

CAPÍTULO V

DISEÑO DEFINITIVO DEL SISTEMA DE ALCATARILLADO

5.1.- OBJETIVO Y ALCANCE

5.1.1.- Objetivo

Diseño a nivel definitivo del sistema de alcantarillado mixto determinado en la fase de factibilidad como la alternativa óptima para el Barrio “Las Palmas”.

5.1.2.- Alcance

- Diseño hidráulicos, sanitarios, estructurales de los diversos componentes (redes, colectores, pozos de revisión, descargas, plantas depuradoras, entre otras) del sistema de alcantarillado mixto
- Control de las descargas de aguas servidas y de cuerpos receptores para que estas cumplan con las normas de vertidos que para el efecto tiene el TULAS.
- Manejar correctamente las normas y regulaciones urbanas de la municipalidad del cantón Pastaza.
- Proteger la flora y fauna de los causes superficiales para evitar los efectos producidos por la contaminación.

5.2.- DISPOSICIONES GENERALES

La complejidad de los factores que intervienen en el estudio y realización del sistema de alcantarillado, ha obligado a tomar consideraciones especiales para su implementación, por ello las aguas servidas de una comunidad deben ser recogidas y conducidas mediante una red de alcantarillado mixto hasta su planta de tratamiento antes de ser descargadas en los ríos.

5.3.- DISEÑOS HIDRÁULICOS, SANITARIOS Y ESTRUCTURALES

El diseño hidráulico utiliza el programa computacional Sewer – CAD el cual, utiliza

los siguientes datos:

Tabla N° 5.1: Resumen de Datos

PARÁMETROS	RESULTADOS
Población (P)	9.798 hab.
Caudal medio final (Q _{mf})	0,2768 lt / (seg. * ha)
Caudal de infiltración (Q _{inf})	0,1345 lt / (seg. * ha)
Caudal de ilícitas (Q _{il})	0,1204 lt / (seg. * ha)
Caudal de diseño (Q _{dis})	0,5317 lt / (seg. * ha)
Intensidad (ITR)	100,61 mm / h
Coefficiente de escorrentía (C _{ponderado})	0,3383

Fuente: Propia

El programa utiliza la relación de Manning para la obtención de caudal de flujo lleno en las tuberías, considerando un coeficiente de rugosidad para plástico de $n = 0,0010$; que se toma de las librerías incorporadas dentro del programa.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional)

R = Radio hidráulico (m)

J = Pendiente (m/m)

El Radio hidráulico se define como:

$$R = \frac{A_m}{P_m}$$

Donde:

A_m = Área de la sección Mojada (m²)

P_m = Perímetro de la sección Mojada (m)

5.3.1.- Cálculos Hidráulicos

El programa de cálculo es alimentado con las cotas del proyecto y, genera los perfiles de flujo en cada una de las redes de tuberías que comprende el proyecto con la ayuda de las ecuaciones de la energía. Estos perfiles consideran la formación de resaltos hidráulicos al ingreso de los pozos, lo cual representa una herramienta muy eficaz para verificar el correcto funcionamiento del sistema evitando en todo momento que alguno de los tramos trabaje a presión debido a que se considera que estos sistemas siempre deben trabajar a flujo libre.

Para trabajar con el programa es necesario dividir en tramos las zonas en estudio, con ello se va introduciendo los nombres de calles, cotas, longitudes, tipo de material de tubería en cada tramo, datos de intensidad de lluvia, coeficiente de escorrentía y áreas de aportación del sistema para su respectivo cálculo.

Los resultados más importantes que arroja el programa son:

- Nudo inicial y final.
- Cota superior e inferior de cada tramo.
- Longitud
- Diámetro de tubería.
- Gradiente hidráulica.
- Material.
- Velocidad.
- d/d.
- Caudal a flujo lleno.

