

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



**CONSTRUCCION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA LOCALIDAD DE CASCAS PROVINCIA DE
GRAN CHIMU – LA LIBERTAD**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

WILLIAM MATEO PALMER BERNAL

Lima- Perú

2015

ÍNDICE

	Pag.
RESUMEN	4
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS	8
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	12
1.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	12
1.1.1 Fuentes de Aguas Residuales	12
1.1.2 Características de Aguas Residuales	13
1.1.3 Efectos de Polución por Aguas Residuales	14
1.2 CONTAMINACIÓN DE CUERPOS RECEPTORES	15
1.2.1 Consecuencias de la Contaminación	16
1.3 AUTOPURIFICACIÓN	16
1.3.1 Descarga de Aguas Residuales y Autopurificación en Corrientes	17
1.4 EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO	17
1.4.1 Clasificación de los Procesos para el tratamiento de aguas residuales	19
1.4.2 Pretratamiento de Aguas Residuales	20
1.4.3 Tratamiento Primario	21
1.4.4 Tratamiento Secundario	21
1.4.5 Tratamiento Terciario o Avanzado	21
1.4.6 Remoción de Sólidos Suspendidos y Sedimentables	21
1.4.7 Remoción de Materia Orgánica Biodegradable	22
1.5 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	23
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO	25
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA LOCALIDAD	25
2.1.1 Ubicación	25
2.1.2 Vías de Acceso	26
2.1.3 Clima	26
2.1.4 Hidrología	28
2.1.5 Aspecto Socioeconómico	28

CAPÍTULO V : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1 CONCLUSIONES	73
5.2 RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS	77

RESUMEN

El desarrollo de procesos para el tratamiento de las aguas residuales surgió como una respuesta a las demandas sociales en lo referente a salud pública y a la contaminación ambiental. Existe una gran variedad de procesos para el tratamiento del agua residual, de los cuales unos cuantos son económicamente viables de aplicarse a gran escala. En este trabajo, revisaremos la construcción de una planta de tratamiento diseñada para pequeñas poblaciones urbanas.

El diseño de la Planta de tratamiento de aguas residuales, del distrito de Cascas considera un pretratamiento que consiste en una cámara de rejas y un canal desarenador, así como un tratamiento primario provisto de un tanque sedimentador Imhoff y un tanque Dortmund, seguido de un tratamiento secundario dotado de un filtro percolador, finalmente un tratamiento por desinfección con cloro; para luego evacuar de las aguas servidas tratadas hacia el cuerpo receptor, que en este caso será el río Cascas. La planta de tratamiento, cuenta con dos lechos de secado para la deshidratación de lodos.

En la construcción del tanque Imhoff no estaba previsto encontrar un terreno rocoso durante la excavación, además de una napa freática a dos metros del fondo de cimentación; por lo que se tuvo que construir dos drenes, del tipo francés, y modificar la cota de cimentación. Los drenes tuvieron las características siguientes, uno para drenar el agua de toda la excavación y el otro para poder extraer las aguas de las partes más bajas del tanque Imhoff.

El diseño del filtro percolador también fue modificado en dos aspectos que no estaban previstos. La primera modificación se debió a que las columnas de soporte de la losa de drenaje eran muy esbeltas; y se tuvieron que ensanchar hasta en un 50%. La segunda modificación, fue porque el encofrado de la losa de drenaje tenía una altura insuficiente de 30 cm, y fue cambiada a 60 cm para poder ser desencofrada una vez construida. También incluimos la construcción de taludes 1:1, alrededor de todo el filtro para la aireación de la losa de drenaje; a éstos taludes se les incluyó dos canaletas una de coronación y otra al pie del talud para la evacuación de las aguas de lluvia.

En la actualidad debido a que las aguas residuales en el distrito de Cascas, no son tratadas; y por tanto vertidas directamente a la quebrada Collocate. La

Municipalidad de Cascas, ha planificado la construcción de una PTAR, que mejorará las condiciones de salubridad del distrito.

