259.33	5601.00	50.00	5651.00	259.33	337.12	466.79
2041	19	119879	6563375.25	208.12	75806.00	20274.00	43960.00	6703415.25	20	8379269.06	265.70	5739.00	50.00	5789.00	265.70	345.42	478.27
2042	20	122828	6724833.00	213.24	77671.00	20773.00	45042.00	6868319.00	20	8585398.75	272.24	5880.00	50.00	5930.00	272.24	353.91	490.03
															<b>PTAP</b>	<b>REDES</b>	

Nota. Elaboración Propia

Considerando la dotación de 150 L/habitante/día, el periodo de diseño de 20 años y considerando un porcentaje de 20% de pérdidas en redes, tenemos como resultado los siguientes caudales de diseño:

$$\text{Caudal Promedio (Qp)} = 272.24 \text{ L/s}$$

$$\text{Caudal máximo diario (Qmd)} = 353.91 \text{ L/s}$$

Se evidencia la brecha a cubrir según la demanda de la población en la actualidad y en la culminación de la proyección de esta investigación (2042).

### 5.3. Diseño de la Planta de Tratamiento

Habiendo realizado el diagnóstico situacional de la PTAP Huamachuco, la presente investigación, propone la reestructuración de la planta, apoyado en la normativa vigente y los criterios de cálculo y diseño para estructuras hidráulicas, para con ello cubrir parte de la demanda de abastecimiento y calidad de agua en la población presente y futura de la ciudad de Huamachuco. Según diagnóstico realizado podemos validar que las estructuras de captación, pretratamiento y conducción cumplen con la demanda actual y futura, como se muestra en la Tabla 20.

**Tabla 20**

*Caudal obtenido en las unidades de pretratamiento*

ESTRUCTURA	CAPACIDAD MAXIMA
CANAL DE CONDUCCIÓN	111.8 L/s
DESARENADORES	137.0 L/s
LINEA DE CONDUCCIÓN	103.0 L/s

*Nota.* Elaboración Propia

### 5.3.1. *Diseño del Canal de Mezcla Rápida*

De acuerdo con el diagnóstico situacional de la PTAP existente, podemos validar que la estructura de mezcla rápida cumple con el caudal de diseño propuesto en esta investigación; sin embargo, esta se encuentra deteriorada y en pésimas condiciones de servicio por lo que sugerimos el reemplazo de la misma.

#### 5.3.1.1. **Dimensionamiento del Canal de Mezcla Rápida.**

De acuerdo al caudal de diseño establecido: 100 L/s., se procederá a diseñar el canal de mezcla rápida, partiremos realizando el diseño del canal parshall, para ello a criterio de diseño elegimos un ancho de garganta (W) de 9", lo que significa una capacidad de 2.58 L/p hasta 252 L/s, en función a este utilizaremos las dimensiones en la secciones, propuestas para este ancho de garganta, que garantiza el correcto uso hidráulico del canal y garantizamos el correcto resalto hidráulico en el canal, así como se puede apreciar en la Tabla 21 y en la Figura 42.

**Tabla 21**

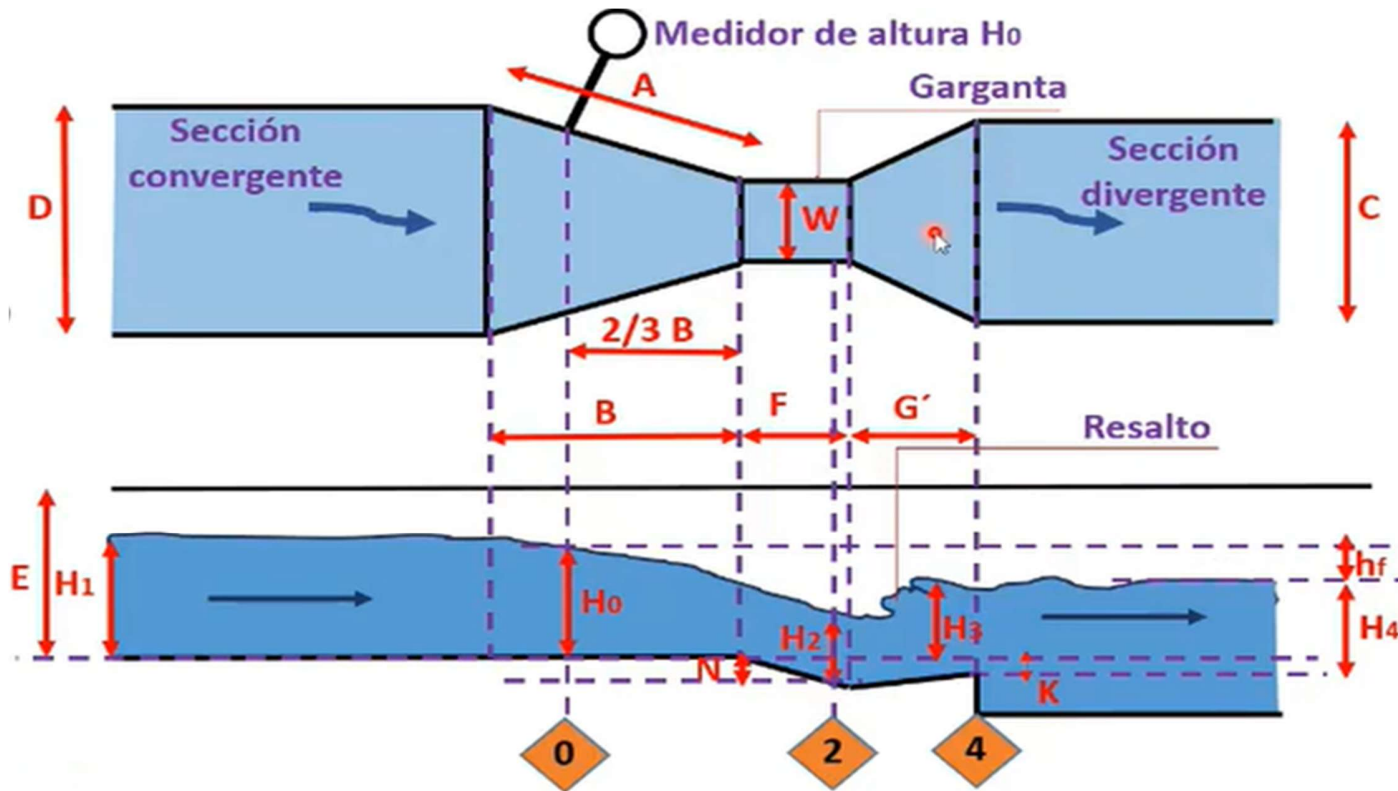
*Dimensiones de los canales de Mezcla Rápida Parshal*

W (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	F (cm)	G (cm)	K (cm)	N (cm)
2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
5.1	41.4	40.6	13.5	21.4	35.6	11.4	25.4	2.2	4.3
7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7
15.2	62.1	61.0	39.4	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4
22.9	88.0	86.4	38.0	57.5	61.0	30.5	45.7	7.6	11.4

*Nota.* Elaboración Propia

**Figura 42**

*Dimensiones de los canales de Mezcla Rápida Parshal*



*Nota.* Elaboración Propia

A partir de estos datos realizamos el cálculo del número de Froude 1.826, lo que indica que el régimen en el resalto será supercrítico ( $Fr > 1$ ) y con ello comprobamos que el cálculo y las dimensiones son correctas.

En función a estos datos realizamos el cálculo del gradiente de velocidad 1091.11 s<sup>-1</sup>, el cual deberá ser similar al gradiente de laboratorio 1000 s<sup>-1</sup>, para garantizar que el cálculo sea correcto, así como se muestra a continuación:



**Tabla 22**

*Cálculo de la gradiente de velocidad Mezcla Rápida*

ITEM	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	ECUACIÓN	
1	Caudal	Q= 0.1	m <sup>3</sup> /s	$H_o = KQ^n$	$H_o = KQ^n$	Altura de agua en la sección de medición	m	(12)	
	Tamaño de Canaleta	W= 0.229	m		Ho=				0.346
	Constantes	K= 1.486	und						
n= 0.633		und							
2	Dimensión de la canaleta D	D= 0.575	m	$D' = \frac{2}{3}(D - W) + W$	D'= 0.460	Ancho de la Sección de medición	m/s	(13)	
3				$V_o = \frac{Q}{D'H_o}$	V <sub>o</sub> = 0.629	Velocidad en la sección de medición	und	(14)	
4				$q = Q/W$	q= 0.437	Caudal específico en la garganta de la canaleta	m/s	(15)	
5	Dimensión de la Canaleta	N= 0.114	m	$E_o = \left(\frac{V_o^2}{2g}\right) + H_o + N$	E <sub>o</sub> = 0.480	Carga Hidraulica Disponible	m	(16)	
6				$\cos \theta = -qg / \left(\frac{2}{3} * gE_o\right)^{1.5}$	cos θ= -0.770			(16)	
					θ= 140.349				
7				$V_1 = 2 \left(\frac{2gE_o}{3}\right)^{0.5} \cos \theta / 3$	V <sub>1</sub> = 2.427	Velocidad antes del resalto	m/s	(17)	
8				$h_1 = q/V_1$	h <sub>1</sub> = 0.180	Altura del agua antes del resaldo	m	(18)	
9				$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g * h_1}}$	F <sub>1</sub> = 1.827	Numero de Froude	und	(19)	
10				$h_2 = h_1 / 2 [1 + 8F_1^2]^{0.5} - 1$	h <sub>2</sub> = 0.383	Altura del Resalto	m	(20)	
11				$V_2 = \frac{Q}{W * h_2}$	V <sub>2</sub> = 1.139	Velocidad en el resalto	m/s	(21)	
12	Dimensión	K <sup>1</sup> = 0.076	m	$h_3 = h_2 - (N - K^1)$	h <sub>3</sub> = 0.345	Altura en la sección de la salida de la canaleta	m	(22)	
13	Dimensión	C= 0.38	m	$V_3 = \frac{Q}{C * h_3}$	V <sub>3</sub> = 0.762	Velocidad en la sección de salida	m/s	(23)	
14				$h_p = H_o + K - h_3$	h <sub>p</sub> = 0.076	Perdida de Carga en el Resalto	m	(24)	
15	Dimensión	G <sup>1</sup> = 0.457	m	$T = \frac{2G^1}{V_2 + V_3}$	T= 0.481	Tiempo de Mezcla en el resalto	s	(25)	
16	T=10°C	$\sqrt{y/u} = 2736$		$G_1 = \sqrt{y/u} * \sqrt{\frac{h_p}{T}}$	G <sub>1</sub> = 1091.105	Gradiente de velocidad	s <sup>-1</sup>	(26)	

*Nota:* Elaboración Propia

En base a los datos de las operaciones realizadas en planta existente y apoyados en la norma OS.020 5.7 el proceso de coagulación se realizará mediante la adición de Sulfato de Aluminio en cantidades de solución históricas utilizadas para tratar aguas con presencia de turbidez elevada que además están sustentadas en la misma norma, para ello realizamos el cálculo de los difusores de inyección de coagulante, que estará en función al caudal de ingreso y a la concentración y dosis óptima de coagulante, según la Tabla 23.

**Tabla 23**

*Cálculo características del difusor*

ITEM	OSERVACIÓN	DATOS	UND	VALOR
1	Numero de orificios	N=		0.1
2	Sección de los orificios	Ao=	m <sup>2</sup>	0.5
3	Caudal de solución	q=	L/s	20
4	Velocidad en los orificios	vo=	m/s	0.18
5	Velocidad en la tubería	Vt=	m/s	0.4
6	Sección del difusor	At=	plg	0.00035
7	Diámetro del difusor	D=	plg	0.8
8	Altura de agua en el vertedero	H3=	m	0.16

*Nota.* Elaboración Propia

### 5.3.1.2. Diseño estructural de la Mezcla Rápida

Según la distribución planteada, con muros exteriores, y losa de concreto; para el diseño, se consideró los requisitos generales de resistencia y de servicio estipulados en el capítulo 9 de la norma E.060 de concreto armado.

**a) Datos Iniciales**

- Altura total: 1.05 m
- Altura de la losa de fondo: 0.2 m
- Altura del agua: 0.85 m
- Resistencia del concreto  $F'c$ : 210 kgf/cm<sup>2</sup>

• **Cargas de diseño:**

- Carga Muerta: Peso propio del concreto (2,400 kgf/m<sup>3</sup>)
- Carga Viva: Peso del agua (1,000 kgf/m<sup>3</sup>)

**a) Cálculo del Refuerzo de Acero**

○ **Cálculo del Refuerzo Vertical**

▪ **Variables Utilizadas:**

- $\rho$ : Presión en la base del módulo debido al agua (kgf/m<sup>2</sup>)
- $h_{agua}$ : Altura del agua en el módulo (m)
- $\gamma_{agua}$ : Peso específico del agua (1,000 kgf/m<sup>3</sup>)
- $M$ : Momento flector máximo (kgf·cm/m)
- $f_y$ : Resistencia del acero de refuerzo (4200 kgf/cm<sup>2</sup>)
- $d$ : Distancia efectiva desde el extremo del refuerzo hasta el borde más comprimido de la sección (cm)
- $A_s$ : Área de acero necesaria por metro lineal (cm<sup>2</sup>/cm)

▪ **Paso a Paso del Cálculo:**

- **Cálculo de la presión en la base del módulo:**

**Ecuación 21.**

*Presión en base de módulo*

$$\rho = \gamma_{agua} * h_{agua}$$

$$\rho = \gamma_{agua} * h_{agua} = 1,000 \text{kgf/m}^3 * 0.85\text{m} = 850 \text{kgf/m}^2$$

- **Cálculo del momento flector máximo en la base del módulo:**

Asumiendo una distribución triangular de la presión:

**Ecuación 22.**

*Momento flector máximo en base de módulo*

$$M = \frac{\rho * h_{agua}^2}{6}$$

$$M = \frac{\rho * h_{agua}^2}{6} = \frac{850 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} * (0.85\text{m})^2}{6} = 102.08 \text{kgf. m/m} = 10,208 \text{kgf. cm/m}$$

- **Cálculo del área de acero necesaria:**

**Ecuación 23.**

*Área de acero necesaria*

$$A_s = \frac{M}{f_y * d}$$

Donde:

$$A_s = \frac{10,208 \text{kgf. cm/m}}{4,200 \text{kgf/m}^2 * 85\text{cm}} = 0.0029 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

- **Selección del refuerzo:**

Utilizando varillas de 1/2" (diámetro de 1.27 cm) y un espaciamiento de 20 cm:

**Ecuación 4.**

*Área proporcionada por varilla*

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi * (1.27\text{cm})^2}{4}$$

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi * (1.27\text{cm})^2}{4} = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$\text{Número de varillas necesarias} = \frac{0.0029 \text{ cm}^2/\text{cm}}{1.27 \text{ cm}^2} \approx 0.0023 \frac{\text{varillas}}{\text{cm}} * 100$$

$$\approx 0.23 \frac{\text{varillas}}{\text{m}}$$

Se puede proporcionar varillas de 1/2" @ 20 cm (doble malla).

- **Cálculo del Refuerzo Horizontal**

Asumiendo cargas horizontales y consideraciones sísmicas de acuerdo con la norma E.030, se seleccionará un refuerzo de varilla de 3/8" @ 20 cm (doble malla).

**a) Resumen del Refuerzo**

- **Refuerzo Vertical:**

- Varilla de 1/2" @ 20 cm (doble malla)

- **Refuerzo Horizontal:**

- Varilla de 3/8" @ 20 cm (doble malla)

### **5.3.2. Diseño del Floculador.**

Como se observó en el diagnóstico de la PTAP existente, el floculador existente es una estructura de flujo horizontal, según la norma OS.020 5.9.3. este tipo de estructuras solo pueden tratar como máximo 50 L/s, por ello es necesario cambiar por un floculador de flujo vertical que además es una estructura mucho más eficiente a nivel de área y eficaz a nivel de tratamiento dado que pueden tratar de 50 L/s a más.

Se propone la reestructuración de dos tramos de diferente sección adaptándose así al espacio existente en la planta.

#### **5.3.2.1. Dimensionamiento del Floculadores.**

A partir del caudal de diseño propuesto 0.1 L/s y el tiempo de floculación de 20 min. establecido en laboratorio, calcularemos el volumen total de la unidad 120 m<sup>3</sup>, el cual garantizará que el caudal permanezca en la estructura el tiempo de floculación establecido.

Según criterios de diseño propuesto usaremos para la longitud y profundidad de la estructura utilizaremos 16 y 3 m. respectivamente y con estos datos calculamos el ancho efectivo 2.5 m., a partir de estos datos calcularemos el tiempo de retención en el primer tramo, para ello asumimos un ancho útil de 1.1 m, así obtenemos un tiempo de retención de 8.8 min.

Utilizando el dato de gradiente de laboratorio 44 s<sup>-1</sup> se calcula el número de pantallas 36 y partir de esto dato y el espesor de las pantallas que estará en función al material, calculamos el espaciamiento entre pantallas 0.416 m.

Así, se siguen realizando los cálculos y obtenemos la velocidad en los tramos verticales 0.219 m/s y la velocidad en los pasos 0.146 m/s, ambas velocidades deberán ser mínimas OS.020

5.9.3.2, ambos datos nos servirán para calcular la altura en los pasos 0.624 m, ésta altura no deberá ser mayor a  $1/3$  de la altura total de pantalla según la OS.020 5.9.3.2.

Utilizando el coeficiente Manning, calculamos la pérdida de carga continua y la pérdida de carga en las vueltas, que sumadas nos darán la pérdida de carga total, con lo que podemos obtendremos el perfil hidráulico en el tramo 1.

Haciendo uso de las dimensiones asumidas de toda la unidad, el espesor y número de pantallas y la altura de paso obtenemos un volumen total de 50.48 m<sup>3</sup> en el primer tramo.

Habiendo hallado la pérdida de carga y volumen total, cálculos a partir de estos datos el gradiente de longitud total 45.13 s-1, valor que deberá ser similar al gradiente de laboratorio que en este tramo es 44 s-1, lo que indica que los cálculos se desarrollaron de manera correcta.

Finalmente, para comprobar los cálculos realizados, calculamos el ancho del tramo 1.1 m, el cual, de resultar igual al ancho asumido inicialmente, con lo que podemos validar que cálculo cumple con la solicitud de diseño. En la Tabla 24 y Tabla 25 se muestra el diseño hidráulico de Floculadores Verticales Tramo 01.

**Tabla 24**

*Diseño Hidráulico de Floculadores Verticales Tramo 01*

ITEM	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	ECUACIÓN
1	Caudal	Q= 0.1	m <sup>3</sup> /s	$V = (Q)(T)60$	$V = (Q)(T)60$	Volumen total de la unidad	m <sup>3</sup>	(31)
	Tiempo total de Floculación	T= 20	min		$V = 120$			
2	Longitud de la unidad	L= 16	m	$B = \frac{V}{H * L}$	$=18/(E10 * E9)$	Ancho total de la unidad	m <sup>3</sup>	(32)
	Profundidad del Floculador	H= 3	m		B= 2.5			
3	Ancho de 1° Tramo	b1= 1.1	m	$t_1 = \frac{H * b_1 * L}{60Q}$	t <sub>1</sub> = 8.8	Tiempo de retención del 1° Tramo	min	(33)
4	Gradiente de velocidad en el 1° Tramo	G1- Lab= 44	s-1	$m_1 = 0.045 \left[ \frac{(b_1 * L * G_1 - Lab)^2}{Q^2} * t_1 \right]^{1/3}$	m <sub>1</sub> = 36.36500353	Número de compartimientos entre pantallas en el 1° Tramo	und	(34)
5	Espesor de las pantallas	e= 0.03	m	$a_1 = \frac{[L - e(m_1 - 1)]}{m_1}$	a <sub>1</sub> = 0.415670932	Espaciamiento entre pantallas en el 1° Tramo	m	(35)
6				$V_{CV-1} = \frac{Q}{(a_1 + b_1)}$	V <sub>CV-1</sub> = 0.21870447	Velocidad en los Tramos verticales del 1° Tramo	m/s	(36)
7				$V_{P-1} = \frac{2}{3} * V_{CV-1}$	V <sub>P-1</sub> = 0.14580298	Velocidad en los pasos del 1° Tramo	m/s	(37)
8				$P = \frac{Q/V_{P-1}}{b_1}$	P= 0.623506398	Altura del paso del 1° Tramo	m	(38)
9				$I_1 = 60(V_{CV-1})(t_1)$	I <sub>1</sub> = 115.4759602	Extension total de Traos en el 1° Tramo	m	(39)
10				$R_{H-1} = \frac{a_1 * b_1}{2(a_1 + b_1)}$	R <sub>H-1</sub> = 0.150836839	Radio Hidraulico del compartimiento entre pantallas del 1° Tramo	m	(40)
11				$j_{1+tramo} = \frac{2 * a_1 * R_{H-1}}{(a_1 - 2R_{H-1})}$	j <sub>1+tramo</sub> = 1.1	Altura de la ventana entre compartimiento del 1° y 2° tramo	m	(41)
12				$hl_{1+tramo} = 5\% * (b_1) * (a_1)$	hl <sub>1+tramo</sub> = 0.022861901	Altura para la limpieza en el 1° tramo	m	(42)
13	Coefficiente de Manning	n= 0.01	cte	$h_{a1+tramo} = \left[ \frac{n * V_{CV-1}}{(R_{H-1})^{2/3}} \right]^2 * I_1$	h <sub>a1+tramo</sub> = 0.00687908	Perdida de carga continua en el 1° tramo	m	(43)
14				$h_{b1+tramo} = \left[ \frac{(m+1) * (V_{CV-1})^2 + m(V_{P-1})^2}{2g} \right]$	h <sub>b1+tramo</sub> = 0.130494156	Perdida de carga en las vueltas del 1° tramo	m	(44)
15				$h_f = h_{a1+tramo} + h_{b1+tramo}$	h <sub>f</sub> = 0.137373236	Perdida de carga total en el 1° tramo	m	(45)
16				$V = H(b_1)L - e(m_1 - 1)(b_1)(H - P)$	V= 50.48877062	Volumen del 1° tramo	m <sup>3</sup>	(46)
17	Temperatura	$\sqrt{y/u} = 2736$		$G_{1+tramo} = \sqrt{y/u} * \sqrt{\frac{h_f * Q}{V_{1+tramo}}}$	G <sub>1+tramo</sub> = 45.13045991	Comprobacion del gradiente de longitud total en el 1° Tramo	s <sup>-1</sup>	(47)
18	Numero de Pantallas	n <sub>1</sub> = 47		$h_{pantalla} = h_f/n_1$	h <sub>pantalla</sub> = 0.002922835	Perdida de carga en cada pantalla en el 1° Tramo	m	(48)
19	Asumir Paso Superior en el	h <sub>1</sub> = 0.14		$h_2 = h_1 - h_{pantalla}$	h <sub>2</sub> = 0.132077165	Perdida de carga en cada pantalla en el 1° Tramo	m	(49)
20	Del cociente De tabla	h <sub>2</sub> /h <sub>1</sub> = 0.98 α= 0.36		$q = 1.84 * a * h_1$	q= 0.0904176	Caudal unitario	m <sup>3</sup> /s/m	(50)
21		b <sub>asumido</sub> = 1.1		$b = \frac{Q}{q}$	b <sub>1-calculado</sub> = 1.105979367	Verificando ancho del tramo 1°	m	(51)

Nota: Elaboración Propia

Para el segundo tramo, se procede a realizar los mismos cálculos partiendo de las dimensiones de principales, para este caso asumimos un ancho útil de tramo de 1,4 m, con lo que calcularemos el tiempo de retención 11.3 min., que sumado a los 8.8 min. calculados para el primer tramo cumplimos con el tiempo de retención de 20 min solicitado para toda la unidad.

Para este tramo se utilizará un gradiente teórico sugerido por norma OS.020 5.9.3.2 de 20 s-1 con ello obtenemos para este segundo tramo un total de 27 pantallas y un espaciamiento de 0.56 m, la velocidad de en los tramos verticales y la velocidad en los pasos para este tramo será de 0.127 m/s y 0.0849 m/s con los que podemos comprobar que ambas vienen decreciendo respecto al primer tramo, lo que es indicador que el cálculo se realizó de manera correcta., en este tramo obtenemos una altura de paso de 0.84 m, que en similitud al primer tramo no supera el tercio de la altura total de la pantalla.

Se calcula el volumen total del tramo 65.21 m<sup>3</sup>, que sumado al volumen calculado en el primer tramo 117.7 m<sup>3</sup>, deberá ser igual o similar al volumen total de la unidad 120 m<sup>3</sup>.

A partir de estos datos se realiza la comprobación del gradiente 19.96 s-1, cuyo resultado debe ser similar al gradiente asumido 20 s-1. Para finalizar el cálculo en este tramo verificamos que el ancho asumido 1.4 m, sea similar al ancho calculado 1.4 m. A continuación se muestra el diseño hidráulico de Floculadores Verticales Tramo 02

**Tabla 25**

*Diseño Hidráulico de Floculadores Verticales Tramo 02*

ITEM	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	ECUACIÓN
1	Caudal	Q= 0.1	m3/s	$V = (Q)(T)60$	$V = (Q)(T)60$	Volumen total de la unidad	m <sup>3</sup>	(31)
	Tiempo total de Floculación	T= 20	min		$V = 120$			
2	Longitud de la unidad	L= 16	m	$B = \frac{V}{H * L}$	$=140/(E42 * E41)$	Ancho total de la unidad	m <sup>3</sup>	(32)
	Profundidad del Floculador	H= 3	m		B= 2.5			
3	Ancho de 1° Tramo	b1= 1.4	m	$t_1 = \frac{H * b_1 * L}{60Q}$	t <sub>1</sub> = 11.2	Tiempo de retención del 1° Tramo	min	(33)
4	Gradiente de velocidad en el 1° Tramo	G1- Lab= 20	s-1	$m_1 = 0.045 \left[ \frac{(b_1 * L * G_1 - Lab)^2}{Q^2} * t_1 \right]^{1/3}$	m <sub>1</sub> = 27.36132958	Número de compartimientos entre pantallas en el 1° Tramo	und	(34)
5	Espesor de las pantallas	e= 0.03	m	$a_1 = \frac{[L - e(m_1 - 1)]}{m_1}$	a <sub>1</sub> = 0.560680603	Espaciamiento entre pantallas en el 1° Tramo	m	(35)
6				$V_{CV-1} = \frac{Q}{(a_1 + b_1)}$	V <sub>CV-1</sub> = 0.127396188	Velocidad en los Tramos verticales del 1° Tramo	m/s	(36)
7				$V_{P-1} = \frac{2}{3} * V_{CV-1}$	V <sub>P-1</sub> = 0.084930792	Velocidad en los pasos del 1° Tramo	m/s	(37)
8				$P = \frac{Q/V_{P-1}}{b_1}$	P= 0.841020904	Altura del paso del 1° Tramo	m	(38)
9				$I_1 = 60(V_{CV-1})(t_1)$	I <sub>1</sub> = 85.61023827	Extension total de Traos en el 1° Tramo	m	(39)
10				$R_{H-1} = \frac{a_1 + b_1}{2(a_1 + b_1)}$	R <sub>H-1</sub> = 0.200173563	Radio Hidraulico del compartimiento entre pantallas del 1° Tramo	m	(40)
11				$j_{1*tramo} = \frac{2 * a_1 * R_{H-1}}{(a_1 - 2R_{H-1})}$	j <sub>1*tramo</sub> = 1.4	Altura de la ventana entre compartimiento del 1° y 2° tramo	m	(41)
12				$hl_{1*tramo} = 5\% * (b_1) * (a_1)$	hl <sub>1*tramo</sub> = 0.039247642	Altura para la limpieza en el 1° tramo	m	(42)
13	Coefficiente de Manning	n= 0.01	cte	$h_{a1*tramo} = \left[ \frac{n * V_{CV-1}}{(R_{H-1})^{2/3}} \right]^2 * I_1$	h <sub>a1*tramo</sub> = 0.001186578	Perdida de carga continua en el 2° tramo	m	(43)
14				$h_{b1*tramo} = \frac{(m + 1) * (V_{CV-1})^2 + m(V_{P-1})^2}{2g}$	h <sub>b1*tramo</sub> = 0.03351999	Perdida de carga en las vueltas del 2° tramo	m	(44)
15				$h_f = h_{a1*tramo} + h_{b1*tramo}$	h <sub>f</sub> = 0.034706568	Perdida de carga total en el 1° tramo	m	(45)
16				$V = H(b_1)L - e(m_1 - 1)(b_1)(H - P)$	V= 65.20802542	Volumen del 1° tramo	m <sup>3</sup>	(46)
17	Temperatura	$\sqrt{y/u} = 2736$		$G_{1s*tramo} = \sqrt{y/u} * \sqrt{\frac{hf * Q}{V_{1*tramo}}}$	G <sub>1s*tramo</sub> = 19.96049946	Comprobacion del gradiente de longitud total en el 2° Tramo	s <sup>-1</sup>	(47)
18	Numero de Pantallas	n <sub>1</sub> = 27		$h_{pantalla} = h_f/n_1$	h <sub>pantalla</sub> = 0.001285428	Perdida de carga en cada pantalla en el 2° Tramo	m	(48)
19	Asumir Paso Superior en el	h <sub>1</sub> = 0.14		$h_2 = h_1 - h_{pantalla}$	h <sub>2</sub> = 0.139714572	Perdida de carga en cada pantalla en el 2° Tramo	m	(49)
20	Del cociente De tabla	h <sub>2</sub> /h <sub>1</sub> = 0.99 α= 0.28		$q = 1.84 * a * h_1$	q= 0.071346	Caudal unitario	m <sup>3</sup> /s/m	(50)
21		b <sub>asumido</sub> = 1.4		$b = \frac{Q}{q}$	b <sub>1-calculado</sub> = 1.401620273	Verificando ancho del tramo 2°	m	(51)

Nota: Elaboración Propia

Habiendo realizado los cálculos y comprobaciones el primer y segundo tramo del floculador de pantallas de flujo cumple con las características mostradas en la Tabla 28.

**Tabla 26**

*Diseño Dimensionamiento de un Floculador de Pantallas de Flujo Vertical*

TRAMO	ANCHO DE TRAMO (m)	SEPARACION DE PANTALLAS (m)	N DE COMPARTIMIENTOS	ALTURA DE PASOS INFERIORES (m)	ALTURA DE PASOS SUPERIORES (m)	G <sup>LABORATORIO</sup> (S <sup>-1</sup> )	G <sup>DISEÑO</sup> (S <sup>-1</sup> )	T (min)	hf (m)
1	1.1	0.4	36	0.6	0.14	44	45	8.8	0.14
2	1.4	0.56	28	0.84	0.14	20	20	11.2	0.035

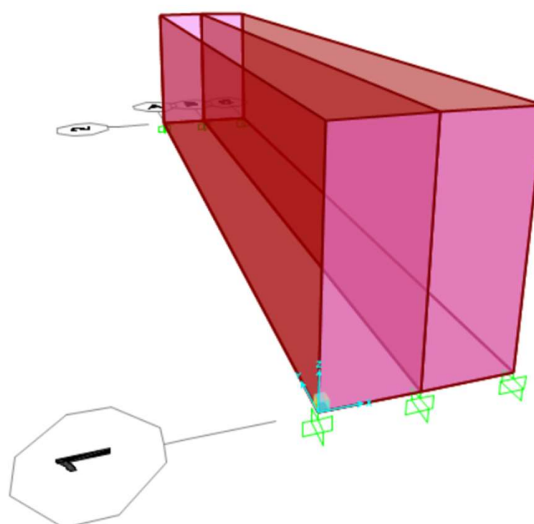
*Nota.* Elaboración Propia

**5.2.2.2. Diseño estructural del Floculador.**

Se ha modelado en software de análisis, según la distribución planteada, con muros exteriores, muro central, muros de tapa y losa de cimentación; para el diseño, se consideró los requisitos generales de resistencia y de servicio estipulados en el capítulo 9 de la norma E.060 de concreto armado. Como se muestra en la Figura 43.

**Figura 43**

*Floculador Vertical Propuesto Modelado*



*Nota.* Elaboración Propia

**a) Datos Iniciales**

- Altura total: 4.05 m
- Altura de la losa de fondo: 0.2 m
- Altura del agua: 3.85 m
- Resistencia del concreto  $F'c$ : 210 kgf/cm<sup>2</sup>

**a. Cargas de diseño:**

- Carga Muerta: Peso propio del concreto (2,400 kgf/m<sup>3</sup>)
- Carga Viva: Peso del agua (1,000 kgf/m<sup>3</sup>)

**a) Cálculo del Refuerzo de Acero**

○ **Cálculo del Refuerzo Vertical**

▪ **Variables Utilizadas:**

- $\rho$ : Presión en la base del módulo debido al agua (kgf/m<sup>2</sup>)
- $h_{agua}$ : Altura del agua en el módulo (m)
- $\gamma_{agua}$ : Peso específico del agua (1,000 kgf/m<sup>3</sup>)
- $M$ : Momento flector máximo (kgf·cm/m)
- $f_y$ : Resistencia del acero de refuerzo (4200 kgf/cm<sup>2</sup>)
- $d$ : Distancia efectiva desde el extremo del refuerzo hasta el borde más comprimido de la sección (cm)
- $A_s$ : Área de acero necesaria por metro lineal (cm<sup>2</sup>/cm)

▪ **Paso a Paso del Cálculo:**

- **Cálculo de la presión en la base del módulo:**

$$\rho = \gamma_{agua} * h_{agua}$$

$$\rho = 1,000 \text{ kgf/m}^3 * 3.85 \text{ m} = 3,850 \text{ kgf/m}^2$$

- **Cálculo del momento flector máximo en la base del módulo:**

Asumiendo una distribución triangular de la presión:

$$M = \frac{\rho * h_{agua}^2}{6}$$

$$M = \frac{3,850 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} * (3.85 \text{ m})^2}{6} = 8,505.21 \text{ kgf.m/m} = 850,521 \text{ kgf.cm/m}$$

- **Cálculo del área de acero necesaria:**

$$A_s = \frac{M}{f_y * d}$$

Donde:

$$A_s = \frac{850,521 \text{ kgf.cm/m}}{4,200 \text{ kgf/m}^2 * 385 \text{ cm}} = 0.0052 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

- **Selección del refuerzo:**

Utilizando varillas de 5/8" (diámetro de 1.59 cm) y un espaciamiento de 20 cm:

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi * (1.59 \text{ cm})^2}{4} = 1.98 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Número de varillas necesarias} &= \frac{0.0052 \text{ cm}^2/\text{cm}}{1.98 \text{ cm}^2} \approx 0.0026 \frac{\text{varillas}}{\text{cm}} * 100 \\ &\approx 0.26 \text{ varillas/m} \end{aligned}$$

Se puede proporcionar varillas de 5/8" @ 20 cm (doble malla).

#### ▪ Cálculo del Refuerzo Horizontal

Asumiendo cargas horizontales y consideraciones sísmicas de acuerdo con la norma E.030, se seleccionará un refuerzo de varilla de 1/2" @ 20 cm (doble malla).

#### a) Resumen del Refuerzo

##### ○ Refuerzo Vertical:

- Varilla de 5/8" @ 20 cm (doble malla)

##### ○ Refuerzo Horizontal:

- Varilla de 1/2" @ 20 cm (doble malla)

#### 5.3.3. Diseño de Decantadores

El propósito del rediseño de esta estructura es aumentar la tasa de decantación y de este modo corresponda al caudal de diseño propuesto  $Q=0.1 \text{ m}^3/\text{s}$  para la reestructuración de la planta, puesto que actualmente dicha tasa es mínima e insuficiente incluso para tratar caudal de diseño para el que fue construida la planta  $55 \text{ L/s}$ , y peor aún el diagnóstico a los decantadores es de  $33.25 \text{ L/s}$ ; evidenciándose la brecha a cubrir.

La presente investigación considera para la propuesta los siguientes componentes:

### 5.3.3.1. Dimensionamiento Canal de agua floculada.

La estructura deberá obedecer a un diseño que garantice la distribución equitativa del caudal saliente del floculador entre los 4 decantadores  $q = 25 \text{ L/s}$ , propuestos para cubrir el caudal de diseño  $Q = 100 \text{ L/s}$ .

Consideramos un ancho de  $B = 0.85 \text{ m}$ , (ancho que viene del floculador), además se considera una altura final propuesta de  $0.35 \text{ m}$ , datos con los que obtenemos la sección final del canal  $A_f = 0.298 \text{ m}^2$ ,

Se calcula a partir de este dato la velocidad final del canal, que entre el caudal de ingreso a cada decantador  $q = 25 \text{ L/s}$ , se obtiene una velocidad en la sección final  $V_c = 0.084 \text{ m/s}$ , la velocidad inicial será la misma que se registra en el último tramo del floculador  $V_i = 0.127 \text{ m/s}$ , este último entre el caudal total  $Q$  nos servirá para calcular la sección inicial del canal  $A_i = 0.785 \text{ m}^2$  y este a su vez entre el ancho  $B$ , dará como resultado la altura inicial del canal  $H_i = 0.923 \text{ m}$ .

Así mismo debemos diseñar las características en las compuertas de ingreso a cada floculador para ello debemos obtener la sección útil en cada compuerta, entre otros datos usaremos los Coeficientes Experimentales de Hudson según el Manual II Diseño de plantas de tecnología apropiada pág 140, con ello obtenemos los coeficientes de pérdida total en las compuertas  $\beta_1 = 2.046$  y  $\sqrt{\beta_1} = 1.43$ .

A partir de esto se calcula la velocidad real en la primera y última compuerta que deberían ser similares, considerando que la desviación del caudal entre el primer y último orificio no debería ser mayor al 5%, obtenemos del cálculo un 4.45% lo que indica que el diseño cumple su solicitud, todos estos datos se calculan a continuación, que está en función al caudal que se deberá distribuir de manera equitativa de forma decreciente.

**Tabla 27**

*Dimensionamiento de Canal de Agua Floculada*

ITEM	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	ECUACIÓN
1	Caudal	$Q=$ 0.1	m <sup>3</sup> /s	$q = \left( \frac{Q}{Nd} \right)$	$q=$ 0.025	Caudal de ingreso a cada decantador	m <sup>3</sup> /s	(52)
2	Número de Decantadores	$Nd=$ 4	Und					
3	Ancho del Canal	$B=$ 0.85	m	$A_F = H_y * B$	$A_F=$ 0.2975	Sección final de canal	m <sup>2</sup>	(53)
4	Altura Mínima	$H_f=$ 0.35	m					
5				$V_c = \frac{q}{A_F}$	$V_c=$ 0.08403361	Velocidad en la sección final del canal	m/s	(54)
6	Velocidad en la Sección Inicial	$V_i=$ 0.1274	m/s	$A_i = \frac{Q}{V_i}$	$A_i=$ 0.78495284	Sección inicial del canal	m <sup>2</sup>	(55)
				$H_i = \frac{A_i}{B}$	$B_i=$ 0.92347393	Altura inicial del canal	m	(56)
7	Velocidad en los laterales	$V_L=$ 0.28	m/s	$A_L = \frac{q}{V_L}$	$A_L=$ 0.08928571	Sección util de las compuertas	m <sup>2</sup>	(57)
	Ancho de compuerta	$t=$ 0.6	m	$h = \frac{A_L}{b}$	$h=$ 0.6			
8	Coeficientes experimentales de Hudson	$\delta=$ 0.7	Cte	$\beta_1 = 1 + \delta + \phi \left[ \frac{V_c}{V_L} \right]^2$	$\beta_1=$ 2.04571106	Coeficiente de pérdida de carga total en las compuertas	Cte	(58)
		$\phi=$ 1.67			$\sqrt{\beta_1}=$ 1.43028356			
9	Del Cuadro	$\sum_{i=1}^{n=N} \frac{1}{\sqrt{\beta_i}} =$ 2.8629		$V_{L1} = \frac{Q}{A_L(\sqrt{\beta_1})\sum \frac{1}{\sqrt{\beta_1}}}$	$V_{L1}=$ 0.27480434	Velocidad real en la primera compuerta	m/s	(59)
		1era Compuerta $\beta=$ 1.8504		$V_{LN} = \frac{Q}{A_L(\sqrt{\beta_N})\sum \frac{1}{\sqrt{\beta_1}}}$	$V_{LN}=$ 0.28759438	Velocidad Real en la ultima compuerta	m/s	(60)
				$\delta = \frac{V_{LN} - V_{L1}}{V_{LN}} < 5\%$	$\delta=$ 4.45%	Desviación del caudal entre el primer y ultimo orificio <5%	%	(61)
				$h_f = \frac{\beta(V_{LN})^2}{2g}$	$h_f=$ 0.0312027	Pérdida de carga en las compuertas	m	(62)
10	Ancho de sección Profundidad de sección	$b=$ 0.6	Cte	$R_H = (a * b)/2(a + b)$	$R_H=$ 0.15	Radio Hidraulico de una compuerta	m	(63)
		$a=$ 0.6						
16	Temperatura (15°)	$\sqrt{\gamma/\mu} =$ 2736		$G = \left( \frac{\gamma}{2\mu g} \right)^{0.5} \left( \frac{f}{4R_h} \right)^{0.5} V_L^{0.5}$	$G=$ 16.0356299	Gradiente de Velocidad en los orificios	s <sup>-1</sup>	(64)
17	Coef. De D.W	$f=$ 0.017						

*Nota:* Elaboración Propia

Para finalizar haciendo uso del coeficiente de Manning se realizará la comprobación de diseño para lo que el gradiente de velocidad en los orificios debería ser menor al gradiente del

último tramo del floculador (citar referencia).  $G=16.0356 \text{ s}^{-1} < G= 19.960 \text{ s}^{-1}$ . Como se muestra en la Tabla 30.

**Tabla 28**

*Cálculo de la Velocidad y Pérdidas de Carga en la Primera y Última Compuerta*

N°	Q(m <sup>3</sup> /s)	X (m)	BX (m)	Área (m <sup>2</sup> )	V <sub>c</sub> (m/s)	V <sub>c</sub> /V <sub>L</sub> (m/s)	β	vβ	1/v β	V <sub>L</sub> (m/s)	hf (m)
1	0.1	0	0.95	0.8075	0.124	0.442	2.027	1.424	0.702	0.275	0.008
2	0.075	4.35	0.75	0.6375	0.118	0.420	1.995	1.412	0.708	0.277	0.008
3	0.05	8.7	0.55	0.4675	0.107	0.382	1.944	1.394	0.717	0.281	0.008
4	0.025	13.05	0.35	0.2975	0.084	0.300	1.850	1.360	0.735	0.288	0.008
										<b>2.863</b>	<b>0.031</b>

*Nota:* Elaboración Propia

### 5.3.3.2. Dimensionamiento Canal central de distribución de agua floculada.

Para finalizar haciendo uso del coeficiente de Darcy Weisbach se realizará la comprobación de diseño para lo que el gradiente de velocidad en los orificios debería ser menor al gradiente en la compuerta de ingreso.  $G= 13.61 \text{ s}^{-1} < G=16.0356 \text{ s}^{-1}$ .

**Tabla 29**

*Dimensionamiento del Canal Central de Distribución de Agua Floculada*

PASO	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	ECUACIÓN
1	Caudal de un decantador en condiciones normales de operación	Qd= 0.025	m <sup>3</sup> /s	$Q_c = \left( \frac{1}{N_d - 1} + 1 \right) Q_d$	Qc= 0.033	Caudal del canal durante el mantenimiento	m <sup>3</sup> /s	(65)
		Nd= 4	Unidad			Q <sub>u</sub> = 0.5Q <sub>c</sub>	Q <sub>u</sub> = 0.016666667	Caudal de la mitad del canal
2	Velocidad en los orificios	VL= 0.15	m/s	$AT = \frac{Q_u}{VL}$	AT= 0.111111111	Área total de orificios	m <sup>2</sup>	(67)
3	Separación de centro a centro entre orificios	a= 0.55	m	$N = \frac{l - 2D}{a}$	N= 12.00000	Número de Orificios a cada lado del canal	Unidades	(68)
4	Longitud total de canal	L= 6.9	m					
5	Distancia entre la pared y el primer orificio	D= 0.15	m		Considerando un orificio al inicio (distancia cero) en total son N=13 orificios a cada lado del canal			
6				$A_L = \frac{AT}{N}$	A <sub>L</sub> = 0.009	Area de cada orificio	m <sup>2</sup>	(69)
7				$d = \sqrt{\frac{4A_L}{\pi}}$	d= 0.1043	Diámetro de los orificios	m	(70)
					d= 4		Pulgadas	
8	Ancho del Canal	B= 0.6	m	$A_f = B * hc$	A <sub>f</sub> = 0.48	Sección en el extremo final del canal	m <sup>2</sup>	(71)
9	Altura Mínima	h= 0.8	m					
10				$q_o = \frac{Q_u}{N}$	q <sub>o</sub> = 0.00128	Caudal por orificio	m <sup>3</sup> /s	(72)
11				$Q_F = 2q_o$	Q <sub>F</sub> = 0.0026	Caudal que llega al extremo final del canal	m <sup>3</sup> /s	(73)
12				$V_F = \frac{Q_F}{A_f}$	V <sub>F</sub> = 0.0053	Caudal que llega al extremo final del canal	m <sup>3</sup> /s	(74)
13	Altura máxima del canal	H= 1.82	m	$A_c = B * hc$	A <sub>c</sub> = 1.092	Sección final del canal	m <sup>2</sup>	(75)
				$V_c = \frac{Q_c}{A_c}$	V <sub>c</sub> = 0.031	Velocidad en el extremo inicial	m/s	(76)
14	Coeficiente experimentales	δ= 0.7		$B_1 = 1 + \delta + \phi \left[ \frac{0.5V_{c-1}}{VL} \right]^2$	B <sub>1</sub> = 1.72	Coeficiente de perdida de carga total en el primer orificio del canal		(77)
		φ= 1.67		$B_N = 1 + \delta + \phi \left[ \frac{0.5V_{c-24}}{VL} \right]^2$	B <sub>N</sub> = 1.70	Coeficiente de perdida de carga total en el ultimo orificio del canal		(78)
15	Del cuadro: $\sum_{i=1}^{n=N} \frac{1}{\sqrt{\beta_i}} = 9.94$			$VL_1 = \frac{Q_u}{A_L (\sqrt{\beta_1}) \sum \frac{1}{\sqrt{\beta_i}}}$	VL <sub>1</sub> = 0.2244	Velocidad real en el primer orificio	m/s	(79)
				$VL_N = \frac{Q_u}{A_L (\sqrt{\beta_N}) \sum \frac{1}{\sqrt{\beta_i}}}$	VL <sub>N</sub> = 0.2255	Velocidad real en el ultimo orificio	m/s	(80)
				$\delta = \frac{VL_N - VL_1}{VL_N}$	δ= 0.49	Desviación del caudal entre el primer y el ultimo orificio	%	(81)
16	Temperatura	$\sqrt{\gamma/\mu} = 2736$		$G = \left( \frac{\gamma}{2\mu g} \right)^{0.5} \left( \frac{f}{4R_h} \right)^{0.5} VL^{0.5}$	G= 13.61	Gradiente de Velocidad en los orificios	s <sup>-1</sup>	(82)
17	Coef. De D-W	f= 0.015						
18	Radio Hidráulico	Rh= 0.0261	m					

Nota: Elaboración Propia

**Tabla 30**

*Cálculo de  $1/\sqrt{\beta}$  en el dimensionamiento del canal interior de distribución de agua floculada en el decantador*

N°	Q(m <sup>3</sup> /s)	X (m)	BX (m)	Área (m <sup>2</sup> )	V <sub>c</sub> (m/s)	V <sub>c</sub> /V <sub>L</sub> (m/s)	β	√β	1/√β	V <sub>L</sub> (m/s)	hf (m)
1	0.01667	0	1.82	1.09	0.015	0.10	1.72	1.31	0.76	0.224	0.0044090
2	0.01538	0.55	1.80	1.08	0.014	0.09	1.72	1.31	0.76	0.225	0.0044090
3	0.01410	1.1	1.71	1.03	0.014	0.09	1.71	1.31	0.76	0.225	0.0044090
4	0.01282	1.65	1.62	0.97	0.013	0.09	1.71	1.31	0.76	0.225	0.0044090
5	0.01154	2.2	1.53	0.92	0.013	0.08	1.71	1.31	0.76	0.225	0.0044090
6	0.01026	2.75	1.44	0.87	0.012	0.08	1.71	1.31	0.76	0.225	0.0044090
7	0.00897	3.3	1.35	0.81	0.011	0.07	1.71	1.31	0.76	0.225	0.0044090
8	0.00769	3.85	1.27	0.76	0.010	0.07	1.71	1.31	0.77	0.225	0.0044090
9	0.00641	4.4	1.18	0.71	0.009	0.06	1.71	1.31	0.77	0.225	0.0044090
10	0.00513	4.95	1.09	0.65	0.008	0.05	1.70	1.31	0.77	0.225	0.0044090
11	0.00385	5.5	1.00	0.60	0.006	0.04	1.70	1.31	0.77	0.225	0.0044090
12	0.00256	6.05	0.91	0.55	0.005	0.03	1.70	1.30	0.77	0.225	0.0044090
13	0.00128	6.6	0.82	0.49	0.003	0.02	1.70	1.30	0.77	0.226	0.0044090
<b>9.944981</b>										<b>0.0573176</b>	

*Nota.* Elaboración Propia

### 5.3.3.3. Dimensionamiento Decantador de placas paralelas.

Según criterio de diseño se asumen los siguientes valores a partir de los cuales empezaremos a realizar los cálculos: separación de placas en plano horizontal  $e'=15$  cm y ángulo de inclinación entre las placas  $\Theta=60^\circ$ , se propone para las placas lonas de vinilo las de espesor  $e=0.06$  cm., a partir de estos datos calcularemos la separación entre las placas  $d=12.93$  cm.

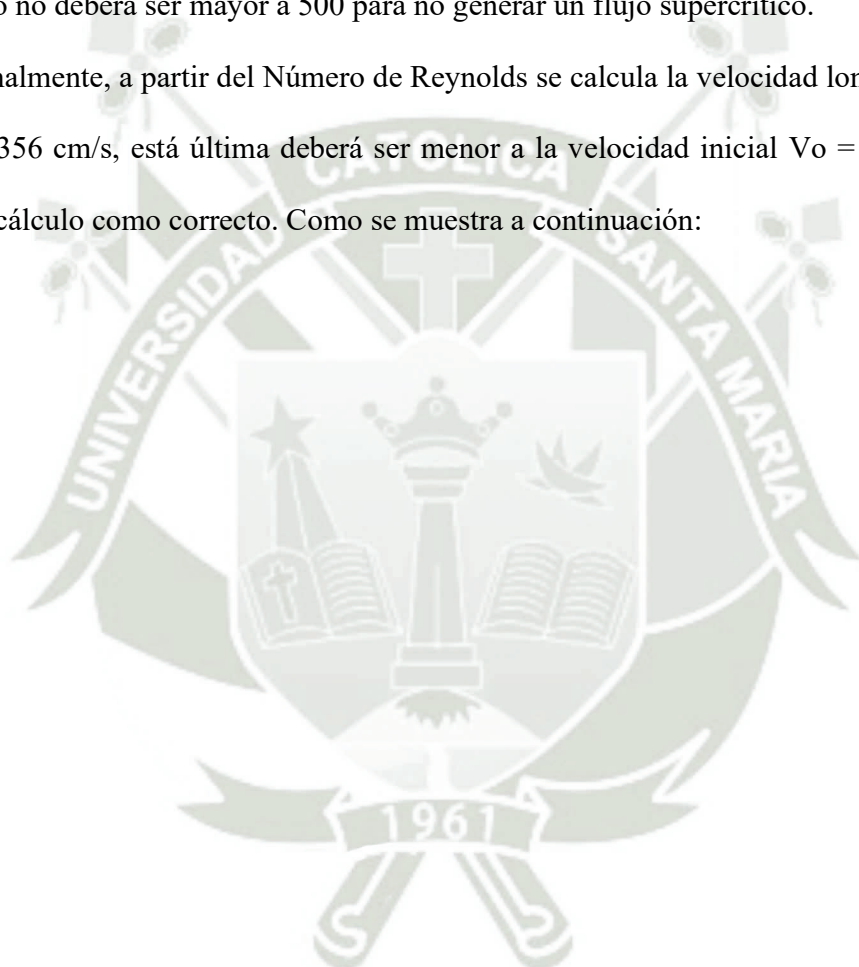
Para encontrar el área superficial de la unidad usaremos el caudal de diseño  $Q=0.1\text{m}^3/\text{s}$  y la velocidad de sedimentación de las partículas  $V_s=0.000258$  m/s, obtenido del ensayo de jarras de los datos históricos de la planta de tratamiento existente, así tenemos un área superficial  $A_s=85.82$  m<sup>2</sup>.

El ancho total neto de la zona de decantación  $B=12.8$  m, resulta del producto del ancho unitario por la cantidad de decantadores, este resultado junto al área superficial  $A_s$ , será utilizado

para calcular el número de canales formados por las placas  $N=45$ , dato con él hallaremos la longitud total del decantador  $LT=7$  m.

Seguidamente deberemos calcular la velocidad media de flujo  $V_o=0.1346$  cm/s y el radio hidráulico del módulo de placas  $RH=5.982$ cm, para encontrar el Número de Reynolds  $Nr= 248$ , este último no deberá ser mayor a 500 para no generar un flujo supercrítico.

Finalmente, a partir del Número de Reynolds se calcula la velocidad longitudinal máxima  $V'o= 0.14356$  cm/s, esta última deberá ser menor a la velocidad inicial  $V_o = 0.1346$  cm/s para validar el cálculo como correcto. Como se muestra a continuación:



**Tabla 31**

*Dimensionamiento de un decantador de placas paralelas*

PASO	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	ECUACIÓN
1	Separación de placas en el plano horizontal	e'= 15	cm	$d = e' \sin\theta - e$	d= 12.93	Espaciamento entre placas	cm	(83)
	Espesor de las lonas de vinilo	e= 0.06	cm					
	Angulo de inclinación de las placas	θ= 60	grados sexagesimales					
2	Longitud del modulo de placas	l= 1.2	m	$l_u = l - e' \cos\theta$	l <sub>u</sub> = 112.5	Longitud útil dentro de las placas	cm	(84)
				$L = \frac{l_u}{d}$	L= 8.70	Longitud relativa del modulo de placas	m	(85)
3	Modulo de eficiencia de las placas	S= 1		$f = \frac{[\sin\theta(\sin\theta + L\cos\theta)]}{S}$	f= 4.52	Coefficiente del modulo de placas		(86)
	Velocidad de sedimentación de las partículas	V <sub>s</sub> = 0.00026	m/s	$A_s = \frac{Q}{fV_s}$	A <sub>s</sub> = 85.80	Área superficial de la unidad	m <sup>2</sup>	(87)
	Caudal de diseño del decantador	Qd= 0.1	m <sup>3</sup> /s					
4	Ancho total neto de la Zona de decantación	B= 12.8	m	$N = \frac{A_s \sin\theta}{Bd}$	N= 45	Numero de canales formados por las placas		(88)
5				$LT = \frac{(l\cos\theta + Nd + (N + 1)e)}{\sin\theta}$	LT= 7	Longitud Total del Decantador	m	(89)
6	Caudal Total	Q= 0.1	m <sup>3</sup> /s	$V_o = \frac{100Q}{A_s \sin\theta}$	V <sub>o</sub> = 0.1346	Velocidad Media del flujo	cm/s	(90)
	Numero de Decantadores	Nd= 4	Und					
	Caudal por Decantador	Qd= 0.025	m <sup>3</sup> /s					
7	Ancho del módulo de placas	b= 1.6	m	$R_H = (b * d)/2(b + d)$	R <sub>H</sub> = 5.98177	Radio Hidráulico del módulo de placas	cm	(91)
8	Viscosidad cinemática a	v = 0.013	cm <sup>2</sup> /s	$Nr = 4R_H * V_o/v$	Nr= 248	Número de Reynolds		(92)
9				$V'_o = \left(\frac{Nr}{g}\right)^{0.5} * V_s$	V'o= 0.14356	Velocidad longitudinal máximo	cm/s	(93)

Nota: Elaboración Propia

**5.3.3.4. Dimensionamiento del Recolector de agua decantada.**

A partir del caudal de diseño para la etapa de decantación 33.33 L/s el cual sale de cada unidad de decantación y la tasa de recolección, que según la norma OS.20 pág. 24, nos da el valor de 1.75 L/s\*m, calculamos la longitud de tuberías de recolección L= 19.0474m (Gobierno del Perú, 2009).