Tabla N° 5.2: Formato de la Tabla de Cálculo

Tubería	Nudo Inicial	Nudo Final	Cota del Terreno (m)	Cota del Proyecto (m)	Longitud (m)	Diámetro (mm)	J (m/m)	Material	Velocidad (m/s)	d/D (%)	Qs (l/s)

Fuente: Propia

Eventualmente pequeños tramos de tubería podrían trabajar a presión pero por lapsos muy cortos de tiempo, es decir cuando la intensidad de lluvia llegue a sus valores máximos. (Ver Planos de Redes y Perfiles)

5.4.- TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

5.4.1.- Generalidades

Debido a que, las aguas de vertido no cumplen con las normas del TULAS se hace necesario un tratamiento previo a las mismas para que cumplan con los parámetros que son DBO₅, DQO, E – Choli por lo que, se a previsto hacer un tratamiento el cual estará asociado a los usos consuntivos del cuerpo receptor (Río Pindo Grande) al cual, fluyen las aguas servidas y, como se menciona anteriormente de acuerdo al trabajo de campo realizado de caracterización de la calidad de agua del Río Pindo, este cuenta con valores por debajo de la norma para usos sin ningún tipo de restricción; sin embargo, el proyecto considera necesario la formulación de tratamientos alternativos que tiendan a mantener la calidad del recurso lo que incidirá positivamente en la relación socio ambiental de la comunidad.

Para evitar que las aguas lluvias entren al sistema de tratamiento, se a previsto la construcción de pozos con separadores de caudal los cuales trabajaran cuando se presenten aguas lluvias.

5.4.2.- Separador de Caudal

El separador de caudales consiste en dividir parcialmente los caudales diluidos; el caudal desviado (sanitario diluido) se descarga al sistema de alcantarillado del barrio “Las Palmas”, y el caudal pluvial se desviara hacia el Río Pindo Grande el cual servirá como cuerpo receptor, hay que tener en cuenta que estas aguas descargadas van a ser aguas lluvias con un grado menor de contaminación, las cuales pueden autodepurarse en el cauce normal del río aguas abajo. (Ver Anexo N° 7)

Las aguas que continúan por la red son bombeadas para llegar a la Planta de Tratamiento, por encontrarse a un nivel bajo antes de la misma. (Ver Anexo N° 8 y Plano Cárcamo de Bombeo)

5.4.3.- Ubicación de la Planta de Tratamiento

La planta de tratamiento se ubica en un terreno de propiedad municipal el cual por estar junto al río se encuentra en una cota baja haciéndose necesario que las entregas de las aguas servidas se las haga mediante un carcomo de bombeo que permite elevar las aguas hacia la mencionada planta de tratamiento la cual se ubicara sobre la cota 918,40 cota que permite la construcción de la misma conforme a los estudios de suelos.

5.5.- ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Son varios los factores que intervienen para la selección de procesos y operaciones de tratamiento de aguas residuales, pero los más importantes son:

- **Factibilidad.-** Parámetro que debe considerar la compatibilidad con las condiciones existentes de dinero, terreno y aceptabilidad del cliente o de la comunidad propietaria del mismo.
- **Costo.-** El proceso debe ser de costo mínimo, la comunidad y el propietario debe estar en capacidad de costear el sistema de tratamiento, su operación y mantenimiento.

5.5.1.- Análisis de las Alternativas

Para la realización de un tratamiento primario de las aguas residuales antes de su disposición final, según lo exigen las normas ambientales y de salud, sin olvidar la realidad económica y social del Puyo, se plantearon las siguientes alternativas:

- Lagunas Airadas seguidas de Facultativas.
- Tanque Imhoff.
- Tanque Digestor Anaerobio (RAP).

5.5.1.1.- Laguna Aireada Seguida de Facultativa

Este tipo de laguna es también conocida como laguna con biomasa en suspensión parcial y normalmente es recomendable para climas templados o cálidos. En este proceso el oxígeno es abastecido totalmente en forma artificial por medio de aireadores mecánicos.