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1 : Composición de la aguas residuales domésticas	12
Figura 2.1 : Mapa de localización y ubicación del distrito de Cascas	25
Figura 2.2 : Temperatura máxima y mínima de la localidad de Cascas	27
Figura 2.3 : Distribución de tierras en la Provincia de Gran Chimú	29
Figura 2.4 : Captaciones del agua potable para la localidad de Cascas	32
Figura 2.5 : Línea de Conducción los Chimbiles.	33
Figura 2.6 : Reservorios existentes en la localidad de Cascas	34
Figura 3.1 : Distribución de la Ptar de la localidad de Cascas	36
Figura 3.2 : Valores de Sedimentación	49
Figura 3.4 : Dimensiones del sedimentador	52
Figura 3.5 : Tanque Imhoff con sus respectivas dimensiones	54
Figura 3.6 : Dimensiones del tanque Dortmund	60

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1.1 : Composición de excrementos y orina humanos	14
Tabla 1.2 : Efectos indeseables de las aguas residuales	15
Tabla 2.1 : Vías de acceso a la localidad de Cascas	26
Tabla 2.2 : Características de la población de Cascas	29
Tabla 3.1 : Parámetros de diseño para rejillas de barras	43
Tabla 3.2 : Factores de capacidad relativa	53
Tabla 3.3 : Aporte per cápita de aguas residuales domésticas	55
Tabla 3.4 : Tiempo de digestión de lodos	56
Tabla 3.5 : Carga de superficie	58

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

Aar	-	Área aguas arriba
Ae	-	Área libre de la sección de barras
Als	-	Área del lecho de secado
ARD	-	Aguas Residuales Domésticas
As	-	Área del sedimentador
Av	-	Área de ventilación
Azr	-	Área útil de la zona de rejillas
bg	-	Suma de separación entre barras
C_D	-	Coefficiente de arrastre
Cs	-	Carga de Superficie
DBO	-	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DBO₅	-	Demanda Bioquímica de Oxígeno
ECA	-	Estándares de calidad del agua
Fch	-	Factor de corrección hidráulica
f'c	-	Resistencia del concreto en Kg/cm ²
fcr	-	Factor de capacidad relativa
H	-	Tirante de Agua
Hf	-	Pérdida de carga en m
hab/día	-	Habitante por día
IDH	-	Índice de Desarrollo Humano
L	-	Longitud del canal desarenador
La	-	Longitud adicional por turbulencia
LMP	-	Límite Máximo Permisible
l/hab/d	-	Litros por habitante por día
Ms	-	Masa de solidos
n	-	Coefficiente de rugosidad de Manning
OD	-	Oxígeno disuelto
OD_{sat}	-	Oxígeno disuelto saturado
Pf	-	Población futura
Ptar	-	Planta de tratamiento de aguas residuales
Qd	-	Caudal de diseño
Qmh	-	Caudal máximo horario
Qmin	-	Caudal mínimo

Qp	-	Caudal promedio
R	-	Periodo de retención hidráulica
Re	-	Número de Reynolds
RH	-	Radio Hidráulico
S	-	Pendiente de canal
SS	-	Solidos suspendidos
SS/día	-	Solidos suspendidos por día
Td	-	Tiempo requerido para la digestión de lodos
Vd	-	Volumen del digestor
Vel	-	Volumen de lodos a extraerse
Vld	-	Volumen de lodos digeridos
Vs	-	Volumen del sedimentador
η	-	Viscosidad cinemática del agua
ρ_{lot}	-	Densidad de lodos
ρ_s	-	Densidad relativa de la arena

INTRODUCCIÓN

El presente Informe de suficiencia intitulado "Construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales para la localidad de Cascas provincia de Gran Chimú – La Libertad", consta de cinco capítulos, en los que detallamos todo el proceso constructivo de la referida planta.

El capítulo uno, describimos las características de las aguas residuales, las consecuencias de su contaminación, la evaluación y clasificación de procesos de tratamiento.

El capítulo dos, brindamos una descripción del área donde será construida la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), también realizamos el diagnóstico de los servicios de agua potable y alcantarillado.

En el capítulo tres, realizamos el diseño de la PTAR, consistente de una cámara de rejas y desarenador, un tanque Imhoff, dos lechos de secado, un tanque tipo Dortmund, un filtro percolador, y una cámara de cloración.

El capítulo cuatro está dedicado a los procesos constructivos de la PTAR, descritos a través de un panel fotográfico.

Finalmente, en el capítulo cinco describimos las conclusiones y recomendaciones obtenidas a lo largo de todo el proceso constructivo de la PTAR.