A criterio de diseño asignamos como ancho del módulo de placas  $B=3.2$  m, con lo que calculamos el número de tubos de recolección por placa dividiéndose de la longitud de tubería calculada, así tenemos un número de tubos  $N^{\circ}= 6$  und.

Calculamos seguidamente el número de orificios por tubería de recolección  $n$ , siendo este el cociente de la división del ancho de módulo de placas  $B$  entre el espaciamiento en orificios al cual asignaremos  $e_{TR}= 0.15$ m, resultando así:  $n= 21.33$  Orif/ tub.

Asignamos un diámetro de los orificios de  $\frac{1}{2}$ " con lo que tenemos un área por orificio de  $A_o= 0.0001$ m<sup>2</sup> o  $\frac{1}{2}$ ".

Finalmente, de acuerdo con la relación para recolección uniforme con una desviación menor de 5%, para la que usaremos el valor de 0.15, valor con el que hallaremos el diámetro de la tubería de recolección, así tenemos  $D=6$ ". Como se muestra a continuación:

**Tabla 32**

*Dimensionamiento del sistema de recolección de agua decantada*

PASO	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	ECUACIÓN
1	Caudal por decantador	$Q_d= 33.333$	l/s	$L_{T.R.} = \frac{0.5Q_d}{q_r}$	$L= 19.0474286$	Longitud de tuberías de recolección	m	(94)
2	Tasa de Recolección	$q_r= 1.75$	l/s.m					
3	Ancho del modulo de placas	$B= 3.2$	m	$N^{\circ} = \frac{L_{T.R.}}{b}$	$N^{\circ}= 6.0$	Tubos de recolección en el modulo de placas	und	(95)
4	Espaciamiento entre orificios	$e_{T.R.}= 0.15$	m	$n = \frac{b}{e_{T.R.}}$	$n= 21.3333333$	Numero de orificios por Tubos de recolección	Orif/Tub	(96)
5	Diámetro de los orificios	$d_{ORIF.}= 1/2$	Pulgada	$A_o = \frac{\pi(d_{ORIF.})^2}{4}$	$A_o= 0.0001$	Área de los orificios de 0.5 pulg	m <sup>2</sup>	(97)
		$d_{ORIF.}= 0.0127$	m					
6	Relación para recolección uniforme con una desviación < de 5%	0.15	Unidad	$0.15 = \frac{nA_o}{A_c}$	$A_c= 0.02$	Área de la sección del tubo de recolección	m <sup>2</sup>	(98)
7				$D = \left(\frac{4A_c}{\pi}\right)^{0.5}$	$D= 0.15$	Numero de orificios por Tubos de recolección	m	(99)
					$D= 6$		pulg	

*Nota:* Elaboración Propia

### 5.3.3.5. Dimensionamiento del Colector múltiple de tolvas separadas.

Se propone como número de tolvas  $N_t=3$  por decantador, además a criterio de diseño, asignamos dimensiones como la longitud del decantador  $L=6.9\text{m}$ , el ancho de módulo de placas  $b=1.6\text{m}$ , profundidad de la sección recta de las tolvas  $h_{01}=0.15\text{m}$  profundidad del tronco de la pirámide de la tolva  $h_{02}=1\text{m}$ ., a partir de estos datos calculamos la longitud de la base mayor de la tolva  $X=2.3\text{m}$ , la sección máxima de la tolva  $A=3.68\text{m}^2$ , el volumen en la parte recta de la tolva  $V_{t1}=1.656\text{m}^3$  y el volumen de tronco de pirámide de la tolva  $3.68\text{m}^3$ .

De acuerdo con el ensayo de jarras empleado en el diseño inicial de la planta, tenemos una tasa de producción de lodos de  $q_L=0.0015\text{ L/s}$ , a partir de este dato y el caudal de ingreso a cada decantador  $q=33.33\text{ L/s}$ , calcularemos el caudal de producción de lodos, así  $Q_L=0.025\text{L/s}$ .

A partir de este último y el volumen total de la tolva Calculamos la frecuencia de descarga  $F=0.1235\text{ día}$ .

En función a la velocidad de arrastre  $V_a=1\text{cm/s}$ , la carga hidráulica  $H_{ch}=4\text{ m}$ . y la separación entre orificios de descarga  $X=2.3\text{ m}$ , hallamos el diámetro de los orificios de descarga  $d=06''$ , finalmente de acuerdo al coeficiente de descarga  $C_d=0.65$ , el área de drenaje  $A_d=.1247\text{m}^2$  y el volumen total de la tolva  $\nabla T=5.336\text{m}^3$ , calculamos el caudal de descarga de lodos  $Q_{drem}=0.7183\text{ m}^3/\text{s}$ , el tiempo de vaciado de lodos  $T=7.4284\text{s}$  y el volumen de descarga de cada tolva  $V_c/\text{Tolva}=1.778666667\text{m}^3$ . Tal como se muestra a continuación:

**Tabla 33**

*Dimensionamiento del colector múltiple de tolvas separadas*

PASO	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	ECUACIÓN	
1	Longitud del decantador	L=	6.9	$x = \frac{L}{N_T}$	X=	2.3	Longitud de la Base mayor de cada tolva	m	(100)
2	Numero de Tolvas por decantador	N <sub>T</sub> =	3						
3	Ancho del modulo de placas	b=	1.6	$A = b * x$	A=	3.68	Seccion maxima de la Tolva	m <sup>2</sup>	(101)
4	Prof. de la seccion recta de las tolvas	h <sub>01</sub> =	0.15	$V_{T1} = A * h_{01} * N_T$	V <sub>T1</sub> =	1.656	Volumen de la parte recta de la	m <sup>3</sup>	(102)
5	Prof. de tronco de piramide de la tolva	h <sub>02</sub> =	1	$V_{T2} = \frac{Ah_{02}}{3} * N_T$	V <sub>T2</sub> =	3.68	Volumen de tronco de piramide de la tolva	m <sup>3</sup>	(103)
6	Tasa de produccion de lodos	q <sub>L</sub> =	0.0015	$Q_L = q_L * \frac{q}{2}$	Q <sub>L</sub> =	0.025	Caudal de lodos producidos	l/s de lodos	(104)
7	Caudal de lodos producidos	Q <sub>L</sub> =	0.025	$F = \frac{V_T}{Q_L} * 86.4$	F=	0.124	Frecuencia de descarga	dia	(105)
8	Velocidad de Arrastre	V <sub>a</sub> =	1	$d = \left[ \frac{x}{1.162 \left( \frac{H_{ch}^{0.5}}{V_a} \right)^{0.5}} \right]$	d=	0.140	Diametro de los orificios de descarga	m	(106)
9	Carga hidraulica	H <sub>ch</sub> =	4						
10	Separacion de orificios de	x=	2.3			d=		5.510	Pulg
11	Relacion de velocidades para una desviacion de 10%	R=	0.36729	$D = \frac{d}{\left( \frac{R}{N_T} \right)^{0.5}}$	D=	0.399	Diametro del colector multiple	m	(107)
					D=	15.690		Pulg	
12	Coefficiente de descarga	C <sub>d</sub> =	0.65	$Q_{DREN.} = C_d * A_D * \sqrt{2gH_{ch}}$	Q <sub>DREN</sub> =	0.718	Caudal de descarga de lodos	m <sup>3</sup> /s	(108)
	Area del drenaje	A <sub>d</sub> =	0.12474						
13	Volumen que descarga cada colector	∇ <sub>T</sub> =	5.336	$T = \frac{V_T}{Q_{DREN.}}$	T=	7.428	Tiempo de vaciado de lodos	s	(109)
14				$\forall_{c/Tolva} = \left( \frac{V_T}{N_T} \right)$	∇ <sub>c/Tolva</sub> =	1.779	Volumen que descarga cada Tolva	m <sup>3</sup>	(110)

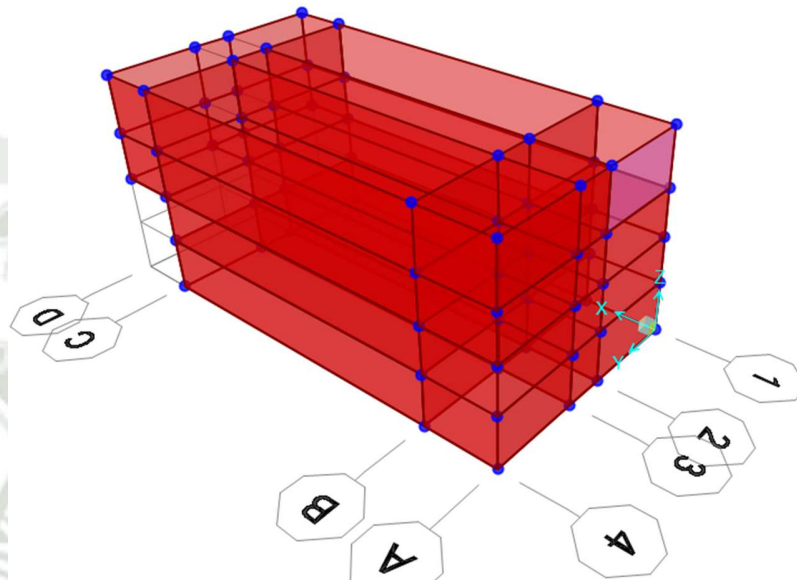
*Nota:* Elaboración Propia

### 5.3.3.6. Diseño Estructural Decantadores de Placas Paralelas.

Se ha modelado en software de análisis, según la distribución planteada, con muros exteriores, muro central, muros de tapa y losa de cimentación; para el diseño, se consideró los requisitos generales de resistencia y de servicio estipulados en el capítulo 9 de la norma E.060 de concreto armado. El decantador modelado se muestra en la Figura 44.

**Figura 44**

*Decantador Modelado*



*Nota.* Elaboración Propia

**a) Datos Iniciales**

- Altura total: 5.05 m
- Altura de la losa de fondo: 0.2 m
- Altura del agua: 4.85 m
- Resistencia del concreto  $F'c$ : 210 kgf/cm<sup>2</sup>

**a. Cargas de diseño:**

- Carga Muerta: Peso propio del concreto (2,400 kgf/m<sup>3</sup>)
- Carga Viva: Peso del agua (1,000 kgf/m<sup>3</sup>)

**a) Cálculo del Refuerzo de Acero**

- **Cálculo del Refuerzo Vertical**

▪ **Variables Utilizadas:**

- $\rho$ : Presión en la base del módulo debido al agua ( $\text{kgf}/\text{m}^2$ )
- $h_{\text{agua}}$ : Altura del agua en el módulo (m)
- $\gamma_{\text{agua}}$ : Peso específico del agua ( $1,000 \text{ kgf}/\text{m}^3$ )
- $M$ : Momento flector máximo ( $\text{kgf}\cdot\text{cm}/\text{m}$ )
- $f_y$ : Resistencia del acero de refuerzo ( $4200 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ )
- $d$ : Distancia efectiva desde el extremo del refuerzo hasta el borde más comprimido de la sección (cm)
- $A_s$ : Área de acero necesaria por metro lineal ( $\text{cm}^2/\text{cm}$ )

▪ **Paso a Paso del Cálculo:**

• **Cálculo de la presión en la base del módulo:**

**Ecuación 51.**

*Cálculo de la presión en la base del módulo*

$$\rho = \gamma_{\text{agua}} * h_{\text{agua}}$$

$$\rho = 1,000 \text{ kgf}/\text{m}^3 * 4.85 \text{ m} = 4,850 \text{ kgf}/\text{m}^2$$

• **Cálculo del momento flector máximo en la base del módulo:**

Asumiendo una distribución triangular de la presión:

**Ecuación 16.**

*Cálculo del momento flector máximo en la base del módulo*

$$M = \frac{\rho * h_{\text{agua}}^2}{6}$$

$$M = \frac{4,850 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} * (4.85\text{m})^2}{6} = 19,100.42 \text{kgf} \cdot \text{m}/\text{m} = 1,910,042 \text{kgf} \cdot \text{cm}/\text{m}$$

- **Cálculo del área de acero necesaria:**

**Ecuación 17.**

*Cálculo del área de acero necesaria*

$$A_s = \frac{M}{f_y * d}$$

Donde:

$$A_s = \frac{1,910,042 \text{kgf} \cdot \text{cm}/\text{m}}{4,200 \text{kgf}/\text{m}^2 * 485\text{cm}} = 0.0093 \text{cm}^2/\text{cm}$$

- **Selección del refuerzo:**

Utilizando varillas de 3/4" (diámetro de 1.91 cm) y un espaciamiento de 20 cm:

**Ecuación 18.**

*Selección del refuerzo*

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi * (1.91\text{cm})^2}{4}$$

$$\text{Área proporcionada por varilla} = 2.87 \text{cm}^2$$

$$\text{Número de varillas necesarias} = \frac{0.0093 \text{cm}^2/\text{cm}}{2.87 \text{cm}^2} \approx 0.0032 \frac{\text{varillas}}{\text{cm}} * 100$$

$$\approx 0.32 \text{varillas}/\text{m}$$

Se puede proporcionar varillas de 3/4" @ 20 cm (doble malla).

- **Cálculo del Refuerzo Horizontal**

Asumiendo cargas horizontales y consideraciones sísmicas de acuerdo con la norma E.030, se seleccionará un refuerzo de varilla de 5/8" @ 20 cm (doble malla).

**a) Resumen del Refuerzo**

○ **Refuerzo Vertical:**

- Varilla de 3/4" @ 20 cm (doble malla)

○ **Refuerzo Horizontal:**

- Varilla de 5/8" @ 20 cm (doble malla)

**5.3.2. Diseño y Ampliación de los Filtros**

A partir del caudal de diseño 0.1m<sup>3</sup>/s, la velocidad ascensional de lavado Va=0.86m/min y la velocidad de filtración promedio VF= 155m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día, estos dos últimos datos históricos obtenidos de la memoria de cálculo original, se calculó el área de cada filtro AF=6.9767m<sup>2</sup>, el área total AT=55.7919m<sup>2</sup> y el número de filtros N=8 Unid. A continuación, se muestra el Cálculo del número de filtros.

**Tabla 34**

*Cálculo de número de filtros*

PASO	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	ECUACIÓN
1	Caudal	Q= 0.1	m <sup>3</sup> /s	$AF = \frac{60Q}{V_a}$	AF= 6.977	Área de cada filtro	m <sup>2</sup>	<b>(115)</b>
	Velocidad Ascensional de Lavado	Va= 0.86	m/min					
2	Velocidad de filtración promedio	VF= 155	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día	$AT = \frac{Q}{VF}$	AT= 55.742	Área total de filtros	m <sup>2</sup>	<b>(116)</b>
				$N = \frac{AT}{AF}$	N= 8.0	Numero de Filtros	Und	<b>(117)</b>

*Nota:* Elaboración Propia

### 5.3.2.1. Medio filtrante.

El filtro adecuado consiste en una capa de arena con un espesor de 0,80 m y con las propiedades descritas en la siguiente tabla. Estas características de tamaño de partículas deben mantenerse durante todo el tiempo de diseño de la instalación. La Tabla 25 muestra la granulometría de arena medio filtrante y la Tabla 26 muestra las especificaciones para la arena como medio filtrante

**Tabla 35**

*Granulometría de arena Medio Filtrante*

Análisis Granulométrico de la arena					
Tamiz #	Abertura (mm)	% de peso retenido	% de peso retenido acumulado	% que pasa	Abertura (mm)
7	2.800	0.00%	0.00%	100.00%	2.800
8	2.360	0.00%	0.00%	100.00%	2.360
10	2.000	0.00%	0.00%	100.00%	2.000
12	1.680	0.00%	0.00%	100.00%	1.680
14	1.410	6.00%	6.00%	94.00%	1.410
16	1.190	14.00%	20.00%	80.00%	1.190
18	1.000	26.00%	46.00%	54.00%	1.000
20	0.840	30.00%	76.00%	24.00%	0.840
25	0.710	17.00%	93.00%	7.00%	0.710
30	0.590	7.00%	100.00%	0.00%	0.590
35	0.500	0.00%	100.00%	0.00%	0.500
		100%			

*Nota.* Elaboración Propia

**Tabla 36**

*Especificaciones para la arena como medio filtrante*

% que pasa	Abertura (mm)	Diámetro de partícula
24.00%	0.840	D10= 0.73
7.00%	0.710	
80.00%	1.190	D60= 1.04
54.00%	1.000	
94.00%	1.410	D90= 1.35
80.00%	1.190	

*Nota.* Elaboración Propia

En referencia a cama de soporte de grava sobre las viguetas prefabricadas, es necesario que se considere una gradación de diferentes tamaños desde  $1/8''$  como mínimo hasta  $1\ 1/2''$  como máximo, en capas homogéneas hasta cubrir la altura de 45 cm como mínimo desde el inicio de la vigueta prefabricada. Así mismo la Tabla 27 muestra la capa de soporte de grava viguetas prefabricadas y la Tabla 28 muestra la expansión de la arena para  $Ce=0.80$

**Tabla 37**

*Capa de Soporte de grava Viguetas Prefabricadas*

Capa	Espesor (cm)	Tamaño
1	7.5	$1/8'' - 1/4''$
2	7.5	$1/4'' - 1/2''$
3	7.5	$1/2'' - 3/4''$
4	10	$3/4'' - 1\ 1/2''$
<b>Fondo</b>	12.5	$1\ 1/2'' - 2''$
<b>Total</b>	45	

*Nota.* Obtenido de Manual II CEPIS.

**Tabla 38**

*Expansión de la arena para  $C_e=0.80$*

di min (mm)	di max (mm)	De (mm)	De <sup>2</sup> (mm)	xi	xi/di <sup>2</sup>	Ga	Re	εi	xi/(1-εi)	Ga
1.41	1.65	1.525	2.33	0.0600	25790	33621	21.86	0.41	0.10169492	33620.5651
1.17	1.41	1.284	1.65	0.1400	84864	20075	18.40	0.47	0.26415094	20075.1078
1.00	1.17	1.082	1.17	0.2600	222222	11990	15.50	0.51	0.53061224	11990.28
0.83	1.00	0.911	0.83	0.3000	361446	7164	13.05	0.56	0.68181818	7164.19771
0.71	0.83	0.768	0.59	0.1700	288478	4286	11.00	0.59	0.41463415	4286.02881
0.59	0.71	0.647	0.42	0.0700	167104	2569	9.27	0.65	0.2	2568.71525
				1.000	1149904				2.193	

P.E. Agua=	999.70	kg/m <sup>3</sup>	Vel. Lavado=	0.8600	m/min
P.E. Arena=	2650.00	kg/m <sup>3</sup>	Ce=	0.8000	
Visc. Din=	1.31E-03	kg/(sx m)	Visc. Cin=	1.31E-06	m <sup>2</sup> /s

*Nota.* Obtenido de Manual II CEPIS.

### 5.3.2.2. Diseño Hidráulico de la Batería de Filtros.

#### a) Determinación de la expansión del lecho filtrante, elección de la velocidad de lavado

Se presenta a continuación la determinación de la expansión del lecho filtrante, elección de la velocidad de lavado como se muestra a continuación:

**Tabla 39**

*Determinación de la expansión de la arena para  $C_e=0.80$*

PASO	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	ECUACIÓN
1	Diametro mas fino de la capa de arena	d1= 0.59	mm	$D_e = \sqrt{d_1 * d_2}$	D <sub>e</sub> = 0.9120855	Diámetro equivalente de la capa más fina	mm	(118)
2	Diametro mas grueso de la capa de arena	d2= 1.41	mm					
3	Peso específico del agua	ρ <sub>a</sub> = 1000	kg/m <sup>3</sup>	$Ga = \frac{De^3 * \rho_a(\rho_s - \rho_a)g}{\mu^2}$	Ga= 7267	Número de Galileo para la capa más fina de la arena		(119)
	Peso específico de la arena	ρ <sub>a</sub> = 2650	kg/m <sup>3</sup>					
4	Visc. Dinámica 10°C	μ= 0.0013	kg/m.s	$Re = \frac{Va * De * \rho_a}{\mu}$	Re= 10.056328	Número de Reynolds modificado		(120)
	Aceleración de la gravedad	g= 9.81	m2/s					
	Coefficiente de esfericidad	C <sub>e</sub> = 0.8						
5	Del cuadro 5-10 se obtiene $\sum \frac{x_1}{1 - \epsilon_e} = A$	2.193		$\frac{x_i - 1}{\epsilon_e - 1} = \frac{1}{A}$	ε <sub>e</sub> 0.543985	Porosidad expandida promedio de la capa de arena		(121)
6	Porosidad de la arena limpia	ε <sub>0</sub> = 0.42	%	$E = \frac{(\epsilon_e - \epsilon_0)}{(1 - \epsilon_e)}$	E= 27%	Porcentaje de expansion promedio de la arena	%	(122)
7	Altura capa de arena	L= 0.8	m	$Le = L(1 + E)$	Le 1.02	Altura del lecho filtrante expandido	m	(123)
8	Número de Canaletas de recolección del agua de lavado	N <sub>3</sub> = 2	Unid.	$Q_c = \frac{1.3Q_*}{N_3} * 60$	Q <sub>c</sub> = 3.9	Caudal que recolecta cada canaleta	m <sup>3</sup> /min	(124)
		Q= 0.1	m <sup>3</sup> /seg					
9	Altura util de las canaletas del Lavado	h <sub>0</sub> = 0.33	m	$W = \frac{Q_c}{82.5h_0^{1.5}}$	W= 0.25	Ancho de las canaletas de lavado	m	(125)
10	Altura entre el nivel lecho expandido y fondo de canaleta	h <sub>4</sub> = 0.04	m	$H_2 = 1.5h_0 + 0.1$	H2= 0.595	Altura total de canaletas de lavado mas losa de fondo	m	(126)
11	Altura del falso fondo	H <sub>1</sub> = 0.4	m	$H_c = H_1 + H_2 + H_3 + H_4$	H <sub>c</sub> = 2.53	Altura del borde de la canaleta de lavado con respecto al fondo del filtro	m	(127)
	Altura del drenaje mas la grava	H <sub>2</sub> = 0.52	m					
12	Altura del lecho Filtrante	H= 0.8	m					

*Nota:* Elaboración Propia

Tomando como referencia los datos obtenidos de la expansión de la arena, y considerando la granulometría del medio filtrante seleccionado para este diseño es que se llega al resultado de porcentaje de expansión promedio de arena E=27% para una altura del lecho filtrante expandido de Le=1.02 m.

Así como también se determina 2 canaletas para la recolección de aguas retro lavadas obteniendo una altura del borde de la canaleta de lavado con respecto al fondo del filtro de H<sub>c</sub>= 2.53m.

**b) Determinación de las pérdidas de carga durante el proceso de lavado de un filtro y colocación del vertedero de salida.**

**Tabla 40**

*Determinación de las pérdidas de carga durante el lavado*

PASO	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	ECUACIÓN
1	Densidad de la arena	$\rho_s = 2.65$	g/cm <sup>3</sup>	$h_{f1} = (1 - \epsilon_o) \left( \frac{\rho_s - \rho_a}{\rho_a} \right) L$	$h_{f1} = 0.7656$	Pérdida de carga en la arena durante el lavado	m	(128)
	Densidad del agua	$\rho_a = 1$	g/cm <sup>3</sup>					
	Espesor de la capa de arena	$L = 0.8$	m					
	Porosidad de la arena	$\epsilon_o = 0.42$						
2	Ancho de cada filtro	$B = 1.95$	m	$N_1 = B/b$	$N_1 = 13$	Número de vigueta del drenaje	und	(129)
	Ancho de cada vigueta	$b = 0.15$	m					
3	Espaciamiento entre orificios	$e = 0.1$	m	$N_2 = 2c/e$	$N_2 = 50$	Número de orificios en cada vigueta	und	(130)
	Longitud de cada vigueta	$c = 2.5$	m					
4				$NT = N_1 * N_2$	$NT = 650$	Número total de orificios en el drenaje	und	(131)
5				$q_o = Q/NT$	$q_o = 1.54E-04$	Caudal de lavado por orificio	m <sup>3</sup> /s	(132)
6	Diámetro de los orificios del drenaje	$d_o = 3/4$	pulg	$A_o = \pi d_o^2 / 4$	$A_o = 2.85E-04$	Área de los orificios del drenaje	m <sup>2</sup>	(133)
		$d_o = 0.0191$	m					
7	Coeficiente de descarga de los orificios	$C_d = 0.65$		$h_{f2} = \frac{q_o^2}{2g(C_d A_o)^2}$	$h_{f2} = 0.03515$	Pérdida de carga en los orificios del drenaje	m	(134)
		Aceleración de la gravedad	$g = 9.81$					
8	Ancho del falso fondo	$C = 1.973$	m	$AFF = H_1 C$	$AFF = 0.7892$	Sección transversal del falso fondo	m <sup>2</sup>	(135)
		Altura del falso fondo	$H = 0.4$					
9				$VFF = Q/AFF$	$VFF = 0.12671$	Velocidad en el fondo durante el retrolavado	m/s	(136)
10	Coeficiente de pérdida de carga en el falso fondo	$K = 1$		$h_{f3} = K * VFF^2 / 2g$	$h_{f3} = 8.18E-04$	Pérdida de carga en el falso fondo durante el retrolavado	m	(137)
11	Velocidad en la compuerta de salida	$V_c = 2.32$	m/s	$h_{f4} = K * V_c^2 / 2g$	$h_{f4} = 0.27433$	Pérdida de carga en la compuerta de salida durante el retrolavado	m	(138)
12	Número de Canaletas	$N_c = 2$	m	$h_{f5} = \left[ \frac{1.3Q}{1.84(2N_c)C} \right]^{2/3}$	$h_{f5} = 0.04$	Altura de agua sobre las canaletas de recolección	m	(139)
13				$hf_{Lavado}$ $h_{fLav} = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} + h_{f4} + h_{f5}$	$h_{fLav} = 1.12$	Pérdida de carga total durante el retrolavado	m	(140)
14	Nivel de canaletas de recolección respecto al fondo del filtro	$H_c = 2.53$	m	$h_v = h_{fLav} + H_c$	$h_v = 3.65$	Nivel del vertedero que controla la hidráulica del lavado, con respecto al fondo del filtro	m	(141)

*Nota:* Elaboración Propia

Las pérdidas de carga totales durante el proceso de lavado ascienden a  $hf_{LAV}=1.12$  m, abarcando las pérdidas en el lecho filtrante ( $hf_1$  Arena), los orificios de las viguetas de drenaje ( $hf_2$ ), el falso fondo ( $hf_3$ ), en la compuerta de salida durante el retro lavado ( $hf_4$ ) y las canaletas de recolección ( $hf_5$ ). Para mantener un nivel adecuado en el vertedero, se requiere una elevación de  $h_v= 3.65$  m desde el fondo de los filtros. Con este cálculo, se determina la ubicación de la compuerta con dimensiones de 0.50 metros por 0.70 metros.



c) Desarrollo de la fórmula para estimar la carga hidráulica necesaria para que la batería opere con una tasa decreciente.

Tabla 41

Cuadro para estimar la carga hidráulica necesaria para que la batería opere con una tasa decreciente

PASO	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	ECUACIÓN
1	Coefficiente de esfericidad	Ce= 0.8		$hf_1 = \left[ \frac{150v}{86400g} \right] * \left[ \frac{(1 - \epsilon_o)^2}{\epsilon_o^3} \right] * \left[ \frac{1}{c_o^2} * \sum x_1/di^2 \right] * L * VF$	hf1= 1.51E-03	Pérdida de carga inicial en la capa de arena en función de la velocidad de filtración $hf_1 = 1.51 * 10^{-3} VF$	m	(142)
	Del cuadro 5-14 se toma el valor $\sum x_1/di^2$	1149904						
	Viscosidad Cinemática a 10°C	v= 1.31E-06	cm2					
2	Area de cada filtro	Af= 4.875	m2	$q_o = \frac{Af}{86400Nt} * VF$	qo= 8.7E-08	Caudal por orificio de drenaje durante el proceso de filtración, en función de la velocidad de filtración	m3/s	(143)
	Número total de orificios	Nt= 650	m2					
3	Coefficiente de descarga	Cd= 0.65		$hf_2 = \frac{q_o^2}{2g * C_d^2 * A_o^2} * VF^2$	hf2= 1.1E-08	Perdida de carga en orificios por drenaje en función a la Vel. Filtración $hf_2 = 1.12 * 10^{-8} .VF^2$	m	(144)
	Área de orificios drenaje	Ao= 7.85F-04	m2					
4	Velocidad en la compuerta de entrada	Vc= 0.9	m/s	$Ac = \frac{1.3Q}{N * Vc}$	Ac= 0.01806	Seccion de la compuerta de ENTRADA	m2	(145)
	Numero de Filtros	N= 8			D" Ac= 6.0		pulg	
5	Velocidad en la compuerta de salida	Vc= 1.5	m/s	$Ac = \frac{1.3Q}{N * Vc}$	Ac= 0.0108	Seccion de la compuerta de SALIDA	m2	(145)
	Número de filtros	N= 8			Alto= 0.175		m	
					Ancho= 0.062		m	
6	Coefficiente de Perdida de Carga en la Compuerta	K= 1		$hf_3 = \frac{K * Vc^2}{2g}$ $hf_3 = \frac{K * Af^2 * VF^2}{Ac * 2g}$	hf3= 5E-07	Perdida de carga en la compuerta de entrada en función a la velocidad de filtración $hf_3 = 8.8 * 10^{-7} .VF^2$		(146)
7	Longitud de la Cresta del Vertedero	L2= 1	m	$hf_4 = \left( \frac{Q}{1.84Lv} \right)^{2/3}$	hf4= 0.14348	Altura de agua en el vertedero de salida		(147)

Nota: Elaboración Propia

Al emplear el programa de cálculo de Di Bernardo en la fórmula  $H_t = 5.09 \times 10^{-7} VF^2 + 1.51 \times 10^{-3} VF + 0.14$ , se determina que la carga hidráulica correspondiente a  $F = 1.5$  es de 0.62 metros. En este contexto,  $N_1$ , que es el nivel de inicio del ciclo de filtración entre el lavado de un filtro y el siguiente, es de 0.64 metros sobre el vertedero de lavado. Esto resulta en una oscilación

de niveles entre N1 y N2 de sólo 0.05 m; En consecuencia, la altura total del filtro se establece como se muestra en la Tabla 29.

**Tabla 42**

*Estimación de altura total de la caja del filtro*

Cargas m	Descripción
3.65	Altura del Vertedero de Salida
0.62	Carga Hidraulica
0.64	Borde Libre
<b>4.91</b>	Altura Total de la Caja de Filtro

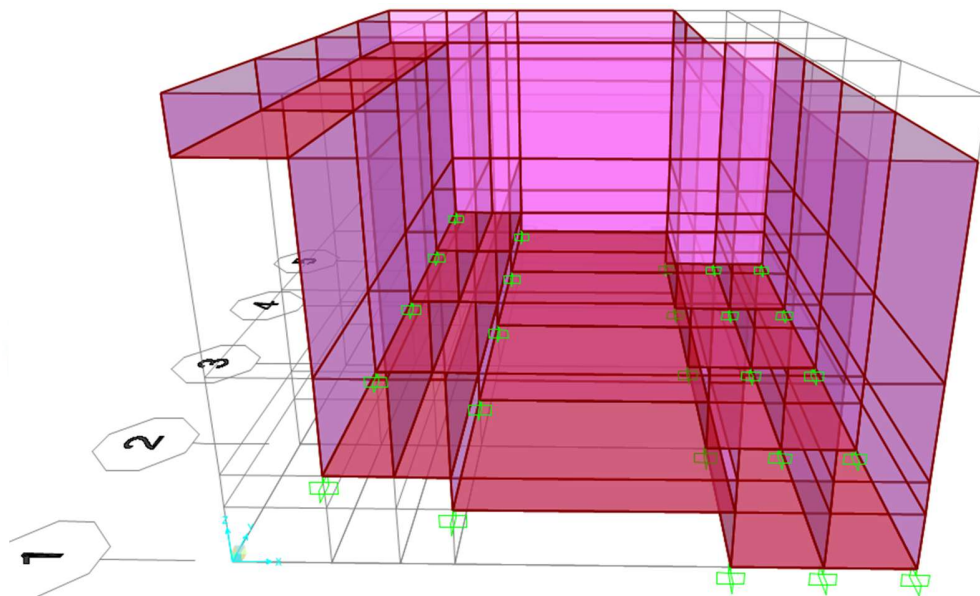
*Nota.* Elaboración Propia

### **5.3.2.3. Diseño Estructural de la ampliación de los Filtros.**

Se ha modelado en software de análisis, según la distribución planteada, con muros exteriores, muro central y losa de cimentación; para el diseño, se consideró los requisitos generales de resistencia y de servicio estipulados en el capítulo 9 de la norma E.060 de concreto armado. La Figura 45 muestra el modelado de filtros.

**Figura 45**

*Modelado de Filtros*



*Nota.* Elaboración Propia

**a) Datos Iniciales**

- Altura total: 4.9 m
- Altura de la losa de fondo: 0.2 m
- Altura del agua: 4.7 m
- Resistencia del concreto  $F'c$ : 210 kgf/cm<sup>2</sup>

**a. Cargas de diseño:**

- Carga Muerta: Peso propio del concreto (2,400 kgf/m<sup>3</sup>)
- Carga Viva: Peso del agua (1,000 kgf/m<sup>3</sup>)

**a) Cálculo del Refuerzo de Acero**

○ **Cálculo del Refuerzo Vertical**

▪ **Variables Utilizadas:**

- $\rho$ : Presión en la base del módulo debido al agua ( $\text{kgf}/\text{m}^2$ )
- $h_{\text{agua}}$ : Altura del agua en el módulo (m)
- $\gamma_{\text{agua}}$ : Peso específico del agua ( $1,000 \text{ kgf}/\text{m}^3$ )
- $M$ : Momento flector máximo ( $\text{kgf}\cdot\text{cm}/\text{m}$ )
- $f_y$ : Resistencia del acero de refuerzo ( $4200 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ )
- $d$ : Distancia efectiva desde el extremo del refuerzo hasta el borde más comprimido de la sección (cm)
- $A_s$ : Área de acero necesaria por metro lineal ( $\text{cm}^2/\text{cm}$ )

▪ **Paso a Paso del Cálculo:**

- **Cálculo de la presión en la base del módulo:**

**Ecuación 148.**

*Cálculo de la presión en la base del módulo*

$$\rho = \gamma_{\text{agua}} * h_{\text{agua}}$$

$$\rho = 1,000 \text{ kgf}/\text{m}^3 * 4.7 \text{ m} = 4,700 \text{ kgf}/\text{m}^2$$

- **Cálculo del momento flector máximo en la base del módulo:**

Asumiendo una distribución triangular de la presión:

**Ecuación 9.**

*Cálculo del momento flector máximo en la base del módulo*

$$M = \frac{\rho * h_{agua}^2}{6}$$

$$M = \frac{4,700 \frac{kgf}{m^2} * (4.7m)^2}{6} = 18,410.83kgf.m/m = 1,841,083 kgf.cm/m$$

- **Cálculo del área de acero necesaria:**

**Ecuación 150.**

*Cálculo del área de acero necesaria*

$$A_s = \frac{M}{f_y * d}$$

Donde:

$$A_s = \frac{1,841,083 kgf.cm/m}{4,200 kgf/m^2 * 470cm} = 0.0093 cm^2/cm$$

- **Selección del refuerzo:**

Utilizando varillas de 3/4" (diámetro de 1.91 cm) y un espaciamiento de 20 cm:

**Ecuación 10.**

*Área proporcionada por varillas de 3/4" (diámetro de 1.91 cm) y un espaciamiento de 20 cm*

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi * (1.91cm)^2}{4}$$

$$\text{Área proporcionada por varilla} = 2.87 cm^2$$

$$\text{Número de varillas necesarias} = \frac{0.0093 cm^2/cm}{2.87 cm^2} \approx 0.0032 \frac{\text{varillas}}{cm} * 100$$

$$\approx 0.32 \text{ varillas/m}$$

Se puede proporcionar varillas de 3/4" @ 20 cm (doble malla).

▪ **Cálculo del Refuerzo Horizontal**

Asumiendo cargas horizontales y consideraciones sísmicas de acuerdo con la norma E.030, se seleccionará un refuerzo de varilla de 5/8" @ 20 cm (doble malla).

a) **Resumen del Refuerzo**

○ **Refuerzo Vertical:**

- Varilla de 3/4" @ 20 cm (doble malla)

○ **Refuerzo Horizontal:**

- Varilla de 5/8" @ 20 cm (doble malla)

**5.3.3. Caseta de Cloración y Caseta de Bombas**

En la sala de dosificación de cloro se encuentran los tanques de cloro gas con una capacidad de 68 kg. El sistema de cloración debe encargarse de dosificar el cloro en el punto de desinfección del agua filtrada. En ese punto, la capacidad de dosificación del cloro es de hasta 1.08 kg/h.

### 5.3.3.1. Almacenamiento

Se estima el almacenamiento utilizando las ecuaciones adjuntas:

**Tabla 43**

*Estimación del almacenamiento de cloro*

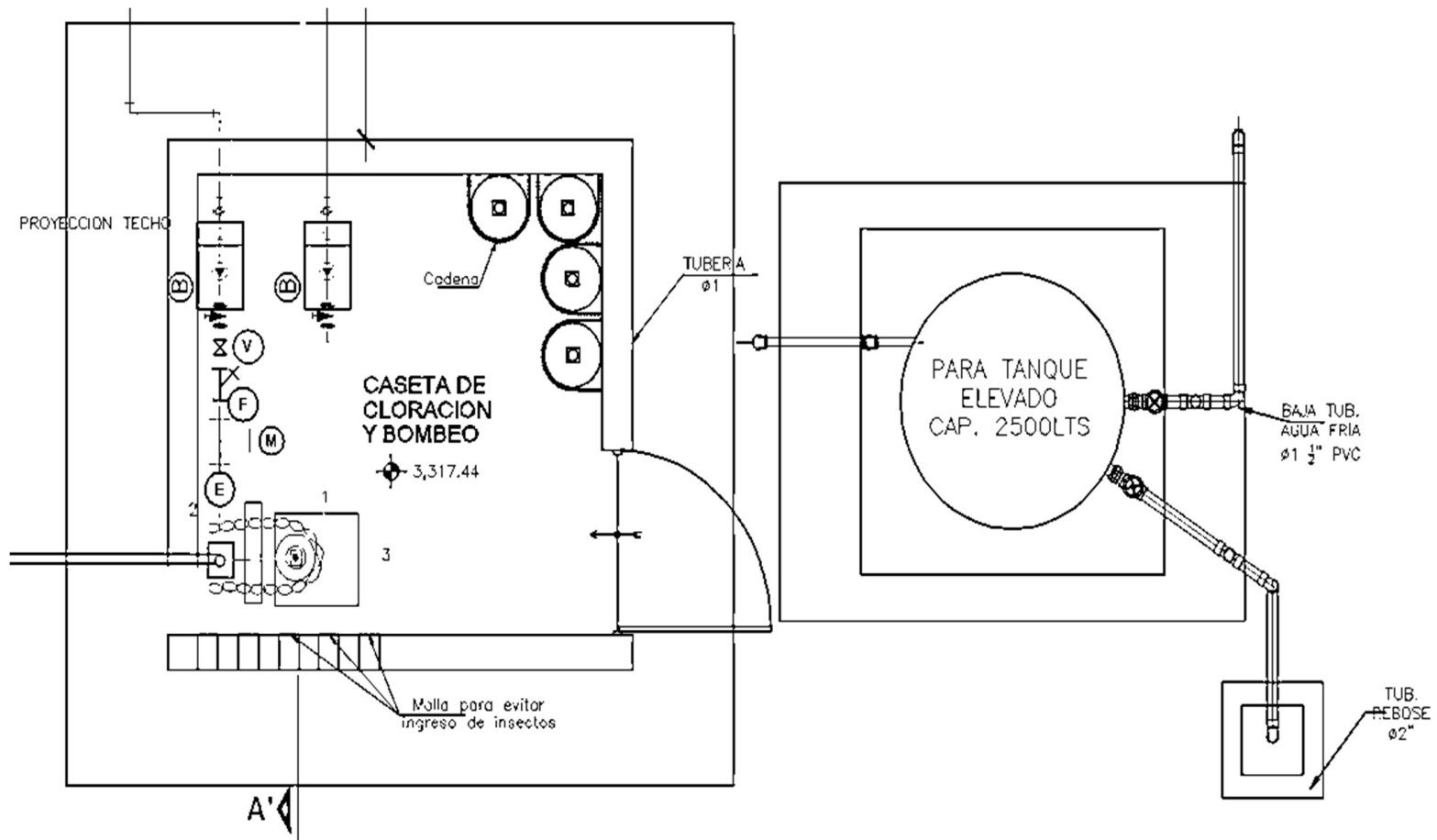
DATOS	CANTIDAD	UND	CÁLCULOS	RESULTADO	ECUACIÓN
Dosis máxima	$D_M = 3.0$	mg/l	$D = (D_M + D_m) / 2$	Dosis promedio (D)	<b>(152)</b>
Dosis mínima	$D_m = 1.0$	mg/l		D = 2.00	
Tiempo de almacenamiento	T = 60	días	$W = Q * T * D / 1000$	Peso del cloro requerido en el periodo de almacenamiento (W)	<b>(153)</b>
Caudal de Diseño	Q = 100 Q = 8640	l/s m <sup>3</sup> /d		W = 1036.80	
Peso de un cilindro	p = 68.0	Kg	$N = W / p$ 15	Número de cilindros que se almacenarán (N)	<b>(154)</b>
Area que ocupa cada cilindro	Ac = 0.071	m <sup>2</sup>	$AT = 1.25 * Ac * N$ 1.33	Area ocupado por los cilindros	<b>(155)</b>
				AT = 1.30	m <sup>2</sup>

*Nota:* Elaboración Propia

Del cuadro deducimos que es necesario un área de 1.3 m<sup>2</sup> para los cilindros de cloro requeridos para la planta como se muestra en la Figura 46.

**Figura 46**

*Planimetría de la caseta de cloración*



*Nota. Elaboración Propia*

### 5.3.3.2. Determinación de la Estación de Cloración.

A partir de la información proporcionada en el siguiente cuadro, se concluye que se requiere una capacidad de dosificación de cloro de 1.08 kg/h. Además, se estima el área de la tubería de alimentación en ½". Con estos datos, se procede a determinar las dimensiones de la cámara de contacto de cloro, considerando un tiempo de contacto de T=30 min, un volumen necesario para la cámara de VTc=180 m<sup>3</sup>, y una longitud total de la cámara de contacto de 30.46m; Como resultado, se determina que se necesitan dos cámaras como se muestra a continuación:

**Tabla 44**

*Estimación de la Estación de cloro*

DATOS	CANTIDAD	UND	CÁLCULOS	RESULTADO	ECUACIÓN
Caudal de diseño	Q = 100	l/s	$q = Q * D_M / C$	Caudal mínimo de agua requerido para la operación del eyector (q)	(156)
Dosis máxima	D <sub>M</sub> = 3.0	mg/l		q = 0.000086	
Concentración de la solución	C = 3500	mg/l			
			$W = Q * D_M$	Capacidad requerida del equipo	(157)
			300.00	W = 300.00 mg/s W = 1080 gr/hr	
Capacidad del clorador (CUADRO: tamaños comerciales de cloradores)	V <sub>max</sub> = 1400	g/h	W <sub>cmax</sub> = W <sub>max</sub>	Capacidad comercial máxima mas cercana	(158)
				W <sub>cmax</sub> = 388.89 mg/s	
			W <sub>min</sub> = W <sub>max</sub> / 20	Capacidad mínima del clorador	(159)
				W <sub>min</sub> = 70.0 gr/hr	
Velocidad en la tubería de alimentación de agua	V = 0.9	m/s	A = q / V	Área de la tubería	(160)
				A = 9.52E-05 m <sup>2</sup>	
			$\phi = (4 * A / \pi)^{1/2}$	Diámetro de la tubería de alimentación de agua	(161)
				$\phi = 0.0110$ m	
				$\phi$ comercial = 0.5 pulg	
	f = 0.030		$H_o = f * L * V^5 / (2 * g * \phi)$	Pérdida de carga por fricción	(162)
Longitud de la tubería de alimentación de agua	L = 8.55	m		H <sub>o</sub> = 0.830 m	
Aceleración de la gravedad	g = 9.81	m/s <sup>2</sup>			(163)
Coefficiente total de pérdida de carga por accesorios	ΣK = 7.55		$H_m = \Sigma K * V^2 / (2 * g)$	Pérdida de carga menores H <sub>m</sub> = 0.312 m	
Presión requerida por el eyector	h = 30	m	HT = h + H <sub>o</sub> + H <sub>s</sub> + H <sub>m</sub>	Carga dinámica total	(164)
altura de sumergencia	H <sub>s</sub> = 3.83				
Peso específico del agua	Pe = 1000	Kg/m <sup>3</sup>	Pot = Pe * q * H / (75 * E)	Potencia de la bomba	(165)
Eficiencia	E = 0.85				
Tiempo de contacto	T = 30	min	VT <sub>c</sub> = Q * t	Volumen del tanque de contacto de cloración	(166)
				VT <sub>c</sub> = 180 m <sup>3</sup>	
Dimensiones	b = 1.50			Longitud Total de la Camara de Contacto	30.46 m
	h = 3.94				
	L = 17.46				
				# de Camaras	2.00

*Nota:* Elaboración Propia

### 5.3.3.3. Diseño Estructural Caseta de Cloración y Bombas.

Para el diseño del refuerzo de acero para la caseta de cloración de una planta de tratamiento de agua potable tenemos la siguiente información:

- **Datos Iniciales**

**Dimensiones de la caseta:** 2m x 2m

**Altura de la caseta:** 2.65m

**Dimensiones de la losa aligerada:** 3m x 3m

**Altura de la losa aligerada:** 20cm

**Dimensiones de las columnas:** 0.15m x 0.30m

**Dimensiones de la viga de borde:** 0.1m x 0.2m

**Dimensiones de la viga solera:** 0.15m x 0.2m

**Resistencia del concreto  $F'c$ :** 210 kgf/cm<sup>2</sup>

**Cargas de diseño:**

Carga Muerta: Peso propio del concreto (2,400 kgf/m<sup>3</sup>)

Carga Viva: Considerada según normativa

- **Cálculo del Refuerzo de Acero para las Columnas**

- **Cálculo del Refuerzo Vertical en Columnas**

- **Área de las columnas:**

$$A_{columna} = b * h$$

$$A_{columna} = 15cm * 30cm = 450cm^2$$

donde b es el ancho de la columna y h es la altura de la columna.

- **Esfuerzo axial en las columnas (Carga Axial):**

$$P_u = \frac{\left(\frac{2,400kgf}{m^3} * 2.65m * 1m^2\right)}{4}$$

$$P_u = 1,590kgf$$

Donde 2,400 kgf/m<sup>3</sup> es la densidad del concreto, 2.65 m es la altura de la columna y el área de influencia es 1 m<sup>2</sup> (dividido entre 4 por ser una carga distribuida).

- **Área de acero necesaria As (Diseño por flexión):**

$$As = \frac{P_u}{0.9f_y}$$

$$As = \frac{1,590kgf}{0.9 * 4,200kgf/cm^2} = 0.421cm^2$$

Donde Pu es la carga axial última, fy es el esfuerzo de fluencia del acero (4,200kgf/cm<sup>2</sup>), y 0.9 es el factor de reducción de resistencia.

- **Selección del refuerzo:** Utilizando varillas de 1/2" (diámetro de 1.27 cm):

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi * (1.27cm)^2}{4} = 1.27cm^2$$

Donde d es el diámetro de la varilla, se utilizarán 4 varillas de 1/2".

- **Cálculo de los Estribos en Columnas**

- **Espaciamiento de estribos:** Asumiendo una separación de 20 cm:

Área proporcionada por varilla de 1/2" (diámetro de 1.27 cm) asumiendo separación de 20cm.

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi * (0.635\text{cm})^2}{4} = 0.318\text{cm}^2$$

- **4. Cálculo del Refuerzo de Acero para la Losa Aligerada**

- **4.1. Cálculo del Refuerzo en Viguetas**

- **Viguetas con varillas de 3/8" (diámetro de 0.952 cm):**

Área proporcionada por varilla de 3/8" (diámetro de 0.952 cm)

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi * (0.952\text{cm})^2}{4} = 0.71\text{cm}^2$$

- **4.2. Cálculo del Refuerzo en la Viga Perimetral (Borde)**

- **Refuerzo longitudinal:**

2 varillas de 1/2" (diámetro de 1.27 cm):

Área proporcionada por 2 varillas de 1/2" (diámetro de 1.27 cm)

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi * (1.27\text{cm})^2}{4} = 1.27\text{cm}^2$$

- **Estribos tipo S de 1/4" (diámetro de 0.635 cm):**

Área proporcionada por varilla S de 1/4" (diámetro de 0.635 cm)

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi * (0.635\text{cm})^2}{4} = 0.318\text{cm}^2$$

Espaciamiento de 20 cm.

○ **Cálculo del Refuerzo en la Viga Solera Interior**

▪ **Refuerzo longitudinal:**

4 varillas de 1/2" (diámetro de 1.27 cm):

Área proporcionada por 4 varillas de 1/2" (diámetro de 1.27 cm)

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi * (1.27\text{cm})^2}{4} = 1.27\text{cm}^2$$

**Estribos de 1/4" (diámetro de 0.635 cm):**

Área proporcionada por varilla estribos de 1/4" (diámetro de 0.635 cm)

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\text{Área proporcionada por varilla} = \frac{\pi * (0.635\text{cm})^2}{4} = 0.318\text{cm}^2$$

Espaciamiento de 20 cm.

• **Resumen del Refuerzo**

○ **Columnas:**

Refuerzo Vertical: 4 varillas de 1/2"

Estribos: 1/4" @ 20 cm

○ **Losa Aligerada:**

Viguetas: 3/8" @ 20 cm

○ **Viga Perimetral:**

Refuerzo Longitudinal: 2 varillas de 1/2"

Estribos tipo S: 1/4" @ 20 cm

○ **Viga Solera Interior:**

Refuerzo Longitudinal: 4 varillas de 1/2"

Estribos: 1/4" @ 20 cm

### **5.3.2. Casa Química**

La casa de química propuesta de reestructuración comprende de la oficina para el encargado de la planta, laboratorio para el control de procesos de la planta, sala de dosificación, almacenes y servicios higiénicos.

#### **5.3.2.1. Sala de dosificación.**

Se han diseñado dos tanques de concreto en la sala de dosificación como propuesta de reestructuración, con una capacidad de 7 m<sup>3</sup> cada uno. Estos tanques tienen dimensiones útiles de 2 m x 2 m y una altura útil de 1,9 m. Su propósito es preparar una solución al 1,0 % de sulfato de aluminio para todo el proyecto, según lo propuesto. Para esta concentración de la solución, se estima que cada tanque durará un promedio de 8.85 horas durante todo el proyecto. La capacidad de cada tanque está dimensionada de manera que se agregue un total de 50 kg (equivalente a 1

bolsa) de sulfato de aluminio durante todo el proyecto. Se han instalado las conexiones hidráulicas necesarias para permitir que los dos tanques funcionen de manera intercambiable mediante dos bombas dosificadoras de funcionamiento alternativo. Cada bomba dosificadora es del tipo diafragma y consume 4.9 L/min/L de aire, y su rango de trabajo oscila entre un máximo de 604.8 L/h y un mínimo de 336.0 L/h, con una presión máxima de descarga de 6.8 Bar.

Cada tanque cuenta con un agitador eléctrico de 0.37 kW para la dilución de la solución. Además, se ha previsto un suministro de agua clarificada, una tubería de rebose y una tubería de limpieza para cada tanque.

El suministro de agua para estos tanques de preparación de solución química proviene de una estación de bombeo de presión constante, ubicada junto a la cámara de cloración. Este sistema también abastecerá la red de agua potable destinada a la limpieza de las unidades. A continuación se muestra el cálculo de almacenamiento de sulfato de aluminio. La Figura 47 la planta Casa Química.