Tabla N° 5.3: Parámetro de Diseño para Lagunas Aireadas

Parámetro	Base del Dimensionado
Tiempo de Residencia	20 días (tiempo de residencia que se reduce, en realidad a una quincena de días después de unos años de funcionamiento debido al volumen ocupado por los sedimentos de materias en suspensión \Rightarrow por lo que no se debe intentar reducir este tiempo de residencia durante el diseño).
Volumen	3 m ³ por habitante equivalente.
Profundidad	2,00 a 3,50 m con aireadores de superficie (las turbinas rápidas de 4 kW corresponde a profundidades del orden de 2,50 m; las de 5,50 kW se utilizan con profundidades de entre 2,50 y 3,00 m). > 4,00 m posible con insuflación de aire.
Forma de la Balsa	Un cuadro alrededor de cada aireador.
Potencia específica de aireación	Las necesidades de oxígeno son del orden de 2 Kg. O ₂ /Kg. DBO ₅ . Para limitar las sedimentaciones a un volumen que no perturben al tratamiento, y por otra parte, prevenir la formación de algas microscópicas, es necesario sobredimensionar los aireadores y utilizar una potencia incluida entre 5 y 6 W/m ³ . Siempre se puede reducir el tiempo de funcionamiento de estos reactores con respecto a los tiempos de marcha de los aireadores de menos potencia, lo que permite limitar los costos adicionales de funcionamiento.

Fuente: Propia

Tabla N° 5.4: Base del Dimensionado para la Laguna de Decantación

Parámetro	Base del Dimensionado
Volumen	0,60 a 1,00 m ³ por habitante equivalente
Profundidad	2,00 a 3,00 m con aireadores de superficie
Forma de la Balsa	rectangular con una relación anchura / longitud igual a 2/1 o 3/1
Profundidad	2,00 m con el fin de dejar un metro de agua libre antes de retirar los lodos.

Fuente: Propia

5.5.1.1.1.- Mantenimiento

Las diferentes tareas de conservación y de mantenimientos se describen en el cuadro a continuación:

Tabla N° 5.5: Mantenimiento de las Lagunas Aireadas

Tarea	Frecuencia	Observaciones
Limpieza de las instalaciones de pretratamiento.	1 / semana	
Inspección general de las balsas	1 / semana	
Extracción de los lodos de las lagunas de decantación.	1 vez cada dos años en carga nominal	El primer vaciado sólo es necesario después de 3 a 4 años de funcionamiento.
Regulación, programación de la aireación.	2 / año	Operación con mayor complejidad que necesita varias semanas después de cada programación y verificación del nuevo equilibrio biológico en la balsa.
Segado, siega.	De 2 a 5 / año	
Verificación y medida de los contadores.	1 / semana	
Registro del cuaderno de instrumentos.	1 / semana	

Fuente: Propia

5.5.1.1.2.- Diseño¹²

Datos para el Diseño

Población = 9.798 hab.

Dot Ap = 230 l/ hab.- día

Q = 36,00 l/seg.

DBO₅ (So) = 160 mg/l

DBO₅ (Se) = 20 mg/l

Laguna Aireada

Balance de masas del sustrato (DBO)

¹² Se sigue metodología de cálculo del Dr. Fabián Yáñez, Lagunas de Estabilización, Teoría, Evacuación, Diseño y mantenimiento.

$$k * Se = \frac{So - Se}{\theta_H * X}$$

Balance de masa de la muestra

$$X = \frac{Y(So - Se)}{1 + (Kd * \theta_H)}$$

Donde:

K = Coeficiente específico de sustrato

Kd = Coeficiente específico de consumo

Y = Coeficiente de producción de bacterias

Se = DBO efluente

So = DBO afluente

θ_H = Tiempo de residencia hidráulica

Asiendo un sistema de dos ecuaciones entre 1 y 2 encontramos θ_H

$$\theta_H = 40,31 \text{ días}$$

Conociendo que:

$$V = Q * \theta_H$$

$$V = 5224,18 \text{ m}^3$$

Se adopta una altura $h = 2,50 \text{ m}$

$$A = 2089,67 \text{ m}^2$$

El área de implantación de la laguna aireada es 2089,67 m², adoptando un área de 2090,00 m².