OBJETIVO PRINCIPAL

1. Verificar el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Brindar adecuadas condiciones de salubridad a la población, respecto al tratamiento y disposición final de los desagües de la población asentada en el distrito de Cascas en base a la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales.
2. Presentar el diseño de la planta de tratamiento para un periodo de diseño de 20 años.
3. Detallar las especificaciones técnicas y presupuesto, necesarios en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales.
4. Documentar el proceso constructivo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

La generación de las aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana. El tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas, y de sus efectos principales sobre la fuente receptora [13].

1.1.1 Fuentes de Aguas Residuales

El origen de las aguas residuales es un factor determinante en las características (composición y concentración) de cada desecho; en general podemos distinguir tres tipos [7].

a. Aguas residuales Domésticas(ARD)

Son las aguas residuales provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales [13].

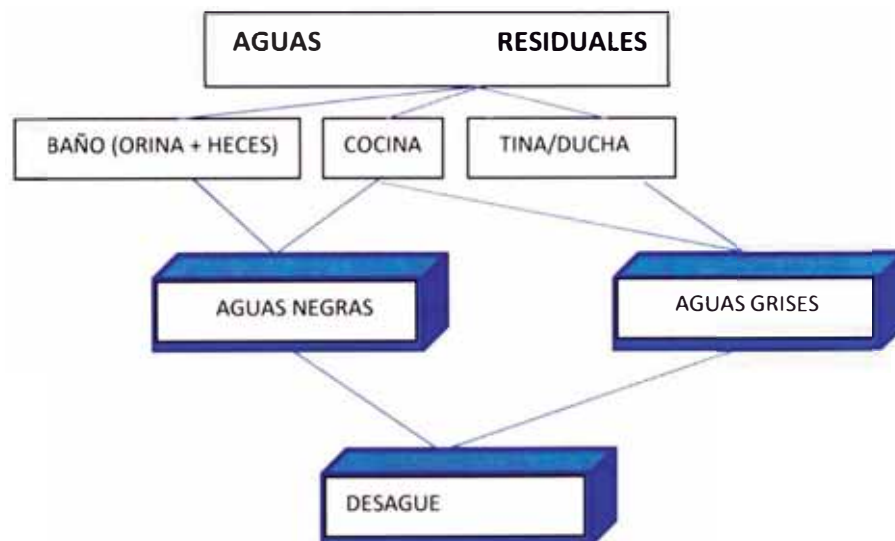


Figura 1.1: Composición de las aguas residuales domésticas

Fuente: Elaboración Propia

b. Aguas Residuales Industriales

Son las aguas desechadas de los procesos y operaciones de transformación de las industrias, su composición varía con los diferentes tipos de industria. La variabilidad en las características de

los desechos industriales es inmensa y corresponde con la multiplicidad de procesos y productos que se elaboran en las diferentes industrias [7].

c. Aguas Residuales Agro Industriales

Se producen en explotaciones pecuarias y procesamiento de cosechas de cultivos. Aportan cantidades apreciables de materia orgánica biodegradable, materia en suspensión, nitrógeno y fósforo [7].

1.1.2 Características de Aguas Residuales

De la misma manera que en las aguas naturales, en las aguas residuales se miden las características **físicas, químicas y biológicas**, para establecer principalmente las cargas orgánicas y de sólidos que transportan. Esto servirá para determinar, los efectos del vertimiento a cuerpos de agua y seleccionar las operaciones y procesos de tratamiento que resultasen, más eficaces y económicos [7]; toda caracterización de aguas residuales implica de un programa de muestreo apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas estándares que aseguren precisión y exactitud en los resultados.

a. Características Físicas

En la caracterización de las aguas residuales es importante conocer la temperatura, concentración y clase de sólidos, el color, olor y sabor no son significativos en la caracterización de desechos líquidos [7]. La temperatura varía de un lugar a otro, durante las horas del día, y épocas del año, el aumento de temperatura acelera la descomposición de la materia orgánica, aumenta el consumo de oxígeno para la oxidación, disminuye la solubilidad del oxígeno y otros gases, y modifican la velocidad de sedimentación de las partículas en suspensión. Los sólidos contenidos en aguas residuales se oxidan consumiendo oxígeno disuelto en el agua, sedimentan al fondo de los cuerpos receptores donde modifican el hábitat natural y afectan la biota acuática.

b. Características Químicas

A diferencia de las aguas naturales, las aguas residuales han recibido sales inorgánicas y materia orgánica de la preparación de alimentos y

metabolismo humano principalmente, y todo clase de materiales que se descargan por los desagües [7]. Las aguas residuales industriales son las que mayores contaminantes químicos contienen.

c. Características Biológicas

En las aguas residuales se encuentran microorganismos saprofitos que degradan la materia orgánica en compuestos simples utilizando o no oxígeno disuelto y, microorganismos patógenos agregados a las aguas que mueren rápidamente al encontrarse en un medio o hábitat extraño. Las características biológicas de aguas residuales se miden en pruebas para organismos indicadores como el nivel máximo permisible (NMP) y conteo total de bacterias [7].