**Tabla 45**

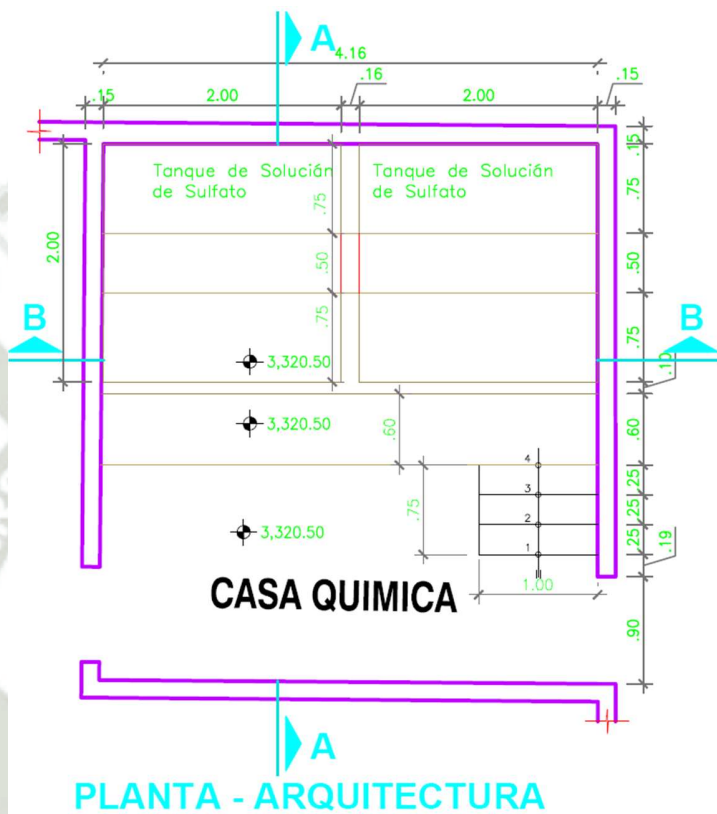
*Cálculo Almacenamiento de Sulfato de Aluminio*

PASO	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	ECUACIÓN
1	Concentración del cuagulante en un primer caso	C1= 1% 10000	% mg/L	$q1=D*Q/C$	q1= 0.220 19.01	Caudal promedio de solución al 1%	L/s	(167)
	Concentración del cuagulante en un segundo caso	C2= 10% 10000	% mg/L				$q2=D*Q/C$	q2= 0.022 1.90
2	Tiempo de periodo de trabajo del tanque de solución	T0= 8.85	horas	$P0=P*T0/24$	P0= 70.092	Consumo de Cuagulante por tanque de solución	Kg	(169)
				$n=P0/W$	n= 1.40184	Número de sacos para tanque de solución	Und	(170)
				$T0'=n*W*24/P$	T0'= 8.85	Horas Reales de Turno de Trabajo	Horas	(171)
				$V1=(T0')*q1/24$	V1= 7.0092	Volumen Real del tanque de solución C=1%	m3	(172)
				$V2=(T0')*q2/24$	V2= 0.70092	Volumen Real del tanque de solución C=10%	m3	(173)
				V=Volumen	v= 7.0092	Volumen Elegido del Tanque	m3	(174)
				$P0'=P*T0/24$	P0'= 70.092	Consumo real de cuagulante por tanque de solución	kg	(175)
				$Qad=(V1-V2)*1000/T0'/3600$	Qad= 0.198	Caudal adicional de agua que se debe aplicar a la salida del dosificador	L/s	(176)
3	Largo del tanque de solución	l= 2	m	$h=V/a/l$	h= 1.7523	Altura del tanque de solución	m	(177)
	Ancho de tanque de solución	a= 2	m					
4	Borde libre del tanque	b= 0.2	m	V=Volumen	V= 7.71012	Volumen Final del tanque de solución	m3	(178)
5				$qmax=Dmax*Q/C$	qmax= 0.24	Caudal máximo del tanque de solución	L/s	(179)
				$qmin=Dmin*Q/C$	qmin= 0.02	Caudal mínimo del tanque de solución	L/s	(180)
6				Rmax	Rmax= 864	Rango máximo del dosificador	L/h	
				Rmin	Rmin= 72	Rango mínimo del dosificador	L/h	

Nota: Elaboración Propia

**Figura 47**

*Planta Casa Química*



*Nota.* Elaboración Propia

### 5.3.2.2. Almacén.

Para calcular la capacidad del almacén, se han tenido en cuenta dosis extremas de sulfato de aluminio, que van desde 20 hasta 24 mg/L. Con base en esto, se estima que se deberán almacenar aproximadamente 114 bolsas de 50 kg cada una, para cubrir un periodo de 30 días durante toda la etapa del proyecto. Para el almacenamiento del sulfato de aluminio, se requerirá una tarima de madera con dimensiones de 1.20 m x 3.20 m.

Por recomendación del artículo 5.7.5.2, inciso g) de la norma O.S. 020, se ha proyectado un almacén separado en otra habitación. Esta norma establece la necesidad de contar con un

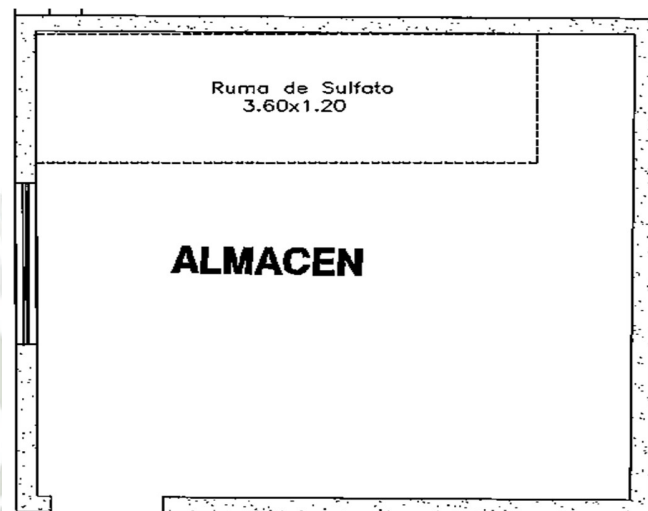
almacén especial delimitado, por lo cual se ha tomado esa medida en consideración para la restructuración. A continuación, se muestra el cálculo almacenamiento de sulfato de aluminio. Y la Figura 48 muestra el plano del almacén.

**Tabla 46**

*Cálculo Almacenamiento de Sulfato de Aluminio*

PASO	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	ECUACIÓN
1	Dosis mínima	$D_M = 24$	mg/L	$D = \frac{(D_M + D_m)}{2}$	$D = 22.00$	Dosis Promedio	mg/L	<b>(181)</b>
	Dosis máxima	$D_m = 20$						
2	Peso específico coagulante	$d = 964$	kg/m <sup>3</sup>	$V = \frac{D * T * Q}{d * 1000}$	$V = 5.92$	Volumen de almacenamiento requerido	m <sup>3</sup>	<b>(182)</b>
	Tiempo almacenamiento	$T = 30$	días					
	Caudal de Diseño	$Q = 0.10$	m <sup>3</sup> /s					
$Q = 8640$		m <sup>3</sup> /día						
3	Altura almacén	$H = 1.8$	m	$A = V/H$	$A = 3.29$	Área neta de almacenamiento	m <sup>2</sup>	<b>(183)</b>
4	Numero de filas o rumas	$N = 1$		$L = \frac{A}{(B * N)}$	$L = 2.739$	Largo de la fila de los sacos	m	<b>(184)</b>
	Ancho de ruma	$B = 1.2$	m					
5	Espacio entre filas	$e = 1$	m	$AT = L + 2e''$	$AT = 4.439$	Ancho total del Almacén	m	<b>(185)</b>
	Espacio entre fila y pared	$e'' = 0.85$						
6				$LT(a) = N * B + (N - 1) e'' + 2e$	$LT = 3.2$	Longitud Total del Almacén	m	<b>(186)</b>
7	Peso aproximado de una bolsa de coagulante	$W = 50$	kg	$P = D * Q$	$P = 190.1$	Consumo diario de coagulante	kg/día	<b>(187)</b>
				$N2 = P * T / W$	$N2 = 114$	Número de sacos en 30 días	und	<b>(188)</b>
8				$N3 = N2 / N$	$N3 = 114$	Número de sacos por ruma	und	<b>(189)</b>

Nota: Elaboración Propia

**Figura 48***Plano de Almacén**Nota:* Elaboración Propia

#### **5.3.2.3.Oficina de control.**

En el área de control, es necesario contar con el mobiliario esencial, que incluye un escritorio para el encargado de la planta, un ordenador para llevar el control de manera electrónica y una mesa para que los operadores puedan completar los formularios de control de calidad del agua cruda, decantada, filtrada y tratada. Además, esta oficina de control dispone de servicios sanitarios para el personal que trabaja en la planta.

#### **5.3.2.4.Laboratorio.**

Con el fin de asegurar el rendimiento óptimo de la planta, se deberá efectuar evaluaciones regulares para determinar la dosis apropiada de coagulante a aplicar. Este proceso implica la realización de controles de calidad tanto en el agua cruda como en la producida, abordando parámetros esenciales como turbidez, color, pH, alcalinidad y cloro residual. Para llevar a cabo estas evaluaciones, se propone la instalación de un laboratorio de dimensiones reducidas, equipado mínimamente con los siguientes instrumentos y materiales como se muestra en la Tabla 30.

**Tabla 47**

*Instrumentos y Materiales para Laboratorio*

Instrumento/Material	Cantidad	Descripción
Turbidímetro nefelométrico	1	Instrumento para medir la turbidez del agua.
Medidor de pH	1	Dispositivo para medir el nivel de acidez o alcalinidad del agua.
Conductímetro	1	Equipo para medir la conductividad eléctrica del agua.
Colorímetro	1	Herramienta para medir la intensidad de color del agua.
Bureta	1	Instrumento de precisión para la titulación de líquidos.
Soporte para bureta	1	Estructura para sostener la bureta durante los ensayos.
Equipo de prueba de jarras con seis agitadores	1	Equipo para realizar ensayos de coagulación y floculación, agitando a 300 rpm.
Vasos de vidrio de 2 litros	6	Recipientes de vidrio para contener muestras durante los ensayos.
Deflectores para los vasos de vidrio de 2 litros	6	Accesorios para mejorar la mezcla en los vasos de vidrio.
Tomadores de muestra para los vasos de vidrio	6	Herramientas para recoger muestras de los vasos de vidrio durante los ensayos.
Medidor de cloro residual	1	Dispositivo para medir la concentración de cloro residual en el agua.
Material de vidriería (pipetas, vasos, etc)	Varios	Diversos materiales de vidrio necesarios para la manipulación de líquidos.
Balanza digital (0 a 200 gramos)	1	Balanza de precisión para medir pequeñas cantidades de sustancias.
Destilador	1	Equipo para la destilación y purificación de agua.

*Nota.* Elaboración Propia

## Capítulo VI: Estudios Técnicos

### 6.1. Estudio Topográfico

#### 6.1.1. *Objetivo del estudio Topográfico*

El análisis topográfico para esta investigación es necesario debido a que se debe corroborar la base de datos existente de la entidad respectiva en referencia a georreferenciación de la planta de tratamiento de agua con lo levantado para este proyecto de investigación, sobre todo de los puntos geodésicos el cual es de vital importancia para la reestructuración de la planta.

#### 6.1.2. *Alcance de la Información Topográfica*

Se ubicó y corroboró con estación total los puntos geodésicos con los que se trabajaron en la construcción de la PTAP, con esto también se obtuvo el levantamiento topográfico el cual es corroborado y contrastado con el realizado para la construcción de la PTAP existente, en función esta información se corroboró las cotas de en cada módulo de la planta, estas fueron revisadas por criterio y coherencia en el perfil hidráulico de la reestructuración material de esta investigación, estas cotas son determinantes al momento de la elaboración de la memoria de cálculo de cada componente; puesto que es una planta de arrastre hidráulico.

### 6.2. Estudio Hidrológico

#### 6.2.1. *Objetivos del estudio Hidrológico*

El estudio hidrológico tiene como objetivo indagar la oferta y demanda en la cuenca Crisnejas, así como el análisis de los caudales máximos, mínimos y sobre todo promedios del río Grande, los cuales son registrados por las autoridades competentes; dichos resultados están en función a la “Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Crisnejas” elaborado por el ANA, 2014.

### 6.2.2. Evaluación de la Cuenca Hidrográfica:

#### a) Descripción de la Cuenca

Con un área de 22.48 km<sup>2</sup> y un perímetro de 23.58 km., Río grande es una microcuenca que se ubica al Suroeste del distrito de Huamachuco, en la provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, esta microcuenca pertenece a la cuenca 120 49898 Crisnejas la cual, a su vez, pertenece a la vertiente del Atlántico que está conformado por todos los ríos que desemboca en el río Marañón, afluente del río Amazonas, comprende la ALA (Administraciones locales de agua, que son unidades orgánicas de las AAA, que administran los recursos hídricos en sus respectivos territorios) Huamachuco y a la AAA (autoridad Administrativa del Agua) IV Marañón Cajamarca. Los afluentes de río grande son los ríos Shiracmaca, Sanagorán, Huayro Chuyugual y Yamobamba, todos de régimen permanente, aumentando estos sus caudales en las épocas de lluvia propios de la sierra. La Tabla 31 muestra los afluentes de Río Grande.

**Tabla 48**

*Afluentes de Río Grande*

TRIBUTARIOS	SUBCUENCA	CUENCA
RÍO SHIRACMACA	RÍO GRANDE	CRISNEJAS
RÍO SANAGORAN		
RÍO HUAYRRO		
RÍO CHUYUHUAL		
RÍO YAMOBAMBA		
QUEBRADA COMUN PAMPA		CRISNEJAS
QUEBRADA LA FLORIDA		
RÍO CONDEBAMBA		

*Nota.* Elaboración Propia

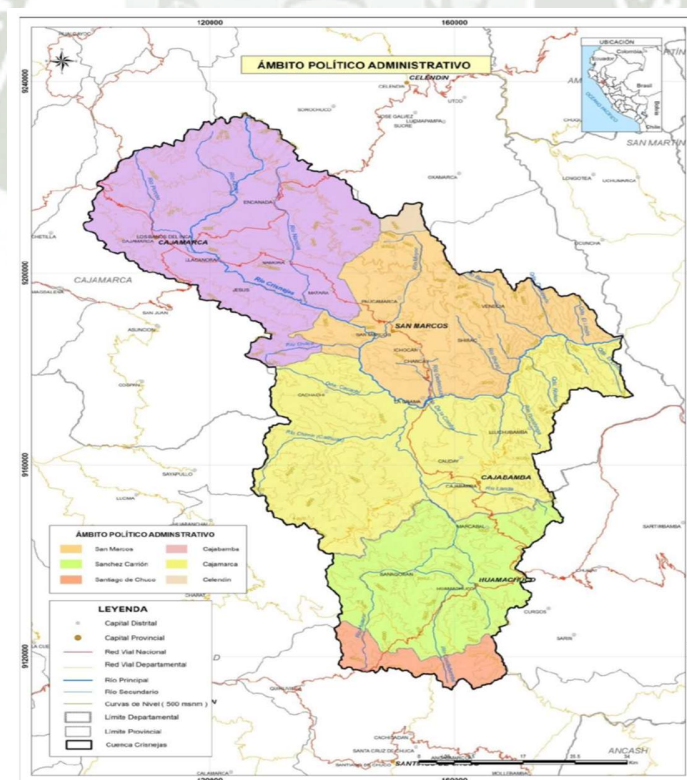
Los afluentes de río grande son los ríos Shiracmaca, Sanagorán, Huayrro Chuyugual y Yamobamba, todos de régimen permanente, aumentando estos sus caudales en las épocas de lluvia propios de la sierra.

### 6.2.3. *Ubicación Hidrográfica*

La cuenca Crisnejas comprende un área total de 4 928 km<sup>2</sup>., desemboca en el río Marañón y discurre de Suroeste a Noreste con altitudes comprendidas entre 3 300 a 4 500 msnm. Políticamente se encuentra ubicada en los departamentos de Cajamarca y La Libertad, propiamente en las provincias de Cajamarca, San Marcos, Cajabamba, Sánchez Carrión y parte de Santiago de Chuco como se muestra en la Figura 49.

#### **Figura 49**

*Mapa político de la cuenca Crisnejas*



*Nota.* Obtenido de la evaluación de recursos hídricos en la cuenca Crisnejas ANA

#### 6.2.4. *Análisis de Precipitación:*

##### a) **Recopilación y análisis de datos históricos**

De acuerdo a los periodos contemplados para cada año por el SENAMHI, los que se dividen en dos grupos; uso común y periodos trimestrales tenemos:

Primer grupo uso común

- Anual: enero a diciembre
- Periodo hidrológico: septiembre a agosto
- Avenida: diciembre a abril
- Estiaje: mayo a noviembre

Segundo grupo periodos trimestrales

- Diciembre – enero - febrero
- Marzo – abril – mayo
- Junio – julio – agosto
- Setiembre – octubre – noviembre

Estos valores están expresados en milímetros por década (mm/dec), estas tendencias pueden expresar reducción o incremento en la precipitación total anual a lo largo del periodo, para esto se tomarán los datos existentes históricos de 1965 al 2018, cuyo intervalo de confianza (IC) se calcula con un coeficiente de confianza al 95%, lo que significa que tenemos seguridad que la tendencia estará dentro de los intervalos establecidos. La Tabla 32 muestra las Tendencias. Por otro lado, la Figura 50, Figura 51 y Figura 52 muestran la tendencia Anual, de Avenida y de Estiaje respectivamente.

**Tabla 49**

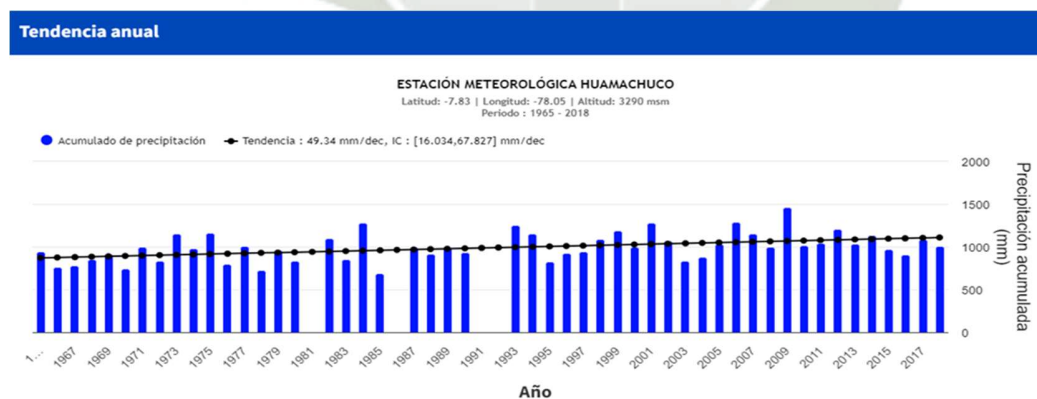
*Cuadro de tendencias (1965 -2018)*

Periodo	Tendencia	Intervalo de confianza
Anual	49.34 mm/dec	(16.034, 67.827) mm/dec
Periodo Hidrológico	48.79 mm/dec	(16.771, 70.099) mm/dec
Avenida	36.51 mm/dec	(7.189, 57.098) mm/dec
Estiaje	8.82 mm/dec	(-4.086,23.048) mm/dec
Diciembre – enero - febrero	14.57 mm/dec	(-4.757, 28.690) mm/dec
Marzo – abril – mayo	30.79 mm/dec	(5.414, 47.146) mm/dec
Junio – julio – agosto	-2.24 mm/dec	(-5.737, 2.319) mm/dec
Setiembre – octubre – noviembre	5.36 mm/dec	(-7.461, 17.370) mm/dec

*Nota.* Obtenido de SENAMHI

**Figura 50**

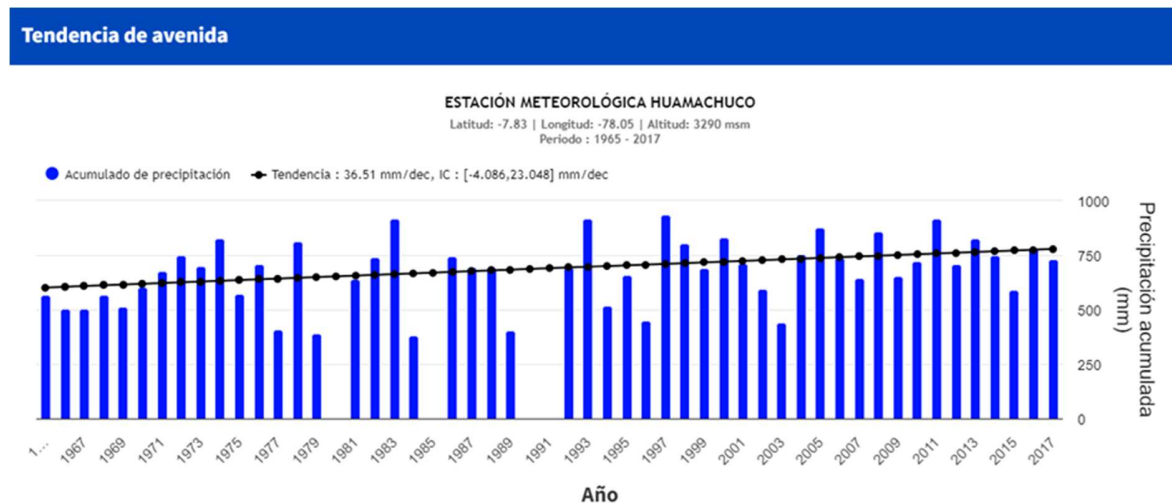
*Tendencia Anual*



*Nota.* Obtenido de SENAMHI.

**Figura 51**

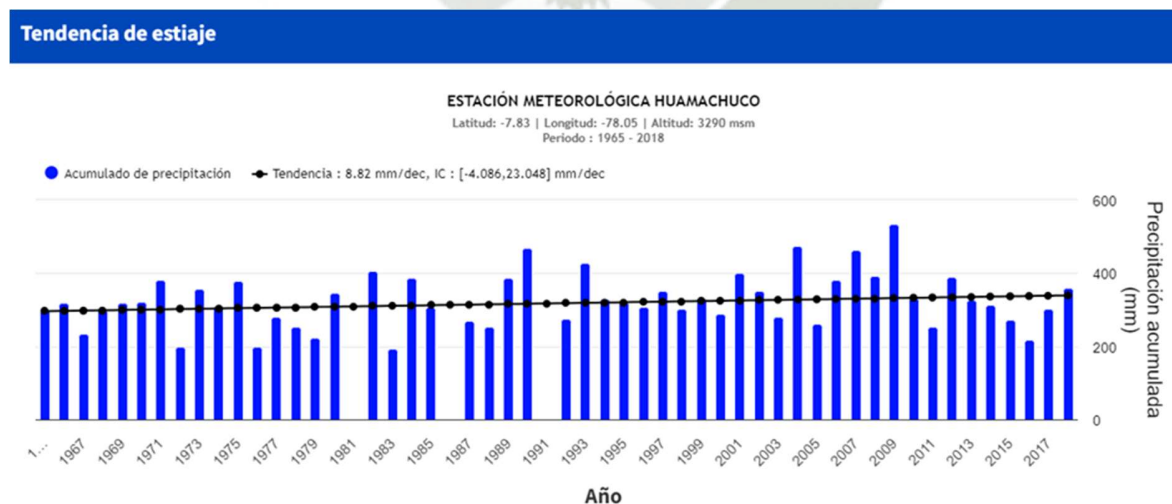
*Tendencia de Avenida*



*Nota.* Obtenido de SENAMHI.

**Figura 52**

*Tendencia de Estiaje*



*Nota.* Obtenido de SENAMHI

En la Tabla 33 se puede observar que la tendencia es incremental para todos los periodos; en especial, las tendencias anuales, de avenida y estiaje; lo señalado impacta positivamente en el aporte que se garantiza a la microcuenca al alza; garantizando el caudal de diseño para la reestructuración de la planta.

#### **b) Evaluación Hidrológica**

Según la Tabla 33 que brinda el SENAMHI:



Tabla 50

Caudales Generados

CAUDALES GENERADOS EN (m <sup>3</sup> /seg)												
UBICACIÓN POLÍTICA		SENAMHI						UBICACIÓN GEOGRÁFICA				
DEPARTAMENTO	LA LIBERTAD							Latitud:	07° 49' 49"	Sur		
PROVINCIA	HUAMACHUCO							Longitud:	78° 03' 03"	Oeste		
DISTRITO	SANCHES CARRION							Altitud:	3290	m.s.n.m		
PERIODO : 1996 al 2015												
AÑO/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1996	0.3956	0.7825	0.9099	0.6735	0.2837	0.1390	0.0683	0.0376	0.0179	0.4537	0.3313	0.1687
1997	0.3153	0.4806	0.3982	0.2438	0.1651	0.0905	0.0505	0.0116	0.0533	0.2304	0.2641	0.7391
1998	0.8396	1.2170	1.1394	0.8692	0.3724	0.1610	0.0969	0.0605	0.0321	0.2716	0.3897	0.1966
1999	0.6178	2.0399	1.1260	0.5743	0.2497	0.1306	0.0556	0.0104	0.1541	0.0461	0.3245	0.3860
2000	0.4202	0.8300	0.9575	0.5719	0.3110	0.1266	0.0683	0.0253	0.0317	0.0297	0.0471	0.3598
2001	1.0430	0.8731	1.4597	0.6021	0.4026	0.1845	0.0722	0.0513	0.0136	0.3100	0.5761	0.8182
2002	0.4923	0.5203	0.8213	0.7251	0.2572	0.1025	0.0018	0.0109	0.0046	0.2233	0.4688	0.7760
2003	0.3979	0.4703	0.5564	0.4116	0.1385	0.0185	0.0059	0.0157	0.0267	0.1876	0.2150	0.1897
2004	0.1314	0.3173	0.2103	0.1921	0.1440	0.1021	0.0604	0.0091	0.0003	0.3032	0.7775	0.5551
2005	0.4459	0.4784	1.3091	0.6887	0.2747	0.1218	0.0712	0.0141	0.0031	0.0766	0.0529	0.3421
2006	0.5343	0.7290	1.3677	1.0571	0.4142	0.2216	0.0810	0.0554	0.0817	0.3231	0.3533	0.6038
2007	0.6273	0.3961	1.0243	0.7621	0.3693	0.1462	0.0676	0.0160	0.0223	0.7554	0.7143	0.5213
2008	0.7640	0.5472	0.6554	0.5777	0.3165	0.1392	0.0535	0.0274	0.1238	0.3983	0.2886	0.1581
2009	0.8492	0.6641	1.1493	1.2144	0.7724	0.3717	0.1820	0.0814	0.0340	0.5158	0.5844	0.6043
2010	0.4391	0.4682	1.0514	0.5835	0.2857	0.1148	0.0619	0.0240	0.0093	0.0871	0.3472	0.6289
2011	0.5808	0.4630	0.7318	0.8208	0.3613	0.1792	0.0629	0.0512	0.1222	0.0525	0.2356	0.9139
2012	1.2883	1.2276	0.6921	0.7040	0.2864	0.1610	0.1022	0.0806	0.0604	0.4394	0.6550	0.6062
2013	0.3700	0.5551	0.9056	0.8398	0.5070	0.2245	0.0750	0.0131	0.0006	0.3936	0.2402	0.4476
2014	0.4090	1.1137	1.3624	0.8047	0.5290	0.2122	0.0988	0.0397	0.1427	0.1207	0.1278	0.3967
2015	0.5791	0.4960	1.2276	0.7282	0.5168	0.2377	0.0532	0.0253	0.0115	0.0409	0.2143	0.2547
MAX	1.288	2.040	1.460	1.214	0.772	0.372	0.182	0.081	0.154	0.755	0.778	0.914
MEDIA	0.577	0.733	0.953	0.682	0.348	0.159	0.069	0.033	0.047	0.263	0.360	0.483
MIN	0.131	0.317	0.210	0.192	0.139	0.018	0.002	0.009	0.000	0.030	0.047	0.158

Nota. Obtenido de SENAMHI

Se infiere que según la media de los caudales generados; se tiene que los meses de julio, agosto y septiembre; se tienen caudales por debajo del caudal de diseño, esto indica que toda el agua debe ser tratada en su totalidad; sin embargo, para los demás meses del año, el río Grande cubre la brecha de tratamiento de la planta.

Se infiere que esta fuente puede ser utilizada para almacenar a futuro con estructuras de acopio como represas para que se pueda cubrir el caudal de diseño de planta e incluso el caudal necesario al 2042. La Figura 53 muestra los caudales de medios generados.

Los caudales medios generados de la Figura 53 se puede ver que en los meses de Diciembre a Abril se presentan los mayores caudales, siendo Marzo el mes con máximo valor de 0.953 m<sup>3</sup>/s, en temporada de estiaje se tienen caudales que oscilan entre 0.348 m<sup>3</sup>/s que corresponde al mes de mayo y 0.36 m<sup>3</sup>/s que corresponde al mes de noviembre; los cuales también cubren el caudal de diseño para la reestructuración de la planta de tratamiento; sin embargo, los meses de julio, agosto y septiembre con caudales medios generados de 0.069 m<sup>3</sup>/s, 0.033 m<sup>3</sup>/s y 0.047m<sup>3</sup>/s respectivamente, son los meses de menor caudal generado por el Río Grande, evidenciando la necesidad de considerar estructuras hidráulicas de acopio masivo como represas a futuro.

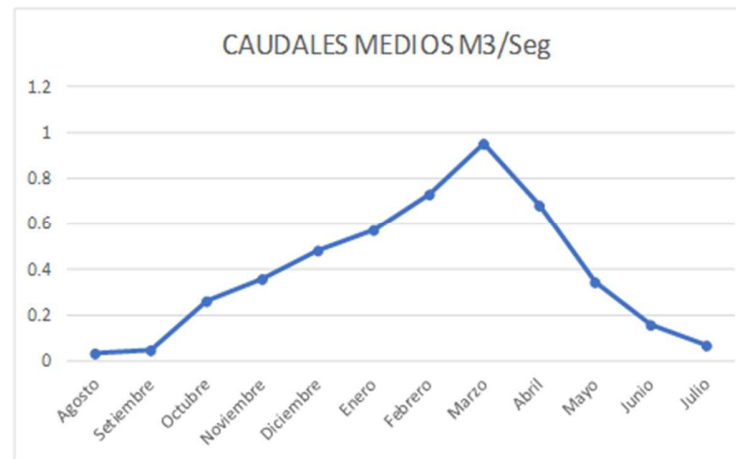
### c) Consideraciones climáticas y cambio climático

- **Evaluación de las condiciones climáticas actuales y proyecciones sobre posibles cambios.** Ver la Figura 54 y la Figura 55.

**Figura 53**

*Caudales medios generados*

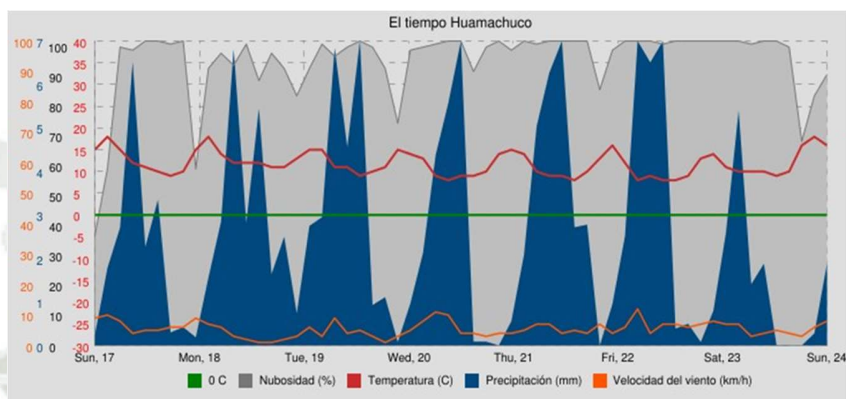
CAUDALES MEDIOS GENERADOS M3/Seg											
UBICACIÓN POLÍTICA											
DEPARTAMENTO	LA LIBERTAD										
PROVINCIA	HUAMACHUCO										
DISTRITO	SANCHEZ CARRIÓN										
PERIODO DEL 1996 - 2015											
Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
0.033	0.047	0.263	0.36	0.483	0.577	0.733	0.953	0.682	0.348	0.159	0.069



*Nota.* Elaboración Propia

**Figura 54**

*Estado Climático actual zona de estudio – Parte 1*



*Nota.* Obtenido de Getamap (2023).

**Figura 55**

*Estado Climático actual zona de estudio – Parte 2*

El tiempo Huamachuco (Nubosidad, Temperatura, Velocidad del viento y Precipitación mm probab.)					
Sun Mar 17	Mon Mar 18	Tue Mar 19	Wed Mar 20	Thu Mar 21	Fri Mar 22
~11 l/m <sup>2</sup> 83%	~18 l/m <sup>2</sup> 89%	~26 l/m <sup>2</sup> 91%	~22 l/m <sup>2</sup> 94%	~20 l/m <sup>2</sup> 95%	~37 l/m <sup>2</sup> 96%
12 °C min	9 °C min	10 °C min	9 °C min	9 °C min	9 °C min
19 °C max	18 °C max	15 °C max	15 °C max	15 °C max	16 °C max
11 km/h	10 km/h	10 km/h	12 km/h	11 km/h	13 km/h

*Nota.* Obtenido de Getamap (2023)

## **Capítulo VII: Análisis de Riesgos de la Planta de Tratamiento de Agua**

El análisis de Riesgos y la gestión de los mismos en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Huamachuco PTAP, son de gran importancia para reducir la vulnerabilidad y de esta manera garantizar la calidad del agua. Evaluar los riesgos nos ayudará a señalar los posibles peligros y eventos peligrosos para así valorar y estimar el nivel de riesgo.

Si bien es cierto que la calidad de agua dependerá de varios factores como la cuenca de abastecimiento, los procesos de tratamiento de la PTAP y el sistema de distribución, en este capítulo nos enfocaremos solamente en los procesos de tratamiento de la PTAP.

### **7.1. Identificación de Riesgos y sus tipos en la PTAP**

#### **7.1.1. Categorías del Riesgo**

Según el PMI en la guía del PMBOK 7ma edición, para planificar la gestión de riesgo es necesario agrupar y ordenar los riesgos individuales de cada proyecto; en tal sentido, para fines netamente del contexto de investigación se utilizará como base el modelo de categorías del riesgo - RBS (Guía del PMBOK). La Tabla 34 muestra las fuentes de riesgo del proyecto.

**Tabla 51**

*Fuentes de Riesgo*

NIVEL 0 de RBS	NIVEL 1 de RBS	NIVEL 2 de RBS
0. TODAS TODAS LAS FUENTES DE RIESGO DEL PROYECTO	1. RIESGO TÉCNICO	1.1 Definición del alcance
		1.2 Definición de los requisitos
		1.3 Estimaciones, supuestos y restricciones
		1.4 Procesos técnicos
		1.5 Tecnología
		1.6 Interfaces técnicas
		Etc.
	2. RIESGO DE GESTIÓN	2.1 Dirección de proyectos
		2.2 Dirección del programa/portafolio
		2.3 Gestión de las operaciones
		2.4 Organización
		2.5 Dotación de recursos
		2.6 Comunicación
		Etc.
	3. RIESGO COMERCIAL	3.1 Términos y condiciones contractuales
		3.2 Contratación interna
		3.3 Proveedores y vendedores
		3.4 Subcontratos
		3.5 Estabilidad de los clientes
		3.6 Asociaciones y empresas conjuntas
		Etc.
	4. RIESGO EXTERNO	4.1 Legislación
		4.2 Tasas de cambio
		4.3 Sitios/Instalaciones
		4.4 Ambiental/clima
		4.5 Competencia
		4.6 Normativo
		Etc.

*Nota.* Obtenido del PMBOK Séptima Edición

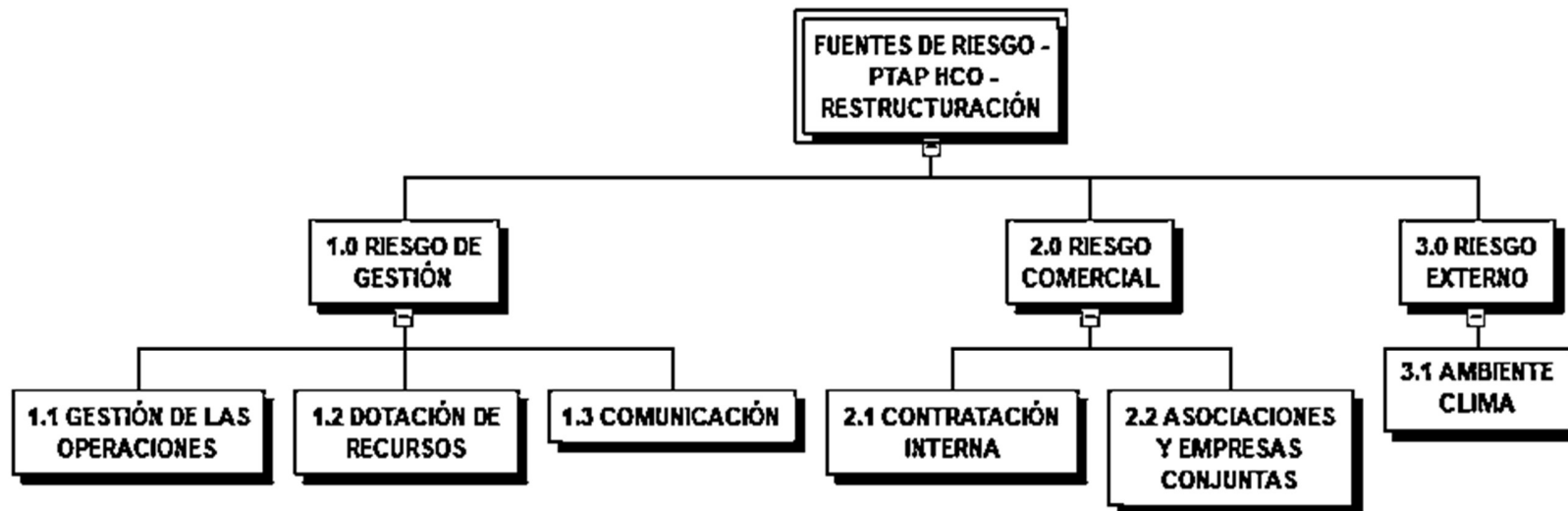
La Gestión de Riesgos es un grupo de conocimiento muy amplio y consideramos de vital importancia la relevancia de la implementación en la gestión de proyecto desde el proceso de planificación, ejecución y de manera enfática en la operación y mantenimiento.

En tal sentido, utilizando como enfoque y criterio los objetivos específicos, hemos seleccionado las siguientes categorías de riesgos para profundizar y detallar la relevancia de los mismos en los distintos niveles y etapas del proyecto que consiste en la Reestructuración de la PTAP de la ciudad de Huamachuco. La Figura 56 muestra las fuentes de riesgo PTAP de Huamachuco.



**Figura 56**

*Fuentes de Riesgo PTAP Huamachuco*



*Nota.* Elaboración Propia

### ***7.1.2. Identificación de Riesgos en la Planta de Tratamiento de Agua Potable***

Considerando la fuente de riesgos elegidos para la presente investigación detallamos los riesgos identificados en la siguiente Matriz de Riesgos: Como se muestra en la Tabla 35 de la matriz de riesgos PTAP Huamachuco.



**Tabla 52.**

Matriz de Riesgos PTAP Huamachuco

<b>MATRIZ DE RIESGOS, DESARROLLO Y ANÁLISIS</b> Proyecto de Investigación: DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD Participante: Uriel Ramiro, Charaja Zapana Fecha: 03/11/2022 Tabla 52													
Leyenda: Pxl <0.65 Pxl <=0.35 , 0.65<= Pxl 0.35<=													
CODIGO	ID EDT	CAUSA	RIESGO	EFEECTO	DISPARADOR	PROBABILIDAD	IMPACTO	PXI	DUÑO DEL RIESGO	TIPO	ESTRATEGIA GENERICA	RESPUESTA	COSTO DE LA RESPUESTA SI.
R1	1.1	Gestión de las operaciones	Falta de manual de operaciones de la PTAP	Deficiencia en la operación de la planta, calidad del agua tratada no acorde a lo establecido	Ausencia de documentación	0.7	0.8	0.56	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo Alto, Transferir	Solicitar la elaboración de manual de operaciones por un especialista en el área para la PTAP	5,000.00
R2	1.1	Gestión de las operaciones	Falta de capacitación al personal previa contratación	Deficiencia en la operación de la planta, calidad del agua tratada no acorde a lo establecido	Ausencia de registro de capacitaciones	0.9	0.4	0.36	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo Alto, Transferir	Determinar un responsable da la EPS para la elaboración de un plan de inducciones y capacitaciones para el personal a laborar en la planta.	2,000.00
R3	1.1	Gestión de las operaciones	Ausencia de Manual de Funciones MOF	Personal sin claridad de sus funciones	Ausencia de registro de documentación relacionada al manual de funciones	0.9	0.1	0.09	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo bajo, Asumir	Coordinar con el Jefe de Planta y el área técnica de la entidad prestadora de servicios la elaboración del MOF de los operadores de planta y difundir en las capacitaciones	2,000.00
R4	1.1	Gestión de las operaciones	Personal no calificado para la operación de la PTAP	Ausencia de responsabilidad del personal, poniendo en riesgo su integridad física y la calidad del agua a tratar	Requerimiento de personal sin el perfil requerido, ausencia de requisitos mínimos para el personal en las bases al momento de solicitar personal	0.5	0.8	0.4	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo Alto, Transferir	Incorporar en las bases el requerimiento de personal técnico calificado para la operación de funciones, o en su defecto implementar programas de formación y certificación para el personal.	NA
R5	1.2	Dotación de Recursos	Inexistencia o inadecuado cronograma de abastecimiento de insumos para el los componentes de la PTAP	No tratamiento del agua, calidad no deseada.	Ausencia de materiales en área de almacenamiento, ausencia de gestión en su abastecimiento	0.9	0.8	0.72	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo Muy alto, Evitar	Considerar un sistema integrado de gestión logística para el abastecimiento adecuado junto a un cronograma considerando stock.	NA
R6	1.2	Dotación de Recursos	Inexistencia de herramientas de trabajo, equipos de monitoreo, equipos de laboratorio y EPP para el personal.	Ausencia de monitoreo del agua, riesgo para el personal sin el EPP adecuado	Reporte de personal e inspección del funcionamiento de la PTAP	0.7	0.4	0.28	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo Moderado, Transferir	Realizar inventarios e incluir estos materiales en el plan de gestión logística de la EPS	NA
R7	1.3	Comunicación	Falta de interés de la directiva de la EPS y se comienza a ignorar las comunicaciones para la gestión de operatividad de la PTAP y en la puesta de marcha de la misma.	Fallas en la operatividad, mala calidad en el tratamiento de agua	Entrevista con el personal operativo y directivo de una auditoria	0.7	0.4	0.28	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo Moderado, Transferir	Establecer reuniones regulares y canales de comunicación efectivos.	NA
R8	1.3	Comunicación	Canales de comunicación difíciles de interpretar entre el mismo personal de diferentes turnos y con la directiva	Fallas en la operatividad, mala calidad en el tratamiento de agua	Formatos no utilizados para la entrega de información, utilización de otros medios para la comunicación efectiva	0.8	0.8	0.64	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo Alto, Transferir	Considerar auditorías sobre todo en el cumplimiento de formatos pre establecidos, revisión y proponer mejoras, realizar capacitaciones, implementar un sistema de comunicación claro y efectivo.	NA
R9	1.3	Comunicación	Falta de motivación y compromiso en el equipo de trabajo, operadores y directiva	Fallas en la operatividad, mala calidad en el tratamiento de agua	Registro de control de asistencia y tardanzas, Reporte de auditoria	0.5	0.5	0.25	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo Moderado, Transferir	Considerar un Profesional encargado con perfil enfocado en la gestión de Proyectos, que ejerza liderazgo sobre el personal de la planta y establezca programas de incentivos y reconocimientos.	NA
R10	2.1	Contratación Interna	Capacitación adecuada inexistente	Pésimo desenvolvimiento del personal operativo	Ausencia de registro de capacitaciones, entrevista al personal a laborar	0.8	0.8	0.64	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo Alto, Transferir	Considerar un Profesional encargado con perfil enfocado en la gestión de Proyectos, que pueda liderar las inducciones y capacitaciones.	4,000.00
R11	2.1	Contratación Interna	La formación es inadecuada o no basada en lo requerido técnicamente	Operatividad de planta deficiente, mala calidad de agua tratada e integridad del personal	Reporte de auditoria interna del personal operativo	0.7	0.7	0.49	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo Alto, Transferir	Determinar los requisitos con un especialista en plantas, considerar en la bases de requerimiento de personal	2,000.00
R12	2.2	Asociaciones y empresas conjuntas	Instituciones y empresas interesadas ignoran las comunicaciones de la planta.	Ausencia de comunicación entre asociaciones y empresas interesadas	Ausencia de reuniones de trabajo, ausencia de auditorias	0.9	0.2	0.18	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo Moderado, Transferir	Difundir la importancia de reuniones regulares y canales de comunicación efectivos.	NA
R13	2.2	Asociaciones y empresas conjuntas	Ausencia de liderazgo para la correcta gestión entre empresas	Operatividad de planta deficiente, mala calidad de agua tratada	Observaciones y quejas de empresas o instituciones interesadas	0.7	0.4	0.28	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo Moderado, Transferir	Considerar un Profesional encargado con perfil enfocado en la gestión de Proyectos, que pueda	NA
R14	3.1	Ambiente Clima	Temporadas anormales de sequias o lluvias.	Variabilidad en los indicadores de calidad de Agua desde la captación hasta la salida de agua tratada	Reporte de personal, Indicadores de clima de Senamhi	0.5	0.8	0.4	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo Alto, Transferir	Comunicar Inmediatamente a los interesados Claves y Autoridades Competentes, Elaborar Planes de Contingencia para Gestionar la variabilidad climática	NA
R15	3.1	Ambiente Clima	Parámetros de agua muy diferentes a los de diseño	Variabilidad en los indicadores de calidad de Agua, quejas de la población y riesgo de enfermedades	Lectura de Laboratorio	0.5	0.2	0.1	Entidad Prestadora de Servicio	Amenaza	Riesgo Moderado, Transferir	Realizar monitoreos constantes y ajustes operativos según condiciones de agua, Comunicar a las Autoridades Competentes.	NA

Nota. Elaboración Propia

## 7.2. Plan de Gestión de Riesgos para PTAP

A continuación, te presento un plan de gestión de riesgos adaptado a los riesgos identificados en una planta de tratamiento de agua potable (PTAP). Además, proporcionó ejemplos de formatos para el control y seguimiento de algunas de las estrategias propuestas.

### 7.2.1. Riesgos Relativos a la Documentación y Organización

#### a) Falta de manual de operaciones de la PTAP

- **Estrategia de Mitigación:**

Solicitar la elaboración de manual de operaciones por un especialista en el área para la PTAP.

#### b) Falta de capacitación al personal previa contratación

- **Estrategia de Mitigación:**

Determinar un responsable de la EPS para la elaboración de un plan de inducciones y capacitaciones para el personal a laborar en la planta.

- **Formato de Control: Registro de Capacitación para Nuevo Personal.**

**Tabla 53**

*Formato de Control: Registro de Capacitación para Nuevo Personal*

Nombre del Empleado	Fecha de Inducción	Temas Cubiertos	Evaluación	Observaciones
[Nombre]	DD/MM/AAAA	[Temas]	[Puntuación]	[Comentarios]

*Nota.* Elaboración Propia

#### c) Ausencia de Manual de Funciones (MOF)

- **Estrategia de Mitigación:**

Coordinar con el Jefe de Planta y el área técnica de la entidad prestadora de servicios la elaboración del MOF de los operadores de planta y difundir en las capacitaciones

### 7.2.2. *Riesgos Relativos a Recursos Humanos*

#### a) Personal no calificado para la operación de la PTAP

- **Estrategia de Mitigación:**

Incorporar en las bases el requerimiento de personal técnico calificado para la operación de funciones, o en su defecto implementar programas de formación y certificación para el personal.

- **Formato de Control: Registro de Formación y Certificación del Personal.**

**Tabla 54**

*Formato de Control: Registro de Formación y Certificación del Personal*

Nombre del Empleado	Curso/Formación Realizada	Fecha de Certificación	Observaciones
[Nombre]	[Curso]	DD/MM/AAAA	[Comentarios]

*Nota.* Elaboración Propia

#### b) Falta de motivación y compromiso en el equipo de trabajo, operadores y directiva

- **Estrategia de Mitigación:**

Considerar un Profesional encargado con perfil enfocado en la gestión de Proyectos, que ejerza liderazgo sobre el personal de la planta y establezca programas de incentivos y reconocimientos.

- **Formato de Control: Registro de Incentivos y Reconocimientos.**

**Tabla 55**

*Formato de Control: Registro de Incentivos y Reconocimientos*

Fecha	Tipo de Incentivo/Reconocimiento	Empleado(s) Reconocido(s)	Observaciones
DD/MM/AAAA	[Tipo]	[Nombre(s)]	[Comentarios]

*Nota.* Elaboración Propia

### 7.2.3. *Riesgos Relativos a Suministros y Equipos*

#### a) **Inexistencia o inadecuado cronograma de abastecimiento de insumos**

- **Estrategia de Mitigación:**

Considerar un sistema integrado de gestión logística para el abastecimiento adecuado junto a un cronograma considerando stock.

- **Formato de Control: Cronograma de Abastecimiento.**

**Tabla 56**

*Formato de Control: Cronograma de Abastecimiento*

Insumo/Repuesto	Frecuencia de Abastecimiento	Proveedor	Observaciones
[Nombre]	[Frecuencia]	[Nombre]	[Comentarios]

*Nota.* Elaboración Propia

#### b) **Inexistencia de herramientas de trabajo, equipos de monitoreo, equipos de laboratorio y EPP para el personal**

- **Estrategia de Mitigación:**

Realizar inventarios e incluir estos materiales en el plan de gestión logística de la EPS

- **Formato de Control: Inventario de Equipos y Herramientas.**

**Tabla 57**

*Formato de Control: Inventario de Equipos y Herramientas*

Tipo de Equipo/Herramienta	Cantidad Actual	Cantidad Necesaria	Observaciones
[Nombre]	[Cantidad]	[Cantidad]	[Comentarios]

*Nota.* Elaboración Propia

#### 7.2.4. *Riesgos Relativos a la Comunicación y Liderazgo*

a) **Falta de interés de la directiva de la EPS y dificultades en la comunicación**

- **Estrategia de Mitigación:**

Establecer reuniones regulares y canales de comunicación efectivos.

- **Formato de Control: Registro de Reuniones con la Directiva.**

**Tabla 58**

*Formato de Control: Registro de Reuniones con la Directiva*

Fecha	Tipo de Reunión	Participantes	Temas Discutidos	Decisiones Tomadas
DD/MM/AAAA	[Tipo]	[Nombres]	[Temas]	[Decisiones]

*Nota.* Elaboración Propia

b) **Canales de comunicación difíciles de interpretar entre el mismo personal de diferentes turnos y con la directiva**

- **Estrategia de Mitigación:**

Considerar auditorías sobre todo en el cumplimiento de formatos pre establecidos, revisión y proponer mejoras, realizar capacitaciones, implementar un sistema de comunicación claro y efectivo.

- **Formato de Control: Evaluación de Efectividad de Canales de Comunicación.**

**Tabla 59**

*Formato de Control: Evaluación de Efectividad de Canales de Comunicación*

Fecha	Canal de Comunicación	Evaluación (1-5)	Mejoras Sugeridas
DD/MM/AAAA	[Canal]	[Puntuación]	[Sugerencias]

*Nota.* Elaboración Propia

### 7.2.5 Riesgos Externos

#### a) Temporadas anormales de sequías o lluvias

- **Estrategia de Mitigación:**

Comunicar Inmediatamente a los interesados Claves y Autoridades Competentes, Elaborar Planes de Contingencia para Gestionar la variabilidad climática

#### b) Parámetros de agua muy diferentes a los de diseño

- **Estrategia de Mitigación:**

Realizar monitoreos constantes y ajustes operativos según condiciones de agua, Comunicar a las Autoridades Competentes.

- **Formato de Control: Registro de Monitoreo de Parámetros del Agua.**

**Tabla 60**

*Formato de Control: Registro de Monitoreo de Parámetros del Agua*

Fecha	Parámetro Monitoreado	Valor Medido	Acciones Tomadas	Observaciones
DD/MM/AAAA	[Parámetro]	[Valor]	[Acciones]	[Comentarios]

*Nota.* Elaboración Propia

Este plan de gestión de riesgos proporciona una estructura para abordar y mitigar los riesgos identificados en la PTAP existente.

## Capítulo VIII: Cuantificación de la Propuesta Técnica

### 8.1. Costo y Presupuestos

#### 8.1.1. *Metrados*

Para los metrados se están considerando partidas netamente referente a la reestructuración de la PTAP, en función a la cuantificación y diseño de la planta; también se está considerando partidas de procedimiento constructivo; como demoliciones reparaciones y eliminación de estos materiales; dichas partidas no son materia de investigación pero son incorporadas para tener una cuantificación más real y certera de la reestructuración; esta cuantificación es necesaria para evidenciar un presupuesto más confiable, todo en afinidad al Reglamento Nacional de Metrados; la planilla de metrados se adjunta en Anexos.

#### 8.1.2. *Análisis de Costos Unitarios*

Para el análisis de costos unitarios, se consideró precios de la zona, así como también de la ciudad de Trujillo puesto que es la ciudad de abastecimiento principal en la región de la Libertad a parte de la capital.

En cuanto a los equipos y herramientas, se está considerando netamente a criterio de la investigación.

Para la mano de obra se toma como base la última tasa salarial del año 2023; el detallado de los ACU se encuentra en la sección de Anexos.

#### 8.1.3. *Presupuesto*

El presupuesto se realizó con el apoyo del software Power Cost, considerando la planilla de metrados y partidas propuestas para la reestructuración.

#### 8.1.4. *Fórmula Polinómica*

La fórmula polinómica se realizó utilizando los insumos obtenidos de los costos unitarios.

### **8.1.5. Especificaciones Técnicas**

Se adjunta una síntesis de las especificaciones propuestas en los anexos del presente proyecto de investigación.

## **8.2. Programación de Obra**

### **8.2.1. Diagrama Gantt**

A criterio del presente proyecto de investigación se presenta un diagrama gantt coherente para la reestructuración de la planta.

### **8.2.2. Calendario Valorizado**

En función al diagrama gantt propuesto, se adjunta un calendario valorizado el cual es aporte del presente proyecto de investigación.

### **8.2.3. Calendario de Adquisición de Materiales**

Se adjunta un calendario de adquisición de materiales a criterio de la investigación el cual servirá para prever el flujo de caja necesario.

## **8.3. Planos**

Se adjunta como anexos los planos obtenidos en la investigación presente.

## 8.4. Lista de Planos

**Tabla 61**

*Lista de Planos Propuesta de Reestructuración*

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	N° DE PLANOS
<b>1</b>	<b>PLANOS GENERALES</b>		
1.1	PLANO GENERAL ESQUEMA	PR-PG	1
<b>2</b>	<b>PLANOS ESTRUCTURALES</b>		
2.1	ARQUITECTURA CASETA DE CLORACIÓN Y BOMBEO	PR-A-CAC-1	1
2.2	ESTRUCTURAS CASETA DE CLORACIÓN Y BOMBEO	PR-E-CAC-1	1
2.3	ARQUITECTURA CASA QUÍMICA	PR-A-CAQ-1	1
2.4	ESTRUCTURAS CASA QUÍMICA	PR-E-CAQ-1	2
2.5	ESTRUCTURAS DECANTADOR	PR-E-DEC-1	2
2.6	ESTRUCTURAS FILTROS – CÁMARA DE CONTACTO	PR-E-FIL-01	1
2.7	ESTRUCTURAS FLOCULADOR	PR-E-FLO-01	1
2.8	ESTRUCTURAS MEZCLA RÁPIDA	PR-E-MR-01	1
<b>3</b>	<b>PLANOS HIDRÁULICOS</b>		
3.1	HIDRÁULICOS CASETA DE CLORACIÓN Y BOMBEO	PR-H-CAC-1	2
3.2	HIDRÁULICOS CASA QUÍMICA	PR-H-CAQ-1	1
3.3	HIDRÁULICOS DECANTADOR	PR-H-DEC-1	2
3.4	HIDRÁULICOS FILTROS – CÁMARA DE CONTACTO	PR-H-FIL-01	1
3.5	HIDRÁULICOS FLOCULADOR	PR-H-FLO-01	2
3.6	HIDRÁULICOS MEZCLA RÁPIDA	PR-H-MR-01	1

*Nota.* Elaboración Propia

## Conclusiones

**Primera:** Según los resultados del diagnóstico realizado a la PTAP de la ciudad de Huamachuco; materia de la presente investigación, se evidencia que cada componente tiene distintas capacidades operativas, los componentes iniciales como la cámara de captación, canal de conducción, desarenadores y línea de conducción si cubren al diseño propuesto de 100 L/s; pero, los componentes de la PTAP como la Mezcla Rápida, Floculador, Decantador y Batería de Filtros no cumplen al diseño propuesto, estas estructuras si requieren reestructuración.