Producción de Lodo

$$prod\ lodo = Q_{as} * Peso\ Lodo$$

$$prod\ lodo = 3110,40 \frac{m^3}{día} * 0,02 \frac{Kg}{m^3}$$

$$prod\ lodo = 62,21 \frac{Kg}{día}$$

Potencia de la Bomba

Oxígeno = O₂

$$O_2 = \frac{Q * (S_o - S_e)}{0,67} - 1,42 * prod\ lodo$$

$$O_2 = \frac{3110,40 * (0,16 - 0,02)}{0,67} - 1,42 * 62,21$$

$$O_2 = 23,40 \frac{Kg}{h}$$

$$Pot.\ Bomba = \frac{O_2}{0,8}$$

$$Pot.\ Bomba = \frac{23,40 \frac{Kg}{h}}{0,8 \frac{Kg\ O_2}{Hp/h}}$$

Pot. Bomba = 29,25 Hp

Se considera la potencia de la bomba de 30 Hp.

5.5.1.2.- Tanque Imhoff

5.5.1.2.1.- Introducción

El tanque imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos.

Los tanques imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena. El tanque imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos:

- Cámara de sedimentación.
- Cámara de digestión de lodos.
- Área de ventilación y acumulación de natas.

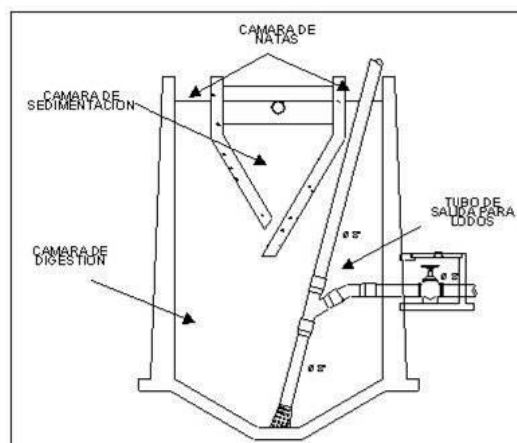


Figura N° 5.1: Tanque Imhoff

5.5.1.2.2.- Diseño de Tanque Imhoff

Datos para el Diseño

$$P = 9.798 \text{ hab.}$$

$$Q = 129,60 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$DBO_5 = 12 \text{ mg/l}$$

$$Sol \text{ Susp} = 62 \text{ mg/l}$$

Diseño del Sedimentador

Período de retención hidráulica, entre 1,5 a 2,5 horas (recomendable 2 horas).

$$Tr = 2 \text{ horas}$$

$$V_s = Tr * Q$$

$$V_s = 2 * 129,60$$

$$V_s = 259,20 \text{ m}^3$$

Para la cámara de sedimentación la tasa de desbordamiento será de $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{hora}$

$$A_s = \frac{Q}{V_o}$$

$$A_s = \frac{129,60}{1}$$

$$A_s = 129,60 \text{ m}^2$$

Para la cámara de sedimentación hacemos la relación:

$$\frac{L}{B} \text{ de } 1 \text{ a } 2,5$$

L = Largo

B = Ancho

$$\frac{L}{B} = 1,5$$

$$B = \frac{L}{1,5}$$

$$A = L * B$$

$$L^2 = A * 1,5$$

$$L^2 = 129,60 * 1,5$$

$$L = 13,94 \text{ m}$$

Se adoptó una longitud de 14 m.