Tabla 1.1 Composición de excrementos y orina humanos

Composición de excrementos y orina humanos		
Características	Materia Fecal	Orina
Cantidad (húmeda) por hab/día	135 – 270 g	1 -1.3 kg
Cantidad (Seca) por hab/día	35 – 70 g	50 -70 g
Humedad %	66 – 80	93 – 96
Materia Orgánica, %	88 – 97	65 – 85
Nitrógeno, %	5 – 7	15 – 19
Fósforo, (como P ₂ O ₃), %	3 – 5.4	2.5 – 5.0
Potasio (como K ₂ O)), %	1 – 2.5	3.0 – 4.5
Carbón, %	44 – 55	11 – 17
Calcio (como CaO), %	4.5	4.5 – 6.0

Fuente: Tratamiento de aguas residuales (Jairo Alberto Romero Rojas)

1.1.3 Efectos de Polución por Aguas Residuales

Toda agua residual afecta en alguna manera la calidad del agua de la fuente o cuerpo de agua receptor. Sin embargo, se dice que un agua residual causa polución solamente cuando introduce condiciones o características que hacen el agua de la fuente o cuerpo receptor sea inaceptable para el uso propuesto de la misma. A continuación presentamos los efectos más importantes de los principales agentes de polución de las aguas residuales [13].

Tabla 1.2. Efectos indeseables de las aguas residuales

Contaminante	Efecto
Materia orgánica biodegradable	Desoxigenación del agua, muerte de peces, olores indeseables.
Materia suspendida	Deposición en los lechos de los ríos; si es orgánica se descompone y flota mediante el empuje de los gases, cubre el fondo e interfiere con la reproducción de los peces o trastorna la cadena alimentaria.
Sustancias corrosivas, cianuros, metales y fenoles.	Extinción de peces y vida acuática, destrucción de bacterias, interrupción de la autpurificación.
Microorganismos patógenos	Las ARD pueden transportar organismos patógenos.
Sustancias que causan turbiedad, temperatura, color y olor	El incremento de temperatura afecta a los peces; el color, olor y turbiedad hacen estéticamente inaceptablemente para uso público.
Sustancias o factores que transforman el equilibrio biológico	Pueden causar crecimiento excesivo de hongos o plantas acuáticas, las cuales alteran el ecosistema causando olores.
Constituyentes minerales	Aumentan la dureza, incrementan el contenido de sólidos disueltos a niveles perjudiciales para los peces o la vegetación, contribuyen a la eutrofización del agua.

Fuente: Tratamiento de aguas residuales (Jairo Alberto Romero Rojas)

1.2 CONTAMINACION DE CUERPOS RECEPTORES

Los colectores públicos recogen las aguas residuales (domésticas e industriales) son entregadas por los interceptores hasta el emisor, de donde son descargadas

a un cuerpo receptor (río, lago, mar). El lanzamiento de aguas residuales crudas en cursos de agua constituye un problema complejo, que puede acarrear diversos inconvenientes, dependiendo de las condiciones locales, tanto del desecho (caudal y naturaleza) como del curso receptor (caudal, condiciones físico – químicas y bacteriológicas).

1.2.1 Consecuencias de la Contaminación

El agua, al quedar contaminada, puede representar un peligro para la salud, por la presencia de microorganismos patógenos, partículas radioactivas, sustancias tóxicas, además de los perjuicios a la salud humana, existen agentes poluentes que originan malos sabores y olores (detergentes, fenoles, sales ferrosas, aceites esenciales, etc.) [7]. Las aguas poluidas con grandes cantidades de materia orgánica sufren una depresión en su contenido de oxígeno disuelto, llegando en muchos casos a causar la desaparición de peces y de otros organismos acuáticos.