**Segunda:** De acuerdo con el análisis físico químico microbiológico realizado a las aguas del Río Grande, se infiere que la calidad de agua en temporadas normales no varía en referencia a otros estudios previos realizados. Según la evidencia el agua del Río Grande cumple para la categoría 1A según los “Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA)” establecido y aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

**Tercera:** Para el cálculo del nuevo diseño de la PTAP en el contexto del periodo proyectado, se ha determinado que la brecha de demanda a cubrir es significativa, requiriendo un caudal máximo diario (Qmd) de 353.91 L/s para el año 2042; para lo cual, nuestra propuesta de reestructuración es de un caudal de diseño Qd de 100 L/s, como máximo debido a que es la capacidad máxima de oferta del Río Grande durante las épocas de estiaje; lo cual hace evidente de que aún la brecha a cubrir es amplia; en la presente investigación, se recomienda considerar a futuro ampliar las fuentes de abastecimiento de agua potable para la población de Huamachuco.

**Cuarta:** Se utilizarán los mismos componentes de la PTAP existente para la reestructuración debido a que según el análisis físico químico microbiológico realizado a las aguas del

Río Grande, se infiere que la calidad de agua no varía con los datos históricos de la planta.

**Quinta:** El componente de la Mezcla Rápida se ha reestructurado de acuerdo al diagnóstico realizado a la estructura, esta cumple con el caudal de diseño; pero, debido al deterioro severo, está deberá ser reemplazada por una nueva estructura con un ancho de garganta  $W$  de 9" con una capacidad operativa de rango 2.5 – 250 L/s, lo cual cubre ampliamente el caudal de diseño de  $Q=100$  L/s, así como también un tiempo de mezcla en el resalto de  $T=0.48$  s; y también como gradiente de velocidad 1091.1 s-1.

**Sexta:** Para el componente de Floculación se está proponiendo la demolición en su totalidad de la estructura existente, debido a que presenta un deterioro considerable y que fue construida para un caudal de diseño de 55 L/s, para cubrir el caudal de diseño de 100 L/s prácticamente es necesario duplicar la estructura, y debido a que es de tipo horizontal; esta presenta ya una restricción de normativa; según OS.020 5.9.3. los floculadores horizontales pueden tratar como máximo 50 L/s, es por eso que es necesaria su demolición y se reestructuró con uno de tipo vertical de dos tramos; que opera con un caudal de diseño de 100 L/s, un tiempo de floculación de 20 min, las pantallas son de PVC con un espesor de  $e=0.025$ m y altura  $h=2.8$ m para ambos tramos.

**Séptima:** El componente de decantación existente era el de más bajo rendimiento, con un caudal de trabajo de 33.25 L/s; esta estructura debe ser reemplazada; es por eso que se considera para la propuesta de reestructuración una estructura de Decantación de Flujo Ascendente, con Placas paralelas de vinilo, es necesario 4 decantadores en paralelo, cada uno con capacidad de tratamiento de 25 L/s, haciendo un total de 100 L/s que es el

caudal de diseño; esta reestructuración permite obtener una calidad de agua decantada menor a 2 UNT.

**Octava:** Se ha considerado para el diseño de reestructuración un by pass para las temporadas donde la calidad de agua no requiera ser tratada mediante floculador y en su defecto decantador; esta permitirá empalmar directamente el agua a la batería de filtros y posteriormente a los diferentes reservorios de la ciudad.

**Novena:** Para el proceso de filtración, se seguirá utilizando la tecnología de batería de filtros de tasa declinante y lavado mutuo; para la cubrir la brecha en el caudal de diseño, se está incrementando a 8 filtros, los 4 existentes se están considerando para cubrir el caudal de diseño de 100 L/s, el lecho filtrante es de arena con un espesor de 0.8 m, los cual nos garantiza la calidad de agua tratada necesaria.

**Décima:** La Casa Química se propone a la edificación existente, se contempla en esta propuesta de reestructuración para albergar funciones diversas, tales como oficinas, laboratorios, sala de dosificación, almacén y servicios higiénicos.

**Décima primera:** Para la sala de dosificación se ha considerado dos tanques de concreto de 7 m<sup>3</sup> cada uno, con un sistema de bombeo intercambiable con dos bombas dosificadoras con funcionamiento alterno, dichas condiciones cumplen los parámetros necesarios para el caudal de diseño y operación.

**Décima segunda:** Para la estación de Cloración se está considerando la construcción de una caseta de albañilería, las cuales tienen las dimensiones de propuesta, esta cuenta con el área para el almacenaje de 15 cilindros y un sistema de bombeo intercambiable para la inyección del cloro que cumplen los parámetros necesarios como la capacidad del clorador para cumplir el tiempo de contacto de 30 min; así mismo, en la propuesta de

reestructuración se contempla la construcción de un tanque elevado con la capacidad de 2500 L, para el abastecimiento de la casa química.

**Décima tercera:** Se llevó a cabo el análisis de riesgos, identificándolos y detallándolos en una matriz para su posterior análisis y toma de decisiones adecuadas. Con base en este análisis, se elaboró un Plan de Gestión de Riesgos para la PTAP que se reestructurará, el cual contiene toda la información necesaria para afrontar y prevenir la materialización de un riesgo que podría impedir el funcionamiento normal de la planta, el impacto sería a toda la población usuaria.

**Décima cuarta:** El plazo de ejecución estimado para el proyecto es de 99 días, con un presupuesto de costo directo de S/ 2,131,171.84 y un IGV de S/ 383,610.93 resultando en un monto total de S/ 2,514,782.77. Este presupuesto se ha elaborado utilizando precios actuales, sujetos a variaciones según las condiciones del mercado. Este cálculo no incluye un contexto de utilidad típico de una obra convencional, ya que se ha realizado con fines exclusivamente académicos.

## Recomendaciones

### Primera: Ampliar las Fuentes de Abastecimiento

Para cubrir la brecha en la demanda proyectada para 2042, se debe realizar un estudio exhaustivo para identificar y evaluar todas las fuentes de agua potable disponibles en la región. Esto incluye la ampliación de la capacidad de la nueva PTAP en construcción que tiene como caudal de tratamiento 95 L/s, que utiliza la laguna Huangacocha, una fuente con suficiente oferta de caudal. Dado que esta nueva PTAP emplea tecnología de filtración lenta, es posible incluso duplicar su capacidad mediante la expansión de la batería de filtros; con esto se tendría 190 L/s; adicionando el caudal que ofertará la reestructuración de la PTAP materia de la presente investigación; se cubrirá más del 80% de la brecha. Adicionalmente, se deben considerar las siguientes acciones:

- **Integrar las JASS de la zona:** Las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) locales deben ser incorporadas a la gestión del Servicio de Gestión Ambiental de la Municipalidad Provincial de Sánchez Carrión. Esto permitirá la creación de un plan de gestión integral de recursos hídricos liderado por la EPS SEGAST, facilitando una administración más eficiente y coordinada de todas las fuentes de agua; dichas JASS existentes en la ciudad de Huamachuco (Ojo de Pescado, Cumbicus y San Salvador) podrían cubrir el 10% de la brecha a cubrir.
- **Explorar nuevas fuentes de agua:** Existen otras lagunas, manantiales y cauces que puedan ser utilizados, para cubrir ampliamente el faltante 10% de la brecha a cubrir, estas deberán ser liderados por la autoridad de turno bajo el liderazgo de la EPS encargada; puesto que, se requiere de investigación precisa para el estudio e integración de dicho caudal necesario.

### **Segunda: Planificación de la Segunda Etapa de Ampliación**

La reestructuración actual no será suficiente para cubrir la brecha en la demanda. Por ello, es esencial planificar una segunda etapa que contemple la ampliación del caudal de diseño, incluyendo la construcción de una obra de embalsamiento de agua masiva para garantizar un suministro constante y eficiente. Este embalse permitirá almacenar el agua necesaria para satisfacer la demanda durante todo el año.

### **Tercera: Mejora y Expansión de las Redes de Distribución**

Entablar un diálogo con las entidades competentes para manifestar la necesidad urgente de mejorar, reemplazar e instalar nuevas redes de agua potable en la ciudad de Huamachuco. Las redes actuales presentan un 20% de pérdidas de agua potable, lo cual es insostenible dado el limitado suministro disponible. Mejorar la infraestructura de distribución reducirá estas pérdidas y contribuirá significativamente a satisfacer la demanda futura.

### **Cuarta: Implementación del Plan de Gestión de Riesgos**

Difundir y establecer funciones indispensables para el cumplimiento del Plan de Gestión de Riesgos. Este plan es crucial para el correcto funcionamiento de la PTAP, ya que su omisión puede generar pérdidas económicas, reducir la calidad del agua y representar riesgos de salud para la población.

### **Quinta: Mantenimiento de las Estructuras de Captación**

Las estructuras que no se están considerando para la reestructuración, como la bocatoma, canales de conducción, desarenadores existentes y tuberías de conducción, deben ser sometidas a mantenimientos periódicos para evitar fallas significativas. El mantenimiento adecuado garantizará la eficiencia y la durabilidad de estas estructuras.

**Sexta: Mantenimiento de la Estructura de Mezcla Rápida**

La estructura de la mezcla rápida, que ha sido completamente reestructurada debido a su deterioro, requerirá un mantenimiento constante debido a las cargas dinámicas que recibe. Un programa de mantenimiento regular asegurará su funcionamiento óptimo.

**Séptima: Flexibilidad en el Diseño de Floculadores, Decantadores y Filtros**

Las estructuras del floculador, decantador y filtros han sido diseñadas para permitir su ampliación en caso de un aumento en el caudal de diseño. Esta flexibilidad es crucial para adaptarse a futuras necesidades y demandas.

**Octava: Monitoreo de la Calidad del Agua**

Debido al crecimiento de la minería informal, se recomienda monitorear anualmente la calidad del agua mediante análisis físico-químicos. Esto permitirá tomar medidas de protección adecuadas para asegurar que la fuente de agua potable, que está a cielo abierto, no se contamine.

### Referencias Bibliográficas

Acuatecnica S.A.S. (2016). *Tipos de plantas de tratamiento de agua potable*. Bogotá, Colombia.

Recuperado de <http://acuatecnica.com/tipos-plantas-tratamiento-agua-potable/>

Aguasistec. (2018). *Planta de tratamiento de agua Potable – PTAP*. Lima, Perú. *Productos de tratamiento de Agua y Aguas residuales*. <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-agua-potable.php>

Arrieta Lozano, J. J. (2019). *Recomendaciones Para Diseño Y Optimización De Plantas De Tratamiento De Agua Potable, Considerando Aspectos De Funcionalidad Y Durabilidad*. *Prospectiva*, 17(2).

Barrenechea, A. (2009). *Aspectos físico químicos de la calidad del Agua*. [http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/ma1\\_tomo1\\_cap1.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/ma1_tomo1_cap1.pdf)

Blacio, D. y Palacios, J. (2011). *Filtros biológicos para la potabilización del agua, posibilidades de uso de FLA (filtros lentos de arena) con agua superficial de nuestra región*. Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/751/1/ti878.pdf>

Calvo, F. (2015). *Plantas de Tratamiento de Agua Potable PTAP*. Cali, Colombia. *Tipos de PTAP*. Recuperado de <http://plantasdetratamientodeaguapotablesena.blogspot.com/p/tipos-de-ptap.html>

Dueñas, R. (2016). *Evaluación y mejoramiento de planta de tratamiento de agua potable del centro poblado de Yauri, distrito de Yauri, provincia de Espinar, región Cusco*. Tesis en Ing. Civil, Arequipa, Perú. Universidad Católica de Santa María, facultad de Ingeniería Civil.

Félix W, y Escobar C. *Descripción hidráulica de la Batería de Filtros de Planta No. 01 de la Atarjea*.

Getamap. (2023). *Getamap*. [https://es.getamap.net/mapas/peru/la\\_libertad/\\_huamachuco/](https://es.getamap.net/mapas/peru/la_libertad/_huamachuco/)

Gobierno del Perú. (2009). *OS.020 Plantas de tratamiento de agua potable DS N° 024-2009*. <https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619683-os-020-plantas-de-tratamiento-de-agua-potable-ds-n-024-2009>

Gonzales, D. (2020). *Cálculo, diseño y evaluación de riesgos del sistema de agua potable y alcantarillado en la Asociación de vivienda Señor de los Milagros y Villa Hermosa, en el anexo Yuramayo 4ta pampa, distrito de Vitor - Arequipa – Arequipa*. Tesis en Ing. Civil, Arequipa, Perú. Universidad Católica de Santa María, facultad de Ingeniería Civil.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.

[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/cristobal\\_ef/cap02.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/cristobal_ef/cap02.pdf)

Kučera, T., Tuhovčák, L., Biela, R. (2016). *Methodology for the Estimation of the Technical Condition in the Case of Water Treatment Plants. Procedia Engineering, 162, 71–76*.  
doi: 10.1016/j.proeng.2016.11.016

Ministerio de salud. (2010). *Reglamento de agua para consumo humano DS031-2010-SA*. Perú:  
Diario el Peruano.

Ministerio de Salud. (2011). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano: D.S. N°  
031-2010-SA*. [https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/321941-  
reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano-d-s-n-031-2010-sa](https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/321941-reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano-d-s-n-031-2010-sa)

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de  
Edificaciones*. <https://sst.regionpiura.gob.pe/documentos/dependencias/phpjEhxru.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2015). *Categorías determinadas en relación al uso que se va a dar a  
un cuerpo natural de agua*. [https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-  
diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-minam-publicado-el-19-  
de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-  
minam-en-coordinacion/](https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-minam-publicado-el-19-de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-coordinacion/)

Ministerio del Ambiente. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y  
establecen Disposiciones Complementarias*. [https://www.minam.gob.pe/wp-  
content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf)

Municipalidad Provincial Sánchez Carrión. (2015). *Acondicionamiento Territorial de la provincia  
Sánchez Carrión*.  
[https://www.munihuamachuco.gob.pe/docs/capitulo\\_1\\_2\\_pat\\_feb\\_2016.pdf](https://www.munihuamachuco.gob.pe/docs/capitulo_1_2_pat_feb_2016.pdf)

Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado. (2019). *Bases Estándar de Adjudicación  
simplificada para la contratación de servicios en general*.

Organización Panamericana de la Salud. (2006). *Tratamiento de agua para consumo humano*.

Ortíz Rodríguez, O.O., Villamizar-Gallardo, R.A., García, R.G. (2016). *Life cycle assessment of four potable water treatment plants in northeastern Colombia. Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 11, 268. doi:10.4136/ambi-agua.1759

Paredes, J. (2012). *Remoción de arsénico del agua para uso y consumo humano mediante diferentes materiales de absorción*. Tesis en Ing. Civil, México DF. Universidad Nacional Autónoma de México, facultad de Ingeniería.

Reglamento nacional de edificaciones. (2018). *OS.020.plantas de tratamiento de agua para consumo humano*. Recuperado de:

Rodríguez, K. (2018). *Propuesta de optimización de los procesos de tratamiento de agua potable de la PTAP San Bernardo y ampliación de cobertura de abastecimiento*. Tesis en Ing. Civil, Arequipa, Perú. Universidad Nacional San Agustín, facultad de Ingeniería Civil.

Sanchez, I. (2017). *Evaluación y mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable Hernán Perochena – Mollendo*. Tesis en Ing. Civil, Arequipa, Perú. Universidad Nacional San Agustín, facultad de Ingeniería Civil.

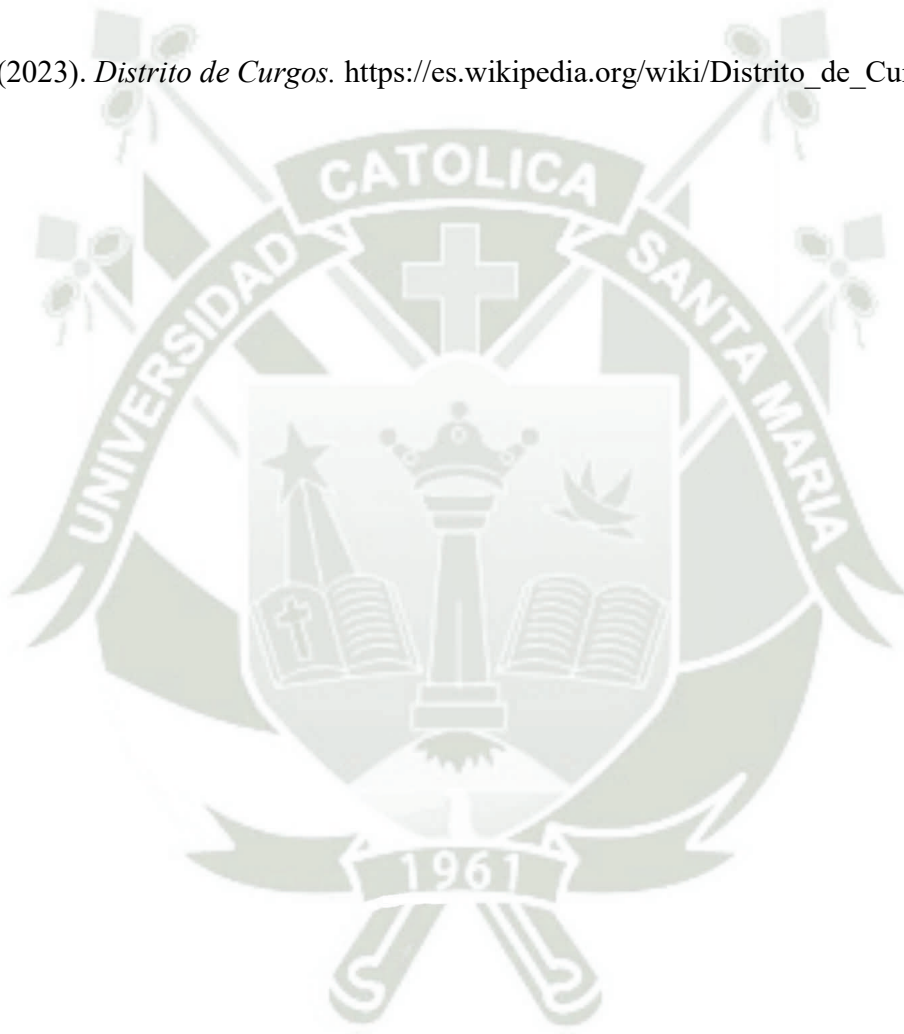
Sedapal. (2000). *Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico. Tratamiento de agua coagulación – floculación*. Lima, Perú.

Sunass. (2004). *La Calidad del Agua Potable en el Perú*. Lima, Perú.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2004). *La calidad del agua potable en el Perú*. <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/Jica-2004.pdf>

Velandia Medina, L., De Plaza, J.S., Pulgarín, D.A. (2019). *Análisis comparativo del componente administrativo y de los procesos de desinfección utilizados en dos plantas de tratamiento de agua potable. INVENTUM, 14, 78–88. doi: 10.26620/uniminuto.inventum.14.27.2019.78-88*

Wikipedia. (2023). *Distrito de Curgos*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito\\_de\\_Curgos](https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Curgos)





**Anexo 1. Metrados de la Propuesta  
de Reestructuración**

## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD  
**Sub Presupuesto** **01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO**  
**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN  
**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Partida 01.01.01** Limpieza y Desbroce de Terreno no Intervenido **Total :** **1,500.00 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Area de intervención Reestructuración PTAP Huamachuco			1500				1,500.00

**Partida 01.01.02** Trazo y Replanteo Inicial en PTAP **Total :** **1,500.00 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Area de intervención Reestructuración PTAP Huamachuco			1500				1,500.00

**Partida 01.01.03** Demolición de Componentes de PTAP obsoletos con Equipo **Total :** **102.32 m3**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
<b>DEMOLICIÓN DE MEZCLA RAPIDA</b>							
Demolición Mezcla Rápida Existente	1	1		11.00	1.20	1.00	13.20
Demolición Mezcla Rápida Existente Area Interna	1	1	-0.48	11.00			-5.28
<b>DEMOLICIÓN DE FLOCULADOR HORIZONTAL</b>							
Demolición Floculador Existente Losa	1	1		11.40	8.40	0.20	19.15
Demolición Floculador Existente Muros 11.4	4	1		11.40	0.22	2.50	25.08
Demolición Floculador Existente Muros 8.4	4	1		8.40	0.22	2.50	18.48
<b>DEMOLICIÓN DE MUROS DE CISTERNA</b>							
Colindante con el floculador		1		1.20	0.20	4.48	1.08
Pared opuesta al floculador		1		4.35	0.20	4.48	3.90
Pared opuesta al floculador		1		9.15	0.20	4.48	8.20
Techo de Cisterna		1		9.15	4.35	0.20	7.96
Muro interior de Cisterna		2		7.23	0.20	3.65	10.56

**Partida 01.02.01** Excavación en Terreno Con Maquinaria para Reestructuración **Total :** **922.18 m3**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
<b>EXCAVACIÓN FLOCULADOR VERTICAL</b>							
Excavación Floculador	1	1		17.00	3.30	2.00	112.20
<b>EXCAVACIÓN DECANTADOR</b>							
Excavación Decantador	1	1		17.65	10.00	2.00	353.00
<b>EXCAVACIÓN FILTROS</b>							
Excavación Filtros	1	1		9.00	6.75	3.30	200.48
<b>EXCAVACIÓN CAMARA DE CONTACTO DE CLORO</b>							
Excavación Camara de Contacto de Cloro	1	1		18.00	4.75	3.00	256.50

**Partida 01.02.02** Relleno Compactado con Material Propio a Mano para Reestructuración **Total :** **189.43 m3**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
<b>RELLENO FLOCULADOR VERTICAL</b>							
Relleno Floculador	1	1		17.00	3.30	0.50	28.05
<b>RELLENO DECANTADOR</b>							
Relleno Decantador	1	1		17.65	10.00	0.50	88.25
<b>RELLENO FILTROS</b>							
Relleno Filtros	1	1		9.00	6.75	0.50	30.38
<b>RELLENO CAMARA DE CONTACTO DE CLORO</b>							
Relleno Camara de Contacto de Cloro	1	1		18.00	4.75	0.50	42.75

## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD  
**Sub Presupuesto** 01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO  
**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN  
**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Partida 01.02.03** Eliminación de material excedente con 20% esponjamiento **Total :** 732.75 m3

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Excavacion en Terreno Con Maquinaria para Reestructuración			922.18				922.18
Relleno Compactado con Material Propio a Mano para Reestructuración			-189.43				-189.43

**Partida 01.03.01.01** Concreto f'c 100 kg/cm2 para Solados **Total :** 16.88 m2

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Solado Mezcla Rápida	1	1		12.06	1.40		16.88

**Partida 01.03.02.01** Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2 **Total :** 336.03 kg

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Acero corrugado f'c=4200 kg/cm2							336.03

**Partida 01.03.02.02** Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para Reestructuración **Total :** 47.80 m2

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Encofrado Vertical	2	2		12.06		0.85	41.00
Tapas Verticales	4	2		1.00		0.85	6.80

**Partida 01.03.02.03** Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Reestructuración **Total :** 8.82 m3

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa Concreto			14.05			0.25	3.51
Muros Longitudinales	2	1		12.06	0.25	0.80	4.82
Muros Laterales	4	1		0.60	0.25	0.80	0.48

**Partida 01.03.03.01** Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Reestructuración e=1.5cm. **Total :** 22.54 m2

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Tarrajeo Muros Longitudinal Vertical Interior	2			12.06		0.85	20.50
Tapas Verticales Interior	4			0.60		0.85	2.04

**Partida 01.03.04.01** Suministro e Instalacion de Accesorios para Reestructuración **Total :** 1.00 glb

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Suministro e instalacion de accesorios para reestructuración							1.00

**Partida 01.04.01.01** Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2 **Total :** 221.78 kg

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Acero corrugado f'c=4200 kg/cm2							221.78

## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD

**Sub Presupuesto** 01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO

**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Partida 01.04.01.02** Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para Reestructuración **Total :** **435.11 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa de Fondo	1	2		19.30		0.25	9.65
Muros Longitudinales	3	2		16.00		3.81	365.76
Muros Transversales	2	2		3.30		3.81	50.29
Losa de fondo Canal entrada y salida	1	1		3.30	0.85		2.81
Muro Canal entrada y salida	1	2		3.30		1.00	6.60

**Partida 01.04.01.03** Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Reestructuración **Total :** **70.28 m3**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa de Fondo	1	1		16.00	3.30	0.25	13.20
Muros Longitudinales	2	1		16.00	0.25	3.81	30.48
Muro Longitudinal Central	1	1		16.00	0.30	3.81	18.29
Muros Transversales	2	1		3.30	0.25	3.81	6.29
Losa de fondo Canal entrada y salida	1	1		3.30	0.85	0.25	0.70
Muro Canal entrada y salida	1	2		3.30	0.25	0.80	1.32

**Partida 01.04.02.01** Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Reestructuración e=1.5cm. **Total :** **319.09 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa de Fondo	1	1		16.00	2.75		44.00
Muros Longitudinales	4	1		16.00		3.81	243.84
Muros Transversales	2	1		3.30		3.81	25.15
Losa de fondo Canal entrada y salida	1	1		3.30	0.85		2.81
Muro Canal entrada y salida	1	1		3.30		1.00	3.30

**Partida 01.04.03.01** Suministro e Instalacion de Accesorios para Floculador **Total :** **1.00 glb**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Suministro e instalacion de accesorios para floculador							1.00

**Partida 01.04.03.02** Montaje de Planchas PVC para Floculador Vertical **Total :** **62.00 und**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Tramo 1		35					35.00
Tramo 2		27					27.00

**Partida 01.05.01.01** Concreto f'c 100 kg/cm2 para Solados **Total :** **237.45 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Solado para Decantadores	1	1		17.65	9.70		171.21
Tolvas de Sedimentación	4	4	0.6	6.90			66.24

**Partida 01.05.02.01** Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2 **Total :** **2,545.70 kg**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Acero corrugado f'c=4200 kg/cm2							2,545.70

## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD

**Sub Presupuesto** 01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO

**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Partida 01.05.02.02** Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para Reestructuración **Total :** 1,556.17 m2

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa fondo de todos los decantadores	1	2		25.05		0.25	12.53
Muros Divisores de Decantadores	5	2		6.90		4.80	331.20
Muros Centrales Canales	4	4		6.90		4.80	529.92
Canales Centrales	4	2		6.90	0.60		33.12
Muros Tapas Decantadores	3	2		17.65	4.80		508.32
Tolvas de Sedimentación	4	4		6.90		1.23	135.79
Canal de Agua Floculada	1	1		17.65	0.15	2.00	5.30

**Partida 01.05.02.03** Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Reestructuración **Total :** 253.84 m3

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa fondo de todos los decantadores	1			17.65	7.40	0.25	32.65
Muros Divisores de Decantadores	5	1		6.90	0.25	4.80	41.40
Muros Centrales Canales	4	2		6.90	0.15	4.80	39.74
Canales Centrales	4	2		6.90	0.60	0.15	4.97
Muros Tapas Decantadores	3	1		17.65	4.80	0.25	63.54
Tolvas de Sedimentación	4	4	0.6	6.90			66.24
Canal de Agua Floculada	1	1		17.65	0.15	2.00	5.30

**Partida 01.05.03.01** Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Reestructuración e=1.5cm. **Total :** 1,168.53 m2

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Muros Divisores de Decantadores	8	1		6.90		4.80	264.96
Muros Centrales Canales	4	4		6.90		4.80	529.92
Canales Centrales	4	2		6.90	0.60		33.12
Muros Tapas Decantadores	2	1		17.65	4.80		169.44
Tolvas de Sedimentación	4	4		6.90		1.23	135.79
Canal de Agua Floculada	1	1		17.65		2.00	35.30

**Partida 01.05.04.01** Suministro de Equipos y Accesorios para Decantador Laminar Nuevo **Total :** 1.00 glb

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Suministro de equipos y accesorios para decantador laminar nuevo							1.00

**Partida 01.05.04.02** Montaje de Equipos y Accesorios para Decantador Laminar Nuevo **Total :** 1.00 glb

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Montaje de equipos y accesorios para decantador laminar nuevo							1.00

**Partida 01.05.05.01** Baranda Metálica Galvanizada 2" para Reestructuración **Total :** 21.20 m

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Baranda metálica galvanizada 2" para reestructuración							21.20

**Partida 01.06.01.01** Concreto f'c 100 kg/cm2 para Solados **Total :** 49.68 m2

## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD

**Sub Presupuesto** 01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO

**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Solado nuevos filtros	1	1		9.00	5.52		49.68

**Partida 01.06.02.01** Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2 **Total :** 1,918.88 kg

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Acero corrugado f'c=4200 kg/cm2							1,918.88

**Partida 01.06.02.02** Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para Reestructuración **Total :** 568.61 m2

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa Concreto	1	2		14.52		0.25	7.26
División Muros Filtros	4	2		4.02		4.90	157.58
Tapas Muros Filtros	4	2		8.78		4.90	344.18
Muro Divisor Lecho Filtrante	4	2		1.55		2.08	25.79
Canaletas de Recolección	4	2		2.75		0.80	17.60
Losas	2	1		9.00	0.90		16.20

**Partida 01.06.02.03** Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Reestructuración **Total :** 84.17 m3

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa Concreto	1	1		9.00	5.52	0.25	12.42
División Muros Filtros	4	1		4.02	0.25	4.90	19.70
Tapas Muros Filtros	4	1		8.78	0.25	4.90	43.02
Muro Divisor Lecho Filtrante	4	1		1.55	0.25	2.08	3.22
Canaletas de Recolección	4	2		2.75	0.10	0.80	1.76
Losas	2	1		9.00	0.90	0.25	4.05

**Partida 01.06.03.01** Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Reestructuración e=1.5cm. **Total :** 505.29 m2

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa Concreto	1	1		9.00	5.52		49.68
División Muros Filtros	7	1		4.02		4.90	137.89
Tapas Muros Filtros	6	1		8.78		4.90	258.13
Muro Divisor Lecho Filtrante	4	2		1.55		2.08	25.79
Canaletas de Recolección	4	2		2.75		0.80	17.60
Losas	2	1		9.00	0.90		16.20

**Partida 01.06.04.01** Compuerta de Acero Inoxidable 0.20x0.20 **Total :** 24.00 und

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Compuerta de acero inoxidable 0.20x0.20							24.00

**Partida 01.06.04.02** Tapa Sanitaria Metalica de 0.75x0.75 m. **Total :** 17.00 und

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Tapa sanitaria metalica de 0.75x0.75 m.							17.00

## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD

**Sub Presupuesto** 01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO

**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Partida** 01.06.04.03 Suministro y colocación de Arena Calibrada Seleccionada **Total :** 32.00 m3

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Suministro y colocación de arena calibrada seleccionada							32.00

**Partida** 01.06.04.04 Suministro y colocación de Grava Seleccionada de 1/2" a 1/4" **Total :** 15.00 m3

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Suministro y colocación de grava seleccionada de 1/2" a 1/4"							15.00

**Partida** 01.07.01.01 Concreto f'c 100 kg/cm2 para Solados **Total :** 102.42 m2

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Solado Camara de Contacto de Cloro	1			18.00	5.69		102.42

**Partida** 01.07.02.01 Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2 **Total :** 2,424.37 kg

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Acero corrugado f'c=4200 kg/cm2							2,424.37

**Partida** 01.07.02.02 Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para Reestructuración **Total :** 1,067.19 m2

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa cimentación Camara de Contacto de Cloro	2	1		23.69		0.25	11.85
Muros Longitudinal	4	2		18.00		4.50	648.00
Muro Longitudinal división	1	2		16.50		4.50	148.50
Muros tipo Tapas	2	2		5.69		4.50	102.42
Muros divisores	8	2		0.75		4.50	54.00
Losa Superior	1	1		18.00	5.69		102.42

**Partida** 01.07.02.03 Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Reestructuración **Total :** 170.33 m3

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa cimentación Camara de Contacto de Cloro	1			18.00	5.69	0.25	25.61
Muros Longitudinal	4			18.00	0.25	4.50	81.00
Muro Longitudinal división	1			16.50	0.25	4.50	18.56
Muros tipo Tapas	2			5.69	0.25	4.50	12.80
Muros divisores	8			0.75	0.25	4.50	6.75
Losa Superior	1			18.00	5.69	0.25	25.61

**Partida** 01.07.03.01 Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Reestructuración e=1.5cm. **Total :** 739.71 m2

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Muros Longitudinal	6	1		18.00		4.50	486.00
Muro Longitudinal división	1	2		16.50		4.50	148.50
Muros tipo Tapas	2	1		5.69		4.50	51.21
Muros divisores	8	2		0.75		4.50	54.00

## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD  
**Sub Presupuesto** 01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO  
**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN  
**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Partida 01.07.04.01** Válvula de Compuerta HD, DN 200 compuerta bridada PN 10, Tipo Guillotina **Total :** **8.00 und**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Válvula de compuerta hd, dn 200 compuerta bridada pn 10, tipo guillotina							8.00

**Partida 01.07.04.02** Tapa Sanitaria Metalica de 0.75x0.75 m. **Total :** **9.00 und**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Tapa sanitaria metalica de 0.75x0.75 m.							9.00

**Partida 01.08.01.01** Concreto 1:10 + 30% P.G. para cimiento corrido **Total :** **3.68 m3**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Cimiento Corrido	1	4		2.30	0.50	0.80	3.68

**Partida 01.08.01.02** Concreto 1:8 + 25% P.M. p/sobrecimiento **Total :** **0.41 m3**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Sobrecimiento Caseta	1	4		2.30	0.15	0.30	0.41

**Partida 01.08.01.03** Encofrado y Desencofrado para Sobrecimientos **Total :** **5.16 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Encofrado Sobrecimiento Caseta	2	4		2.15		0.30	5.16

**Partida 01.08.01.04** Falso piso de concreto 1:10 de Espesor 10cm. **Total :** **0.40 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Falso piso	1	1		2.00	2.00	0.10	0.40

**Partida 01.08.02.01** Acero Corrugado fy=4200 kg/cm2. Para Columnas **Total :** **72.15 kg**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Acero corrugado fy=4200 kg/cm2. para columnas							72.15

**Partida 01.08.02.02** Encofrado y Desencofrado para Columnas **Total :** **5.76 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
P1	4	3		2.40	0.20		5.76

**Partida 01.08.02.03** Concreto f'c 210 kg/cm2. para Columnas **Total :** **0.43 m3**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
P1	4	1		2.40	0.30	0.15	0.43



## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD  
**Sub Presupuesto** **01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO**  
**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN  
**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Partida 01.08.04.01** Tarrajeo interior con mortero 1:5x1,5 cm. (incluye columnas empotradas) **Total :** **21.28 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Tarrajeo Interior Muros	1	3		2.00		2.40	14.40
Tarrajeo Interior Muro Puerta	1	1		1.20		2.40	2.88
Tarrajeo Cielo Raso	1	1		2.00	2.00		4.00

**Partida 01.08.04.02** Tarrajeo exterior con mortero 1:5x1,5 cm. (incluye columnas empotradas) **Total :** **23.08 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Tarrajeo Exterior Muros	1	3		2.00		2.40	14.40
Tarrajeo Exterior Muro Puerta	1	1		1.20		2.40	2.88
Tarrajeo Cielo Raso	1	1		3.00	3.00		9.00
	-1	1		2.00	2.00		-4.00
Tarrajeo Friso	1	2		2.00		0.20	0.80

**Partida 01.08.05.01** Piso de 4" concreto f'c 140 kg/cm2, pulido con mortero 1:2 x 1 cm **Total :** **4.00 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Piso Pulido	1	1		2.00	2.00		4.00

**Partida 01.08.06.01** Zocalo de Cemento frotachado h=0.30m. **Total :** **8.00 m**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
	2	2		2.00			8.00

**Partida 01.08.07.01** Pintado de muro interior con pintura latex **Total :** **21.28 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Pintura Interior Muros	1	3		2.00		2.40	14.40
Pintura Interior Muro Puerta	1	1		1.20		2.40	2.88
Pintura Cielo Raso	1	1		2.00	2.00		4.00

**Partida 01.08.07.02** Pintado de muro exterior con pintura latex **Total :** **23.08 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Pintura Exterior Muros	1	3		2.00		2.40	14.40
Pintura Exterior Muro Puerta	1	1		1.20		2.40	2.88
Pintura Cielo Raso	1	1		3.00	3.00		9.00
	-1	1		2.00	2.00		-4.00
Pintura Friso	1	2		2.00		0.20	0.80

**Partida 01.08.08.01** Puerta metálica (P1) **Total :** **1.00 und**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Puerta metálica (p1)							1.00

## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD

**Sub Presupuesto** 01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO

**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Partida** 01.08.08.02 Ventana (0.30x0.30m) **Total :** 1.00 und

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Ventana (0.30x0.30m)							1.00

**Partida** 01.08.09.01 Equipos para Implementacion de Sistema de Cloracion p/Agua Potable **Total :** 1.00 glb

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Equipos para implementacion de sistema de cloracion p/agua potable							1.00

**Partida** 01.08.09.02 Montaje de Accesorios y Equipos de Cloracion. **Total :** 1.00 glb

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Montaje de accesorios y equipos de cloracion.							1.00

**Partida** 01.09.01.01 Concreto f'c 210 kg/cm2 para muros reforzados **Total :** 3.69 m3

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa Fondo	1	1		4.16	2.20	0.20	1.83
Muro Frontal	1	1		4.16	0.10	1.90	0.79
Muro Separador	1	1		2.00	0.10	1.90	0.38
Viga Soporte	1	1		4.16	0.50	0.15	0.31
Pasadiso	1	1		4.16	0.60	0.15	0.37

**Partida** 01.09.01.02 Encofrado y Desencofrado Cara Vista p/Muro Reforzado **Total :** 30.69 m2

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa Fondo	1	1		4.16		0.20	0.83
Muro Frontal	1	2		4.16		1.90	15.81
Muro Separador	1	2		2.00		1.90	7.60
Viga Soporte	1	1		4.16	0.80		3.33
Pasadiso	1	1		4.16	0.75		3.12

**Partida** 01.09.01.03 Acero Corrugado fy=4200 kg/cm2. para Muros Reforzados **Total :** 1,429.38 kg

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Acero corrugado fy=4200 kg/cm2. para muros reforzados							1,429.38

**Partida** 01.09.01.04 Concreto f'c 210 kg/cm2. para Escaleras **Total :** 0.25 m3

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Concreto Escaleras	1	1	0.25		1.00		0.25

**Partida** 01.09.01.05 Encofrado y Desencofrado de Escaleras **Total :** 1.05 m2

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Tapa Escaleras	1	1	0.25		1.00		0.25
Peldaños	4	1		1.00		0.20	0.80

## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD  
**Sub Presupuesto** **01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO**  
**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN  
**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Partida 01.09.01.06** Acero Corrugado f<sub>c</sub>=4200 kg/cm<sup>2</sup>. en Escaleras **Total :** **8.57 kg**

Descripción	ø	N Estr.	N Elem	N Var.	L Varilla	L Total	Peso/m	Peso
Longitudinal	3/8"	1	1	6	1.50	9.00	0.560	5.04
Transversal	3/8"	1	1	7	0.90	6.30	0.560	3.53

### Resumen

ø	L Total	Peso/m	Peso
3/8"	15.30	0.560	8.57

**Partida 01.09.02.01** Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Reestructuración e=1.5cm. **Total :** **42.75 m<sup>2</sup>**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa Fondo	1	1		4.16	2.20		9.15
Muro Frontal	1	2		4.16		1.90	15.81
Muro Separador	1	2		2.00		1.90	7.60
Viga Soporte	1	1		4.16	1.30		5.41
Pasadiso	1	1		4.16	1.15		4.78

**Partida 01.09.02.02** Enchape de Ceramica 20x30cm. **Total :** **48.37 m<sup>2</sup>**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Losa Fondo	1	1		4.16	2.20		9.15
Muro Frontal	1	4		4.16		1.90	31.62
Muro Separador	1	2		2.00		1.90	7.60

**Partida 01.09.03.01** Piso de 4" concreto f<sub>c</sub> 140 kg/cm<sup>2</sup>, pulido con mortero 1:2 x 1 cm **Total :** **10.15 m<sup>2</sup>**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Piso Pulido Caseta Quimica	1	1		4.16	2.44		10.15

**Partida 01.09.04.01** Pintado de muro interior con pintura latex **Total :** **107.26 m<sup>2</sup>**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Pintado de muro interior con pintura latex							107.26

**Partida 01.09.04.02** Pintado de muro exterior con pintura latex **Total :** **79.83 m<sup>2</sup>**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Pintado de muro exterior con pintura latex							79.83

## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto**      DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD  
**Sub Presupuesto**    **01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO**  
**Cliente**              MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN  
**Ubicación**            HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Partida 01.09.04.03**      Pintado de cielo raso con pintura latex      **Total :**      **45.44 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Pintado de cielo raso con pintura latex							45.44

**Partida 01.09.05.01**      Puerta Metálica de 1.5x2.10 m.      **Total :**      **1.00 und**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Puerta metálica de 1.5x2.10 m.							1.00

**Partida 01.09.05.02**      Ventana Metalica 1.50x0.60 m.      **Total :**      **7.00 und**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Ventana metalica 1.50x0.60 m.							7.00

**Partida 01.09.06.01**      Suministro de Materiales p/Funcionamiento de Caseta Química      **Total :**      **1.00 glb**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Suministro de materiales p/funcionamiento de caseta quimica							1.00

**Partida 01.09.06.02**      Montaje e Instalacion de Materiales y Accesorios en Caseta Química      **Total :**      **1.00 glb**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Montaje e instalacion de materiales y accesorios en caseta quimica							1.00

**Partida 01.10.01.01**      Concreto f'c 100 kg/cm2 para Solados      **Total :**      **10.20 m2**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Concreto f'c 100 kg/cm2 para solados							10.20

**Partida 01.10.02.01**      Soporte Tanque Elevado de 2500 L      **Total :**      **1.00 und**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Soporte tanque elevado de 2500 l							1.00

**Partida 01.10.03.01**      Suministro e Instalacion de Tanque Rotoplas de 2500 L      **Total :**      **1.00 und**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Suministro e instalacion de tanque rotoplas de 2500 l							1.00

**Partida 01.10.03.02**      Suministro de Materiales y Acces. p/Func. de Tanque Elevado      **Total :**      **1.00 glb**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Suministro de materiales y acces. p/func. de tanque elevado							1.00

## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD  
**Sub Presupuesto** 01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO  
**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN  
**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Partida 01.10.03.03** Montaje e Instalacion de Materiales y Accesorios en Tanque Elevado **Total :** 1.00 glb

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Montaje e instalacion de materiales y accesorios en tanque elevado							1.00

**Partida 01.11.01.01** Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal de h=1.20; a= 0.60m. **Total :** 208.95 m

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal de h=1.20; a= 0.60m.							208.95

**Partida 01.11.01.02** Refine, nivelación y compactación en terreno normal a pulso **Total :** 208.95 m

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Refine, nivelación y compactación en terreno normal a pulso							208.95

**Partida 01.11.01.03** Cama de apoyo con material de prestamo, para tub. DN 63 -250, e=0.10 **Total :** 209.95 m

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Cama de apoyo con material de prestamo, para tub. dn 63 -250, e=0.10							209.95

**Partida 01.11.01.04** Cama de apoyo con material de prestamo, a=0.80 m. **Total :** 208.95 m

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Cama de apoyo con material de prestamo, a=0.80 m.							208.95

**Partida 01.11.01.05** Relleno compactado con material de préstamo (pulso), h=0.20m sobre clave de tub. **Total :** 208.95 m

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Relleno compactado con material de préstamo (pulso), h=0.20m sobre clave de tub.							208.95

**Partida 01.11.01.06** Relleno compactado con material propio zarandeado (pulso), terreno Normal. **Total :** 208.95 m

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Relleno compactado con material propio zarandeado (pulso), terreno normal.							208.95

**Partida 01.11.02.01** Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 400 mm. **Total :** 15.35 m

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Tubería pvc-uf ntp iso 4435 sn4 dn 400 mm.							15.35

## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto**      DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD  
**Sub Presupuesto**    **01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO**  
**Cliente**              MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN  
**Ubicación**            HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Partida 01.11.02.02**      Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 315 mm.      **Total :**      **24.35 m**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Tubería pvc-uf ntp iso 4435 sn4 dn 315 mm.							24.35

**Partida 01.11.02.03**      Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 250 mm.      **Total :**      **86.25 m**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Tubería pvc-uf ntp iso 4435 sn4 dn 250 mm.							86.25

**Partida 01.11.02.04**      Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 160 mm.      **Total :**      **38.90 m**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Tubería pvc-uf ntp iso 4435 sn4 dn 160 mm.							38.90

**Partida 01.11.02.05**      Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 110 mm.      **Total :**      **34.60 m**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Tubería pvc-uf ntp iso 4435 sn4 dn 110 mm.							34.60

**Partida 01.11.02.06**      Tubería de Hierro Ductil ISO 2531 K-9 DN 250 mm.      **Total :**      **9.50 m**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Tubería de hierro ductil iso 2531 k-9 dn 250 mm.							9.50

**Partida 01.11.02.07**      Instalación de tubería PVC-UF NTP ISO 4435      **Total :**      **208.95 m**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Instalación de tubería pvc-uf ntp iso 4435							208.95

**Partida 01.11.03.01**      Codo 90° PVC-SAP DN 315mm.      **Total :**      **2.00 und**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Codo 90° pvc-sap dn 315mm.							2.00

**Partida 01.11.03.02**      Codo de Hierro Ductil de 90° Bridado DN 250mm.      **Total :**      **2.00 und**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Codo de hierro ductil de 90° bridado dn 250mm.							2.00

**Partida 01.11.03.03**      Transición Tipo Luflex HD BB-PVC, DN 250      **Total :**      **1.00 und**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Transición tipo luflex hd bb-pvc, dn 250							1.00

## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD

**Sub Presupuesto** 01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO

**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Partida** 01.11.03.04 Válvula Compuerta Tipo Guillotina DN 250mm HD **Total :** 1.00 und

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Válvula compuerta tipo guillotina dn 250mm hd							1.00

**Partida** 01.11.03.05 Tapa Sanitaria Metalica de 0.75x0.75 m. **Total :** 7.00 und

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Tapa sanitaria metalica de 0.75x0.75 m.							7.00

**Partida** 01.11.03.06 Compuerta de Acero Inoxidable 0.80x0.80 m. **Total :** 2.00 und

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Compuerta de acero inoxidable 0.80x0.80 m.							2.00

**Partida** 01.11.03.07 Compuerta de Acero Inoxidable 0.40x0.40 m. **Total :** 2.00 und

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Compuerta de acero inoxidable 0.40x0.40 m.							2.00

**Partida** 01.11.04.01.01 Excavacion de Buzones de 3.00 m. prof. promedio. **Total :** 96.00 m3

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Excavación Buzones	8	1		2.00	2.00	3.00	96.00

**Partida** 01.11.04.01.02 Relleno Compactado con Material Propio a Mano para Reestructuración **Total :** 48.00 m3

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Excavación Buzones	8	0.5		2.00	2.00	3.00	48.00

**Partida** 01.11.04.01.03 Eliminación de material excedente con 20% esponjamiento **Total :** 57.60 m3

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Eliminación de material con esponjamiento	1	1	48	1.20			57.60

**Partida** 01.11.04.02.01 Buzón T-I, Concreto fc=210 kg/cm2, Di=1.20m. c/Prof. de 2.01 A 2.50m. (Encof. Exter. e Inter.) **Total :** 1.00 und

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Buzón t-i, concreto fc=210 kg/cm2, di=1.20m. c/prof. de 2.01 a 2.50m. (encof. exter. e inter.) c-pii							1.00

**Partida** 01.11.04.02.02 Buzón T-I, Concreto fc=210 kg/cm2, Di=1.20m. c/Prof. de 2.51 A 3.00m. (Encof. Exter. e Inter.) **Total :** 2.00 und

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Buzón t-i, concreto fc=210 kg/cm2, di=1.20m. c/prof. de 2.51 a 3.00m. (encof. exter. e inter.) c-pii							2.00

## Planilla de Sustento de Metrados

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD  
**Sub Presupuesto** 01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO  
**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN  
**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Partida 01.11.04.02.03** Buzón T-I, Concreto f<sub>c</sub>=210 kg/cm<sup>2</sup>, Di=1.50m. c/Prof. de 3.01 A 3.50m. (Encof. Exter. e Inter.) **Total :** **2.00 und**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Buzón t-i, concreto f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> , di=1.50m. c/prof. de 3.01 a 3.50m. (encof. exter. e inter.) c-pii							2.00

**Partida 01.11.04.02.04** Buzón T-I, Concreto f<sub>c</sub>=210 kg/cm<sup>2</sup>, Di=1.50m. c/Prof. de 4.01 A 5.00m. (Encof. Exter. e Inter.) **Total :** **2.00 und**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Buzón t-i, concreto f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> , di=1.50m. c/prof. de 4.01 a 5.00m. (encof. exter. e inter.) c-pii							2.00

**Partida 01.11.04.02.05** Caja de Registro de Desague de 12"x24", Incl.tapa **Total :** **7.00 und**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Caja de registro de desague de 12"x24", incl.tapa							7.00

**Partida 01.12.01** Suministro de Equipos y Accesorios Reestructuración de PTAP **Total :** **1.00 glb**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Suministro de equipos y accesorios reestructuración de ptap							1.00

**Partida 01.12.02** Montaje de Equipos y Accesorios Reestructuración de PTAP **Total :** **1.00 glb**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Montaje de equipos y accesorios reestructuración de ptap							1.00

**Partida 01.12.03** Mobiliario y Otros Materiales para Reestructuración de PTAP **Total :** **1.00 glb**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Mobiliario y otros materiales para reestructuración de ptap							1.00

**Partida 01.13.01** Suministro Materiales Electricos Reestructuración a la PTAP **Total :** **1.00 glb**

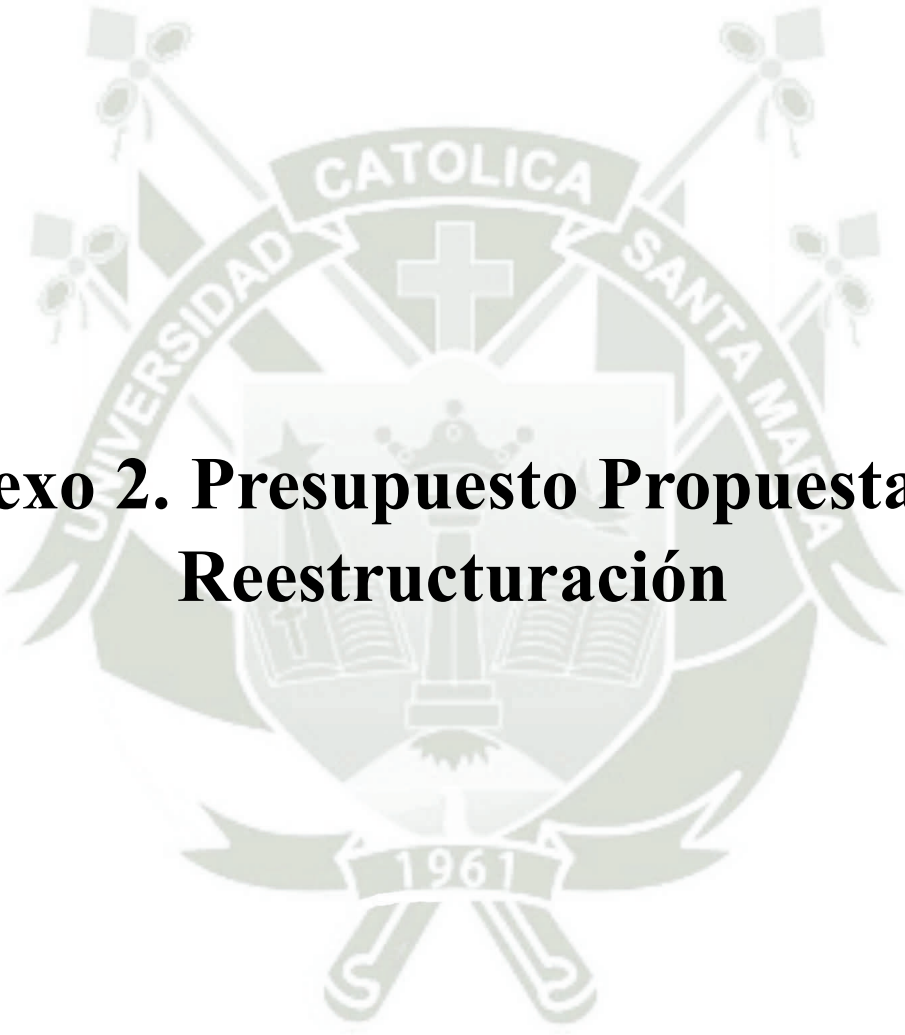
Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Suministro materiales electricos reestructuración a la ptap							1.00

**Partida 01.13.02** Instalación de Materiales Electricos Reestructuración PTAP **Total :** **1.00 glb**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Instalación de materiales electricos reestructuración ptap							1.00

**Partida 01.14.01** Flete Multiple de Materiales para Reestructuración de PTAP **Total :** **1.00 glb**

Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
Flete multiple de materiales para reestructuración de ptap							1.00