Área de Ventilación y Cámara de Natas

Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimentador (zona de espuma o natas) se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- El espaciamiento libre será de 1,0 m como mínimo.
- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.
- El borde libre será como mínimo de 0,30 cm.

Área de ventilación % Asumido = 30%

$$\frac{X}{(A_{sed} + X)} = 0,3$$

$$\frac{X}{(129,60 m^2 + X)} = 0,3$$

$$X = 55,54 m^2$$

Para cada uno de los canales de ventilación se tiene:

$$L = 14,00 \text{ m}$$

$$N^{\circ} \text{ canales} = 2$$

$$b = \frac{X/L}{2}$$

$$b = \frac{55,54/14,00}{2}$$

$$b = 1,98 m$$

$$\tan 30^{\circ} = 0,58$$

$$\frac{b/2}{h} = \tan 30^{\circ}$$

$$h = 1,72 m$$

$$V = \frac{(b \cdot h)}{2} * L$$

$$V = 23,85 m^3$$

Diseño del Digestor

$$V = 259,20 \text{ m}^3$$

Para la zona de las paredes inclinadas 30°

$$X = 2,07 * \tan 30^\circ$$

$$X = 0,05 \text{ m}$$

Volumen de cada pirámide truncada

$$V_p = \frac{h}{3} \left(A_1 + A_2 + (A_1 + A_2)^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$V_p = 109,31 \text{ m}^3$$

Como son dos tenemos

$$V_p \text{ Total} = V_p * 2$$

$$V_p \text{ Total} = 218,62 \text{ m}^3$$

Entonces el volumen sobrante es

$$V_r = V - V_p \text{ Total}$$

$$V_r = 40,57 \text{ m}^3$$

Y este será suplido con las paredes verticales

$$h_p = \frac{V_r * L}{V_p \text{ Total}}$$

$$hp = 2,60m$$

Entonces se tiene:

PARÁMETRO	VALOR
Borde Libre	0,30
Cámara de sedimentación	1,72
Zona neutra	0,45
Cámara de digestión	0,50
Altura de las paredes	2,60
TOTAL	5,57

Las dimensiones son:

$$\text{Largo } (L) = 14,00 \text{ m}$$

$$\text{Ancho } (A) = 9,25 \text{ m}$$

$$\text{Alto } (H) = 5,57 \text{ m}$$

5.5.1.3.- Tanque Digestor Anaerobio (RAP).

5.5.1.3.1.- Antecedentes

En las dos últimas décadas ha venido surgiendo una nueva tecnología, la Digestión Anaerobia, DA, que promete bajar en varias veces el costo del tratamiento y operación de las aguas residuales.

El RAP es una modificación del reactor anaerobio de pantallas en el cual se permite que la superficie de interfaz líquido – gas esté en contacto directo con la atmósfera natural. También se adiciona un lecho de empaquetamiento para mejorar la distribución hidráulica del flujo y evitar la compactación de la biomasa. Posee un comportamiento final de sedimentación.

Este es un reactor para temperaturas entre 15 y 20°C, desarrollando a partir de los siguientes conceptos:

- Flujo pistón.
- Medio plástico inmerso en el agua residual.
- Alta porosidad para mejorar la separación de gases y biomasa (fases líquida y sólida), y produce un flujo pistón mediante ballas que hacen subir y bajar el sustrato o agua residual, sin buscar adherencia.

5.5.1.3.2.- Diseño del RAP

Datos para el Diseño

Población de diseño (P) = 9.798 hab.

Dotación futura (q) = 230,00 l/hab.-día

Porcentaje de retorno (f) = 0,80

Longitud de la red (L) = 8,85 Km.

Aguas de infiltración (qi) = 0,20 l/seg. – Km.

Aguas ilícitas (qil) = 0,001 l/hab. – seg.