1.3 AUTOPURIFICACIÓN

Las aguas contaminadas tienden a corregir paulatinamente esta condición a través de procesos naturales, que en conjunto se denomina auto-purificación. Durante siglos ha sido la capacidad de la auto-purificación lo que ha mantenido limpio el ambiente acuático. Las plantas de tratamiento surgieron como una necesidad solo cuando la magnitud de las descargas de aguas contaminadas superó en extremo la capacidad de asimilación de los cuerpos de agua [7]. No todos los contaminantes pueden experimentar los efectos de auto-purificación con la misma rapidez. Aquellos que solo pueden ser objeto de leves cambios en el tiempo se denominan conservativos; dentro de este grupo los más representativos son las sales disueltas y materiales minerales en suspensión. Mientras que los contaminantes no conservativos son aquellos susceptibles de experimentar cambios con notoria rapidez, siendo los más característicos de este tipo, la materia orgánica degradable, los gases disueltos, la temperatura, y la población microbológica.

Todas las aguas naturales contienen cantidades variables de oxígeno disuelto (OD), raramente en saturación. En los cursos poco contaminados, la diferencia entre el OD de saturación y el OD actual que llamaremos déficit (D) es pequeña, estableciéndose un equilibrio entre el OD y el oxígeno atmosférico. La

concentración de OD en el agua es una función de la temperatura, altitud, presión atmosférica, salinidad y la presión de vapor de agua [7].

La ecuación que nos permite encontrar el oxígeno disuelto de saturación (OD_{sat}) a nivel del mar a diferente altitud, está dada por

$$OD_{sat}=14.652-0.41022T+0.007991T^2-0.000077774T^3$$

1.3.1 Descarga de aguas residuales y auto-purificación en corrientes

La descarga de aguas servidas en un río, origina tres zonas no muy bien diferenciadas.

a. Zona activa de descomposición bacterial

Esta zona se encuentra inmediatamente después de la fuente de polución y se caracteriza por una alta Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), un alto contenido de bacterias y por la presencia de protozoarios bacteriófagos, como son: Paramecium, Colpidium, Vorticela, y de unos pocos flagelados, también gusanos como el Tubifex y Limnodrilus, son encontrados en los depósitos de fondo. Sólo algunas especies de peces como las Carpas se encuentran cerca de la boca de descarga [7].

b. Zona Intermedia

La DBO decrece como resultado del incremento del OD (3-5 mg/l). Aparecen algas verdes y azul, verdosas por su alto contenido de plancton [7].

c. Zona de recuperación

El agua se torna clara, transparente, reaparecen los pequeños organismos que sirven de alimento a los peces [7].

1.4 EVALUACION DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) forman parte importante del sistema de alcantarillado de las ciudades y juegan un rol relevante en el control de la contaminación de los cuerpos de agua y en protección de la salud pública [7].

En nuestro país, las primeras plantas de tratamiento fueron construidas a principios de la década de los 60, dentro de ellas se tiene: los sistemas de lagunas facultativas de San Juan (A. Vinces) y de Ventanilla, ubicadas al sur y norte de Lima respectivamente y de algunas plantas convencionales con filtros percoladores como la de Arequipa (J. Pflucker) y la del Cuzco, así como algunas plantas primarias con tanque Imhoff.

De acuerdo con diferentes estudios y caracterizaciones, se ha afirmado que la cantidad total de excrementos humanos húmedos es aproximadamente de 135 a 270 gramos por persona por día, y que la cantidad de orina es de 1 a 1.3 Kg por persona por día y que un 20% de la materia fecal y un 2.5% de la orina son material orgánico putrescible; por consiguiente el agua residual domestica cruda es putrescible, olorosa, ofensiva, y un riesgo para la salud.

En la formulación, planteamiento y diseño de un sistema de tratamiento se pueden considerar objetivos diferentes, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos económicos y técnicos, así como los criterios establecidos para descarga de efluentes o eficiencias mínimas, y eventualmente motivaciones ecológicas.

En un desarrollo gradual de sistemas de tratamiento, se pueden considerar como objetivos iniciales principales del tratamiento de aguas residuales los siguientes:

- Remoción de DBO.
- Remoción de solidos suspendidos.
- Remoción de patógenos.