**Anexo 2. Presupuesto Propuesta de Reestructuración**

# Presupuesto

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD

**Sub Presupuesto** 01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO

**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Costo a :**

**Enero - 2023**

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
01	<b>REESTRUCTURACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE - HUAMACHUCO</b>						2,131,171.84
01.01	<b>OBRAS PROVISIONALES PARA REESTRUCTURACIÓN</b>					29,473.24	
01.01.01	Limpieza y Desbroce de Terreno no Intervenido	m2	1,500.00	1.21	1,815.00		
01.01.02	Trazo y Replanteo Inicial en PTAP	m2	1,500.00	2.29	3,435.00		
01.01.03	Demolición de Componentes de PTAP obsoletos con Equipo	m3	102.32	236.74	24,223.24		
01.02	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRAS PARA REESTRUCTURACIÓN</b>					27,006.25	
01.02.01	Excavacion en Terreno Con Maquinaria para Reestructuració	m3	922.18	4.20	3,873.16		
01.02.02	Relleno Compactado con Material Propio a Mano para Reestr.	m3	189.43	40.23	7,620.77		
01.02.03	Eliminación de material excedente con 20% esponjamiento	m3	732.75	21.17	15,512.32		
01.03	<b>MEZCLA RAPIDA NUEVA</b>					34,354.82	
01.03.01	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					621.86	
01.03.01.01	Concreto fc 100 kg/cm2 para Solados	m2	16.88	36.84	621.86		
01.03.02	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					8,232.78	
01.03.02.01	Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2	kg	336.03	5.27	1,770.88		
01.03.02.02	Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para Reestr.	m2	47.80	33.14	1,584.09		
01.03.02.03	Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Reestruc	m3	8.82	553.04	4,877.81		
01.03.03	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>					830.37	
01.03.03.01	Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Reestruc	m2	22.54	36.84	830.37		
01.03.04	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>					24,669.81	
01.03.04.01	Suministro e Instalacion de Accesorios para Reestructurac	glb	1.00	24,669.81	24,669.81		
01.04	<b>FLOCULADOR VERTICAL NUEVO</b>					566,450.09	
01.04.01	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					54,455.98	
01.04.01.01	Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2	kg	221.78	5.27	1,168.78		
01.04.01.02	Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para Reestr.	m2	435.11	33.14	14,419.55		
01.04.01.03	Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Reestruc	m3	70.28	553.04	38,867.65		
01.04.02	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>					11,755.28	
01.04.02.01	Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Reestruc	m2	319.09	36.84	11,755.28		
01.04.03	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>					500,238.83	
01.04.03.01	Suministro e Instalacion de Accesorios para Floculador	glb	1.00	488,168.67	488,168.67		
01.04.03.02	Montaje de Planchas PVC para Floculador Vertical	und	62.00	194.68	12,070.16		
01.05	<b>DECANTADOR LAMINAR NUEVO</b>					377,980.74	
01.05.01	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					8,747.66	
01.05.01.01	Concreto fc 100 kg/cm2 para Solados	m2	237.45	36.84	8,747.66		
01.05.02	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					205,370.98	
01.05.02.01	Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2	kg	2,545.70	5.27	13,415.84		
01.05.02.02	Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para Reestr.	m2	1,556.17	33.14	51,571.47		
01.05.02.03	Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Reestruc	m3	253.84	553.04	140,383.67		
01.05.03	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>					43,048.65	
01.05.03.01	Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Reestruc	m2	1,168.53	36.84	43,048.65		
01.05.04	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>					118,439.47	
01.05.04.01	Suministro de Equipos y Accesorios para Decantador Lar	glb	1.00	101,383.64	101,383.64		
01.05.04.02	Montaje de Equipos y Accesorios para Decantador Lamin	glb	1.00	17,055.83	17,055.83		
01.05.05	<b>CARPINTERIA METALICA</b>					2,373.98	
01.05.05.01	Baranda Metálica Galvanizada 2" para Reestructuración	m	21.20	111.98	2,373.98		
01.06	<b>FILTROS REESTRUCTURACIÓN</b>					219,747.84	
01.06.01	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					1,830.21	
01.06.01.01	Concreto fc 100 kg/cm2 para Solados	m2	49.68	36.84	1,830.21		
01.06.02	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					75,505.62	
01.06.02.01	Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2	kg	1,918.88	5.27	10,112.50		
01.06.02.02	Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para Reestr.	m2	568.61	33.14	18,843.74		
01.06.02.03	Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Reestruc	m3	84.17	553.04	46,549.38		
01.06.03	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>					18,614.88	
01.06.03.01	Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Reestruc	m2	505.29	36.84	18,614.88		
01.06.04	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>					123,797.13	
01.06.04.01	Compuerta de Acero Inoxidable 0.20x0.20	und	24.00	4,282.46	102,779.04		
01.06.04.02	Tapa Sanitaria Metalica de 0.75x0.75 m.	und	17.00	621.77	10,570.09		
01.06.04.03	Suministro y colocación de Arena Calibrada Seleccionada	m3	32.00	251.50	8,048.00		
01.06.04.04	Suministro y colocación de Grava Seleccionada de 1/2" a	m3	15.00	160.00	2,400.00		

# Presupuesto

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD

**Sub Presupuesto** 01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO

**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Costo a :**

**Enero - 2023**

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
01.07	<b>CAMARA DE CONTACTO DE CLORO</b>					260,839.21	
01.07.01	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					3,773.15	
01.07.01.01	Concreto f'c 100 kg/cm2 para Solados	m2	102.42	36.84	3,773.15		
01.07.02	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					142,342.41	
01.07.02.01	Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2	kg	2,424.37	5.27	12,776.43		
01.07.02.02	Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para Reestr	m2	1,067.19	33.14	35,366.68		
01.07.02.03	Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Reestruc	m3	170.33	553.04	94,199.30		
01.07.03	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>					27,250.92	
01.07.03.01	Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Reestruc	m2	739.71	36.84	27,250.92		
01.07.04	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>					87,472.73	
01.07.04.01	Válvula de Compuerta HD, DN 200 compuerta bridada PN	und	8.00	10,234.60	81,876.80		
01.07.04.02	Tapa Sanitaria Metalica de 0.75x0.75 m.	und	9.00	621.77	5,595.93		
01.08	<b>CASETA DE CLORACION Y BOMBEO</b>					67,814.24	
01.08.01	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					1,145.96	
01.08.01.01	Concreto 1:10 + 30% P.G. para cimiento corrido	m3	3.68	222.53	818.91		
01.08.01.02	Concreto 1:8 + 25% P.M. p/sobrecimiento	m3	0.41	267.95	109.86		
01.08.01.03	Encofrado y Desencofrado para Sobrecimientos	m2	5.16	38.73	199.85		
01.08.01.04	Falso piso de concreto 1:10 de Espesor 10cm.	m2	0.40	43.35	17.34		
01.08.02	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					3,357.65	
01.08.02.01	Acero Corrugado fy=4200 kg/cm2. Para Columnas	kg	72.15	5.27	380.23		
01.08.02.02	Encofrado y Desencofrado para Columnas	m2	5.76	50.30	289.73		
01.08.02.03	Concreto f'c 210 kg/cm2. para Columnas	m3	0.43	528.52	227.26		
01.08.02.04	Acero Corrugado fy=4200 kg/cm2. Para Vigas	kg	125.85	5.27	663.23		
01.08.02.05	Encofrado y Desencofrado para Vigas	m2	2.40	79.80	191.52		
01.08.02.06	Concreto f'c 210 kg/cm2 para Vigas	m3	0.48	539.99	259.20		
01.08.02.07	Acero Corrugado fy=4200 kg/cm2. Para Losas Aligeradas	kg	41.62	5.27	219.34		
01.08.02.08	Encofrado y Desencofrado para Losas Aligeradas	m2	9.00	48.28	434.52		
01.08.02.09	Ladrillo Hueco de Arcilla 15x30x30 cm. p/Losas Aligerada:	und	72.00	3.54	254.88		
01.08.02.10	Concreto f'c 210 kg/cm2 para losas aligeradas	m3	0.81	540.42	437.74		
01.08.03	<b>MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA</b>					1,260.71	
01.08.03.01	Muros de ladrillo king kong de arcilla de sogá con morter	m2	15.12	83.38	1,260.71		
01.08.04	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>					1,286.53	
01.08.04.01	Tarrajeo interior con mortero 1:5x1,5 cm (incluye columna:	m2	21.28	27.54	586.05		
01.08.04.02	Tarrajeo exterior con mortero 1:5x1,5 cm. (incluye column:	m2	23.08	30.35	700.48		
01.08.05	<b>PISOS</b>					228.16	
01.08.05.01	Piso de 4" concreto f'c 140 kg/cm2, pulido con mortero 1:	m2	4.00	57.04	228.16		
01.08.06	<b>ZOCALOS</b>					135.76	
01.08.06.01	Zocalo de Cemento frotachado h=0.30m.	m	8.00	16.97	135.76		
01.08.07	<b>PINTURA</b>					536.52	
01.08.07.01	Pintado de muro interior con pintura latex	m2	21.28	11.72	249.40		
01.08.07.02	Pintado de muro exterior con pintura latex	m2	23.08	12.44	287.12		
01.08.08	<b>CARPINTERIA METALICA</b>					1,406.12	
01.08.08.01	Puerta metálica (P1)	und	1.00	1,202.94	1,202.94		
01.08.08.02	Ventana (0.30x0.30m)	und	1.00	203.18	203.18		
01.08.09	<b>EQUIPAMIENTO</b>					58,456.83	
01.08.09.01	Equipos para Implementacion de Sistema de Cloracion p/	glb	1.00	55,278.00	55,278.00		
01.08.09.02	Montaje de Accesorios y Equipos de Cloracion.	glb	1.00	3,178.83	3,178.83		
01.09	<b>CASA QUIMICA</b>					174,550.06	
01.09.01	<b>CONCRETO ARMADO</b>					13,771.96	
01.09.01.01	Concreto f'c 210 kg/cm2 para muros reforzados	m3	3.69	608.45	2,245.18		
01.09.01.02	Encofrado y Desencofrado Cara Vista p/Muro Reforzado	m2	30.69	109.60	3,363.62		
01.09.01.03	Acero Corrugado fy=4200 kg/cm2. para Muros Reforzado	kg	1,429.38	5.51	7,875.88		
01.09.01.04	Concreto f'c 210 kg/cm2. para Escaleras	m3	0.25	686.08	171.52		
01.09.01.05	Encofrado y Desencofrado de Escaleras	m2	1.05	63.97	67.17		
01.09.01.06	Acero Corrugado f'c=4200 kg/cm2. en Escaleras	kg	8.57	5.67	48.59		
01.09.02	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>					4,754.27	
01.09.02.01	Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Reestruc	m2	42.75	36.84	1,574.91		
01.09.02.02	Enchape de Ceramica 20x30cm.	m2	48.37	65.73	3,179.36		
01.09.03	<b>PISOS</b>					578.96	
01.09.03.01	Piso de 4" concreto f'c 140 kg/cm2, pulido con mortero 1:	m2	10.15	57.04	578.96		

# Presupuesto

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD

**Sub Presupuesto** 01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO

**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Costo a :**

**Enero - 2023**

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
01.09.04	<b>PINTURA</b>					2,839.99	
01.09.04.01	Pintado de muro interior con pintura latex	m2	107.26	11.72	1,257.09		
01.09.04.02	Pintado de muro exterior con pintura latex	m2	79.83	12.44	993.09		
01.09.04.03	Pintado de cielo raso con pintura latex	m2	45.44	12.98	589.81		
01.09.05	<b>CARPINTERIA METALICA</b>					5,362.46	
01.09.05.01	Puerta Metálica de 1.5x2.10 m.	und	1.00	1,883.88	1,883.88		
01.09.05.02	Ventana Metalica 1.50x0.60 m.	und	7.00	496.94	3,478.58		
01.09.06	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>					147,242.42	
01.09.06.01	Suministro de Materiales p/Funcionamiento de Caseta Qu	glb	1.00	133,335.04	133,335.04		
01.09.06.02	Montaje e Instalacion de Materiales y Accesorios en Case	glb	1.00	13,907.38	13,907.38		
01.10	<b>TANQUE ELEVADO</b>					12,514.04	
01.10.01	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					375.77	
01.10.01.01	Concreto fc 100 kg/cm2 para Solados	m2	10.20	36.84	375.77		
01.10.02	<b>CARPINTERIA METALICA</b>					6,058.94	
01.10.02.01	Soporte Tanque Elevado de 2500 L	und	1.00	6,058.94	6,058.94		
01.10.03	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>					6,079.33	
01.10.03.01	Suministro e Instalacion de Tanque Rotoplas de 2500 L	und	1.00	3,246.95	3,246.95		
01.10.03.02	Suministro de Materiales y Acces. p/Func. de Tanque Elev	glb	1.00	2,183.37	2,183.37		
01.10.03.03	Montaje e Instalacion de Materiales y Accesorios en Tanq	glb	1.00	649.01	649.01		
01.11	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS EXTERNAS</b>					154,527.08	
01.11.01	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRAS PARA REESTRUCTURACIÓN</b>					34,406.42	
01.11.01.01	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal de h=1.20; a=0.6	m	208.95	11.80	2,465.61		
01.11.01.02	Refine, nivelación y compactación en terreno normal a pul	m	208.95	1.94	405.36		
01.11.01.03	Cama de apoyo con material de préstamo, para tub. DN 6	m	209.95	17.43	3,659.43		
01.11.01.04	Cama de apoyo con material de préstamo, a=0.80 m.	m	208.95	17.94	3,748.56		
01.11.01.05	Relleno compactado con material de préstamo (pulso), h=	m	208.95	83.98	17,547.62		
01.11.01.06	Relleno compactado con material propio zarandeado (pu	m	208.95	31.49	6,579.84		
01.11.02	<b>TUBERIAS</b>					17,556.85	
01.11.02.01	Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 400 mm.	m	15.35	130.43	2,002.10		
01.11.02.02	Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 315 mm.	m	24.35	103.20	2,512.92		
01.11.02.03	Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 250 mm.	m	86.25	81.65	7,042.31		
01.11.02.04	Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 160 mm.	m	38.90	39.50	1,536.55		
01.11.02.05	Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 110 mm.	m	34.60	18.92	654.63		
01.11.02.06	Tubería de Hierro Ductil ISO 2531 K-9 DN 250 mm.	m	9.50	181.59	1,725.11		
01.11.02.07	Instalación de tubería PVC-UF NTP ISO 4435	m	208.95	9.97	2,083.23		
01.11.03	<b>ACCESORIOS</b>					48,746.67	
01.11.03.01	Codo 90° PVC-SAP DN 315mm.	und	2.00	274.12	548.24		
01.11.03.02	Codo de Hierro Ductil de 90° Bridado DN 250mm.	und	2.00	588.41	1,176.82		
01.11.03.03	Transición Tipo Lufflex HD BB-PVC, DN 250	und	1.00	560.00	560.00		
01.11.03.04	Válvula Compuerta Tipo Guillotina DN 250mm HD	und	1.00	11,846.76	11,846.76		
01.11.03.05	Tapa Sanitaria Metalica de 0.75x0.75 m.	und	7.00	621.77	4,352.39		
01.11.03.06	Compuerta de Acero Inoxidable 0.80x0.80 m.	und	2.00	9,014.64	18,029.28		
01.11.03.07	Compuerta de Acero Inoxidable 0.40x0.40 m.	und	2.00	6,116.59	12,233.18		
01.11.04	<b>CAMARAS DE INSPECCION</b>					53,817.14	
01.11.04.01	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRAS PARA REESTRUCTURACIÓN</b>					8,146.27	
01.11.04.01.01	Excavacion de Buzones de 3.00 m. prof. promedio.	m3	96.00	52.04	4,995.84		
01.11.04.01.02	Relleno Compactado con Material Propio a Mano par	m3	48.00	40.23	1,931.04		
01.11.04.01.03	Eliminación de material excedente con 20% esponjan	m3	57.60	21.17	1,219.39		
01.11.04.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>					45,670.87	
01.11.04.02.01	Buzón T-I, Concreto fc=210 kg/cm2, Di=1.20m. c/Pro	und	1.00	4,154.23	4,154.23		
01.11.04.02.02	Buzón T-I, Concreto fc=210 kg/cm2, Di=1.20m. c/Pro	und	2.00	4,456.03	8,912.06		
01.11.04.02.03	Buzón T-I, Concreto fc=210 kg/cm2, Di=1.50m. c/Pro	und	2.00	6,123.16	12,246.32		
01.11.04.02.04	Buzón T-I, Concreto fc=210 kg/cm2, Di=1.50m. c/Pro	und	2.00	9,329.61	18,659.22		
01.11.04.02.05	Caja de Registro de Desague de 12"x24", Incl.tapa	und	7.00	242.72	1,699.04		
01.12	<b>EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO</b>					152,735.64	
01.12.01	Suministro de Equipos y Accesorios Reestructuración de PTAF	glb	1.00	103,156.01	103,156.01		
01.12.02	Montaje de Equipos y Accesorios Reestructuración de PTAP	glb	1.00	4,579.63	4,579.63		
01.12.03	Mobiliario y Otros Materiales para Reestructuración de PTAP	glb	1.00	45,000.00	45,000.00		

## Presupuesto

**Proyecto** DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD

**Sub Presupuesto** **01 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO**

**Cliente** MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

**Ubicación** HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Costo a :**

**Enero - 2023**

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
01.13	<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>					30,000.00	
01.13.01	Suministro Materiales Electricos Reestructuración a la PTAP	glb	1.00	15,000.00	15,000.00		
01.13.02	Instalación de Materiales Electricos Reestructuración PTAP	glb	1.00	15,000.00	15,000.00		
01.14	<b>TRANSPORTE MULTIPLE</b>					23,178.59	
01.14.01	Flete Multiple de Materiales para Reestructuración de PTAP	glb	1.00	23,178.59	23,178.59		

COSTO DIRECTO

2,131,171.84

SUB TOTAL

2,131,171.84

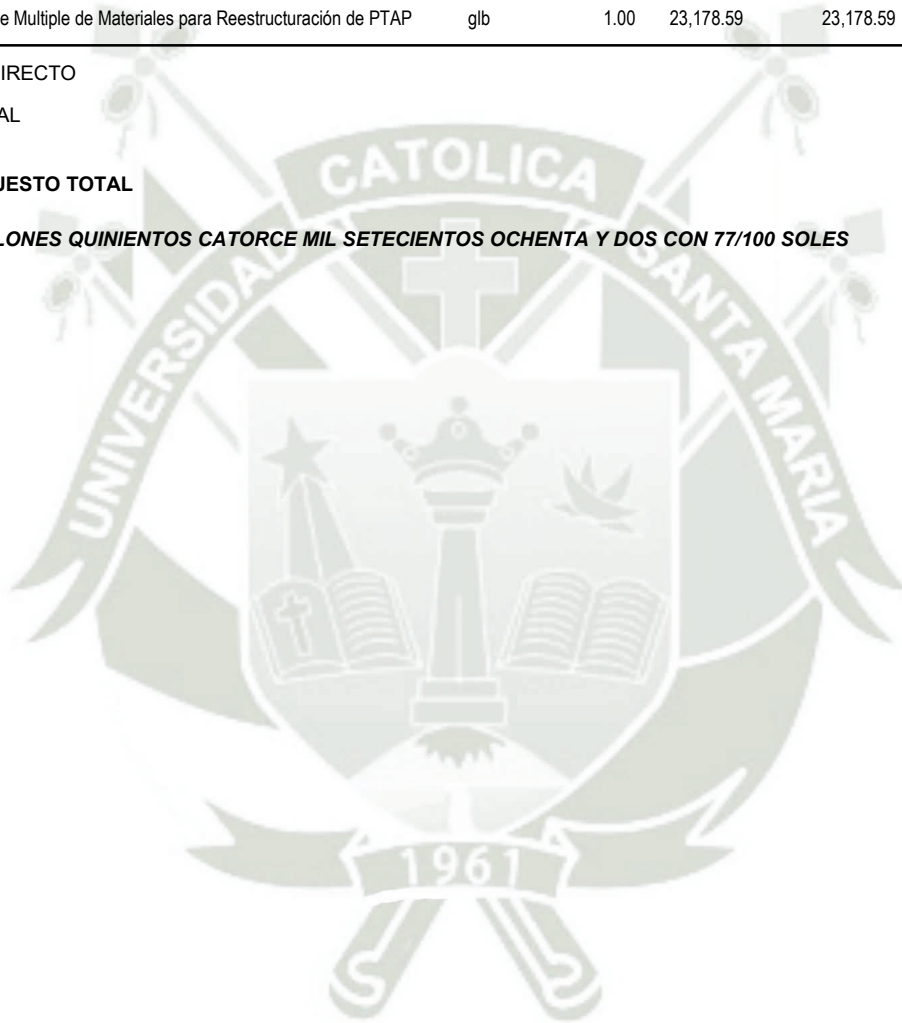
IGV.

18 % 383,610.93

**PRESUPUESTO TOTAL**

**2,514,782.77**

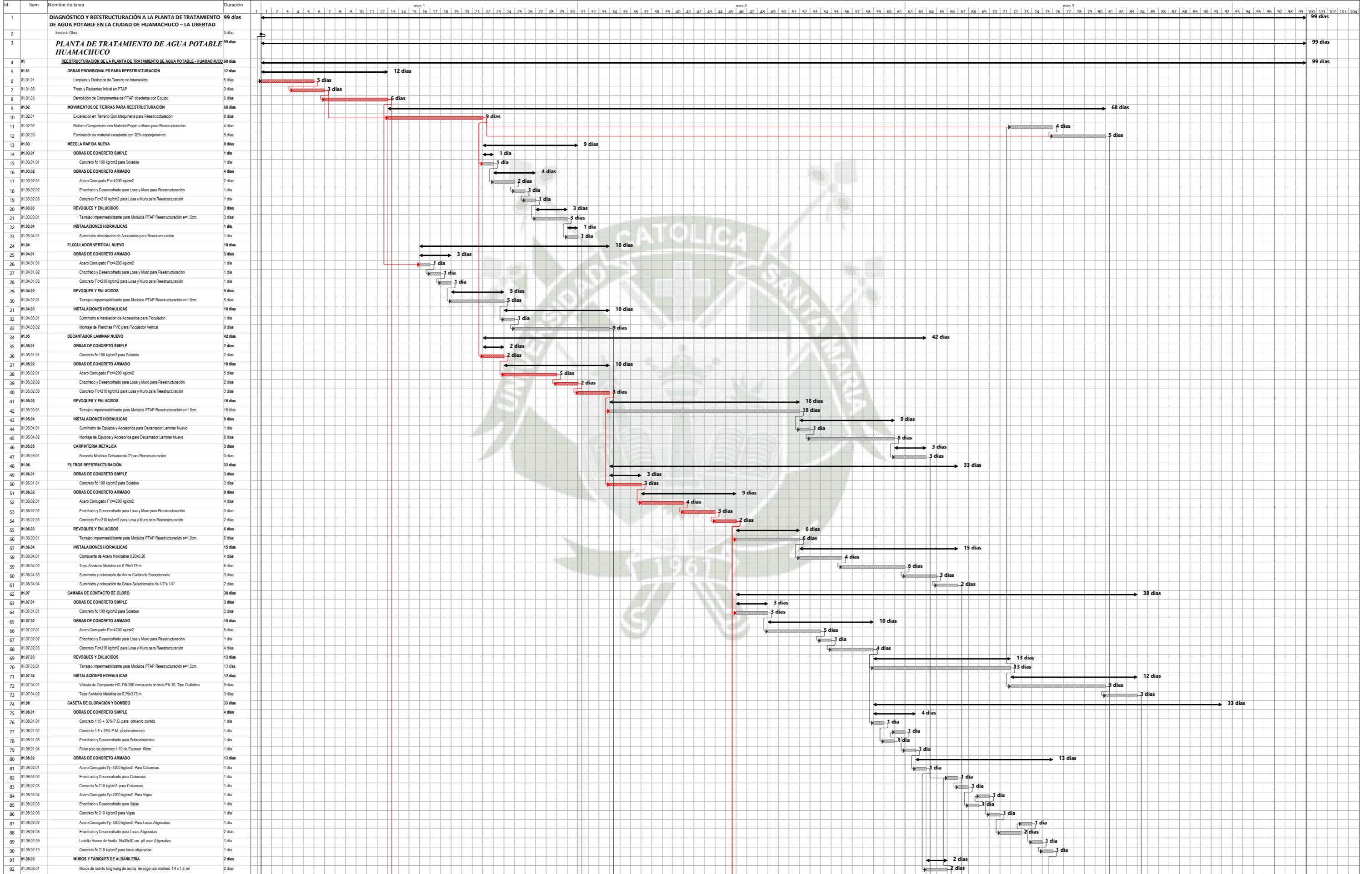
**Son : DOS MILLONES QUINIENTOS CATORCE MIL SETECIENTOS OCHENTA Y DOS CON 77/100 SOLES**



The logo of Universidad Católica Santa María is a circular emblem. It features a central shield with a cross above it, flanked by two open books. The shield is set against a background of a sunburst. The words "UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA" are written in a banner around the top of the shield. Below the shield, the year "1961" is inscribed on a ribbon. The entire emblem is surrounded by four palm trees.

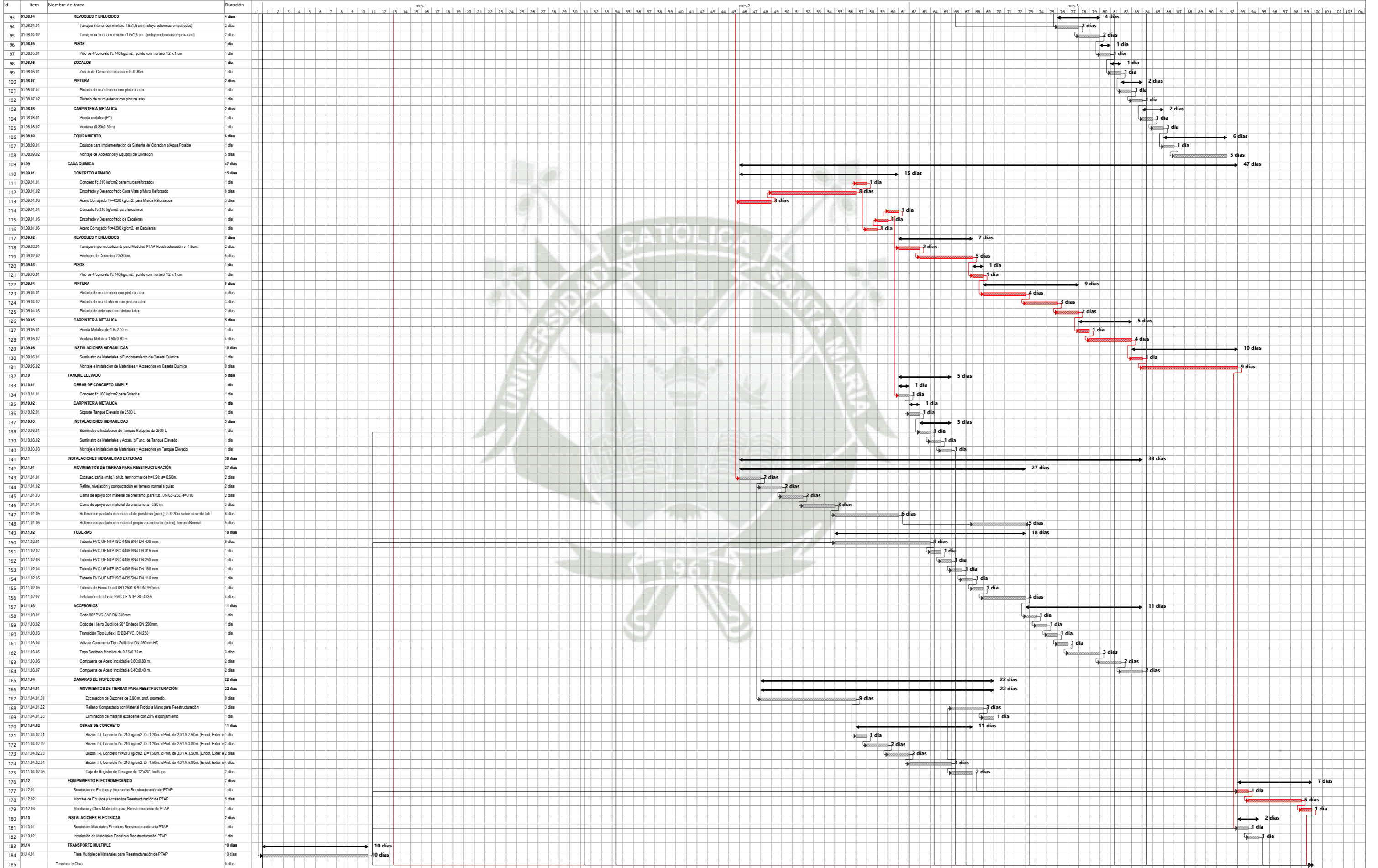
**Anexo 3. Programación de Obra  
Diagrama Gantt**

Obra: DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD  
 Ubicación: HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD



Tarea Tarea Crítica Progreso Hito Resumen

Obra: DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD  
 Ubicación: HUAMACUCHO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD



The background features a large, faint watermark of the University of Santa María logo. The logo is circular and contains a central shield with a cross, an open book, and a crown. The shield is flanked by two crossed keys. Above the shield is a banner with the text 'UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA'. Below the shield is another banner with the year '1961'.

## **Anexo 4. Calendario Valorizado**

## Calendario Valorizado de Avance de Obra

**Obra** : DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD  
**Ubicación** : HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD  
**Costo A** : Ene - 2023 **Ciente** : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

Item	Descripción	Unid	Metrado	Precio Unitario	Parcial	PLAZO DE EJECUCION				TOTAL 99 Días
						30 Días	30 Días	30 Días	09 Días	
<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE HUAMACHUCO</b>										
<b>REESTRUCTURACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE - HUAMACHUCO</b>										
01	<b>OBRAS PROVISIONALES PARA REESTRUCTURACIÓN</b>									
01.01	Limpieza y Desbroce de Terreno no Intervenido	m2	1,500.00	1.21	1,815.00	1,815.00	-	-	-	1,815.00
01.01.01	Limpieza y Desbroce de Terreno no Intervenido	m2	1,500.00	1.21	1,815.00	1,815.00	-	-	-	1,815.00
01.01.02	Trazo y Replanteo Inicial en PTAP	m2	1,500.00	2.29	3,435.00	3,435.00	-	-	-	3,435.00
01.01.03	Demolición de Componentes de PTAP obsoletos con Equ	m3	102.32	236.74	24,223.24	24,223.24	-	-	-	24,223.24
01.02	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRAS PARA REESTRUCTURACIÓN</b>									
01.02.01	Excavación en Terreno Con Maquinaria para Reestructu	m3	922.18	4.20	3,873.16	3,873.16	-	-	-	3,873.16
01.02.02	Relleno Compactado con Material Propio a Mano para Re	m3	189.43	40.23	7,620.77	-	-	7,620.77	-	7,620.77
01.02.03	Eliminación de material excedente con 20% esponjamient	m3	732.75	21.17	15,512.32	-	-	15,512.32	-	15,512.32
01.03	<b>MEZCLA RAPIDA NUEVA</b>									
01.03.01	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>									
01.03.01.01	Concreto Fc 100 kg/cm2 para Solados	m2	16.88	36.84	621.86	621.86	-	-	-	621.86
01.03.02	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>									
01.03.02.01	Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2	kg	336.03	5.27	1,770.88	1,770.88	-	-	-	1,770.88
01.03.02.02	Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para Re	m2	47.80	33.14	1,584.09	1,584.09	-	-	-	1,584.09
01.03.02.03	Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Re	m3	8.82	553.04	4,877.81	4,877.81	-	-	-	4,877.81
01.03.03	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>									
01.03.03.01	Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Ree	m2	22.54	36.84	830.37	830.37	-	-	-	830.37
01.03.04	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>									
01.03.04.01	Suministro e Instalacion de Accesorios para Reestruc	glb	1.00	24,669.81	24,669.81	24,669.81	-	-	-	24,669.81
01.04	<b>FLOCULADOR VERTICAL NUEVO</b>									
01.04.01	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>									
01.04.01.01	Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2	kg	221.78	5.27	1,168.78	1,168.78	-	-	-	1,168.78
01.04.01.02	Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para Re	m2	435.11	33.14	14,419.55	14,419.55	-	-	-	14,419.55
01.04.01.03	Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Re	m3	70.28	553.04	38,867.65	38,867.65	-	-	-	38,867.65
01.04.02	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>									
01.04.02.01	Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Ree	m2	319.09	36.84	11,755.28	11,755.28	-	-	-	11,755.28
01.04.03	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>									
01.04.03.01	Suministro e Instalacion de Accesorios para Floculad	glb	1.00	488,168.67	488,168.67	488,168.67	-	-	-	488,168.67
01.04.03.02	Montaje de Planchas PVC para Floculador Vertical	und	62.00	194.68	12,070.16	8,046.77	4,023.39	-	-	12,070.16
01.05	<b>DECANTADOR LAMINAR NUEVO</b>									
01.05.01	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>									
01.05.01.01	Concreto Fc 100 kg/cm2 para Solados	m2	237.45	36.84	8,747.66	8,747.66	-	-	-	8,747.66
01.05.02	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>									
01.05.02.01	Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2	kg	2,545.70	5.27	13,415.84	13,415.84	-	-	-	13,415.84
01.05.02.02	Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para Re	m2	1,556.17	33.14	51,571.47	51,571.47	-	-	-	51,571.47
01.05.02.03	Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Re	m3	253.84	553.04	140,383.67	-	140,383.67	-	-	140,383.67
01.05.03	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>									

## Calendario Valorizado de Avance de Obra

**Obra** : DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD

**Ubicación** : HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Costo A** : Ene - 2023

**Ciente** : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

Item	Descripción	Unid	Metrado	Precio Unitario	Parcial	PLAZO DE EJECUCION				TOTAL 99 Días
						30 Días	30 Días	30 Días	09 Días	
01.05.03.01	Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Ree	m2	1,168.53	36.84	43,048.65	-	43,048.65	-	-	43,048.65
01.05.04	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>									
01.05.04.01	Suministro de Equipos y Accesorios para Decantado	glb	1.00	101,383.64	101,383.64	-	101,383.64	-	-	101,383.64
01.05.04.02	Montaje de Equipos y Accesorios para Decantador L	glb	1.00	17,055.83	17,055.83	-	17,055.83	-	-	17,055.83
01.05.05	<b>CARPINTERIA METALICA</b>									
01.05.05.01	Baranda Metálica Galvanizada 2" para Reestructurac	m	21.20	111.98	2,373.98	-	-	2,373.98	-	2,373.98
01.06	<b>FILTROS REESTRUCTURACIÓN</b>									
01.06.01	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>									
01.06.01.01	Concreto Fc 100 kg/cm2 para Solados	m2	49.68	36.84	1,830.21	-	1,830.21	-	-	1,830.21
01.06.02	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>									
01.06.02.01	Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2	kg	1,918.88	5.27	10,112.50	-	10,112.50	-	-	10,112.50
01.06.02.02	Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para R	m2	568.61	33.14	18,843.74	-	18,843.74	-	-	18,843.74
01.06.02.03	Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Re	m3	84.17	553.04	46,549.38	-	46,549.38	-	-	46,549.38
01.06.03	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>									
01.06.03.01	Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Ree	m2	505.29	36.84	18,614.88	-	18,614.88	-	-	18,614.88
01.06.04	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>									
01.06.04.01	Compuerta de Acero Inoxidable 0.20x0.20	und	24.00	4,282.46	102,779.04	-	102,779.04	-	-	102,779.04
01.06.04.02	Tapa Sanitaria Metalica de 0.75x0.75 m.	und	17.00	621.77	10,570.09	-	8,808.41	1,761.68	-	10,570.09
01.06.04.03	Suministro y colocación de Arena Calibrada Seleccio	m3	32.00	251.50	8,048.00	-	-	8,048.00	-	8,048.00
01.06.04.04	Suministro y colocación de Grava Seleccionada de 1	m3	15.00	160.00	2,400.00	-	-	2,400.00	-	2,400.00
01.07	<b>CAMARA DE CONTACTO DE CLORO</b>									
01.07.01	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>									
01.07.01.01	Concreto Fc 100 kg/cm2 para Solados	m2	102.42	36.84	3,773.15	-	3,773.15	-	-	3,773.15
01.07.02	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>									
01.07.02.01	Acero Corrugado F'c=4200 kg/cm2	kg	2,424.37	5.27	12,776.43	-	12,776.43	-	-	12,776.43
01.07.02.02	Encofrado y Desencofrado para Losa y Muro para R	m2	1,067.19	33.14	35,366.68	-	35,366.68	-	-	35,366.68
01.07.02.03	Concreto F'c=210 kg/cm2 para Losa y Muro para Re	m3	170.33	553.04	94,199.30	-	94,199.30	-	-	94,199.30
01.07.03	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>									
01.07.03.01	Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Ree	m2	739.71	36.84	27,250.92	-	4,192.45	23,058.47	-	27,250.92
01.07.04	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>									
01.07.04.01	Válvula de Compuerta HD, DN 200 compuerta brida	und	8.00	10,234.60	81,876.80	-	-	81,876.80	-	81,876.80
01.07.04.02	Tapa Sanitaria Metalica de 0.75x0.75 m.	und	9.00	621.77	5,595.93	-	-	5,595.93	-	5,595.93
01.08	<b>CASETA DE CLORACION Y BOMBEO</b>									
01.08.01	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>									
01.08.01.01	Concreto 1:10 + 30% P.G. para cimiento corrido	m3	3.68	222.53	818.91	-	818.91	-	-	818.91
01.08.01.02	Concreto 1:8 + 25% P.M. p/sobrecimiento	m3	0.41	267.95	109.86	-	-	109.86	-	109.86
01.08.01.03	Encofrado y Desencofrado para Sobrecimientos	m2	5.16	38.73	199.85	-	199.85	-	-	199.85
01.08.01.04	Falso piso de concreto 1:10 de Espesor 10cm.	m2	0.40	43.35	17.34	-	-	17.34	-	17.34
01.08.02	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>									
01.08.02.01	Acero Corrugado fy=4200 kg/cm2. Para Columnas	kg	72.15	5.27	380.23	-	-	380.23	-	380.23

## Calendario Valorizado de Avance de Obra

**Obra** : DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD  
**Ubicación** : HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD  
**Costo A** : Ene - 2023 **Ciente** : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

Item	Descripcion	Unid	Metrado	Precio Unitario	Parcial	PLAZO DE EJECUCION				TOTAL 99 Días
						30 Días	30 Días	30 Días	09 Días	
01.08.02.02	Encofrado y Desencofrado para Columnas	m2	5.76	50.30	289.73	-	-	289.73	-	289.73
01.08.02.03	Concreto f'c 210 kg/cm2. para Columnas	m3	0.43	528.52	227.26	-	-	227.26	-	227.26
01.08.02.04	Acero Corrugado fy=4200 kg/cm2. Para Vigas	kg	125.85	5.27	663.23	-	-	663.23	-	663.23
01.08.02.05	Encofrado y Desencofrado para Vigas	m2	2.40	79.80	191.52	-	-	191.52	-	191.52
01.08.02.06	Concreto f'c 210 kg/cm2 para Vigas	m3	0.48	539.99	259.20	-	-	259.20	-	259.20
01.08.02.07	Acero Corrugado fy=4200 kg/cm2. Para Losas Aligeradas	kg	41.62	5.27	219.34	-	-	219.34	-	219.34
01.08.02.08	Encofrado y Desencofrado para Losas Aligeradas	m2	9.00	48.28	434.52	-	-	434.52	-	434.52
01.08.02.09	Ladrillo Hueco de Arcilla 15x30x30 cm. p/Losas Aligeradas	und	72.00	3.54	254.88	-	-	254.88	-	254.88
01.08.02.10	Concreto f'c 210 kg/cm2 para losas aligeradas	m3	0.81	540.42	437.74	-	-	437.74	-	437.74
01.08.03	<b>MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA</b>									
01.08.03.01	Muros de ladrillo king kong de arcilla de sogá con mortero	m2	15.12	83.38	1,260.71	-	-	1,260.71	-	1,260.71
01.08.04	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>									
01.08.04.01	Tarrajeo interior con mortero 1:5x1,5 cm (incluye colorante)	m2	21.28	27.54	586.05	-	-	586.05	-	586.05
01.08.04.02	Tarrajeo exterior con mortero 1:5x1,5 cm. (incluye colorante)	m2	23.08	30.35	700.48	-	-	700.48	-	700.48
01.08.05	<b>PISOS</b>									
01.08.05.01	Piso de 4" concreto f'c 140 kg/cm2, pulido con mortero	m2	4.00	57.04	228.16	-	-	228.16	-	228.16
01.08.06	<b>ZOCALOS</b>									
01.08.06.01	Zocalo de Cemento frotachado h=0.30m.	m	8.00	16.97	135.76	-	-	135.76	-	135.76
01.08.07	<b>PINTURA</b>									
01.08.07.01	Pintado de muro interior con pintura latex	m2	21.28	11.72	249.40	-	-	249.40	-	249.40
01.08.07.02	Pintado de muro exterior con pintura latex	m2	23.08	12.44	287.12	-	-	287.12	-	287.12
01.08.08	<b>CARPINTERIA METALICA</b>									
01.08.08.01	Puerta metálica (P1)	und	1.00	1,202.94	1,202.94	-	-	1,202.94	-	1,202.94
01.08.08.02	Ventana (0.30x0.30m)	und	1.00	203.18	203.18	-	-	203.18	-	203.18
01.08.09	<b>EQUIPAMIENTO</b>									
01.08.09.01	Equipos para Implementacion de Sistema de Cloracion	gib	1.00	55,278.00	55,278.00	-	-	55,278.00	-	55,278.00
01.08.09.02	Montaje de Accesorios y Equipos de Cloracion.	gib	1.00	3,178.83	3,178.83	-	-	2,543.06	635.77	3,178.83
01.09	<b>CASA QUIMICA</b>									
01.09.01	<b>CONCRETO ARMADO</b>									
01.09.01.01	Concreto f'c 210 kg/cm2 para muros reforzados	m3	3.69	608.45	2,245.18	-	2,245.18	-	-	2,245.18
01.09.01.02	Encofrado y Desencofrado Cara Vista p/Muro Reforzado	m2	30.69	109.60	3,363.62	-	3,363.62	-	-	3,363.62
01.09.01.03	Acero Corrugado fy=4200 kg/cm2. para Muros Reforzados	kg	1,429.38	5.51	7,875.88	-	7,875.88	-	-	7,875.88
01.09.01.04	Concreto f'c 210 kg/cm2. para Escaleras	m3	0.25	686.08	171.52	-	171.52	-	-	171.52
01.09.01.05	Encofrado y Desencofrado de Escaleras	m2	1.05	63.97	67.17	-	67.17	-	-	67.17
01.09.01.06	Acero Corrugado f'c=4200 kg/cm2. en Escaleras	kg	8.57	5.67	48.59	-	48.59	-	-	48.59
01.09.02	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>									
01.09.02.01	Tarrajeo impermeabilizante para Modulos PTAP Reemplazados	m2	42.75	36.84	1,574.91	-	-	1,574.91	-	1,574.91
01.09.02.02	Enchape de Ceramica 20x30cm.	m2	48.37	65.73	3,179.36	-	-	3,179.36	-	3,179.36
01.09.03	<b>PISOS</b>									
01.09.03.01	Piso de 4" concreto f'c 140 kg/cm2, pulido con mortero	m2	10.15	57.04	578.96	-	-	578.96	-	578.96

## Calendario Valorizado de Avance de Obra

**Obra** : DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD

**Ubicación** : HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Costo A** : Ene - 2023

**Ciente** : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

Item	Descripción	Unid	Metrado	Precio Unitario	Parcial	PLAZO DE EJECUCION				TOTAL 99 Días
						30 Días	30 Días	30 Días	09 Días	
01.09.04	<b>PINTURA</b>									
01.09.04.01	Pintado de muro interior con pintura latex	m2	107.26	11.72	1,257.09	-	-	1,257.09	-	1,257.09
01.09.04.02	Pintado de muro exterior con pintura latex	m2	79.83	12.44	993.09	-	-	993.09	-	993.09
01.09.04.03	Pintado de cielo raso con pintura latex	m2	45.44	12.98	589.81	-	-	589.81	-	589.81
01.09.05	<b>CARPINTERIA METALICA</b>									
01.09.05.01	Puerta Metálica de 1.5x2.10 m.	und	1.00	1,883.88	1,883.88	-	-	1,883.88	-	1,883.88
01.09.05.02	Ventana Metalica 1.50x0.60 m.	und	7.00	496.94	3,478.58	-	-	3,478.58	-	3,478.58
01.09.06	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>									
01.09.06.01	Suministro de Materiales p/Funcionamiento de Casel	glb	1.00	133,335.04	133,335.04	-	-	133,335.04	-	133,335.04
01.09.06.02	Montaje e Instalacion de Materiales y Accesorios en	glb	1.00	13,907.38	13,907.38	-	-	10,816.85	3,090.53	13,907.38
01.10	<b>TANQUE ELEVADO</b>									
01.10.01	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>									
01.10.01.01	Concreto Fc 100 kg/cm2 para Solados	m2	10.20	36.84	375.77	-	-	375.77	-	375.77
01.10.02	<b>CARPINTERIA METALICA</b>									
01.10.02.01	Soporte Tanque Elevado de 2500 L	und	1.00	6,058.94	6,058.94	-	-	6,058.94	-	6,058.94
01.10.03	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>									
01.10.03.01	Suministro e Instalacion de Tanque Rotoplas de 2500	und	1.00	3,246.95	3,246.95	-	-	3,246.95	-	3,246.95
01.10.03.02	Suministro de Materiales y Acces. p/Func. de Tanque	glb	1.00	2,183.37	2,183.37	-	-	2,183.37	-	2,183.37
01.10.03.03	Montaje e Instalacion de Materiales y Accesorios en	glb	1.00	649.01	649.01	-	-	649.01	-	649.01
01.11	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS EXTERNAS</b>									
01.11.01	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRAS PARA REESTRUCTURACIÓN</b>									
01.11.01.01	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal de h=1.20; d	m	208.95	11.80	2,465.61	-	2,465.61	-	-	2,465.61
01.11.01.02	Refine, nivelación y compactación en terreno normal	m	208.95	1.94	405.36	-	405.36	-	-	405.36
01.11.01.03	Cama de apoyo con material de prestamo, para tub.	m	209.95	17.43	3,659.43	-	3,659.43	-	-	3,659.43
01.11.01.04	Cama de apoyo con material de prestamo, a=0.80 m	m	208.95	17.94	3,748.56	-	3,748.56	-	-	3,748.56
01.11.01.05	Relleno compactado con material de préstamo (puls	m	208.95	83.98	17,547.62	-	17,547.62	-	-	17,547.62
01.11.01.06	Relleno compactado con material propio zarandeado	m	208.95	31.49	6,579.84	-	-	6,579.84	-	6,579.84
01.11.02	<b>TUBERIAS</b>									
01.11.02.01	Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 400 mm.	m	15.35	130.43	2,002.10	-	1,334.73	667.37	-	2,002.10
01.11.02.02	Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 315 mm.	m	24.35	103.20	2,512.92	-	-	2,512.92	-	2,512.92
01.11.02.03	Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 250 mm.	m	86.25	81.65	7,042.31	-	-	7,042.31	-	7,042.31
01.11.02.04	Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 160 mm.	m	38.90	39.50	1,536.55	-	-	1,536.55	-	1,536.55
01.11.02.05	Tubería PVC-UF NTP ISO 4435 SN4 DN 110 mm.	m	34.60	18.92	654.63	-	-	654.63	-	654.63
01.11.02.06	Tubería de Hierro Ductil ISO 2531 K-9 DN 250 mm.	m	9.50	181.59	1,725.11	-	-	1,725.11	-	1,725.11
01.11.02.07	Instalación de tubería PVC-UF NTP ISO 4435	m	208.95	9.97	2,083.23	-	-	2,083.23	-	2,083.23
01.11.03	<b>ACCESORIOS</b>									
01.11.03.01	Codo 90° PVC-SAP DN 315mm.	und	2.00	274.12	548.24	-	-	548.24	-	548.24
01.11.03.02	Codo de Hierro Ductil de 90° Bridado DN 250mm.	und	2.00	588.41	1,176.82	-	-	1,176.82	-	1,176.82
01.11.03.03	Transición Tipo Luflex HD BB-PVC, DN 250	und	1.00	560.00	560.00	-	-	560.00	-	560.00
01.11.03.04	Válvula Compuerta Tipo Guillotina DN 250mm HD	und	1.00	11,846.76	11,846.76	-	-	11,846.76	-	11,846.76

## Calendario Valorizado de Avance de Obra

**Obra** : DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO – LA LIBERTAD

**Ubicación** : HUAMACHUCO - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

**Costo A** : Ene - 2023

**Ciente** : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SANCHEZ CARRIÓN

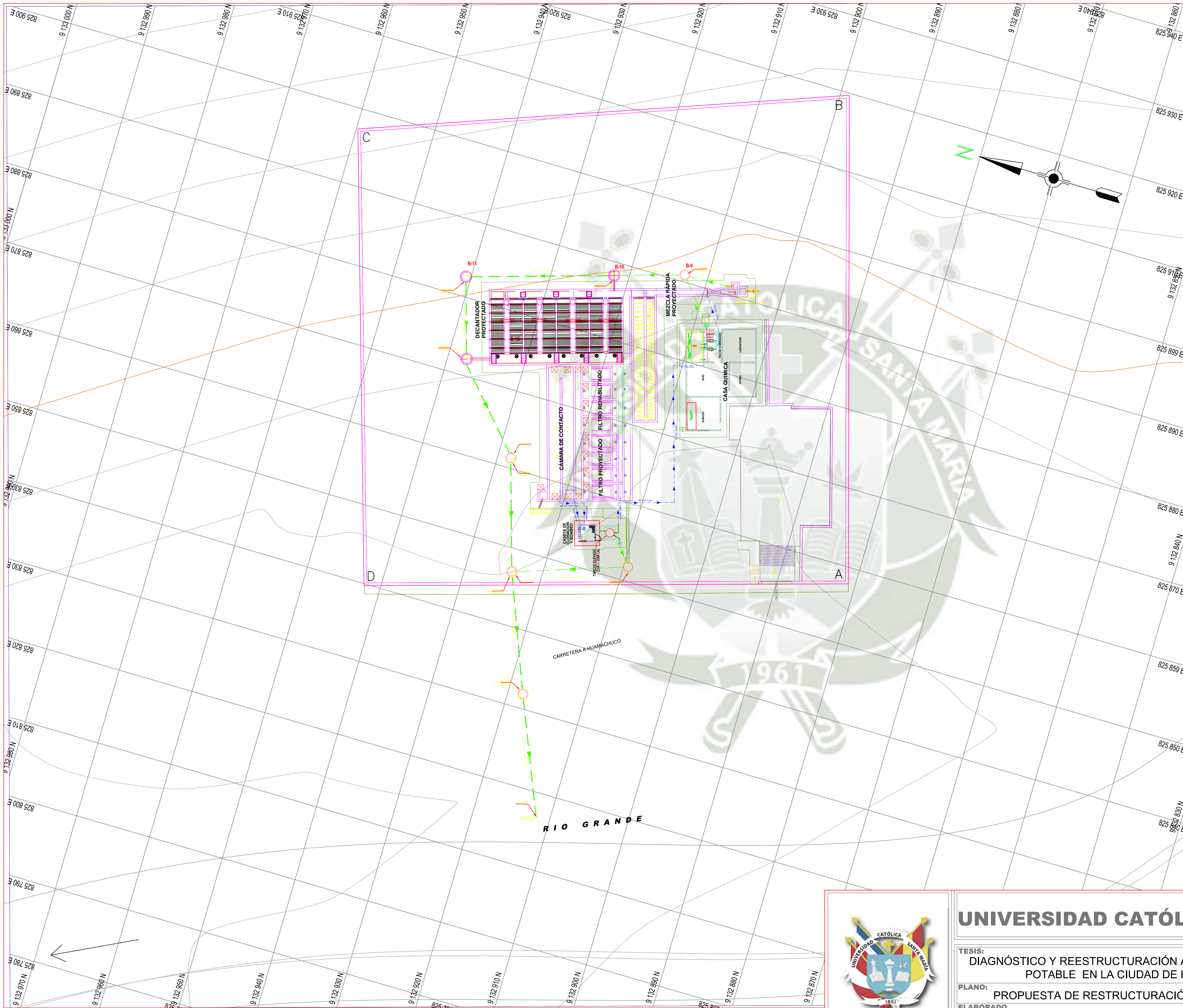
Item	Descripción	Unid	Metrado	Precio Unitario	Parcial	PLAZO DE EJECUCION				TOTAL 99 Días
						30 Días	30 Días	30 Días	09 Días	
01.11.03.05	Tapa Sanitaria Metalica de 0.75x0.75 m.	und	7.00	621.77	4,352.39	-	-	4,352.39	-	4,352.39
01.11.03.06	Compuerta de Acero Inoxidable 0.80x0.80 m.	und	2.00	9,014.64	18,029.28	-	-	18,029.28	-	18,029.28
01.11.03.07	Compuerta de Acero Inoxidable 0.40x0.40 m.	und	2.00	6,116.59	12,233.18	-	-	12,233.18	-	12,233.18
01.11.04	<b>CAMARAS DE INSPECCION</b>									
01.11.04.01	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRAS PARA REESTRUCTURACIÓN</b>									
01.11.04.01.01	Excavacion de Buzones de 3.00 m. prof. promedi	m3	96.00	52.04	4,995.84	-	4,995.84	-	-	4,995.84
01.11.04.01.02	Relleno Compactado con Material Propio a Man	m3	48.00	40.23	1,931.04	-	-	1,931.04	-	1,931.04
01.11.04.01.03	Eliminación de material excedente con 20% esp	m3	57.60	21.17	1,219.39	-	-	1,219.39	-	1,219.39
01.11.04.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>									
01.11.04.02.01	Buzón T-I, Concreto f'c=210 kg/cm2, Di=1.20m.	und	1.00	4,154.23	4,154.23	-	4,154.23	-	-	4,154.23
01.11.04.02.02	Buzón T-I, Concreto f'c=210 kg/cm2, Di=1.20m.	und	2.00	4,456.03	8,912.06	-	8,912.06	-	-	8,912.06
01.11.04.02.03	Buzón T-I, Concreto f'c=210 kg/cm2, Di=1.50m.	und	2.00	6,123.16	12,246.32	-	6,123.16	6,123.16	-	12,246.32
01.11.04.02.04	Buzón T-I, Concreto f'c=210 kg/cm2, Di=1.50m.	und	2.00	9,329.61	18,659.22	-	-	18,659.22	-	18,659.22
01.11.04.02.05	Caja de Registro de Desague de 12"x24", Incl.ta	und	7.00	242.72	1,699.04	-	-	1,699.04	-	1,699.04
01.12	<b>EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO</b>									
01.12.01	Suministro de Equipos y Accesorios Reestructuración de l	glb	1.00	103,156.01	103,156.01	-	-	-	103,156.01	103,156.01
01.12.02	Montaje de Equipos y Accesorios Reestructuración de PT	glb	1.00	4,579.63	4,579.63	-	-	-	4,579.63	4,579.63
01.12.03	Mobiliario y Otros Materiales para Reestructuración de PT	glb	1.00	45,000.00	45,000.00	-	-	-	45,000.00	45,000.00
01.13	<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>									
01.13.01	Suministro Materiales Electricos Reestructuración a la PT.	glb	1.00	15,000.00	15,000.00	-	-	-	15,000.00	15,000.00
01.13.02	Instalación de Materiales Electricos Reestructuración PTA	glb	1.00	15,000.00	15,000.00	-	-	-	15,000.00	15,000.00
01.14	<b>TRANSPORTE MULTIPLE</b>									
01.14.01	Flete Multiple de Materiales para Reestructuración de PT/	glb	1.00	23,178.59	23,178.59	23,178.59	-	-	-	23,178.59
	<b>COSTO DIRECTO</b>				2,131,171.84	727,041.48	731,878.67	485,789.75	186,461.94	2,131,171.84
	<b>SUB TOTAL</b>				2,131,171.84	727,041.48	731,878.67	485,789.75	186,461.94	2,131,171.84
	IGV.		18 %		383,610.93	130,867.47	131,738.16	87,442.15	33,563.15	383,610.93
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>2,514,782.77</b>	<b>857,908.95</b>	<b>863,616.83</b>	<b>573,231.90</b>	<b>220,025.09</b>	<b>2,514,782.77</b>
	<b>TOTAL ACUMULADO</b>					857,908.95	1,721,525.78	2,294,757.68	2,514,782.77	
	<b>PORCENTAJE DE AVANCE</b>					34.11%	34.34%	22.79%	8.76%	
	<b>PORCENTAJE ACUMULADO</b>					34.11%	68.45%	91.24%	100.00%	



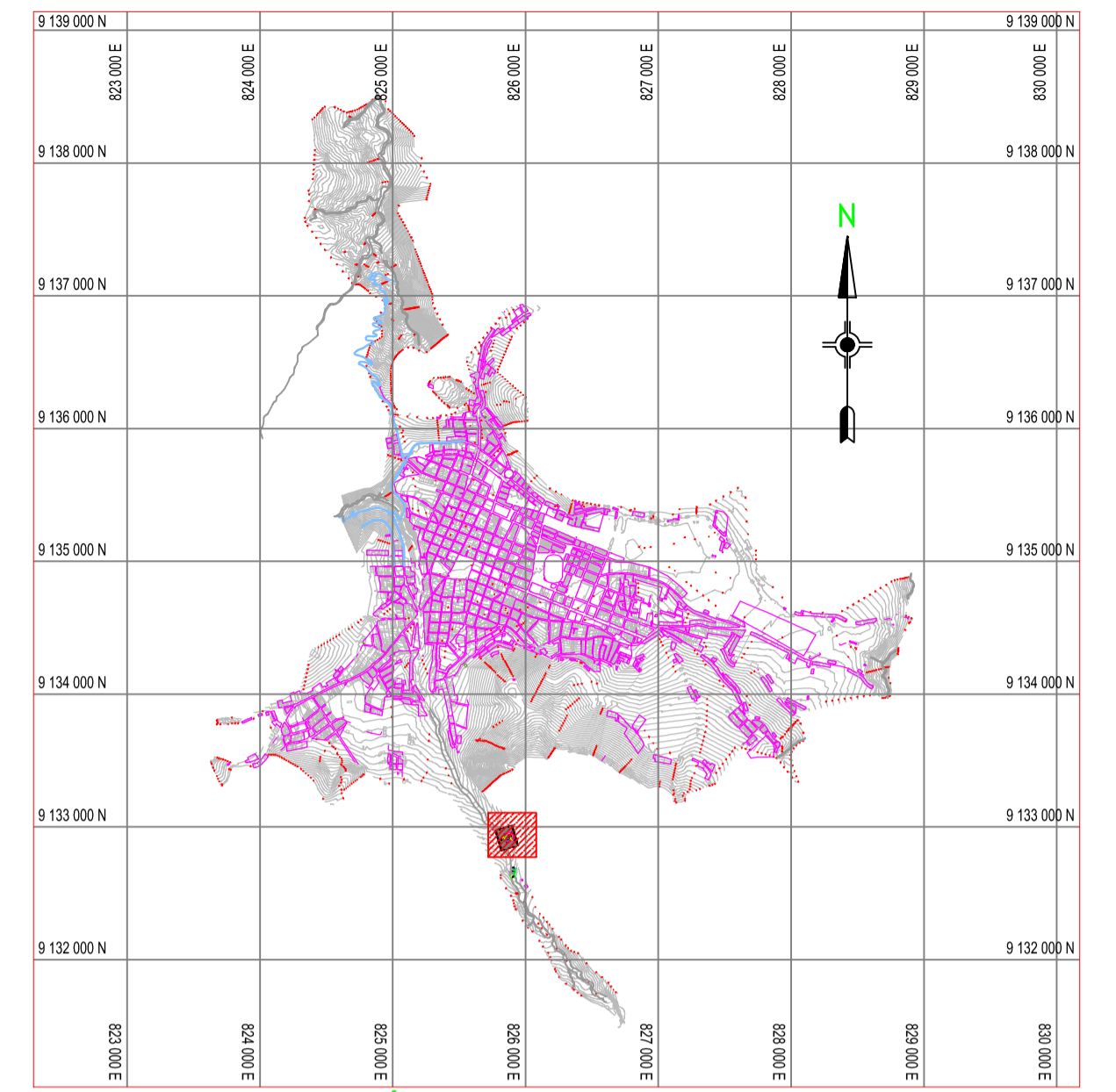
**Anexo 5. Planos de la Propuesta de Reestructuración**

The logo of the Universidad Católica Santa María is a circular emblem. It features a central shield with a cross at the top, a book on the left, and another book on the right. Above the shield is a crown. The shield is flanked by two palm trees. The entire emblem is set against a background of a sunburst. The text "UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA" is written in a banner around the top and sides of the emblem. At the bottom, a banner contains the year "1961".