Carga orgánica (Co) = 50,00 g/hab. – día

DBO5 promedio (DBO) = 160,00 mg/l

CAUDAL DE DISEÑO

$$Q_{ar} = \frac{P * q * f}{86400}$$

$$Q_{ar} = 20,87 \frac{l}{seg}$$

Caudal Aguas de Infiltración

$$Q_i = L * q_i$$

$$Q_i = 1,77 \frac{l}{seg}$$

Caudal Aguas Ilícitas

$$Q_{il} = q_{il} * P$$

$$Q_{il} = 13,33 \frac{l}{seg}$$

Caudal Total

$$Q_T = 35,96 \frac{l}{seg}$$

CARGA DE DISEÑO

Carga Orgánica Domestica

$$LT = \frac{C_o * P}{1000}$$

$$LT = 489,90 \frac{Kg DBO_5}{d}$$

$$F_o = \frac{LT}{Q_T}$$

$$F_o = 157,67 \frac{mg}{l}$$

DIMENSIONAMIENTO DEL REACTOR

Carga Volumétrica

$$L_v = 550,00 \frac{\text{g DBO}_5}{\text{m}^3 * \text{día}}$$

Tiempo de Detención

$$td = \frac{F_o}{L_v}$$

$$td = 0,29 \text{ día}$$

Volumen de los Reactores

$$V_R = td * QT$$

$$V_R = 890,73 \text{ m}^3$$

Número de Reactores

$$n = 5$$

Volumen de cada Reactor

$$V = \frac{V_R}{n}$$

$$V = 178,15 \text{ m}^3$$

GEOMETRÍA DEL REACTOR

Ancho $a = 6,00 \text{ m}$

Largo $l = 10,00 \text{ m}$

Alto $h=3,00\text{ m}$

Volumen

$$V = a * l * h$$

$$V = 180,00\text{ m}^3$$

Velocidad Hidráulica

$$V_s = 3,00 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

Velocidad de Sedimentación

$$V_{sed} = 1,00 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

5.5.1.3.3.- Control de Olores

Debe cumplirse con lo siguiente:

- Minimizar la turbulencia, evitar caídas mayores a 5 cm.
- Seleccionar adecuadamente el sitio de la planta.
- Buscar que se produzcan sumergencias en las tuberías que conecten los diferentes sistemas del reactor.
- Recoger los gases secundarios y primarios.
- Minimizar escapes de gases de los reactores y sistemas de manejo.
- Colocar separadas las cajas de entrada y salida de caudales.
- Coloración de barreras vivas.
- Colocar plantas aromatizantes.

La distancia mínima a la residencia más próxima de la planta de tratamiento debe ser 200 m amenos que el estudio de impacto ambiental demuestre la ausencia de efectos indeseables a la comunidad.

5.5.2.- Selección de la Alternativa más Óptima de Tratamiento

Para determinar la alternativa más óptima se toma en consideración criterios técnicos, económicos, de operación, de mantenimiento y de vulnerabilidad e impactos ambientales.

5.5.2.1.- Criterios Técnicos

Este considera la calidad del efluente que se tendrá en los procesos analizados y se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla N° 5.6: Comparación de Tratamientos Analizados

Alternativa	Calidad Efluente	Observaciones
Lagunas Aireadas + Facultativas	Reduce DBO 20% Remoción E - Choli 95%	Para su implantación es necesario por lo menos 1 Ha
Tanques Imhoff	Reduce DBO 30% Remoción E - Choli 95%	Se hace necesario que los efluentes se dispongan hacia un campo de infiltración
Tanque Digestor Anaerobio	Reduce DBO 40% Remoción E - Choli 99%	Se debe acondicionar el medio filtrante

Fuente: Propia

Como se puede observar, si se toma en consideración los criterios técnicos, el tanque digestor anaerobio sería el más favorable. Se debe recalcar que al verter las aguas hacia el Río Pindo Grande, cualquier tratamiento de los analizados prácticamente cumplirían con la normativa ambiental sobre los usos consuntivos sin ningún tipo de restricciones.