Posteriormente se incluirá:

- Remoción de nitrógeno y fósforo.
- Remoción de sustancias orgánicas refractarias como los detergentes, fenoles y pesticidas.
- Remoción de trazas de metales pesados.
- Remoción de sustancias inorgánicas disueltas.

1.4.1 Clasificación de los procesos para el tratamiento de aguas residuales

Los contaminantes del agua pueden ser removidos por operaciones físicas, químicas o biológicas. Generalmente, las plantas de tratamiento hacen combinación de las tres operaciones anteriores. A continuación se hace una breve descripción de cada una de ellas.

a. Procesos físicos

Estos son métodos de tratamiento que involucran la interacción de fuerzas físicas tales como la gravedad, las diferencias de cargas y de concentración y el tamaño. Ejemplos típicos de éstos son el cribado, la floculación, la sedimentación, la flotación, la filtración y la transferencia de gases.

b. Procesos químicos

En estos métodos de tratamiento, para llevar a cabo la remoción o transformación de contaminantes, se adicionan reactivos químicos o se efectúan reacciones químicas donde no intervienen microorganismos. Ejemplos son la coagulación-floculación-precipitación y adsorción química.

c. Procesos biológicos

Los métodos de tratamiento en los cuales se involucra la actividad de microorganismos para la remoción o transformación de contaminantes se llaman procesos biológicos. Estos métodos son utilizados para la remoción de materia biodegradable (soluble o coloidal) del agua residual. Básicamente, los contaminantes presentes en el agua residual son transformados por los microorganismos en materia celular, energía para su metabolismo y en otros compuestos orgánicos e inorgánicos que son liberados al medio ambiente.

Los procesos biológicos son divididos en dos grupos: los **aerobios** y los **anaerobios**. La diferencia esencial entre estos dos tipos de tratamiento es el aceptor final de electrones (crecimiento de bacterias en condiciones

aeróbicas (presencia de oxígeno)), y de ello se derivan las diferencias más importantes que influyen significativamente sobre el costo y en consideraciones de tipo técnico.

El proceso anaerobio tiene una baja tasa de síntesis bacteriana (baja producción de lodos de desecho), ya que el 90% de la energía se utiliza en la producción de metano mientras que el 10% restante lo utilizan para la síntesis celular (Noyola, 1990). Por el contrario, en el tratamiento aerobio el 65% de la energía es utilizada para la síntesis celular, por lo que hay mayor generación de biomasa (lodo no estabilizado), cuyo tratamiento y disposición incrementa la dificultad técnica y el costo total de tratamiento.

El proceso anaerobio es un productor de energía que puede ser económicamente revalorizado en algunos casos, mientras que el aerobio es un consumidor de ésta, en forma de agitación y oxigenación. Sin embargo, el proceso anaerobio es más sensible a cambios ambientales y requiere un mayor tiempo de arranque. Además, el proceso anaerobio no alcanza el mismo nivel de tratamiento que los aerobios y por ello se ha propuesto acoplar los dos procesos, lo que tiene por efecto el incremento de la eficiencia de tratamiento de las aguas residuales y una disminución en los costos de inversión y operación (Eckenfelder et al., 1988).

La complejidad del sistema de tratamiento está en función de los objetivos propuestos. Teniendo en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para el tratamiento de aguas, es común hablar de pre tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, y tratamiento terciario o avanzado de aguas residuales.

1.4.2 Pretratamiento de aguas residuales

Tiene como objeto remover del agua aquellos constituyentes que puedan causar dificultades de operación y mantenimiento en los procesos posteriores o que en algunos casos no puedan tratarse conjuntamente con los demás componentes del agua residual. Las unidades de tratamiento preliminar más importantes son: tamizado (rejas), desmenuzado, desengrasado, homogenización y desarenado.

1.4.3 Tratamiento Primario

Se refiere comúnmente a la remoción parcial de sólidos suspendidos, materia orgánica u organismos patógenos, mediante sedimentación u otro medio, y constituye un método de preparar el agua para el tratamiento secundario. Por lo regular el tratamiento primario remueve alrededor del 60% de sólidos suspendidos del agua residual cruda y un 35% a 40% de la DBO.

1.4.4 Tratamiento Secundario

Se usa principalmente para la remoción de DBO soluble y sólidos suspendidos e incluye por ello los procesos biológicos de lodos activados, filtros percoladores, sistemas de lagunas de sedimentación.