## **Anexo 5.1. Planos Generales**



**PLANO GENERAL PTAR HUAMACHUCO**  
Esc: 1/250



**PLANO DE UBICACIÓN**  
Esc: 1/50000

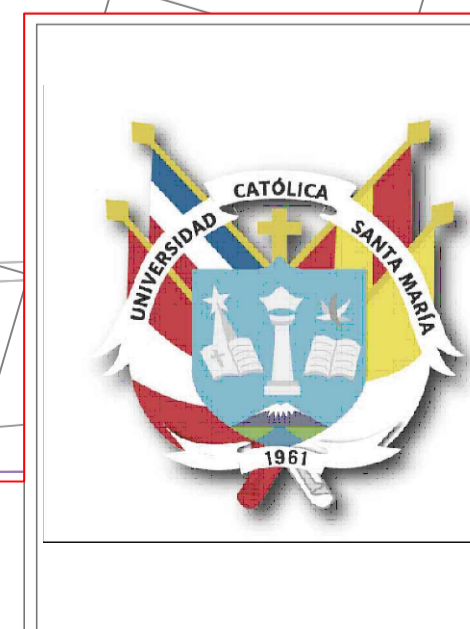
LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE AGUA POTABLE PROYECTADA
	TUBERIA DE SOLUCION DE SULFATO DE ALUMINIO
	TUBERIA DE DESAGUE PROYECTADA
	CAJA DE REGISTRO PROYECTADA
	BUZON PROYECTADO

**CUADRO DE COORDENADAS DEL TERRENO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**

VERTICE	X	Y
A	825857.89	9132880.90
B	825919.74	9132898.85
C	825897.30	9132959.81
D	825839.74	9132942.15

AREA = 4,009.28 M<sup>2</sup>  
PERIMETRO = 253.44 ML

**NOTAS TÉCNICAS:**  
1. LA TOPOGRAFIA CORRESPONDE A INFORMACIÓN BRINDADA POR LA ENTIDAD, EN CASO DE PRESENTAR CAMBIOS CON POSTERIORIDAD A LA PRESENTE INVESTIGACIÓN O SERÁN IMPUTABLES AL AUTOR.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**TESIS:**  
DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

**PLANO:**  
PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - PLANO GENERAL - ESQUEMA

**ELABORADO POR:**  
URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA

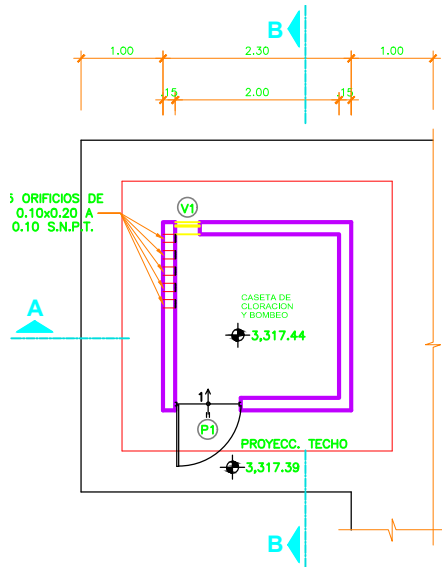
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>DIBUJO:</b> U.R.CH.Z.	<b>DISEÑO:</b> U.R.CH.Z.	<b>FECHA:</b> ABRIL 2024
----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

N° DE LAMINA:

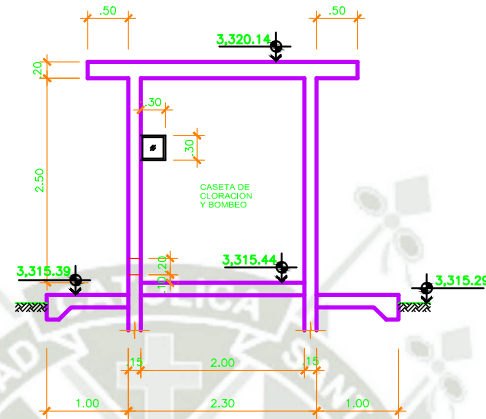
**PR  
PG**



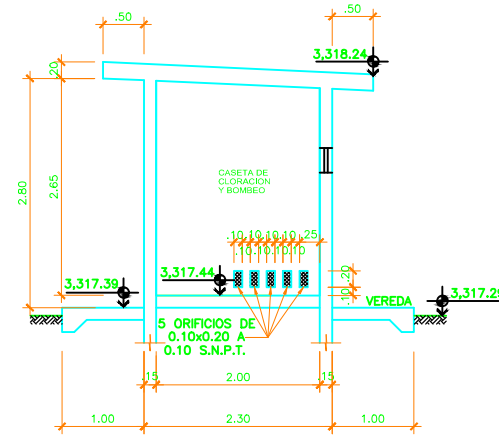
**Anexo 5.2. Planos Estructurales y  
de Arquitectura**



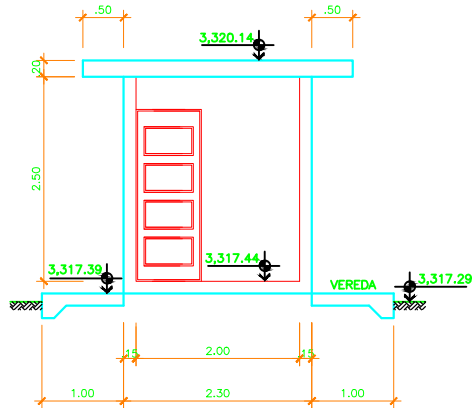
**PLANTA - ARQUITECTURA**  
ESCALA 1/50



**CORTE A-A**  
ESCALA 1/50



**CORTE B-B**  
ESCALA 1/50



**ELEVACION PRINCIPAL**  
ESCALA 1/50

CUADRO DE VANOS

TIPO	ANCHO	ALTO	ALFEIZAR	CANTIDAD	DESCRIPCION
P1	0.80	2.10	-	1	Puerta de plancha metalica de 3/16" con pintura anticorrosiva perfiles metalicos de 1 1/2"x1 1/2" en hoja y marco.
V1	0.30	0.30	1.50	1	Ventana de perfiles metalicos 1 1/2"x1 1/2" en hoja y marco con vidrio doble, acabado con pintura anticorrosiva.

**NOTAS :**

- Muros : Tarrajeo + pintura esmalte sintético mate para interiores.  
Tarrajeo + pintura latex para exteriores.
- Contrazócalo de cemento pulido h=0.15
- Piso de cemento pulido.
- Puertas y ventanas metálicas con tratamiento anticorrosivo y acabado con esmalte marino (2 manos)
- Vereda de cemento pulido brufado.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

TESTIS:  
DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

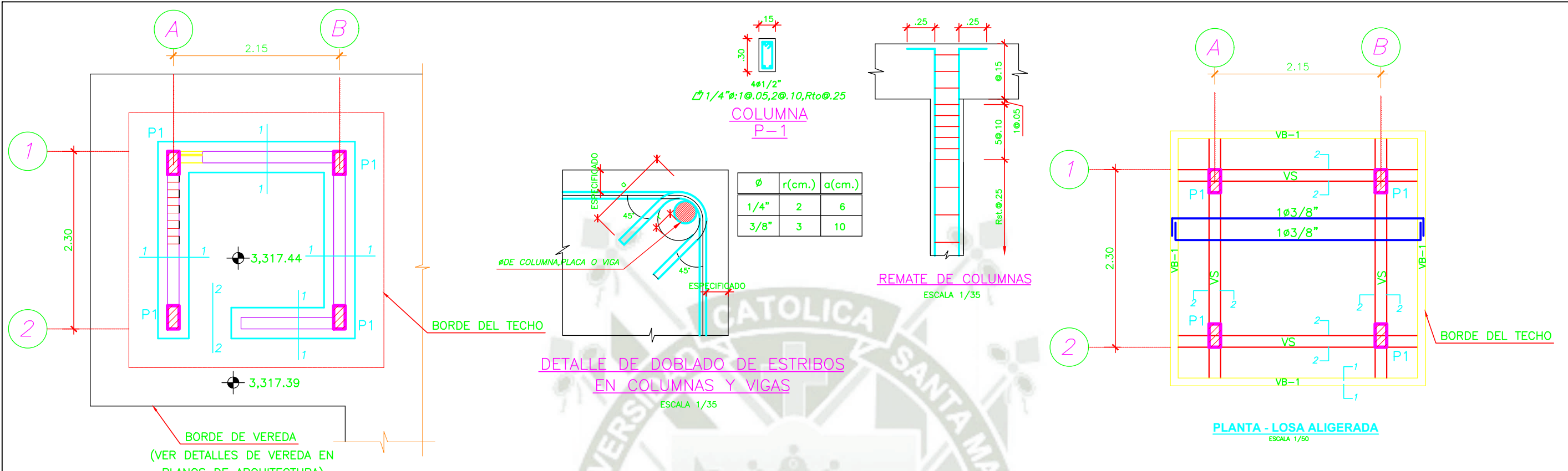
PLANO:  
PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - CASETA DE CLORACIÓN Y BOMBEO - ARQ

ELABORADO POR:  
URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA

ESCALA: INDICADA      DIBUJO: U.R.CH.Z.      DISEÑO: U.R.CH.Z.      FECHA: ABRIL 2024

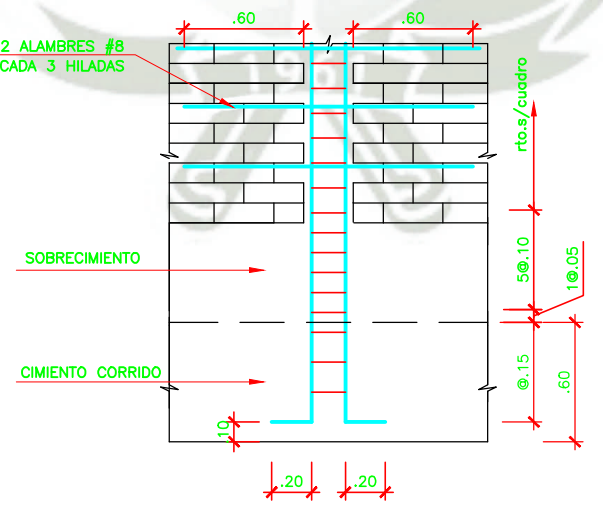
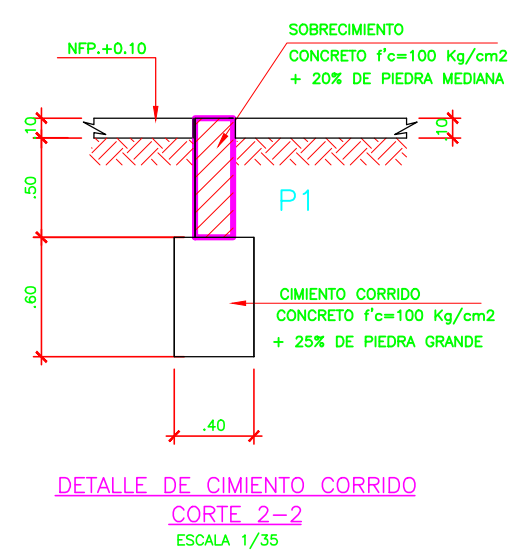
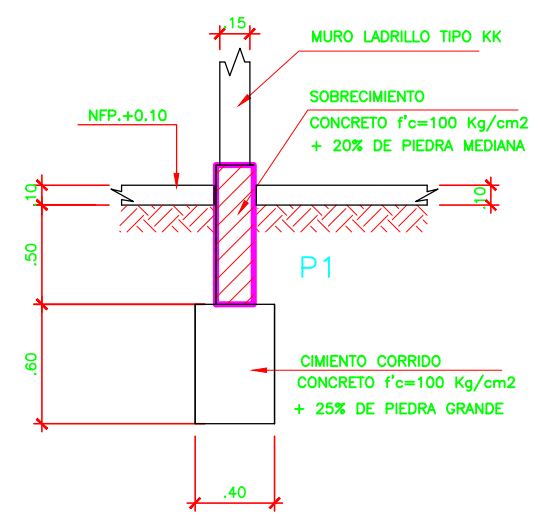
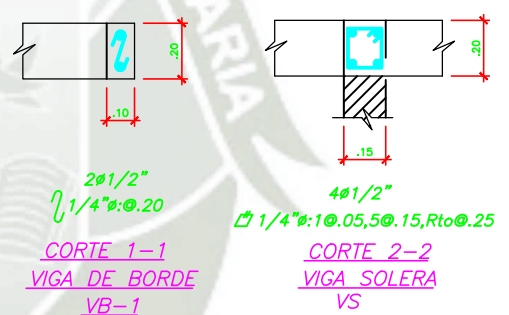
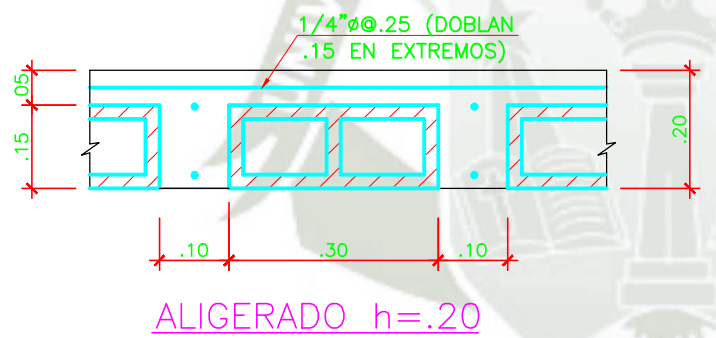
Nº DE LAMINA:

PR-A  
CAC-1



**COLUMNA P-1**

Ø	r (cm.)	a (cm.)
1/4"	2	6
3/8"	3	10



ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MATERIALES		
<b>CONCRETO</b>	Muros $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ Losas $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ Solado $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$	<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS PROCEDIMIENTOS</b> <b>VACIADO DE CONCRETO:</b> la altura maxima sera de 1.60m por etapa. <b>JUNTAS DE CONSTRUCCION:</b> -En las juntas de construccion el refuerzo vertical no debe ser interrumpido. -La superficie del concreto endurecido debera tener un acabado rugoso y debera ser tratado antes del vaciado la otra etapa. -El tratamiento seria utilizando como puente de adherencia un epoxico o similar. <b>REVESTIMIENTO:</b> <b>JUNTAS DE CONSTRUCCION:</b> Las superficies interiores en contacto con el agua seran revestidas en dos capas: -PRIMERA CAPA: Sera con mezcla de cemento-arena:1:5 en un espesor de 1.5 cm. acabado y rayado. -SEGUNDA CAPA: A las 24 horas con mezcla de cemento-arena:1:3 en un espesor de 5 mm. acabado frotachado. en ambos casos se utilizara aditivos impermeabilizantes.
<b>ACERO</b>	$\phi'' = 1.40 \text{ Kg/cm}^2$	
<b>CAPACIDAD PORTANTE</b>		
<b>RECURRIMIENTOS</b>	MUROS = 3.0cm LOSAS = 3.0cm	
<b>Tipo de cemento:</b> Max. Relacion Agua/cemento	TIPO MS, TIPO 1-FALSO PISO 0.50	
<b>LONGITUD DE EMPALMES</b> $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	$\phi 3/8'' = 0.30 \text{ m}$ $\phi 1/2'' = 0.40 \text{ m}$ $\phi 5/8'' = 0.50 \text{ m}$ $\phi 3/4'' = 0.60 \text{ m}$	
<b>LONGITUD DE GANCHOS ESTANDAR</b>	$\phi 3/8'' = 15.50 \text{ m}$ $\phi 1/2'' = 20.00 \text{ m}$ $\phi 5/8'' = 25.50 \text{ m}$ $\phi 3/4'' = 30.50 \text{ m}$	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

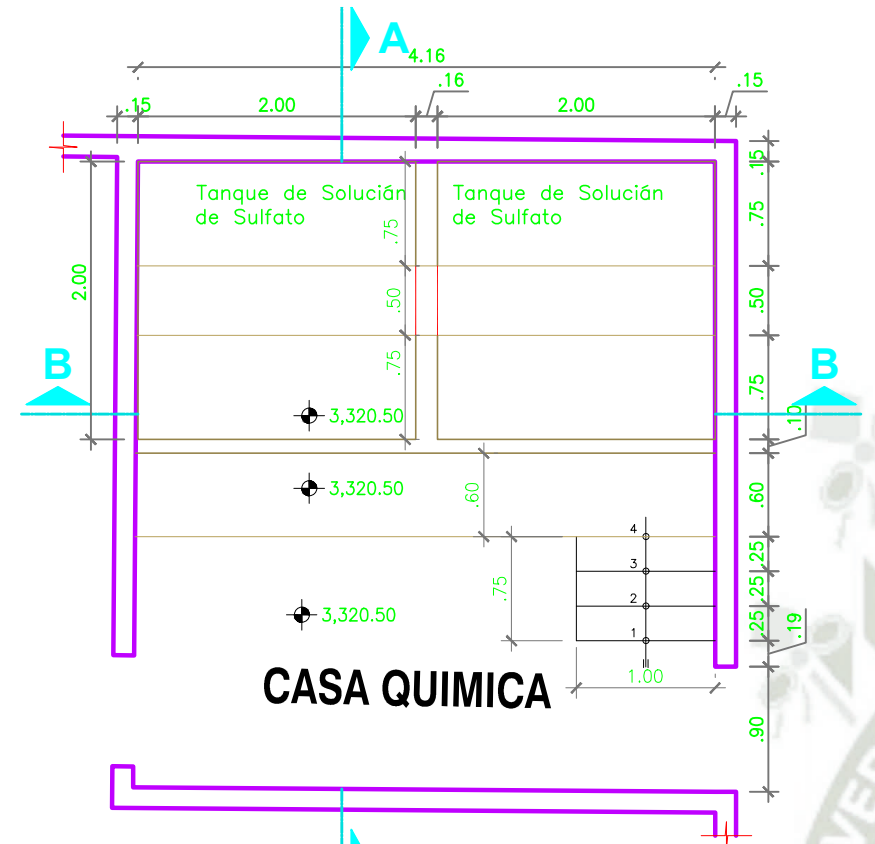
TESIS: DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

PLANO: P. DE REESTRUCTURACIÓN - CASETA DE CLORACIÓN Y BOMBEO - ESTRUCTURAS

ELABORADO POR: URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA

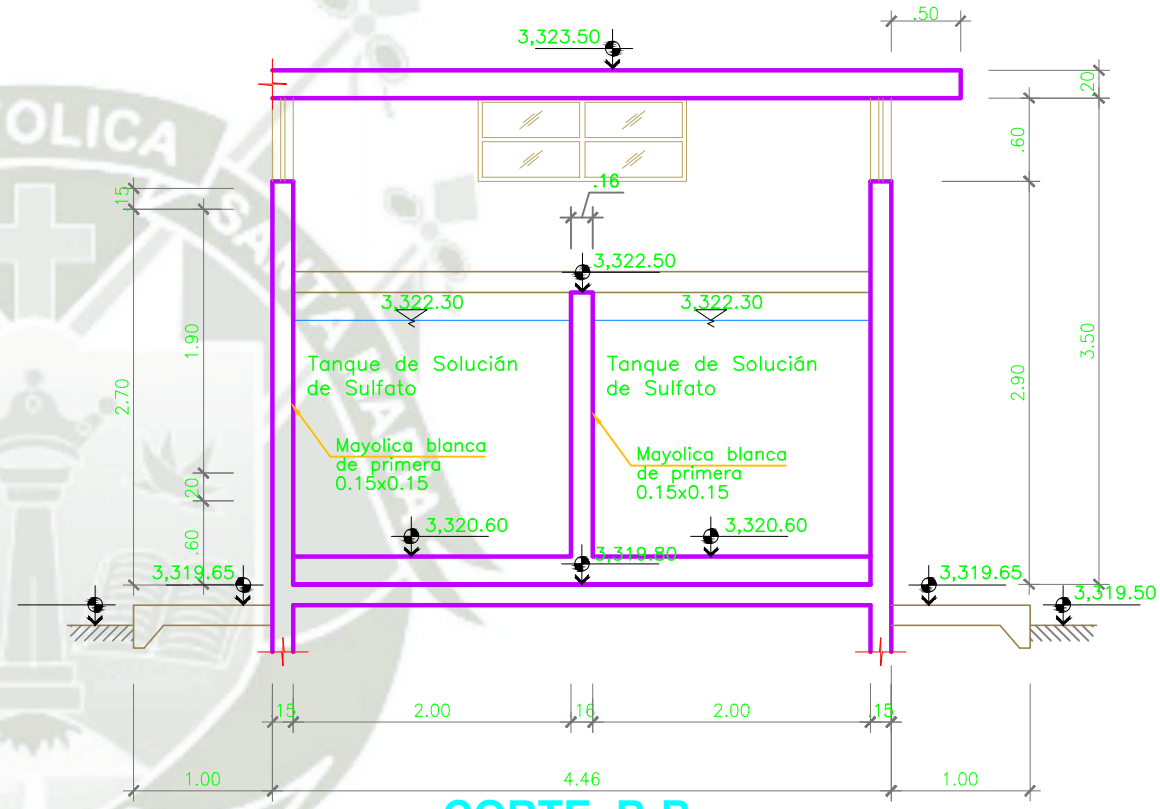
ESCALA: INDICADA      DIBUJO: U.R.CH.Z.      DISEÑO: U.R.CH.Z.      FECHA: ABRIL 2024

Nº DE LAMINA: PR-E CAC-1

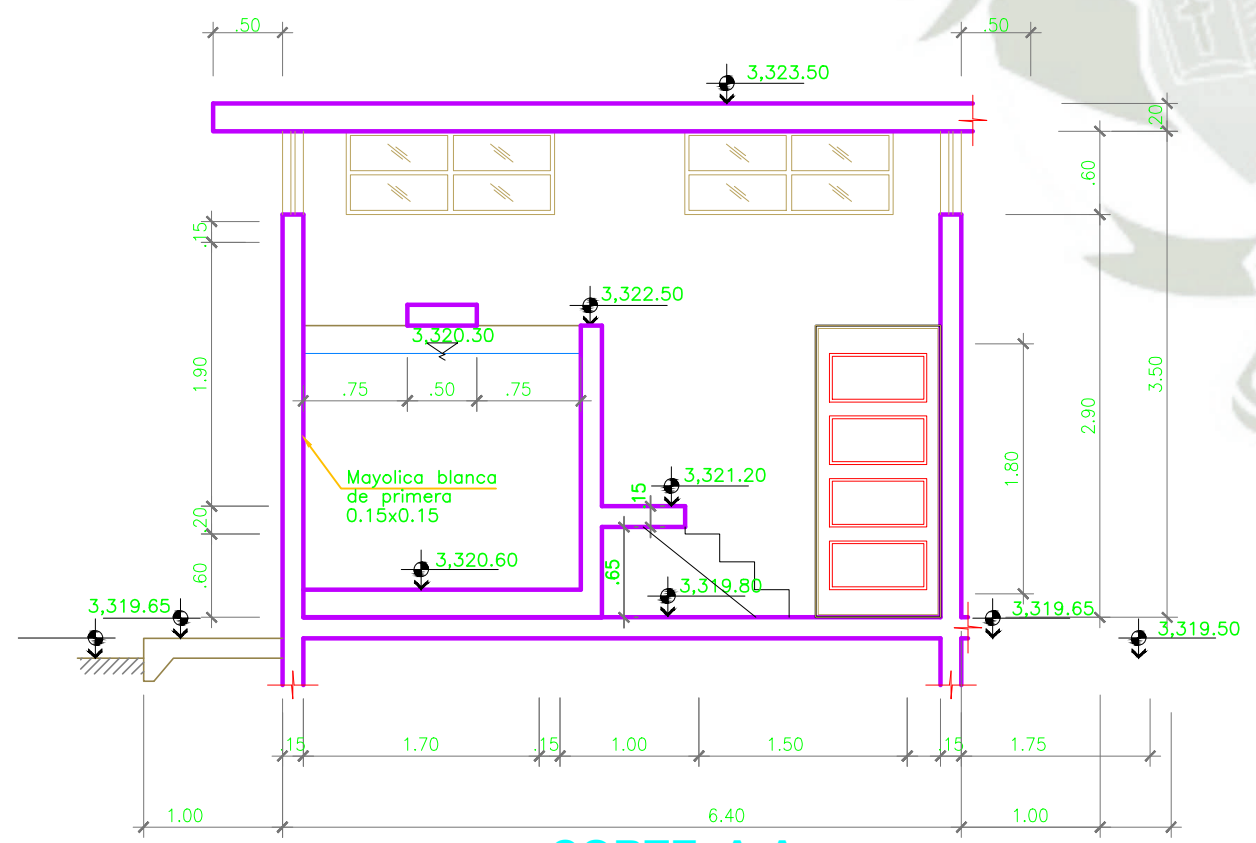


**CASA QUIMICA**

**PLANTA - ARQUITECTURA**  
ESCALA 1/50



**CORTE B-B**  
ESCALA 1/50

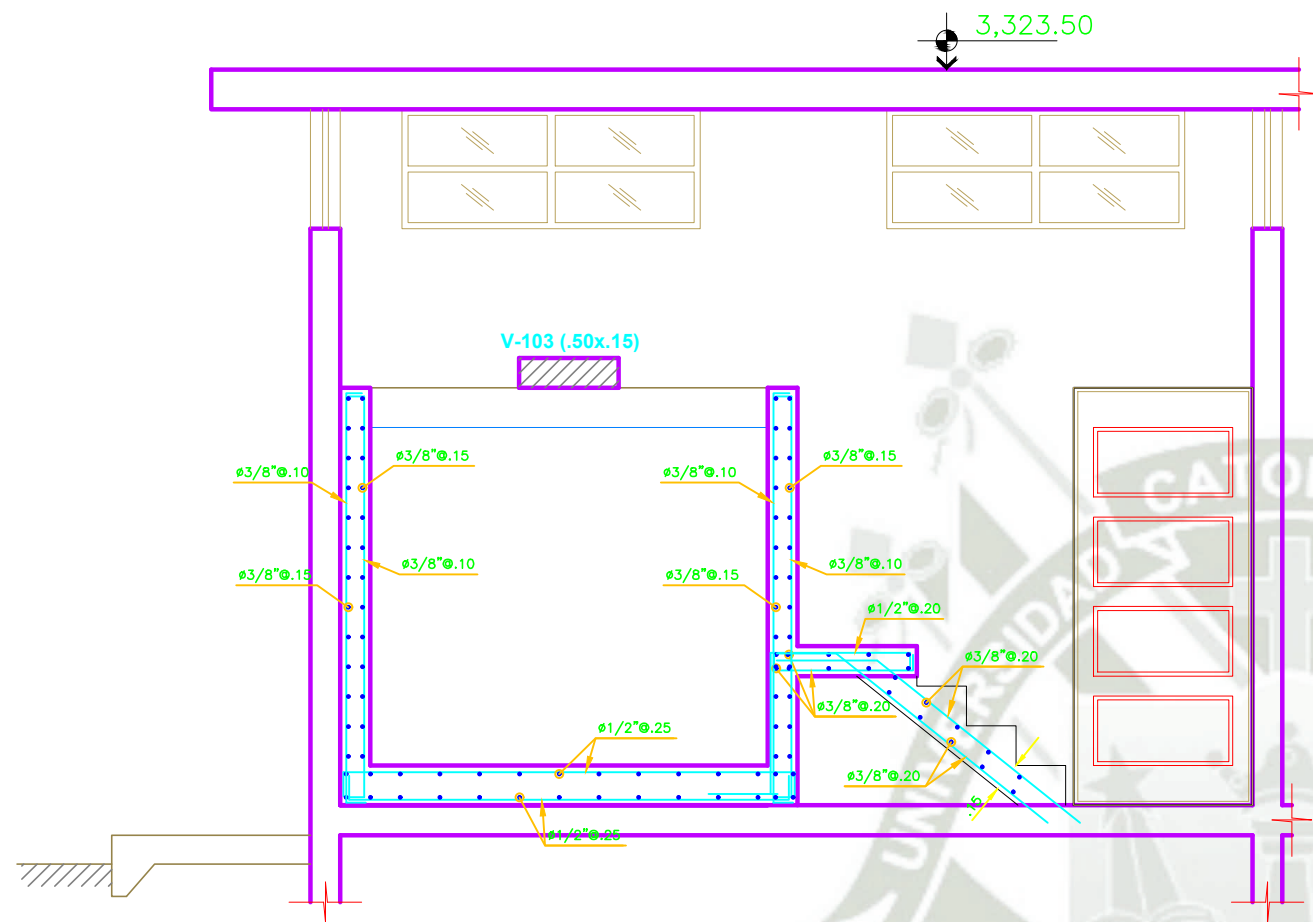


**CORTE A-A**  
ESCALA 1/50

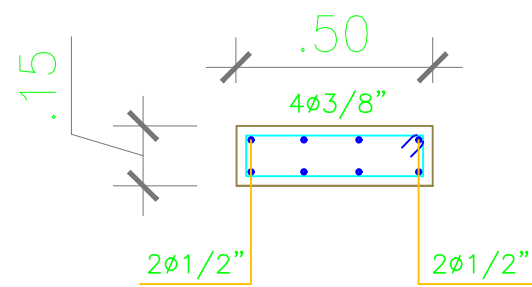


<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>			
TESIS: <b>DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD</b>			
PLANO: <b>PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - CASA QUÍMICA - ARQUITECTURA</b>			
ELABORADO POR: <b>URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA</b>			
ESCALA:	DIBUJO:	DISEÑO:	FECHA:
INDICADA	U.R.CH.Z.	U.R.CH.Z.	ABRIL 2024

N° DE LAMINA:
<b>PR-A</b>
<b>CAQ-1</b>



**CORTE A-A**  
ESCALA 1/50



□  $\phi 3/8''$   
1 @ .05, 5 @ .10,  
Rto. @ .15 c/ext.

**V-103 (.50x.15)**  
ESCALA: 1/25

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

**MATERIALES :**  
ACERO EN GENERAL  $f_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$   
CEMENTO PORTLAND TIPO MS

**CONCRETO :**  
- EN GENERAL  $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$   
- SOLADO  $f'_c=140 \text{ Kg/cm}^2$

**TERRENO :**  
PRESION ADMISIBLE SOBRE EL TERRENO  $\sigma_s = 1.40 \text{ Kg/cm}^2$   
PROFUNDIDAD DE CIMENTACION  $D_f = 1.00\text{m}$

**SOBRECARGAS :**  
LOSA MACIZA INDICADO EN EL PLANO RESPECTIVO

**RECUBRIMIENTOS :**

ESCALERA Y TANQUES	: 3.0 cm.
PLACAS	: 3.0 cm.
VIGA	: 4.0 cm.
LOSA DE TECHO	: 2.5 cm.
LOSA DE PISO RFZO.SUPERIOR	: 3.0 cm.
LOSA DE PISO RFZO.INFERIOR	: 5.0 cm.
ZAPATAS CORRIDAS	: 7.0 cm.

**NOTAS :**  
-SE RECOMIENDA TENER CUIDADO DE CONTROLAR EN LO POSIBLE CUALQUIER FILTRACION DE AGUA QUE ALTERE EL EQUILIBRIO POTENCIAL DEL SUELO.

ESC:1/25 <b>TRASLAPES Y EMPALMES</b>					<b>ESTRIBOS</b>		
$\phi$	LOSAS VIGAS (cm)	COLUM. (cm)	LOSAS Y VIGAS	EN COLUMNAS			
6 mm	30						
3/8"	40	30					
1/2"	50	40					
5/8"	65	55					
3/4"	80	70					
1"	110	100					

No se permitirán empalmes del refuerzo superior (negativo) en una longitud de 1/4 de luz de la losa o viga a cada lado de la columna o apoyo

Los empalmes L se ubicarán en el tercio central. No se empalmarán más del 50% de la armadura en una misma sección

$\phi$	L	R min.
6 mm	10cm	1.5cm
3/8"	15cm	2.0cm



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

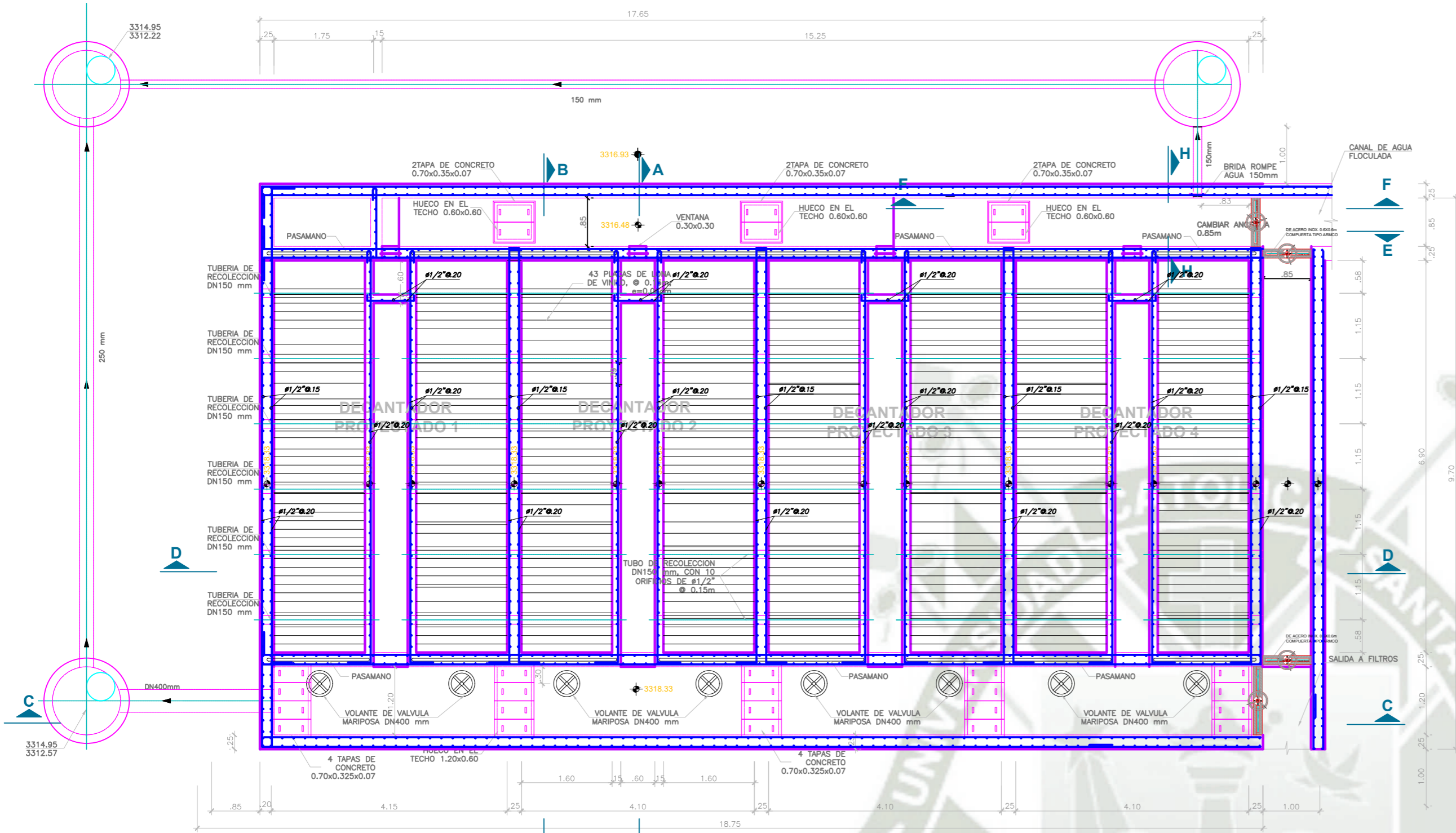
TESIS:  
**DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD**

PLANO:  
**PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - CASA QUÍMICA - ESTRUCTURAS**

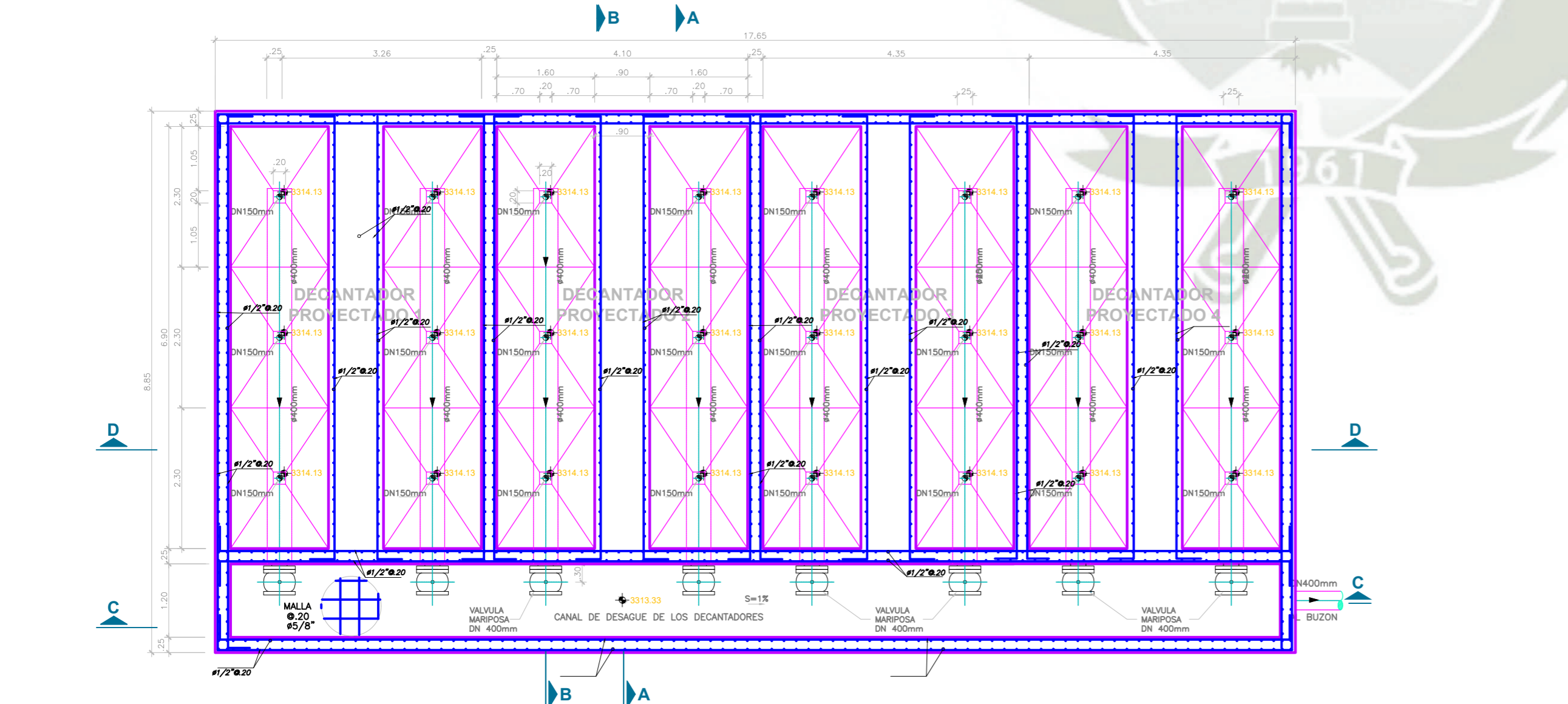
ELABORADO POR:  
**URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA**

ESCALA: INDICADA    DIBUJO: U.R.CH.Z.    DISEÑO: U.R.CH.Z.    FECHA: ABRIL 2024

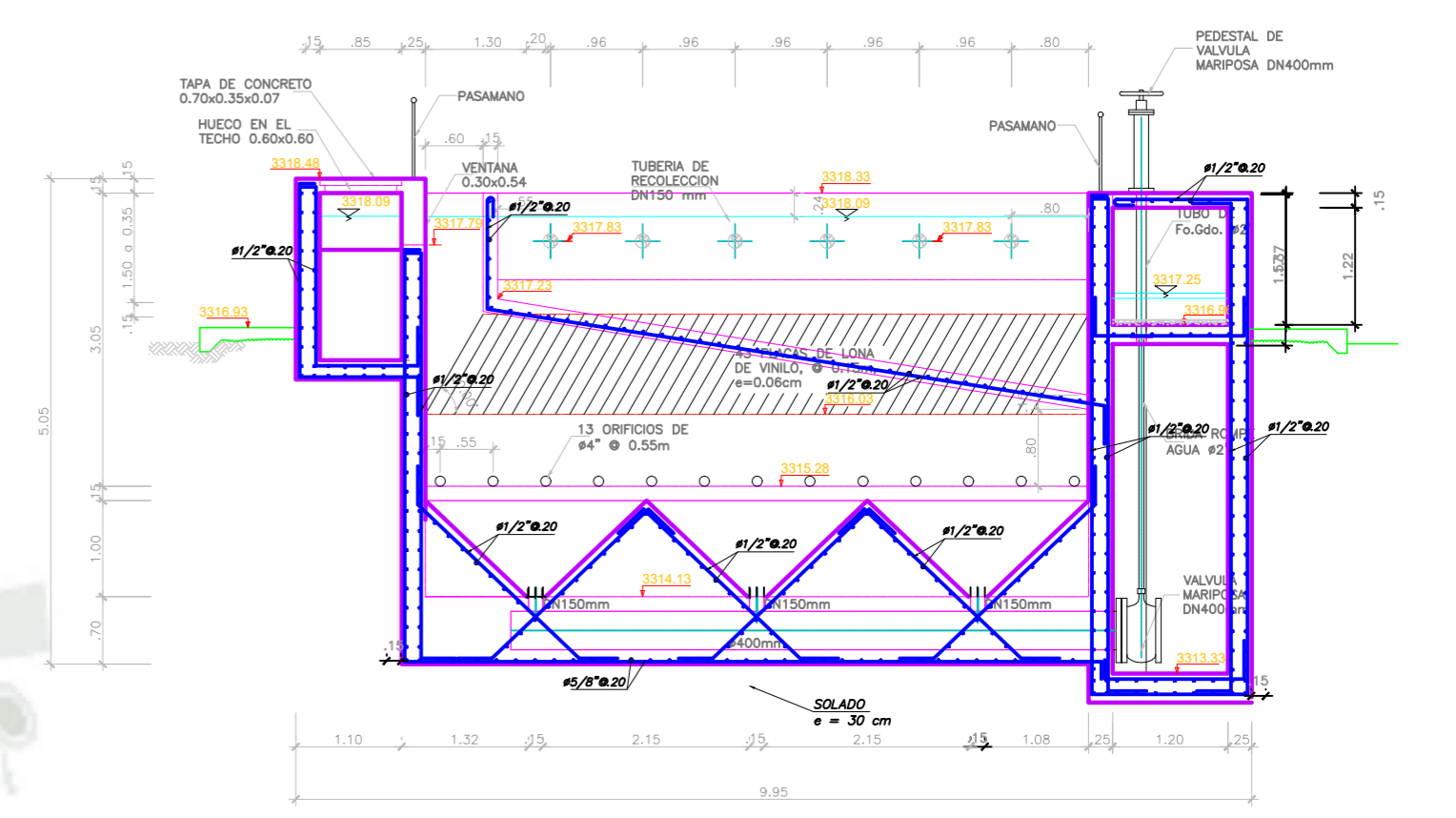
N° DE LAMINA:  
**PR-E  
CAQ-1**



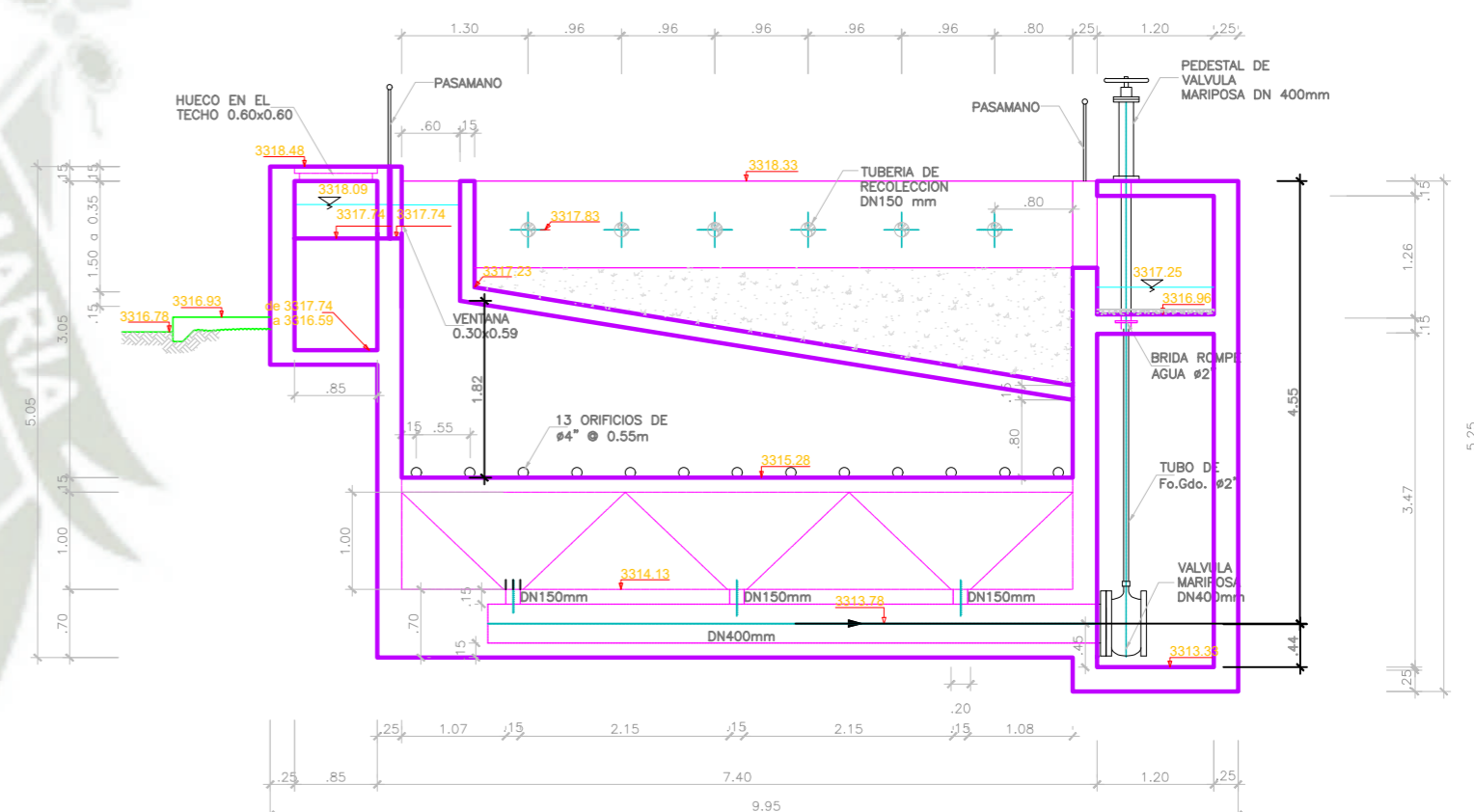
**PLANTA - DECANTADORES**  
ESC. 1/75



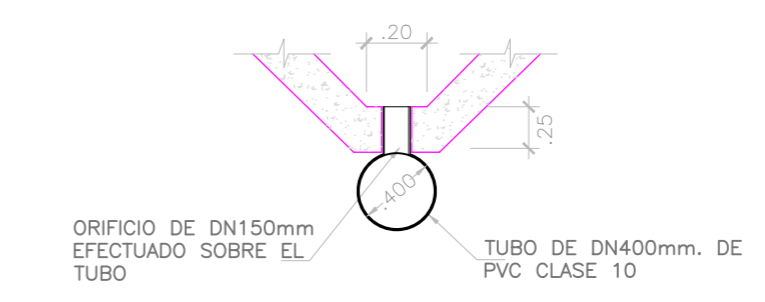
**FONDO - DECANTADORES**  
ESC. 1/75



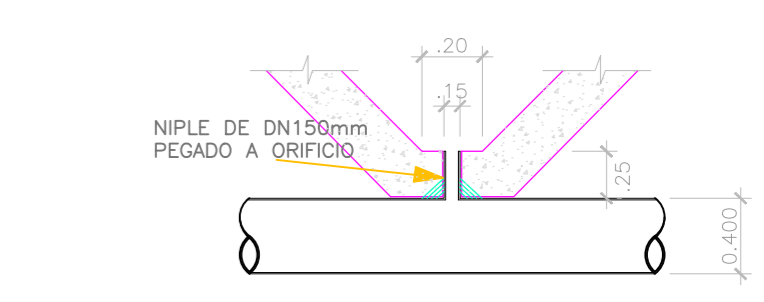
**CORTE B-B**  
ESC. 1/75



**CORTE A-A**  
ESC. 1/75



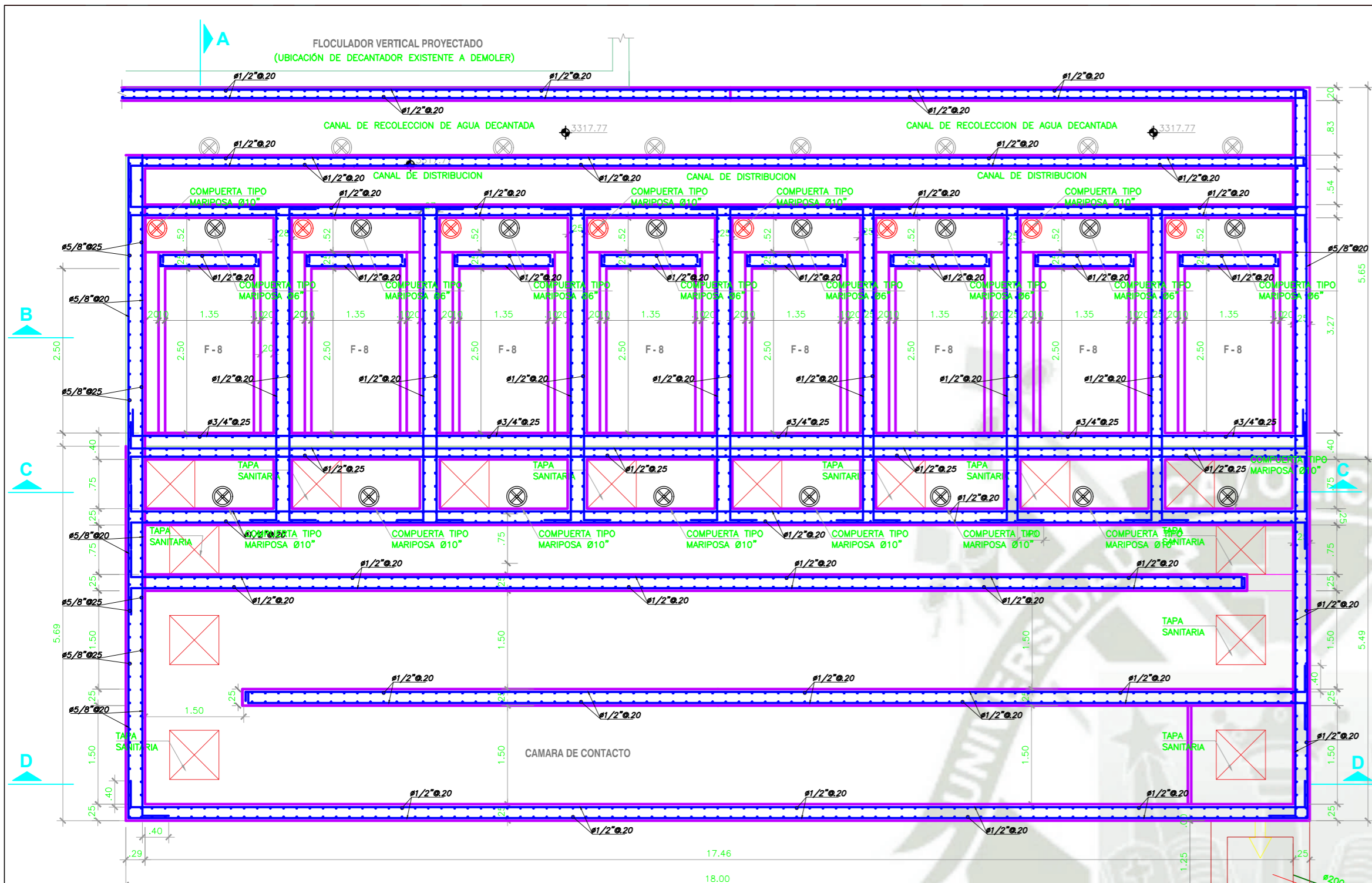
**DETALLE DE TUBERIA DE 10" RECOLECTORA DE LODOS DEL DECANTADOR**  
ESC. 1/50



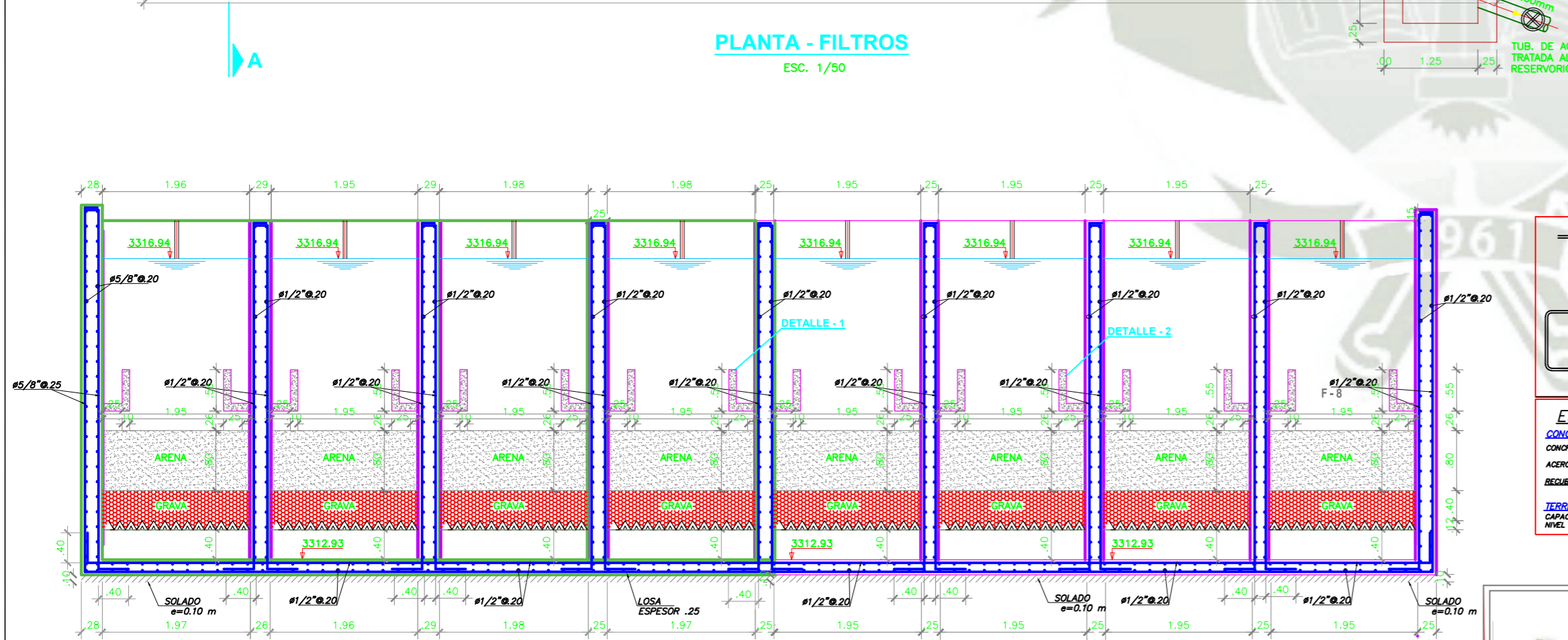
**DETALLE DE UNION FONDO TOLVA CON TUBERIA COLECTORA DE LODOS**  
ESC. 1/50

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>				N° DE LAMINA:  <b>PR-E DEC-1</b>
	TESIS: DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD				
	PLANO: PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - DECANTADOR - ESTRUCTURAS				
	ELABORADO POR: URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA				
	ESCALA: INDICADA	DIBUJO: U.R.CH.Z.	DISEÑO: U.R.CH.Z.	FECHA: ABRIL 2024	