5.5.2.2.- Criterio Económico

El presente análisis considera los costos de inversión de las mencionadas plantas. En la tabla N° 5.7 se presentan los costos referenciales de las alternativas analizadas.

Tabla N° 5.7: Comparación de Tratamientos por Costos de Inversión

Alternativa	Costo referencial USD	Observaciones
Lagunas Aireadas + Facultativas	\$ 127.367	
Tanques Imhoff	\$ 26.381	No considera campo ni zanjas de infiltración
Tanque Digestor Anaerobio	\$ 36.403	Se debe incluir el medio de contacto

Fuente: Propia

En lo referente al costo de obras civiles, se puede apreciar que el tanque Imhoff es la alternativa óptima, seguido por el tanque digestor anaerobio.

5.5.2.3.- Criterios de Operación y Mantenimiento

Para las tres alternativas se necesita un operador para que puedan laborar en condiciones normales. Este operador se dedicara básicamente a la limpieza de detritos, comprobar que no se presentan cortocircuitos en el funcionamiento hidráulico, comprobar caudales tratados y comprobar su adecuada disposición de los efluentes hacia el Río Pindo Grande.

En el caso particular de la laguna aireada, es la más desventajosa ya que necesita de un motor de 30HP lo que incidiría en sus costos de operación por consumo de energía y reposición de las mismas.

5.5.2.4.- Criterio Ambiental y Vulnerabilidad

Dentro de los parámetros ambientales, la implantación de un sistema de tratamiento de aguas residuales trae beneficios especialmente en su población ya que se mejoran los índices de salud pública, se eliminaría posible contaminación del río Pindo Grande y, adicionalmente la población adquirirá conciencia sobre el uso de los sistemas de saneamiento (agua potable y alcantarillado).

Los parámetros ambientales a ser considerados en el presente análisis son:

- Modificaciones paisajistas (MP).
- Alteración al suelo (AS).
- Infraestructura (IF).
- Flora y Fauna (FF).
- Contaminación atmosférica (CA).

Tabla N° 5.8: Comparación de Tratamientos por Efectos Ambientales

Alternativa	Parámetro Ambiental		Observaciones
	Código	Valor	
Lagunas Aireadas + Facultativas	MP	-6	La laguna se encuentra muy cercana al área poblada por lo que se tendría problemas de sanidad pública.
	AS	-8	
	IF	-4	
	FF	-5	
	CA	-3	
Tanques Imhoff	MP	-2	Se pueden producir malos olores en la cámara de digestión o lodos.
	AS	-2	
	IF	-3	
	FF	-3	
	CA	-3	
Tanque Digestor Anaerobio (RAP)	MP	-2	
	AS	-2	
	IF	-2	
	FF	-2	
	CA	-2	

Fuente: Propia

Del análisis del cuadro se concluye que desde el punto de vista ambiental y vulnerabilidad la alternativa más favorable es el tanque digestor anaerobio.

5.5.2.5.- Comparación de las Alternativas Considerando todos los Criterios

A continuación se presenta la ponderación realizada para determinar la alternativa más óptima. Esta ponderación consiste en dar un peso a cada uno de los criterios analizados y calificarlos de 1 a 5.

En la tabla N° 5.9 se ponderan las alternativas conforme a los criterios y ponderación establecida:

Tabla N° 5.9: Análisis de Alternativas

Criterio	Alt. 1 (Laguna Aireada)	Alt. 2 (Tanque Imhoff)	Alt. 3 (RAP)
Técnico	2	3	2
Inversiones	5	2	3
O & M	4	2	2
Ambiental	5	4	2
Total	16	11	9

Fuente: Propia

Del análisis realizado, se desprende que la alternativa óptima será la de construir un tanque digestor anaeróbico (Ver Anexo N° 9); esta alternativa es la más viable inclusive desde el punto de vista ambiental por lo que se recomienda realizar los diseños a nivel de detalle del tanque digestor anaeróbico.