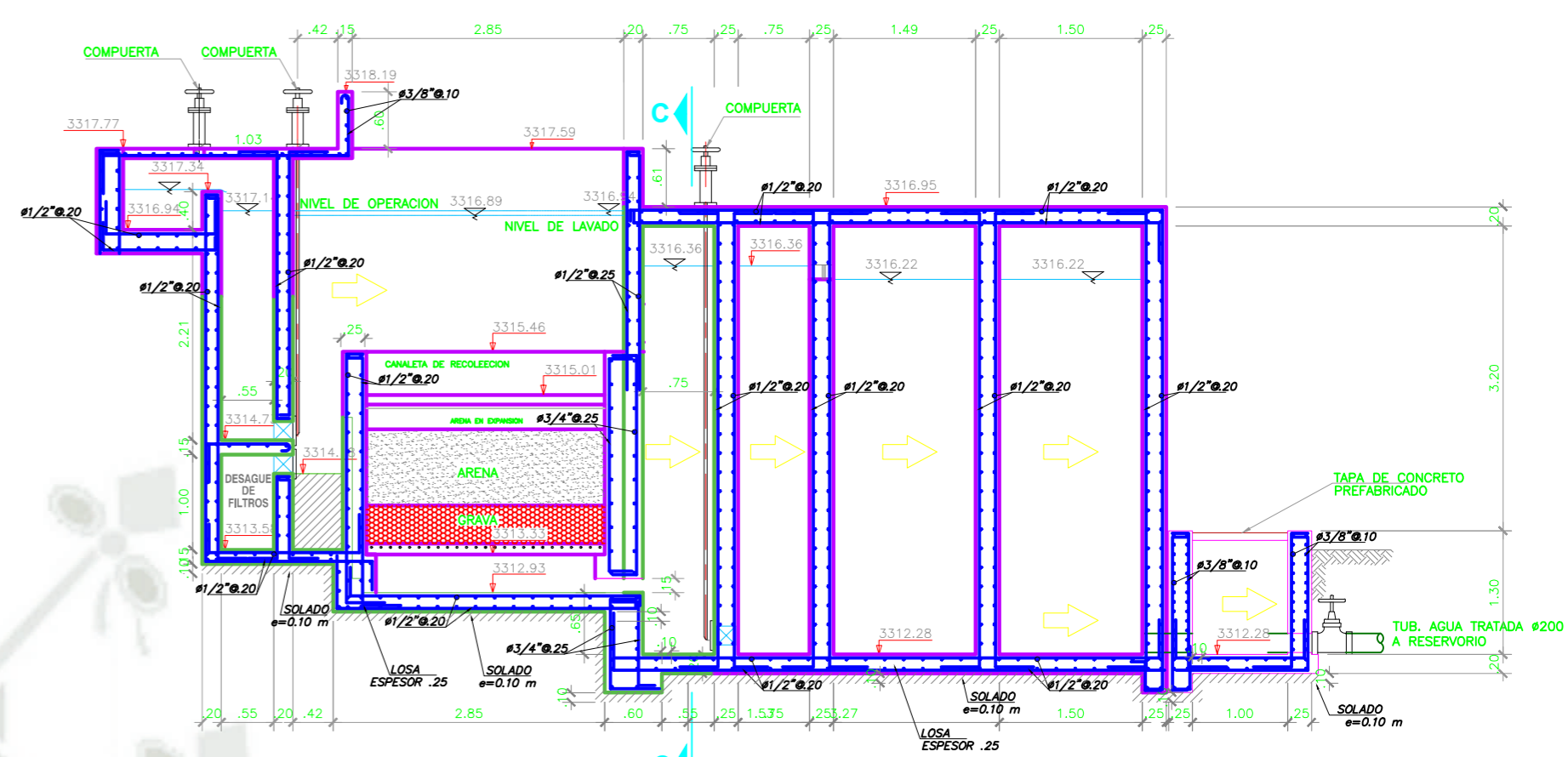




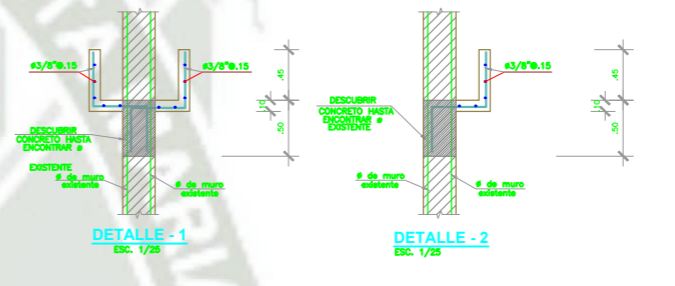
**PLANTA - FILTROS**  
ESC. 1/50



**CORTE B - B**  
ESC. 1/50

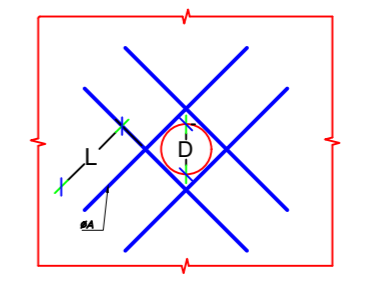


**CORTE A - A**



**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

**MATERIALES :**  
 ACERO EN GENERAL  $f_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$   
 CEMENTO PORTLAND TIPO MS  
**CONCRETO :**  
 - EN GENERAL  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$   
**TERRENO :**  
 PRESION ADMISIBLE SOBRE EL TERRENO  $\bar{\sigma} = 1.40 \text{ Kg/cm}^2$   
**NOTAS :**  
 -SE RECOMIENDA TENER CUIDADO DE CONTROLAR EN LO POSIBLE CUALQUIER FILTRACION DE AGUA QUE ALTERE EL EQUILIBRIO POTENCIAL DEL SUELO.



D (cm)	øA	L (cm)
15 a 35	2ø1/2"	30

**DETALLE REFUERZO DE HUECO PARA PASE DE TUBERIA**

**RECOMENDACIONES EN LA ETAPA DE CONSTRUCCION**

- ANTES DEL INICIO DE LOS TRABAJOS DE LA AMPLIACION DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES SE DEBERA EFECTUAR UNA VERIFICACION DEL ESTADO DEL CONCRETO Y DE LOS REFUERZOS
- EN EL CASO QUE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES PRESENTEN ZONAS DE CONCRETO DEGRADADO Y/O REFUERZOS CON PROCESOS DE CORROSION, SE DEBERA COMUNICAR AL PROYECTISTA PARA RECOMENDAR LOS PROCEDIMIENTOS DE REPARACION Y/O REFORZAMIENTO

**PROCEDIMIENTOS DE UNION DE CONCRETO NUEVO CON EXISTENTE**

- EN LAS ZONAS QUE SE HA PICADO EL CONCRETO EXISTENTE DEBERA RETIRARSE TODO EL CONCRETO SUELTO. TODAS LAS ZONAS DEBERAN FORMAR SUPERFICIES RUGOSAS QUE PERMITAN RECIBIR EFICIENTEMENTE EL CONCRETO NUEVO
- SE LIMPIARAN CUIDADOSAMENTE LAS SUPERFICIES DESCUBIERTAS MEDIANTE AIRE A PRESION, TODAS LAS SUPERFICIES DEBERAN ESTAR SANAS Y LIBRES DE MATERIAL SUELTO, POLVO U OTRAS MATERIAS EXTRANAS.
- ELIMINAR TODOS LOS OXIDOS DEL REFUERZO MEDIANTE ESCOBILLAS CON CERDAS DE ACERO.
- SE APLICARAN EN ESTAS ZONAS COMO PUENTE DE ADHERENCIA, UNA PELICULA DE ADHESIVO EPOXICO "SIKADUR 32 PRIMER" SIMILAR
- A CONTINUACION SE RELLENARAN LAS DEPRESIONES CON CONCRETO  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- EFECTUAR CURADO INTENSIVO

**RECOMENDACIONES**

- EL PICADO Y REMOCION DEL CONCRETO EXISTENTE SE REALIZARA MEDIANTE PROCEDIMIENTOS ADECUADOS QUE NO PRODUZCAN IMPACTO A LAS ESTRUCTURAS NI QUE DAÑE A LOS ELEMENTOS O SUPERFICIES CONTIGUAS, DEBERA REALIZARSE UN SEGUIMIENTO MINUCIOSO Y UNA SUPERVISION CONTINUA EN ESTA ETAPA.
- EN GENERAL SE UTILIZARAN MATERIALES DE BUENA CALIDAD Y PARA EL USO DE LOS ADITIVOS SE DEBERAN SEGUIR LAS RECOMENDACIONES DE LOS FABRICANTES.

**TRASLAPES Y EMPALMES**

ø	L
1/4"	30cm
3/8"	30cm
1/2"	40cm

**DETALLES TIPICOS DE ESTRIBOS**

ø	L	R <sub>min</sub>
1/4"	10cm	1.5cm
3/8"	15cm	2.0cm

**ESPECIFICACIONES GENERALES**

**CONCRETO ARMADO:**  
 CONCRETO  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$   
 ACERO DE REFUERZO  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$   
 REQUERIMIENTOS:  
 MUROS : 3 cm.  
 LOSAS : 3 cm.  
**TERRENO:**  
 CAPACIDAD PORTANTE : 1.40 Kg/cm<sup>2</sup> (VERIFICAR EN OBRA)  
 NIVEL DE CIMENTACION: 11.00 m. DEBAJO DEL NIVEL NATURAL DEL TERRENO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

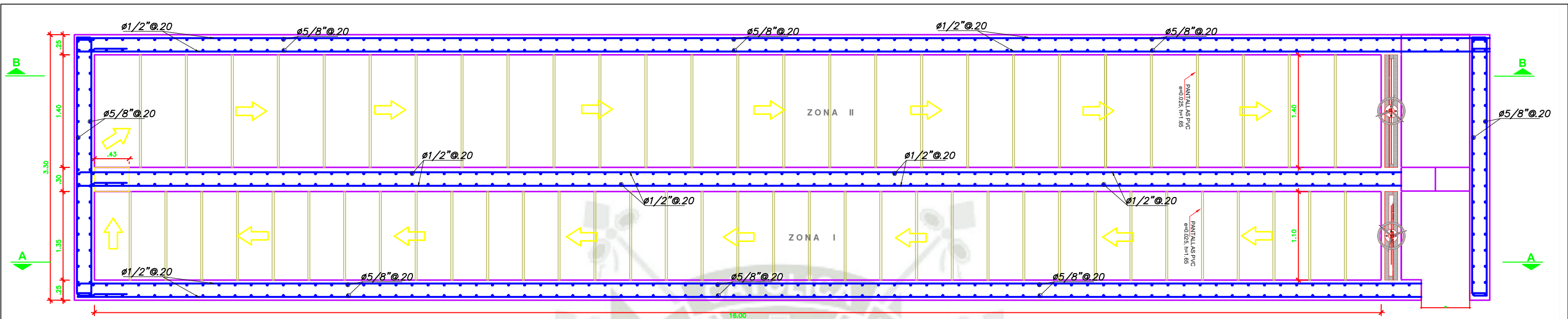
**TESIS:**  
 DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

**PLANO:**  
 PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - FILTRO - ESTRUCTURAS

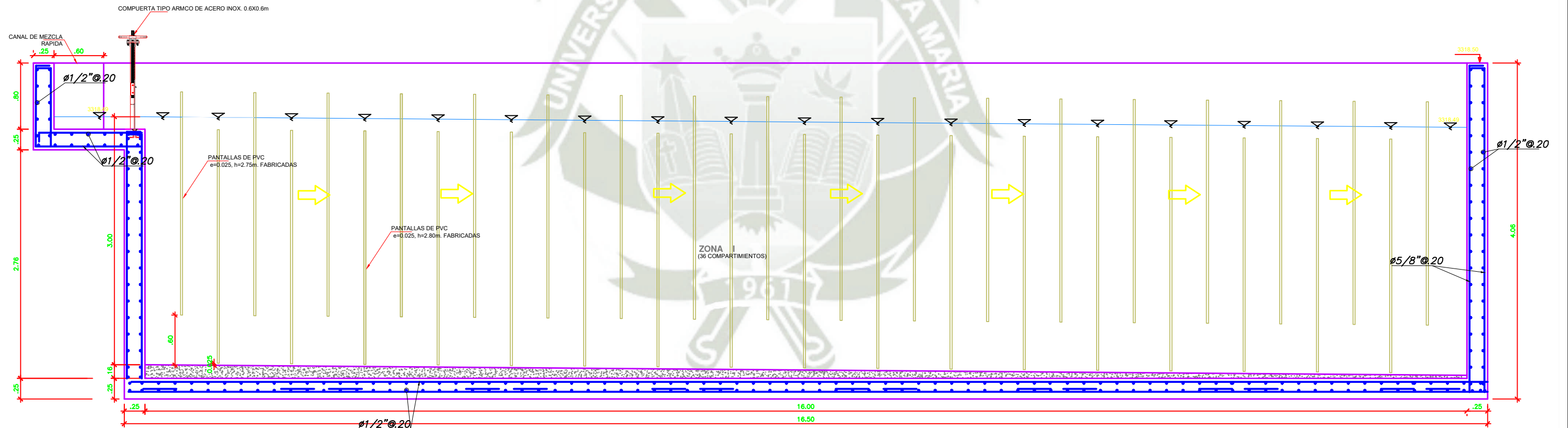
**ELABORADO POR:**  
 URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA

**ESCALA:** INDICADA    **DIBUJO:** U.R.CH.Z.    **DISEÑO:** U.R.CH.Z.    **FECHA:** ABRIL 2024

N° DE LAMINA:  
**PR-E**  
**FIL-01**



**FLOCULADOR - PLANTA**  
ESC. 1/25



**CORTE A-A**  
ESC. 1/25

**TABLA DE SEPARACION DE PANTALLAS DE PVC**

ZONA	a (m)
I	0.440
II	0.550



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

TESIS:  
**DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD**

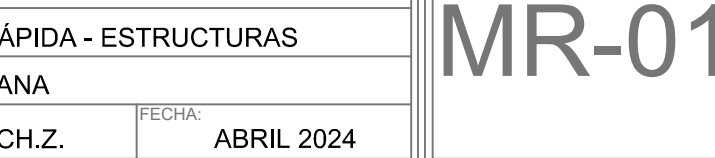
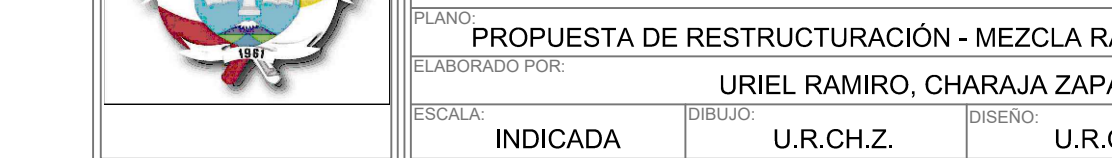
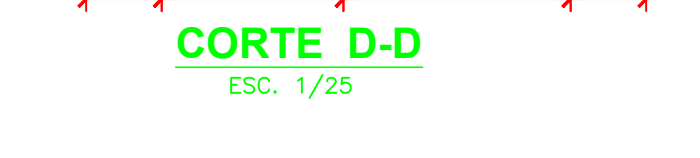
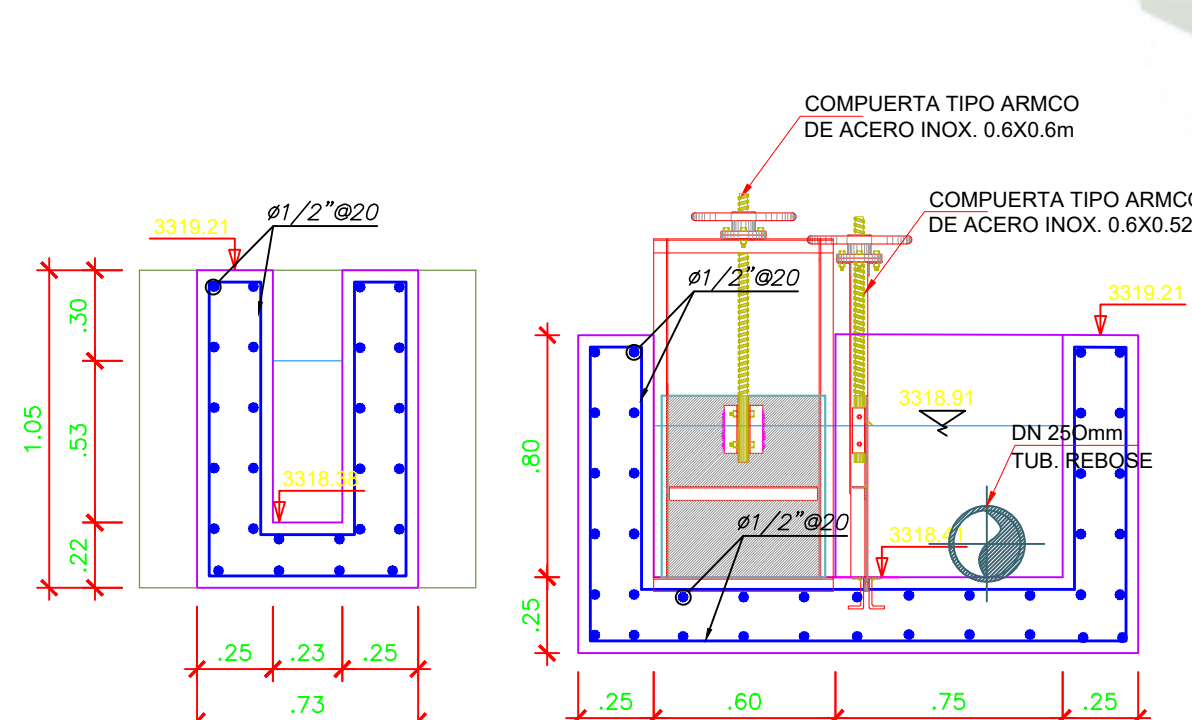
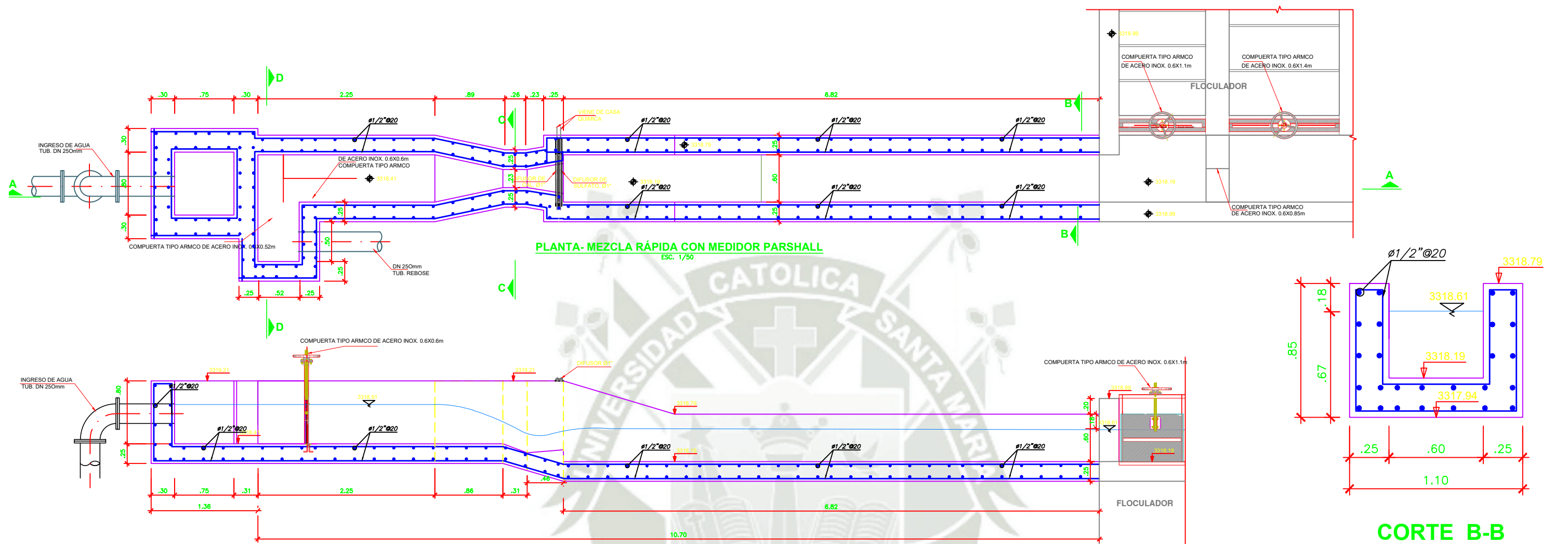
PLANO:  
**PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - FLOCULADOR VERTICAL- ESTRUCTURAS**


ELABORADO POR:  
**URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA**

ESCALA: <b>INDICADA</b>	DIBUJO: <b>U.R.CH.Z.</b>	DISÑO: <b>U.R.CH.Z.</b>	FECHA: <b>ABRIL 2024</b>
----------------------------	-----------------------------	----------------------------	-----------------------------

N° DE LAMINA:

**PR-E  
FLO-01**





**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

TESIS:  
DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

PLANO:  
PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - MEZCLA RÁPIDA - ESTRUCTURAS

ELABORADO POR:  
URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA

ESCALA:  
INDICADA

N° DE LAMINA:  
**PR-E  
MR-01**

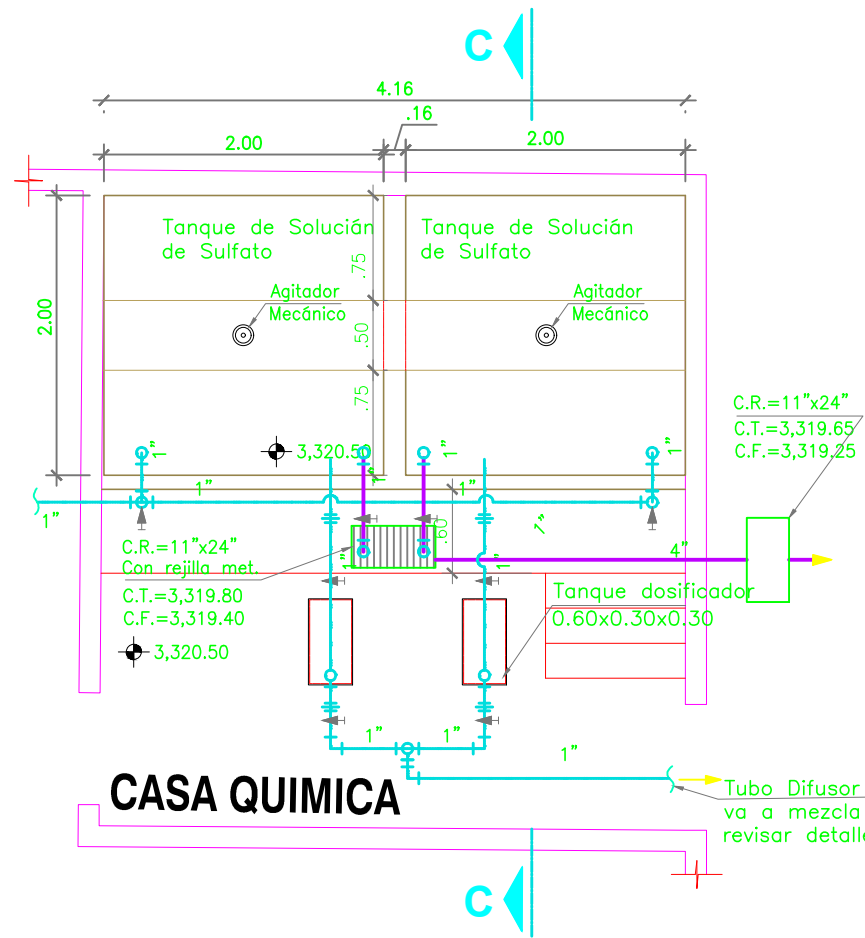
DIBUJO:  
U.R.CH.Z.

DISEÑO:  
U.R.CH.Z.

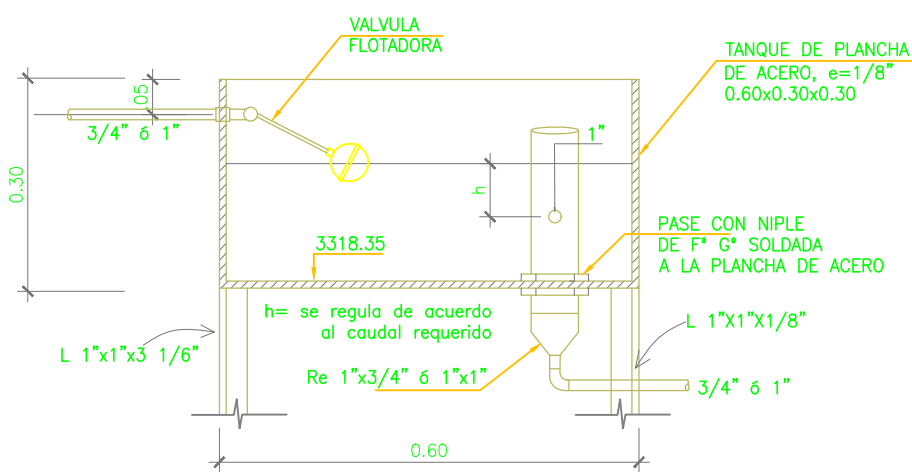
FECHA:  
ABRIL 2024

The logo of Universidad Católica Santa María is a circular emblem. It features a central shield with a cross at the top, a crown in the middle, and two open books at the bottom. The shield is set against a background of a sunburst. The words "UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA" are written in a banner around the top and sides of the shield. At the bottom of the emblem, the year "1961" is displayed. The entire logo is rendered in a light gray color.

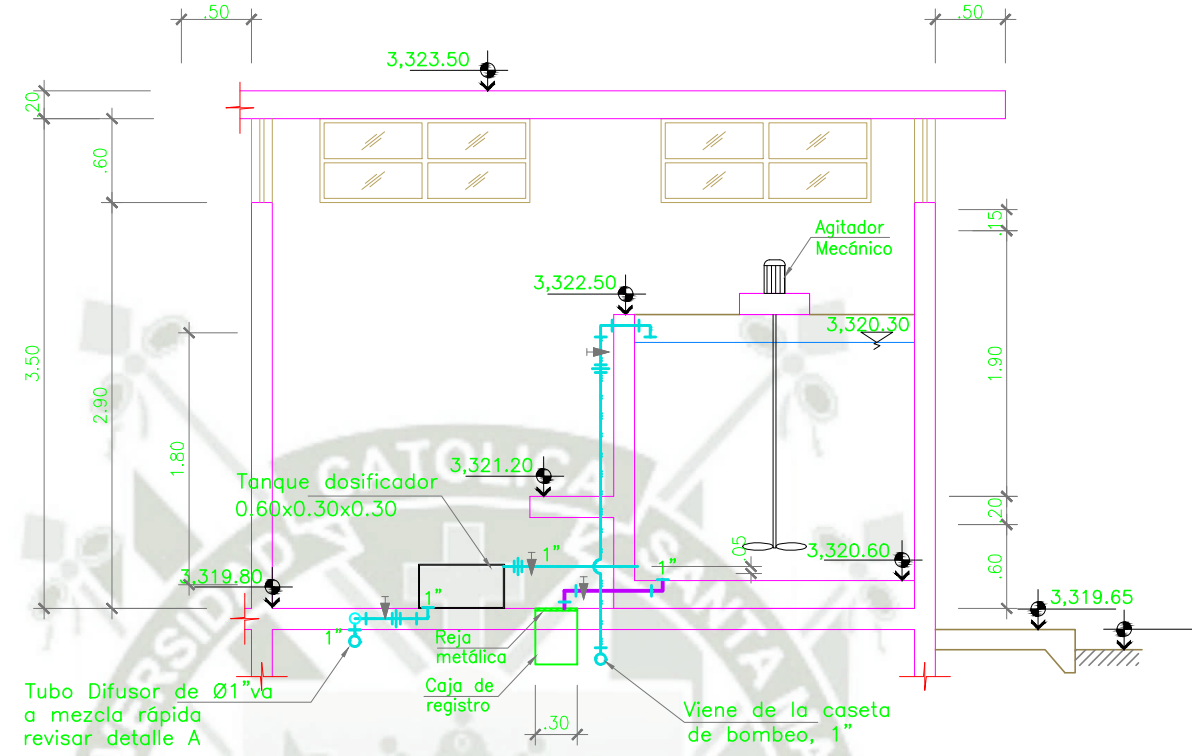
## **Anexo 5.3. Planos Hidráulicos**



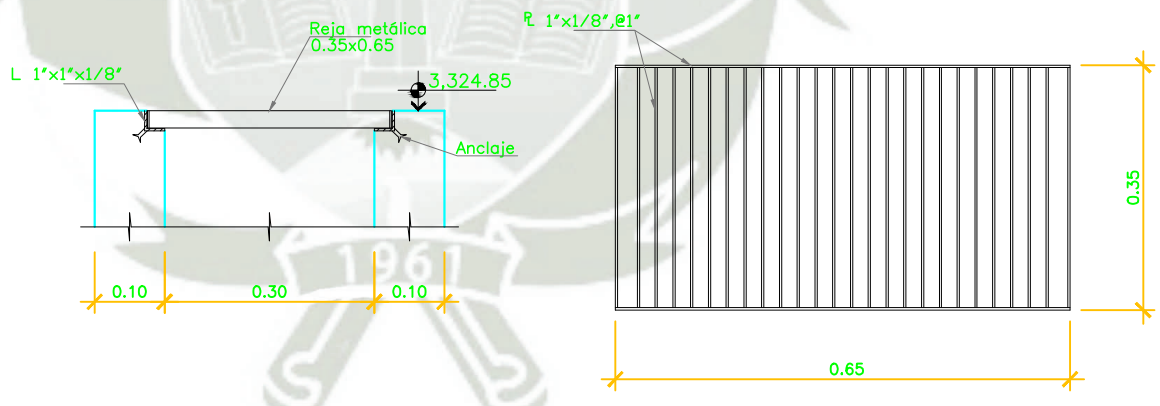
**PLANTA - INSTALACIONES HIDRAULICAS**  
ESCALA 1/50



**DETALLE: TANQUE DOSIFICADOR**  
ESC. 1/10



**CORTE C-C**  
ESCALA 1/50

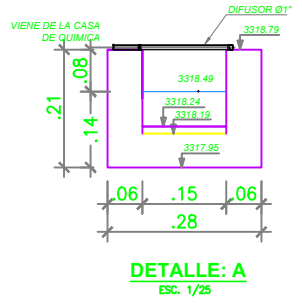


**DETALLE DE REJILLA METALICA**  
ESCALA 1/10

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE AGUA FRIA PVC
	VALVULA ESFERICA CON UNION UNIVERSAL
	TEE
	CODO 90° HORIZONTAL O VERTICAL
	CODO DE 45°
	TUBERIA DE DESAGUE PVC
	CODO DE 45°
	CAJA DE REGISTRO
	CAJA DE REGISTRO CON REJILLA METALICA

**EQUIPAMIENTO DE DOSIFICACION DE REACTIVOS**

AGITADOR MECANICO  
N° DE EQUIPOS= 2  
Paprox. = 1.50 HP c/u  
Velocidad= 100 RPM



**DETALLE: A**  
ESC. 1/25



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

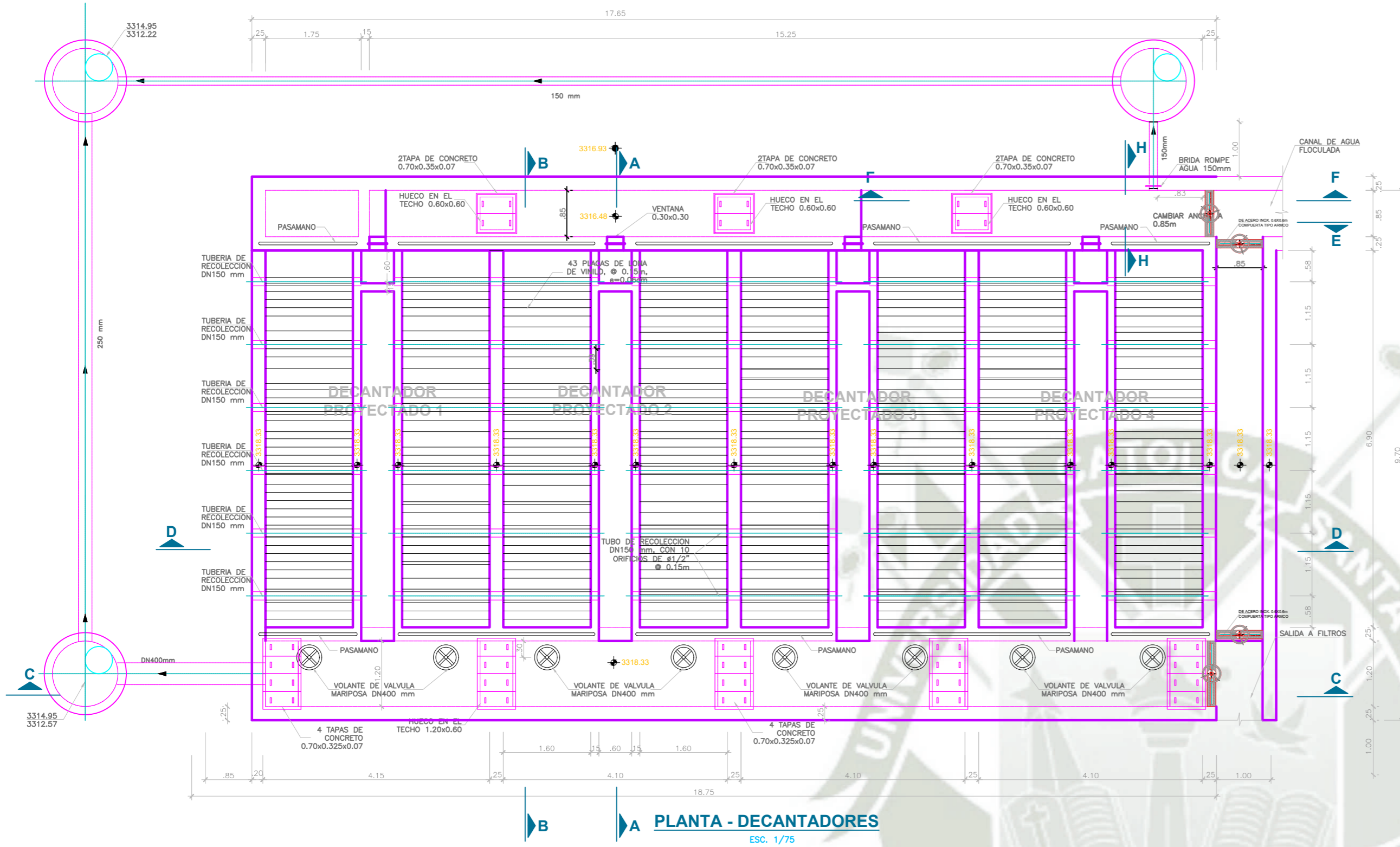
TESIS:  
**DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD**

PLANO:  
**PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - CASA QUÍMICA - HIDRAULICA**

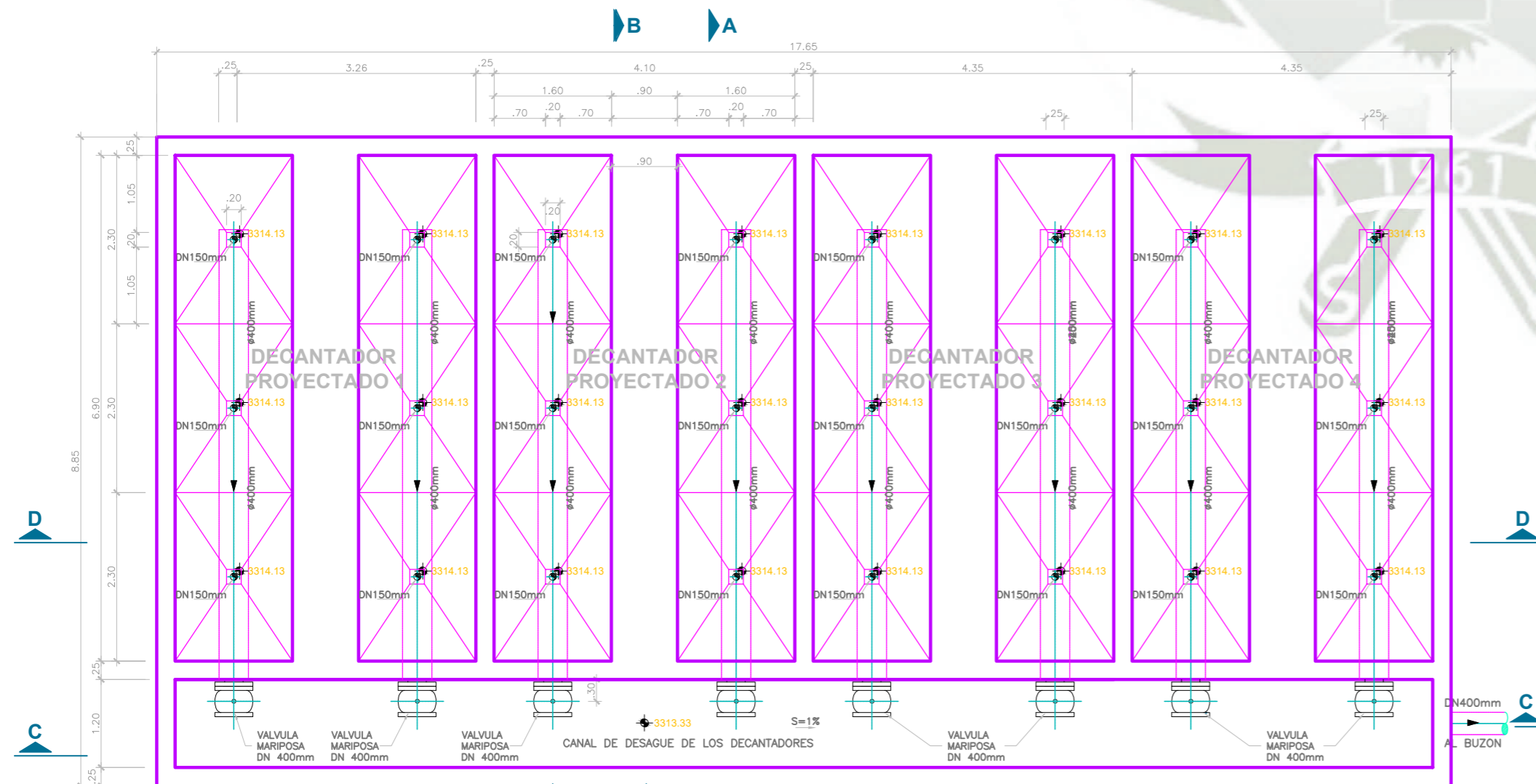
ELABORADO POR:  
**URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA**

ESCALA: INDICADA    DIBUJO: U.R.CH.Z.    DISEÑO: U.R.CH.Z.    FECHA: ABRIL 2024

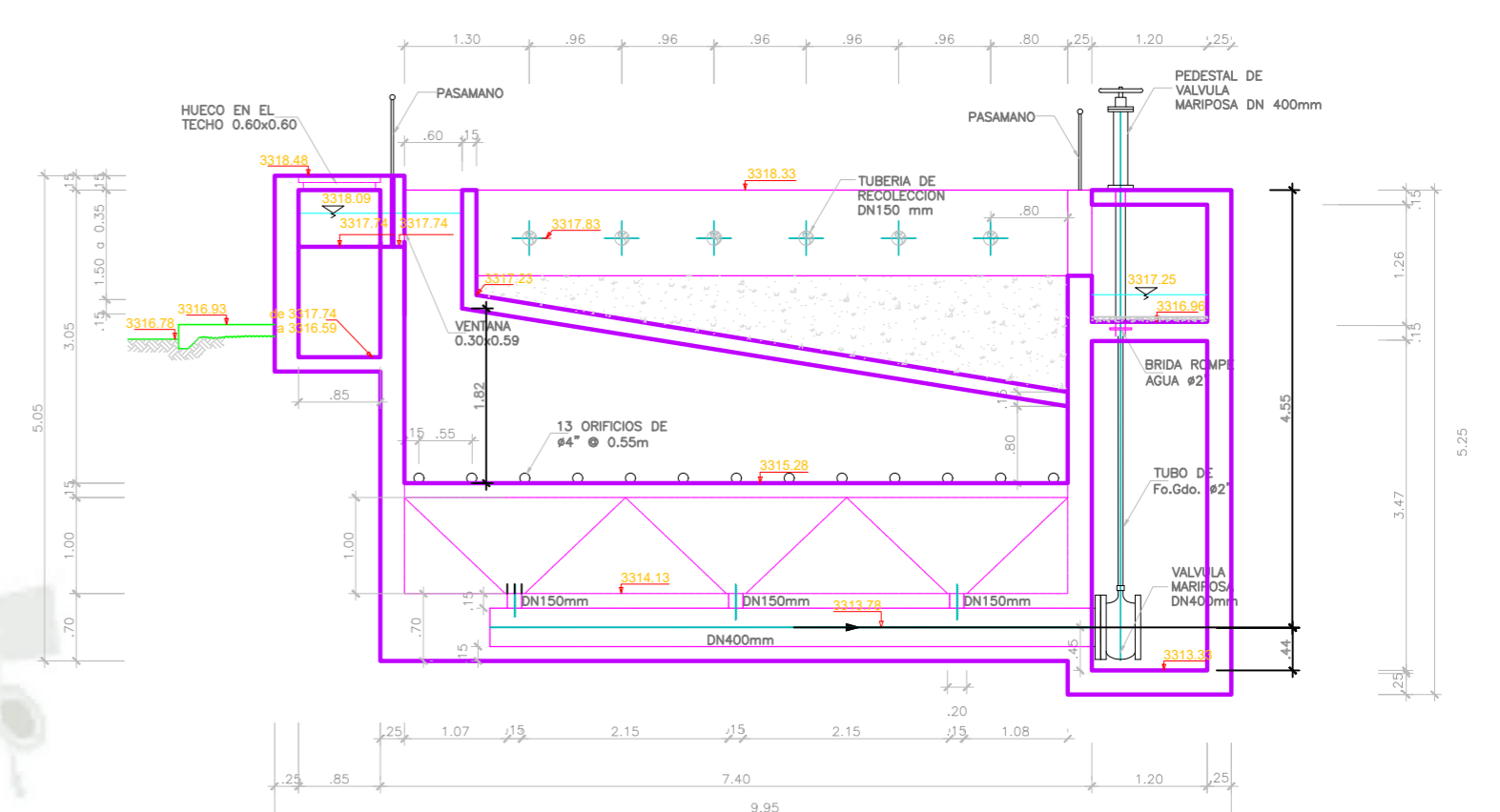
N° DE LAMINA:  
**PR-H  
CAQ-1**



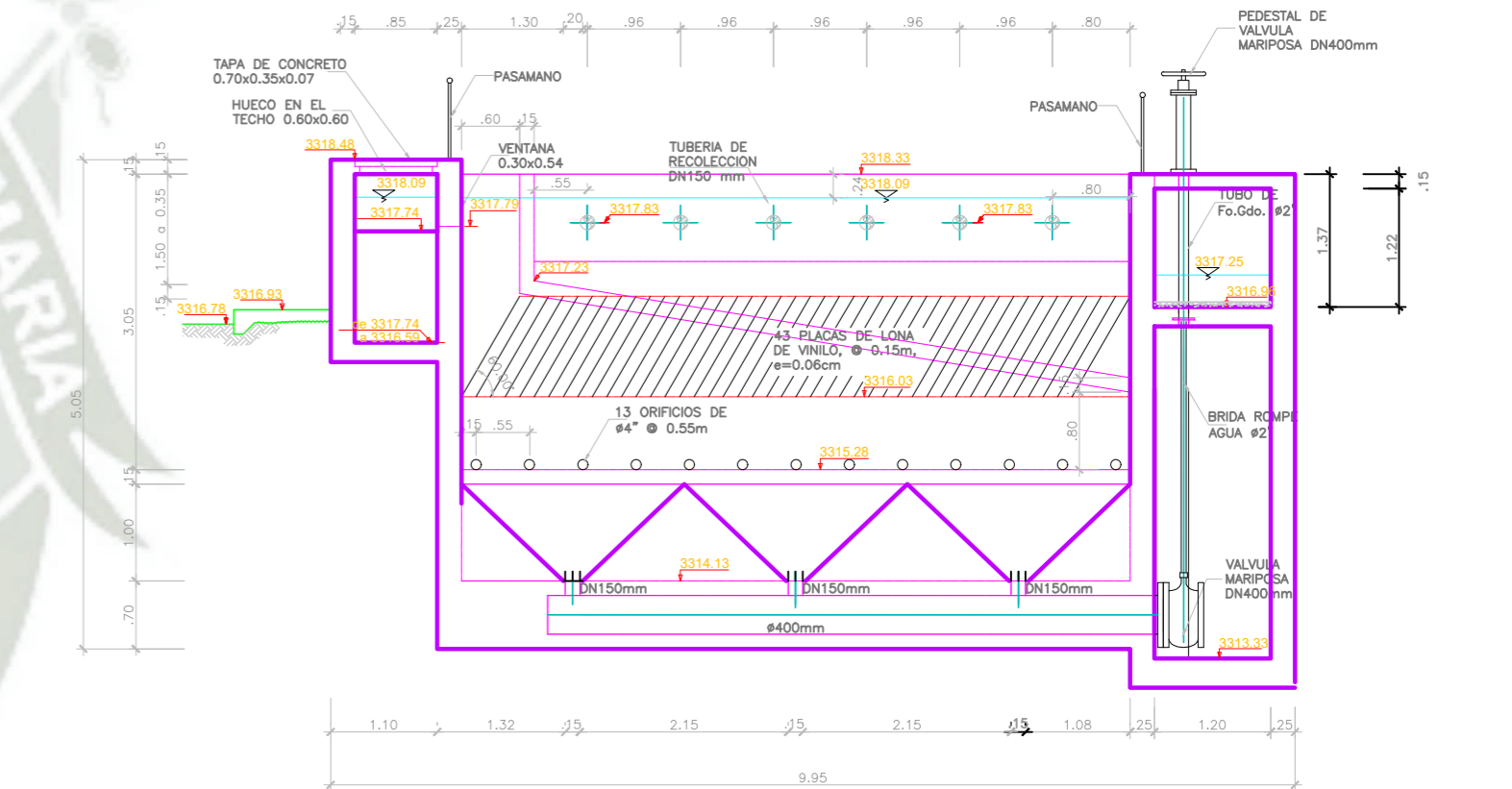
**PLANTA - DECANTADORES**  
ESC. 1/75



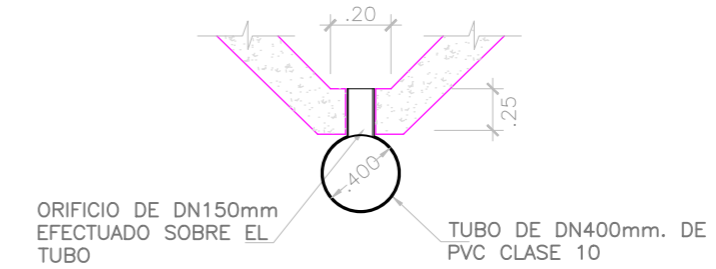
**FONDO - DECANTADORES**  
ESC. 1/75



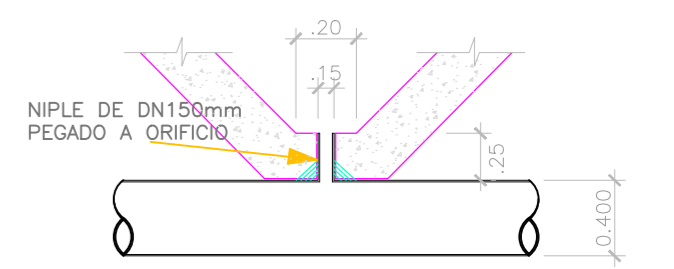
**CORTE A-A**  
ESC. 1/75



**CORTE B-B**  
ESC. 1/75



**DETALLE DE TUBERIA DE 10\"/>**



**DETALLE DE UNION FONDO TOLVA CON TUBERIA COLECTORA DE LODOS**  
ESC. 1/50



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

TESIS:  
DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

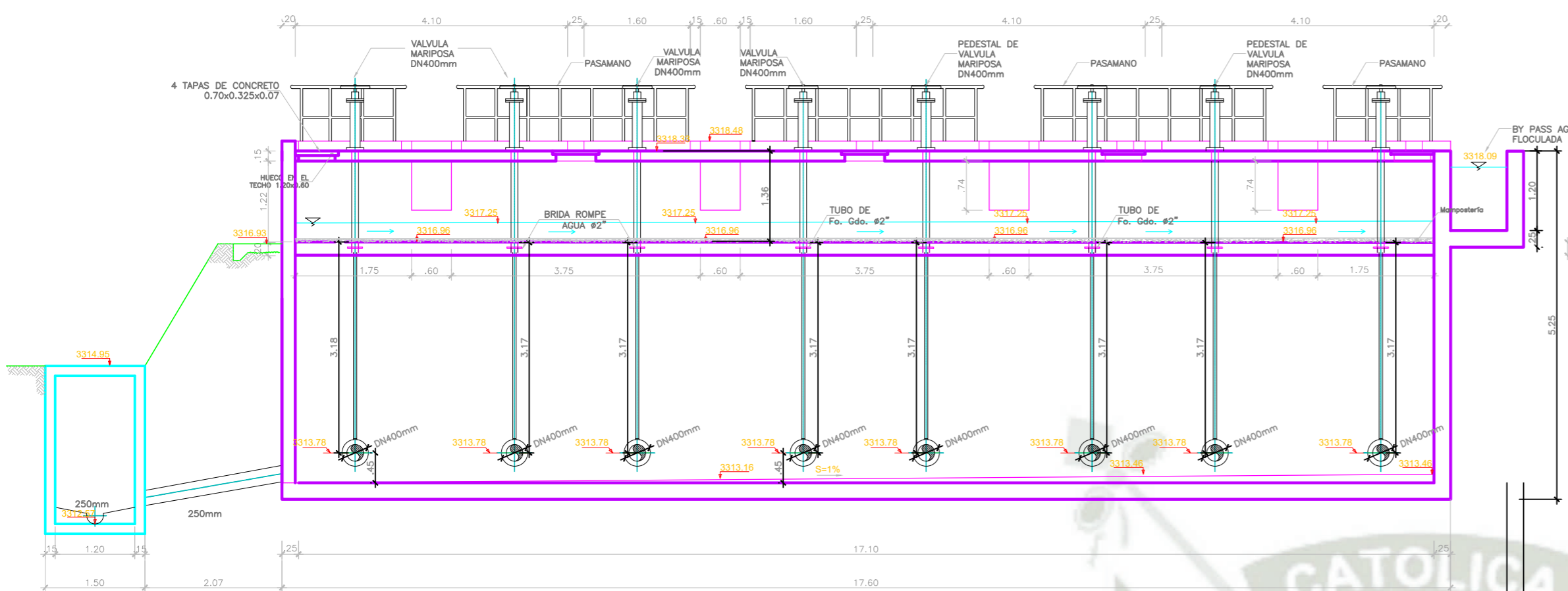
PLANO:  
PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - DECANTADOR

ELABORADO POR:  
URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA

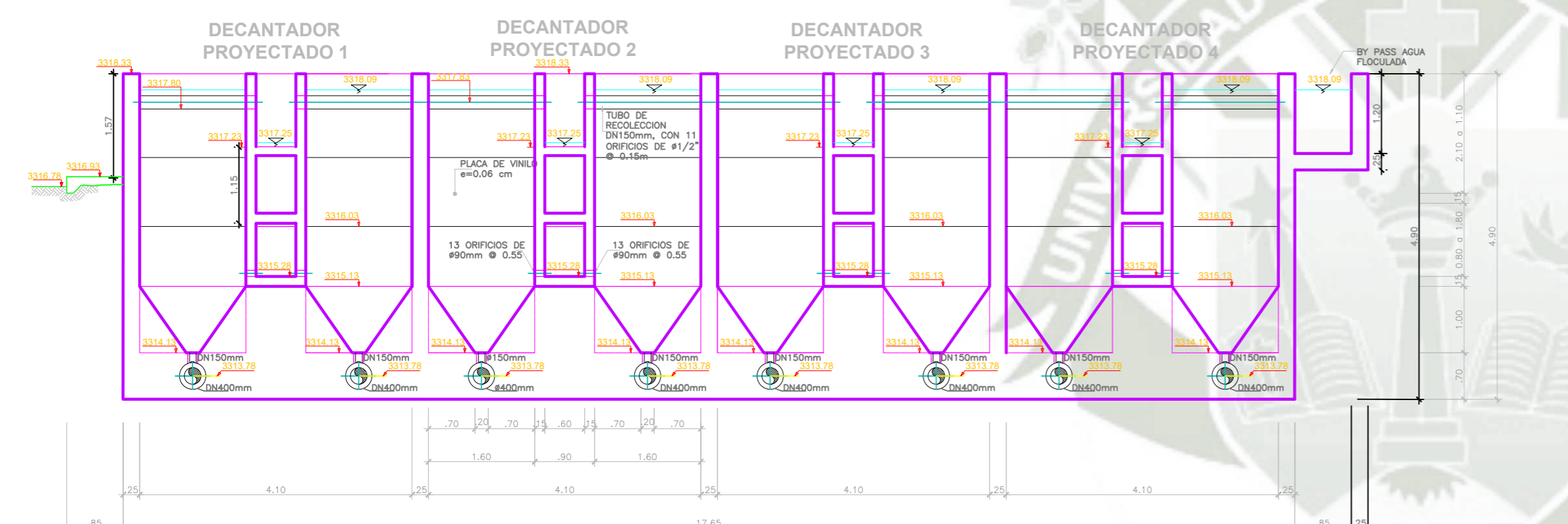
ESCALA: INDICADA DIBUJO: U.R.CH.Z. DISEÑO: U.R.CH.Z. FECHA: ABRIL 2024

N° DE LAMINA:

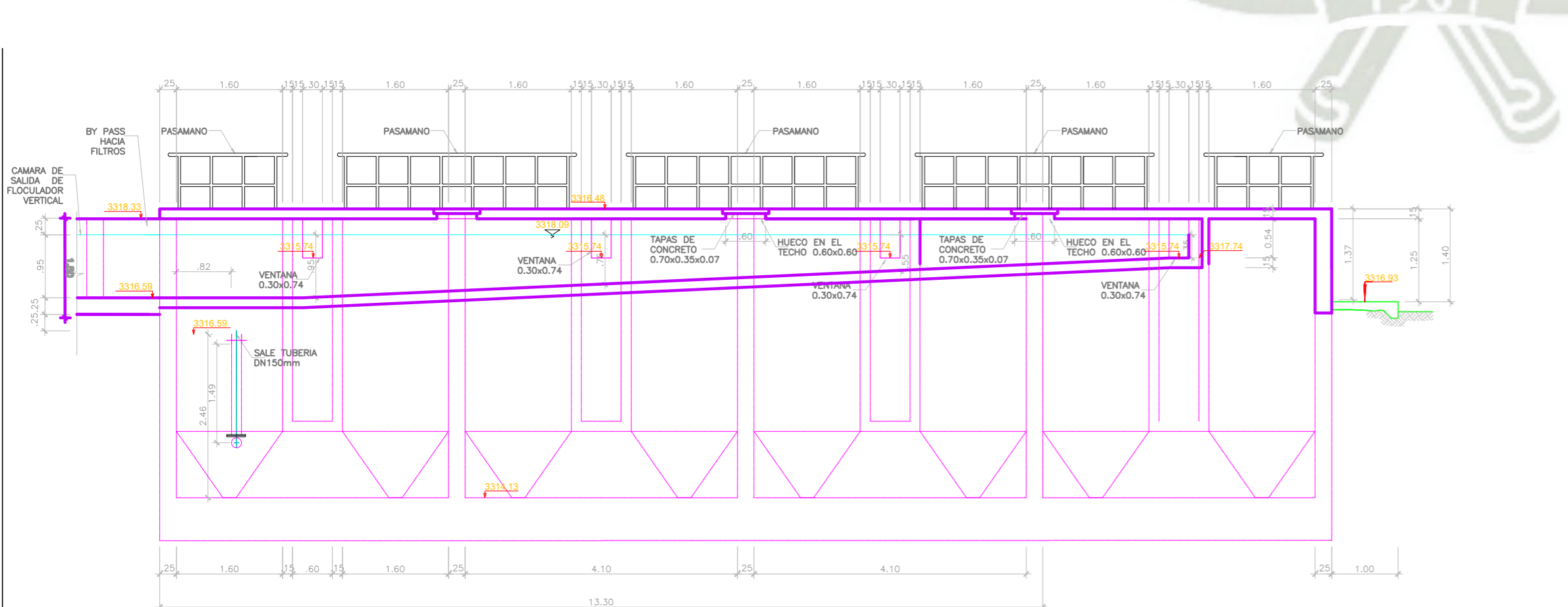
PR-H  
DEC-1



**CORTE C-C**  
ESC. 1/50



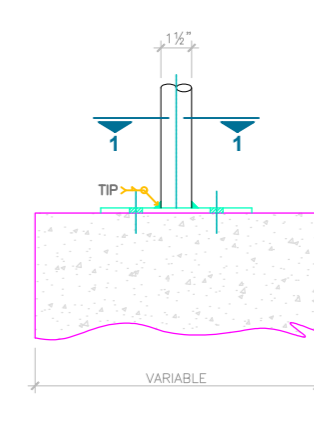
**CORTE D-D**  
ESC. 1/50



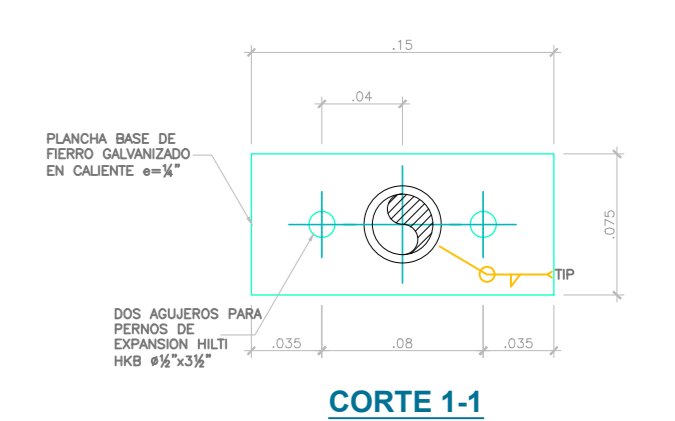
**CORTE E-E**  
ESC. 1/50



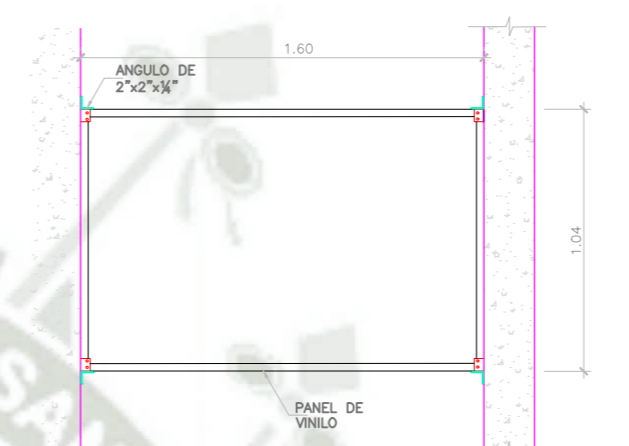
**BARANDA TIPICA**  
ESC. 1/50



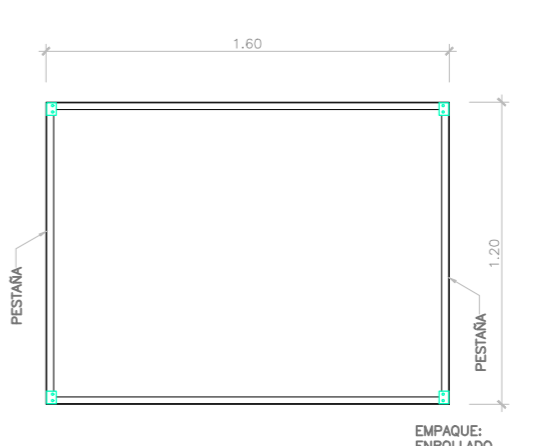
**ANCLAJE TIPICO DE BARANADA**  
ESC. 1/50



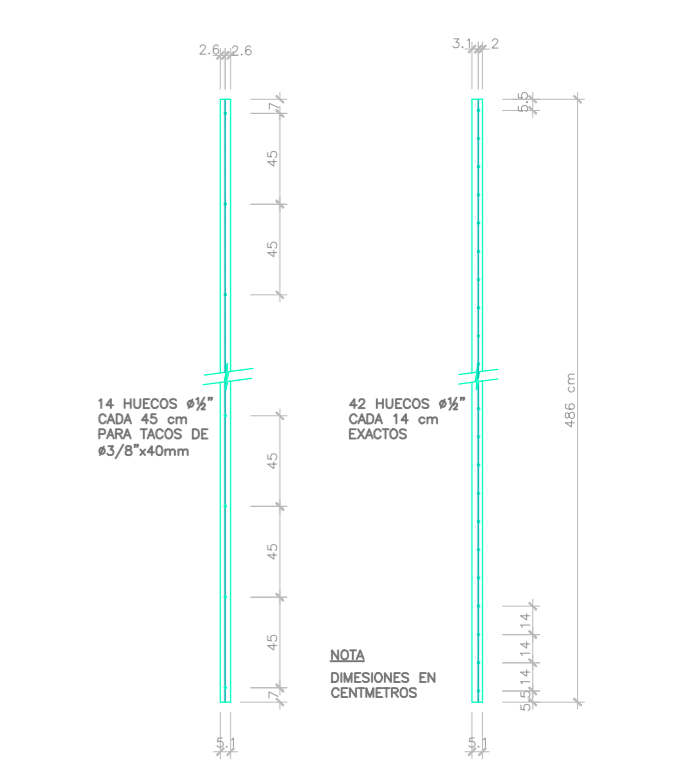
**CORTE 1-1**  
ESC. 1/25



**DIMENSIONAMIENTO EN CORTE TRANSVERSAL**  
ESC. 1/20

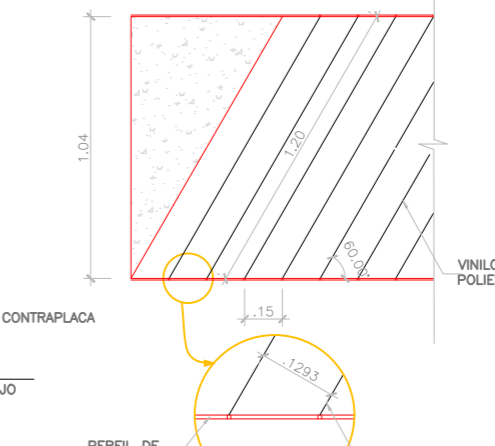
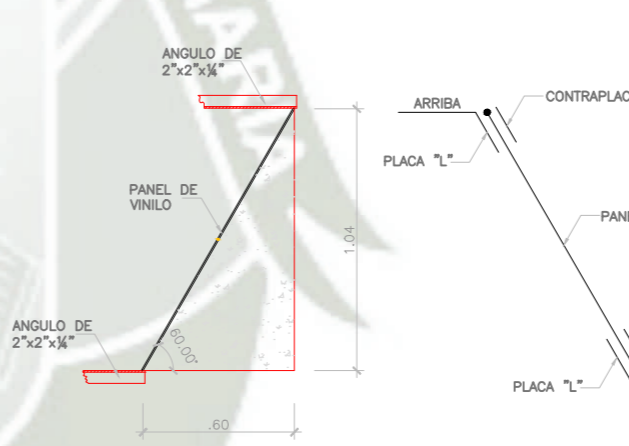


**PLACA VINILONA VISTA DESPLEGADA**  
ESC. 1/20



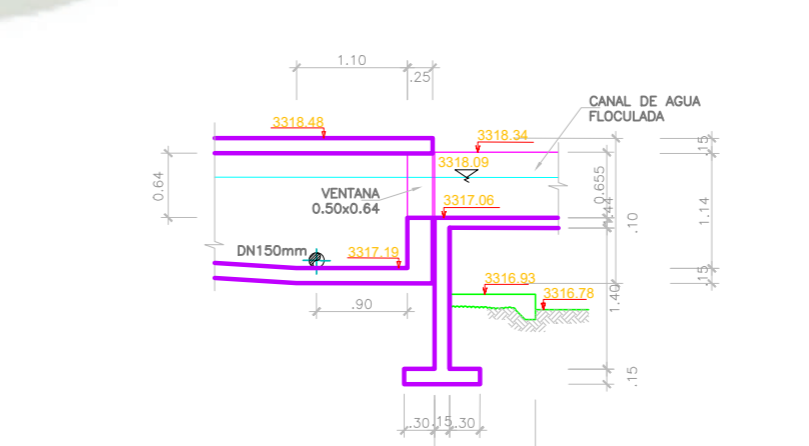
**ALA DE SUJECION AL MURO**  
ESC. 1/25

**ALA DE RECEPCION DE TUERCAS**  
ESC. 1/25

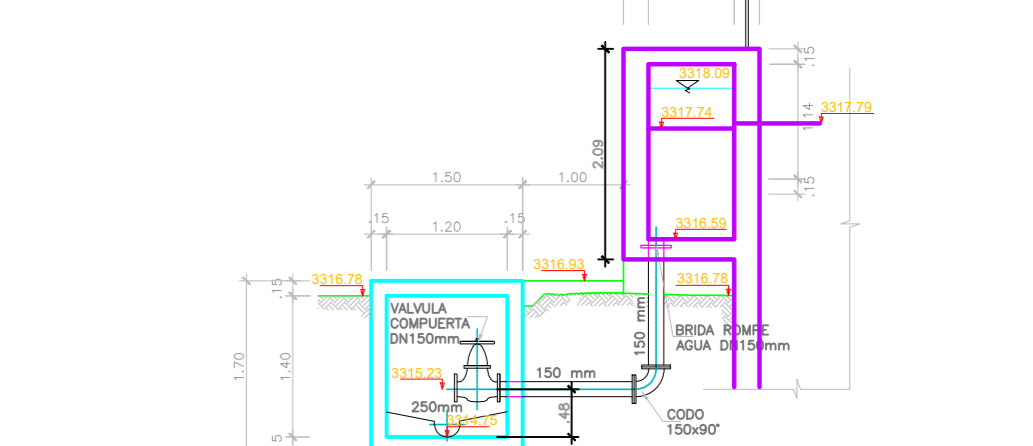


**DIMENSIONAMIENTO EN CORTE LONGITUDINAL**  
ESC. 1/10

**ANGULO DE ALUMINIO DE 2"x2"x1/4"x599cm PARA SUJECION DE PANELES**  
ESC. 1/25

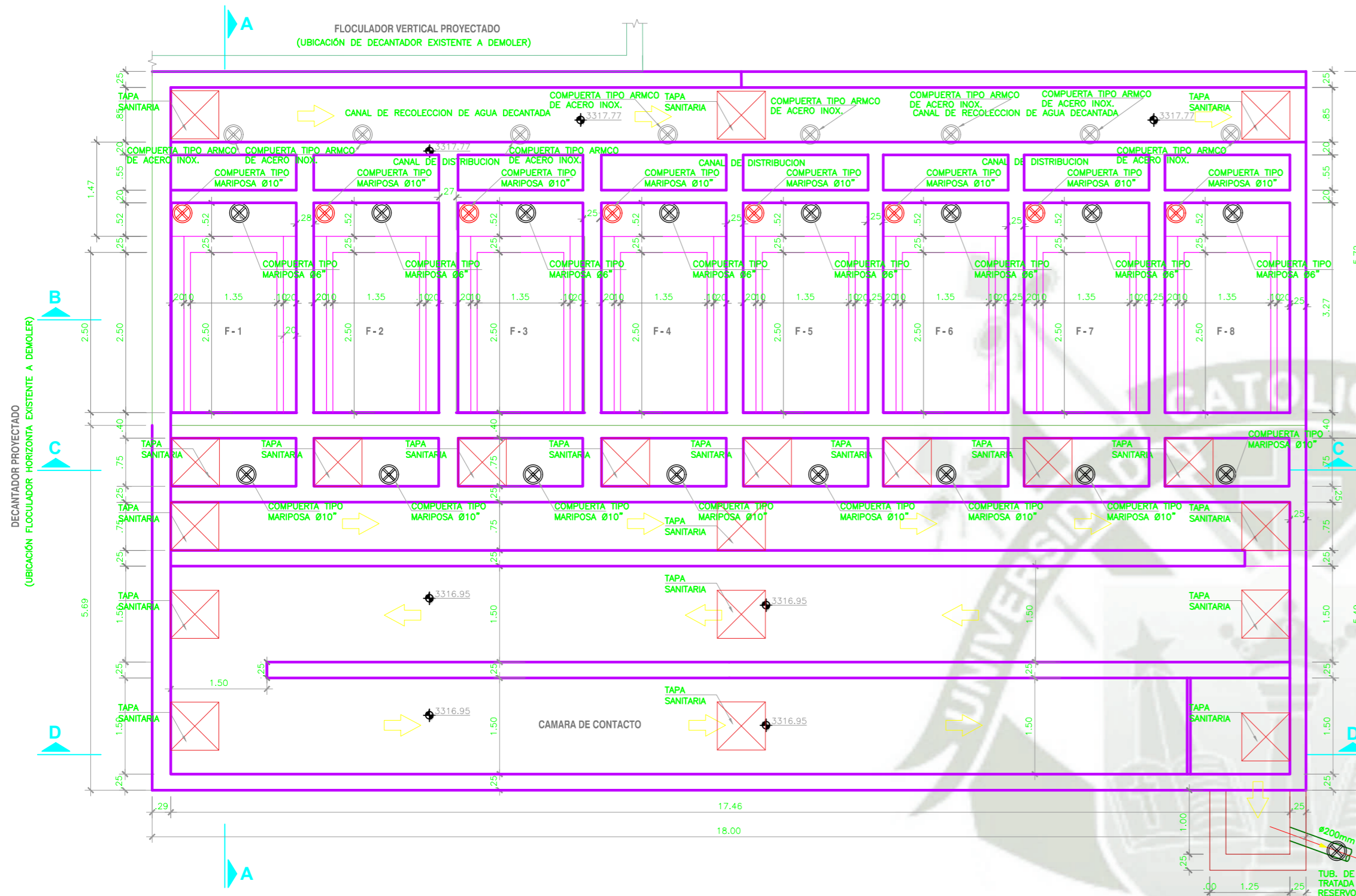


**CORTE F-F**  
ESC. 1/50

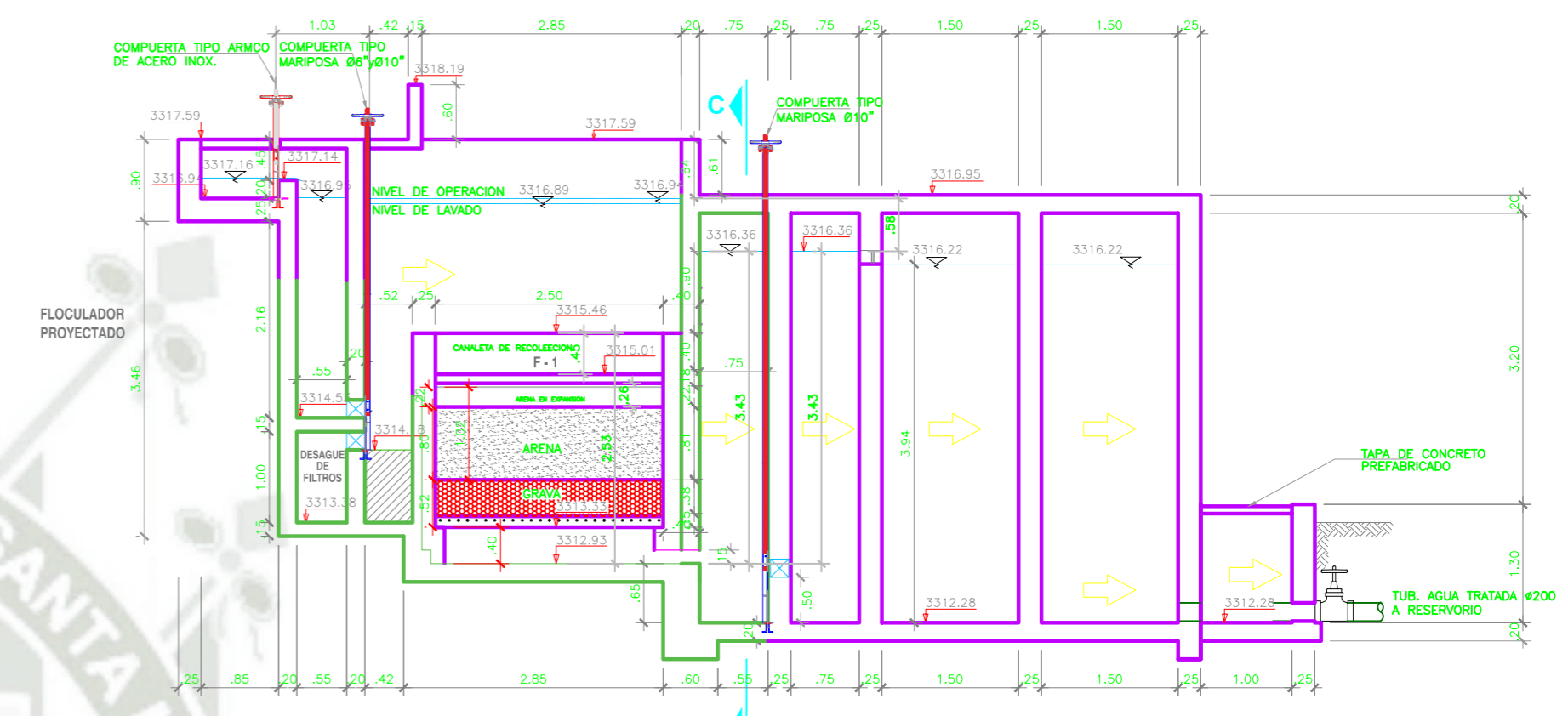


**CORTE H-H**  
ESC. 1/50

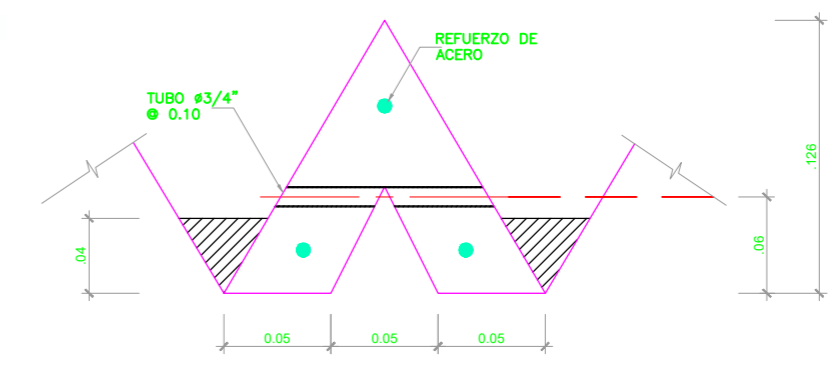
	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>			N° DE LAMINA:
	<b>PR-H DEC-2</b>			
	TESIS: <b>DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD</b>			
	PLANO: <b>PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - DECANTADOR - PLANO HIDRAULICO</b>			
	ELABORADO POR: <b>URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA</b>			
ESCALA:	DIBUJO:	DISENO:	FECHA:	
INDICADA	U.R.CH.Z.	U.R.CH.Z.	ABRIL 2024	



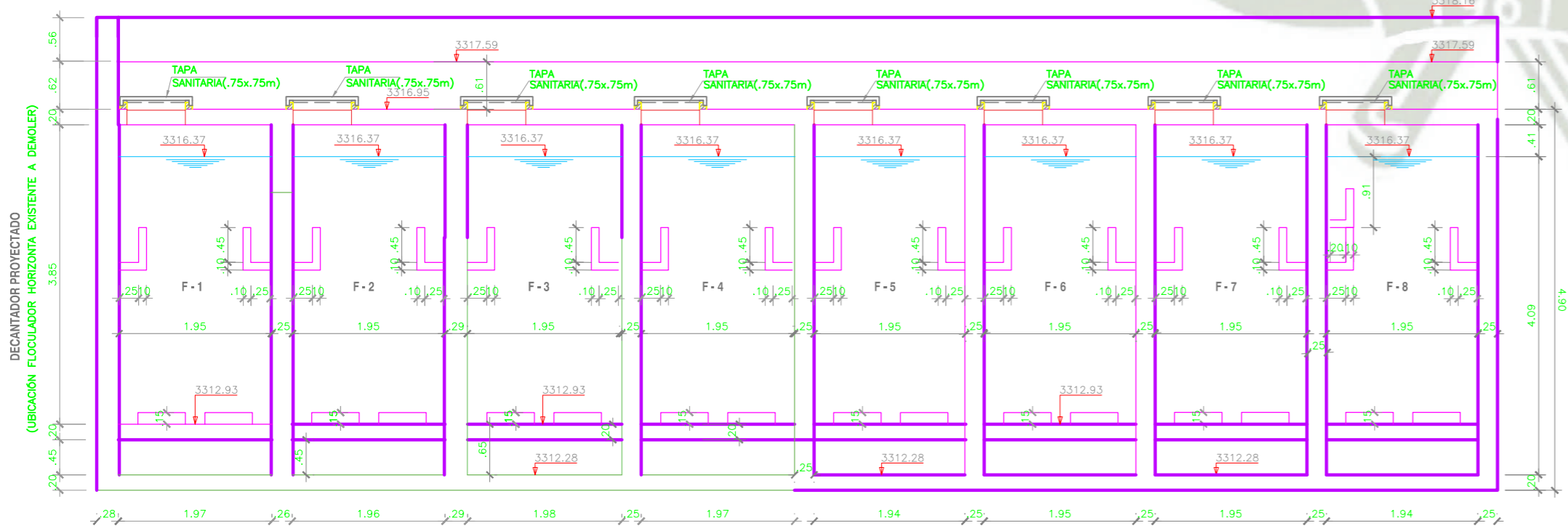
**PLANTA - FILTROS**  
ESC. 1/50



**CORTE A - A**



**DET. VIGA PREFABRICADA**  
ESC. 1/5

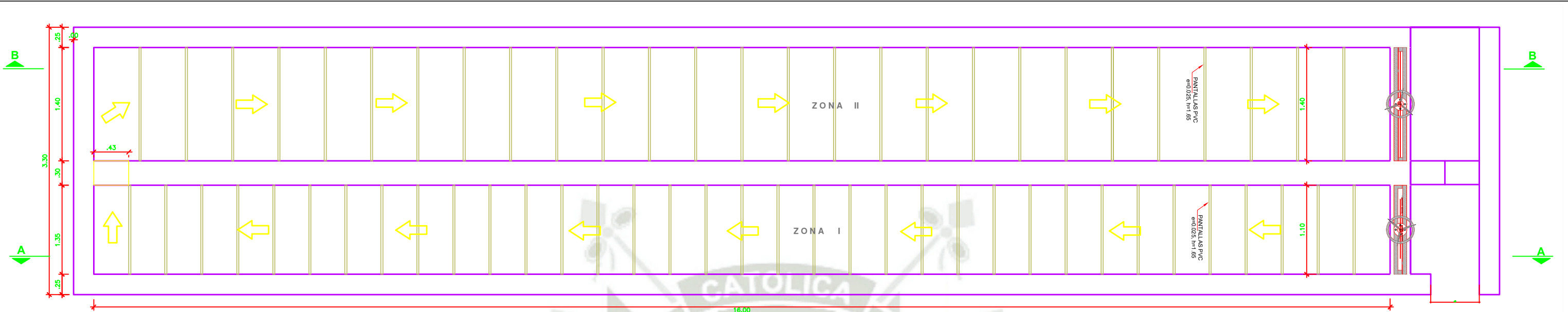


**CORTE C - C**  
ESC. 1/50

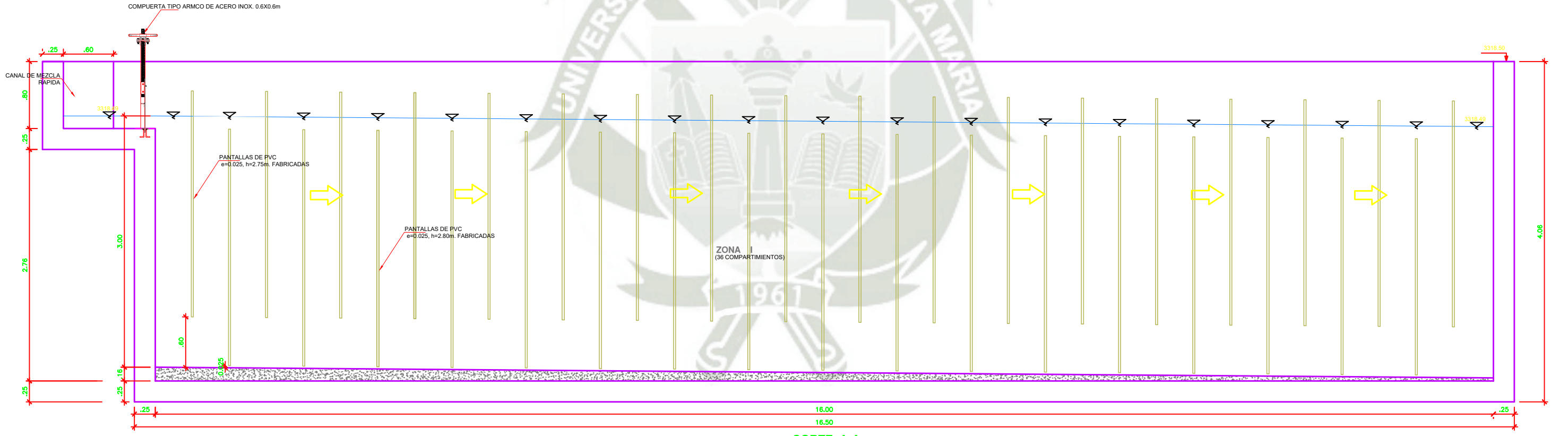


<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>			
<b>TESIS:</b> DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD			
<b>PLANO:</b> PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - FILTRO LENTO - PLANO HIDRAULICO			
<b>ELABORADO POR:</b> URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA			
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>DIBUJO:</b> U.R.CH.Z.	<b>DISEÑO:</b> U.R.CH.Z.	<b>FECHA:</b> ABRIL 2024

**N° DE LAMINA:**  
**PR-H**  
**FIL-01**



**FLOCULADOR - PLANTA**  
ESC. 1/25



**CORTE A-A**  
ESC. 1/25

**TABLA DE SEPARACION DE PANTALLAS DE PVC**

ZONA	a (m)
I	0.440
II	0.550



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

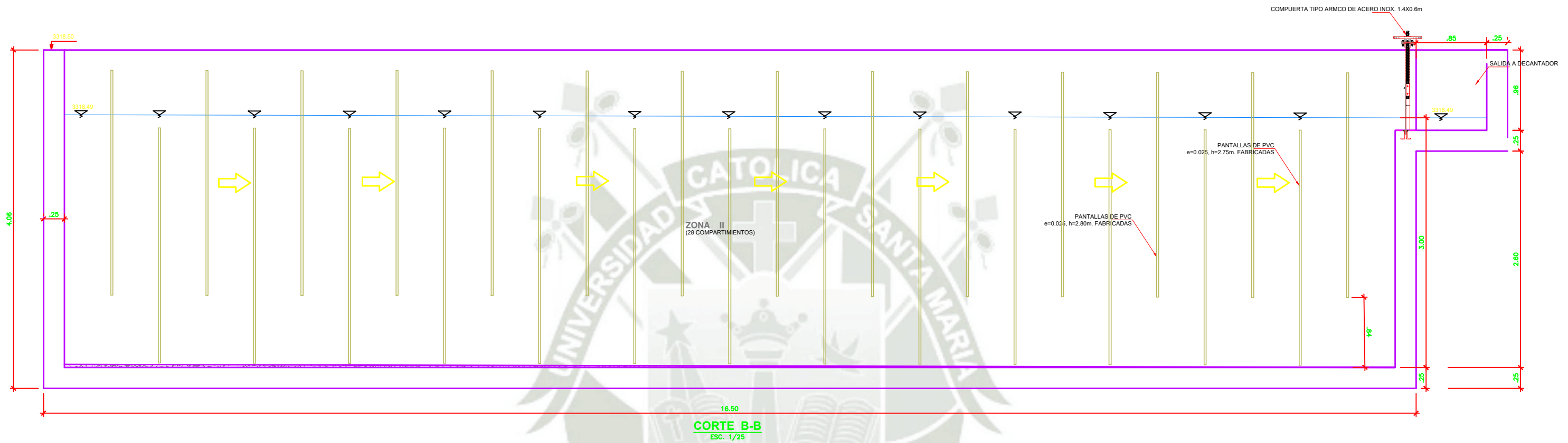
TESIS:  
**DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD**

PLANO:  
**PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - FLOCULADOR VERTICAL HIDRAULICO**

ELABORADO POR:  
**URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA**

ESCALA: INDICADA      DIBUJO: U.R.CH.Z.      DISEÑO: U.R.CH.Z.      FECHA: ABRIL 2024

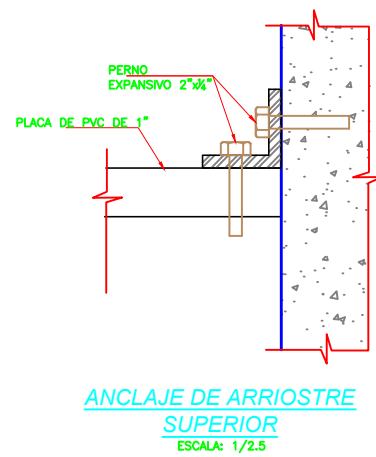
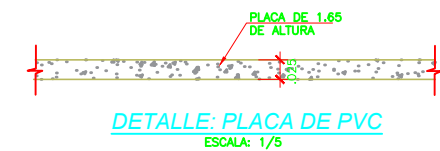
N° DE LAMINA:  
**PR-H  
FLO-01**



**CORTE B-B**  
ESC. 1/25

**TABLA DE SEPARACION DE PANTALLAS DE PVC**

ZONA	a (m)
I	0.440
II	0.550



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

TESIS:  
**DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD**

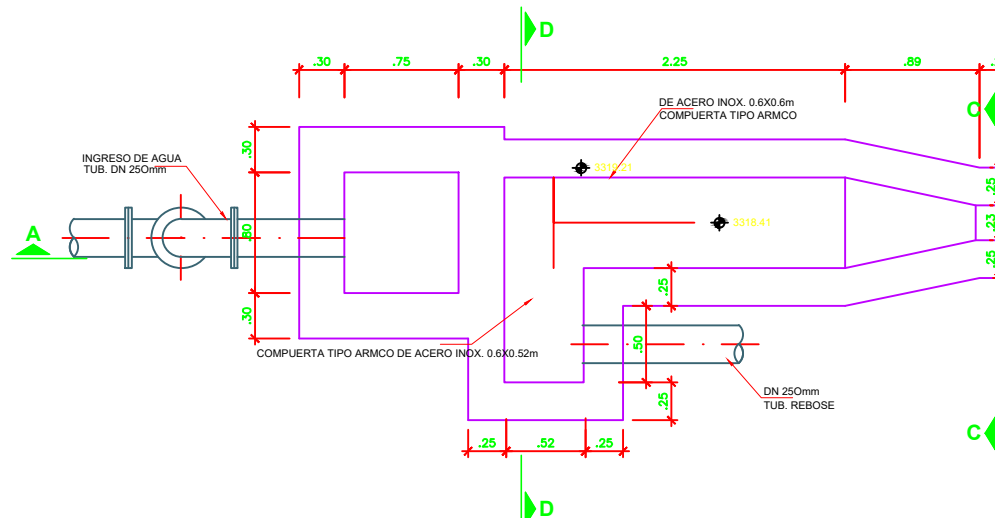
PLANO:  
**PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - FLOCULADOR VERTICAL- HIDRAULICO**

ELABORADO POR:  
**URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA**

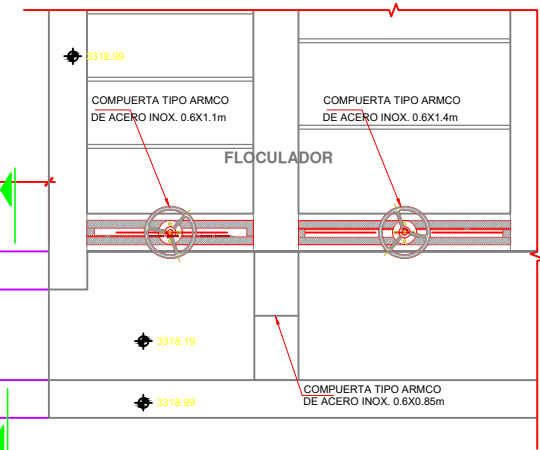
ESCALA: INDICADA    DIBUJO: U.R.CH.Z.    DISEÑO: U.R.CH.Z.    FECHA: ABRIL 2024

Nº DE LAMINA:

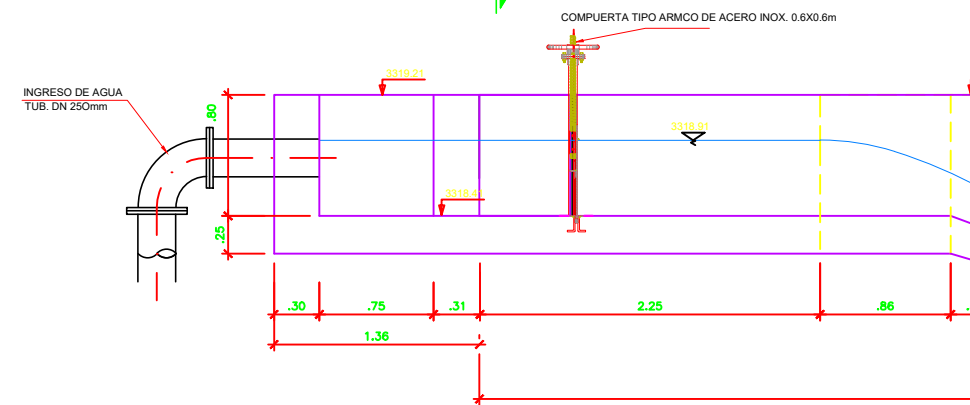
**PR-H  
FLO-02**



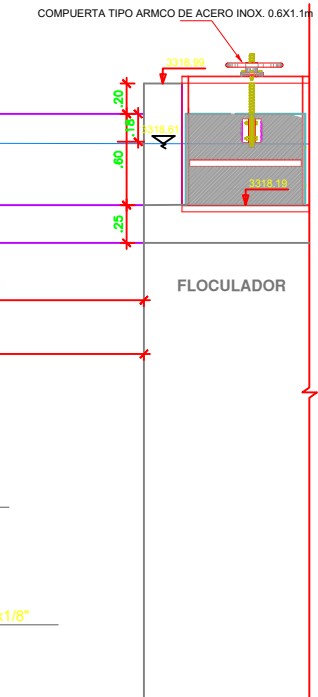
PLANTA-MEZCLA RÁPIDA CON MEDIDOR PARSHALL  
ESC. 1/50



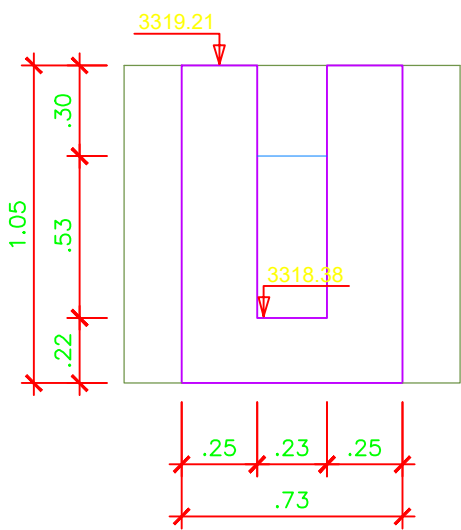
CORTE B-B  
ESC. 1/25



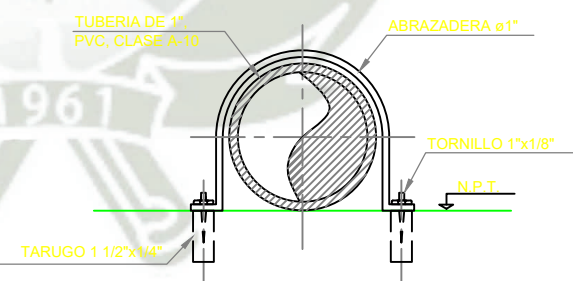
CORTE A-A  
ESC. 1/50



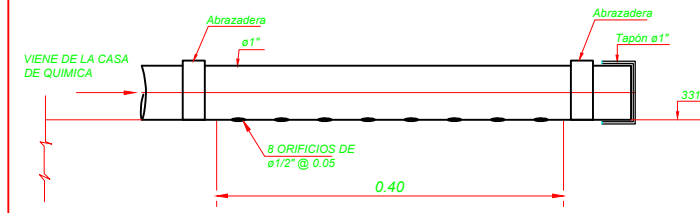
CORTE D-D  
ESC. 1/25



CORTE C-C  
ESC. 1/25



DETALLE ANCLAJE DEL DIFUSOR  
ESCALA: 1/25



DETALLE DE DIFUSOR  
ESC. S/E



<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>			
TESIS: <b>DIAGNÓSTICO Y REESTRUCTURACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUAMACHUCO - LA LIBERTAD</b>			
PLANO: <b>PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN - MEZCLA RÁPIDA</b>			
ELABORADO POR: <b>URIEL RAMIRO, CHARAJA ZAPANA</b>			
ESCALA:	DIBUJO:	DISÑO:	FECHA:
INDICADA	U.R.CH.Z.	U.R.CH.Z.	ABRIL 2024

N° DE LAMINA:
<b>PR-H MR-01</b>



## **Anexo 6. Resultado de Ensayos**



## INFORME DE ANÁLISIS F.Q.A PERU S.A.C

SOLICITANTE	: URIEL RAMIRO CHARAJA ZAPANA
TESIS	: "Diagnostico y reestructuración a la Planta de tratamiento de Agua Potable en la Ciudad de Huamachuco-La Libertad"
MUESTRA	: AGUA-CAPTACION
LUGAR	: El Barraje-Molino Grande-Huamachuco-Sanchez Carrion-La Libertad
COORDENADAS	: 9132628.38N-825912.74E
FECHA DE INGRESO	: 26 DE OCTUBRE DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Olor	-	Aceptable
Sabor	-	Aceptable
Color	Pt/Co	14
Turbidez	NTU	4
pH	-	8.17
Conductividad	uS/cm	339
Solidos totales disueltos	mg/L	217
Cloruros	Cl mg/L	26.56
Calcio	Ca mg/L	7.52
Magnesio	Mg mg/L	43.86
Sodio	Na mg/L	2.18
Potasio	K mg/L	0.07
Sulfatos	SO <sub>4</sub> mg/L	29.8
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub> mg/L	191
Amoniaco	NH <sub>3</sub> mg/L	< 0.01
Cianuro total	CN mg/L	<0.01
Aceites y grasas	mg/L	<0.01
Carbonatos	CO <sub>3</sub> mg/L	0.00
Bicarbonatos	HCO <sub>3</sub> mg/L	24
Nitratos	NO <sub>3</sub> mg/L	0.158
Nitritos	NO <sub>2</sub> mg/L	0.032

Conclusión: Cumple las especificaciones establecidas Categoría I: Subcategoría A (Aguas destinadas a producción de agua potable) para el consumo humano.  
TRUJILLO 08 DE NOVIEMBRE DEL 2022



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

DETERMINACIONES	UNIDADES	Muestra
Recuento Total de bacterias	UFC/ 100 mL	15
Huevos y larvas de helmintos, quites y ooquistes de protozoarios patógenos	Nº org./L	0
Escherichia coli	NMP/ 100 mL	0
Virus	UFC/mL	0
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	Negativos
Coliformes totales	NMP/ 100mL	Negativo

Conclusión: Cumple con las especificaciones establecidas para el consumo humano  
TRUILLO 08 DE NOVIEMBRE DEL 2022

  
CARLOS ALBERTO TRUJILLO  
INGENIERO QUÍMICO  
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



## INFORME DE ANÁLISIS F.Q.A PERU S.A.C

SOLICITANTE	: URIEL RAMIRO CHARAJA ZAPANA
TESIS	: “Diagnostico y reestructuración a la Planta de tratamiento de Agua Potable en la Ciudad de Huamachuco-La Libertad”
MUESTRA	: AGUA-CAPTACION
LUGAR	: El Barraje-Molino Grande-Huamachuco-Sanchez Carrion-La Libertad
COORDENADAS	: 9132904.21N-825888.39E
FECHA DE INGRESO	: 26 DE OCTUBRE DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

DETERMINACIONES	Unidades	Ingreso-003
Olor	-	Aceptable
Sabor	-	Aceptable
Color	Pt/Co	14
Turbidez	NTU	4
Ph	-	8.38
Conductividad	uS/cm	423
Solidos totales	mg/L	271
Cloruros	Cl mg/L	27.05
Calcio	Ca mg/L	35.06
Magnesio	Mg mg/L	21.6
Sodio	Na mg/L	12.51
Potasio	K mg/L	0.26
Sulfatos	SO <sub>4</sub> mg/L	38
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub> mg/L	178
Amoniaco	NH <sub>3</sub> mg/L	< 0.01
Cianuro total	CN mg/L	<0.01
Aceites y grasas	mg/L	<0.01
Carbonatos	CO <sub>3</sub> mg/L	0.00
Bicarbonatos	HCO <sub>3</sub> mg/L	44
Nitratos	NO <sub>3</sub> mg/L	0.81
Nitritos	NO <sub>2</sub> mg/L	0.07

Conclusión: Cumple las especificaciones establecidas Categoría I: Subcategoría A (Aguas destinadas a producción de agua potable) para el consumo humano.  
TRUJILLO 09 DE NOVIEMBRE DEL 2022



**AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL**

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



### METALES PESADOS ANÁLISIS DE METALES PESADOS:

CODIFICACIÓN DE MUESTRA		003-ingreso
METALES PESADOS	UNIDADES	RESULTADO
PLATA	mg/L	<0.001
ALUMINIO	mg/L	0.0074
ARSÉNICO	mg/L	0.0016
BORO	mg/L	<0.001
BARIO	mg/L	<0.001
CADMIO	mg/L	0.0054
CERIO	mg/L	N.D.
COBALTO	mg/L	0.0013
CROMO	mg/L	<0.001
COBRE	mg/L	0.0087
HIERRO	mg/L	0.0046
MERCURIO	mg/L	<0.001
POTASIO	mg/L	0.13
LITIO	mg/L	N.D.
MANGANESO	mg/L	0.032
MOLIBDENO	mg/L	<0.001
SODIO	mg/L	14.17
NIQUEL	mg/L	0.0084
FÓSFORO	mg/L	11.42
PLOMO	mg/L	0.0018
ANTIMONIO	mg/L	<0.003
SELENIO	mg/L	<0.001
SILICE	mg/L	1.96
ESTAÑO	mg/L	N.D.
ESTRONCIO	mg/L	N.D.
TORIO	mg/L	<0.001
TITANIO	mg/L	N.D.
TALIO	mg/L	<0.001
URANIO	mg/L	N.D.
VANADIO	mg/L	<0.001
ZINC	mg/L	1.36

MÉTODO: Espectrómetro de Emisión en Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES) Prodigy



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL


CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
Recuento Total de bacterias	UFC/ 100 mL	17
Huevos y larvas de helmintos, quites y ooquistes de protozoarios patógenos	N° org./L	0
Escherichia coli	NMP/ 100 mL	0
Virus	UFC/MI	0
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	Negativos
Coliformes totales	NMP/ 100mL	Negativo

Conclusión: Cumple con las especificaciones establecidas para el consumo humano  
TRUILLO 09 DE NOVIEMBRE DEL 2022

  
CARLOS ALBERTO VALQUI MENDOZA  
INGENIERO QUÍMICO  
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



## INFORME DE ANÁLISIS F.Q.A PERU S.A.C

SOLICITANTE	: URIEL RAMIRO CHARAJA ZAPANA
TESIS	: “Diagnostico y reestructuración a la Planta de tratamiento de Agua Potable en la Ciudad de Huamachuco-La Libertad”
MUESTRA	: AGUA-CAPTACION
LUGAR	: El Barraje-Molino Grande-Huamachuco-Sanchez Carrion-La Libertad
COORDENADAS	: 9132922.76N-825866.88E
FECHA DE INGRESO	: 26 DE OCTUBRE DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

DETERMINACIONES	Unidades	Salida-004
Olor	-	Aceptable
Sabor	-	Aceptable
Color	Pt/Co	14
Turbidez	NTU	4
Ph	-	8.42
Conductividad	uS/cm	446
Solidos totales	mg/L	286
Cloruros	Cl mg/L	27.78
Calcio	Ca mg/L	35.53
Magnesio	Mg mg/L	21.7
Sodio	Na mg/L	12.8
Potasio	K mg/L	0.23
Sulfatos	SO <sub>4</sub> mg/L	42.2
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub> mg/L	182
Amoniaco	NH <sub>3</sub> mg/L	< 0.01
Cianuro total	CN mg/L	<0.01
Aceites y grasas	mg/L	<0.01
Carbonatos	CO <sub>3</sub> mg/L	0.00
Bicarbonatos	HCO <sub>3</sub> mg/L	42
Nitratos	NO <sub>3</sub> mg/L	0.83
Nitritos	NO <sub>2</sub> mg/L	0.081

Conclusión: Cumple las especificaciones establecidas Categoría 1: Subcategoría A (Aguas destinadas a producción de agua potable) para el consumo humano.  
TRUJILLO 09 DE NOVIEMBRE DEL 2022



**AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL**

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**METALES PESADOS  
ANÁLISIS DE METALES PESADOS:**

CODIFICACIÓN DE MUESTRA		004-salida
METALES PESADOS	UNIDADES	RESULTADO
PLATA	mg/L	<0.001
ALUMINIO	mg/L	0.0081
ARSÉNICO	mg/L	0.0022
BORO	mg/L	<0.001
BARIO	mg/L	<0.001
CADMIO	mg/L	0.0057
CERIO	mg/L	N.D.
COBALTO	mg/L	0.0019
CROMO	mg/L	<0.001
COBRE	mg/L	0.0086
HIERRO	mg/L	0.0049
MERCURIO	mg/L	<0.001
POTASIO	mg/L	0.19
LITIO	mg/L	N.D.
MANGANESO	mg/L	0.039
MOLIBDENO	mg/L	<0.001
SODIO	mg/L	14.8
NIQUEL	mg/L	0.0087
FÓSFORO	mg/L	11.56
PLOMO	mg/L	0.0021
ANTIMONIO	mg/L	<0.006
SELENIO	mg/L	<0.001
SILICE	mg/L	1.83
ESTAÑO	mg/L	N.D.
ESTRONCIO	mg/L	N.D.
TORIO	mg/L	<0.001
TITANIO	mg/L	N.D.
TALIO	mg/L	<0.001
URANIO	mg/L	N.D.
VANADIO	mg/L	<0.001
ZINC	mg/L	1.39

MÉTODO: Espectrómetro de Emisión en Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES) Prodigy



**AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL**

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
Recuento Total de bacterias	UFC/ 100 mL	15
Huevos y larvas de helmintos, quites y ooquistes de protozoarios patógenos	Nº org./L	0
Escherichia coli	NMP/ 100 mL	0
Virus	UFC/MI	0
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	Negativos
Coliformes totales	NMP/ 100mL	Negativo

Conclusión: Cumple con las especificaciones establecidas para el consumo humano  
**TRUILLO 09 DE NOVIEMBRE DEL 2022**

*Carlos Alberto Quintana*  
 CARLOS ALBERTO QUINTANA  
 INGENIERO QUÍMICO  
 CIP 122588

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com