1.4.5 Tratamiento Terciario o Avanzado

Supone generalmente, la necesidad de remover nutrientes para prevenir la eutrofización de las fuentes receptoras o de mejorar la calidad de un efluente secundario con el fin de adecuar el agua para su rehuso. Dentro de los tipos de tratamientos avanzados se tienen: desinfección (por cloración, Ozonificación, radiación ultravioleta), remoción de sólidos suspendidos y DBO, remoción de nitrógeno, remoción de fosforo, remoción de orgánicos refractarios y remoción de tóxicos específicos.

1.4.6 Remoción de sólidos suspendidos y sedimentables

En la remoción de sólidos suspendidos y sedimentables, utilizada en una fase inicial del tratamiento se debe aplicar el cribado para la remoción de sólidos gruesos y la sedimentación (Metcalf y Eddy, Inc., 1991). La filtración se debe utilizar, en el caso de que se requiera, después del tratamiento secundario o terciario, no antes. Esto debido a que en el medio filtrante se retendrían todos los sólidos suspendidos (que parte pueden ser removidos por otras operaciones más económicas) provocando taponamientos muy frecuentes en el filtro.

La filtración es eficiente para la remoción de sólidos suspendidos, sin embargo requiere mayor esfuerzo operacional que un sedimentador. La coagulación-floculación es utilizada para facilitar la remoción de sólidos en un sedimentador

primario, así como para la remoción de fósforo después del tratamiento secundario. En el caso del agua residual rural no es justificable la utilización de un tratamiento químico, pues la remoción de sólidos (en el caso de requerirse) pueden ser llevados a cabo a costos menores por medio de un tratamiento físico o biológico. Además, los lodos en un tratamiento químico son producidos en mayores cantidades y contienen sales no biodegradables lo que ocasionaría inconvenientes para su disposición final.

1.4.7 Remoción de materia orgánica biodegradable

Para la remoción de la materia orgánica biodegradable existen dos tipos de tratamiento, el anaerobio y el aerobio.

a. Sistemas aerobios

En los sistemas de tratamiento aerobios se identifican básicamente cinco procesos, los cuales son: el sistema de lodos activados, las lagunas de estabilización, el filtro percolador, el filtro sumergido y el disco biológico rotatorio. Los demás sistemas aerobios existentes son variantes, combinaciones o mejoras secundarias de estos procesos básicos.

La disponibilidad de área es el criterio que limita el empleo de lagunas de estabilización ya que requieren, en comparación con los otros sistemas un área de alrededor 70 veces mayor. En centros urbanos, los altos costos del terreno son el factor restrictivo en la selección de este sistema. Sin embargo, es un sistema que prácticamente no requiere equipo electromecánico, tiene los requerimientos más bajos de personal, es capaz de producir agua apta para riego y elimina coliformes. Sin embargo, hay que considerar los altos costos demandados cuando el sistema requiere desazolvase.

b. Sistemas anaerobios.

Los sistemas anaerobios han sido clasificados en tres generaciones; la primera engloba aquéllos caracterizados por tener altos tiempos de retención hidráulica y con sistemas de distribución de agua residual no adaptados para lograr homogeneidad en su distribución. En los de segunda generación, los microorganismos son retenidos en el reactor por medio de

un soporte (empaquete) para que se adhieran en forma de biopelícula, o bien, por medio de su sedimentación. En estos sistemas se ha separado el tiempo de retención hidráulica y se ha mejorado considerablemente el sistema de distribución de agua logrando con ello una mejor interacción entre el sustrato y el microorganismo. Además, el diseño de las instalaciones ha permitido su modulación y compactación. Por último, los reactores de tercera generación también poseen los microorganismos en biopelícula, pero el soporte se expande o fluidifica con altas velocidades de flujo.

Los resultados más importantes obtenidos durante el desarrollo tecnológico a través de las generaciones de reactores son la disminución del tiempo de retención hidráulica de días a horas, la creación de instalaciones compactas así como el incremento de las eficacias y eficiencias del tratamiento del agua residual. Dentro de los procesos de primera generación, las fosas sépticas y los tanques Imhoff han sido utilizados ampliamente debido a su bajo costo de inversión así como de operación y mantenimiento. Sin embargo, este tipo de sistemas poseen bajas eficiencias de remoción de contaminantes, únicamente se limitan a la remoción de sólidos suspendidos en un 60% y prácticamente no remueven materia orgánica soluble (30% DBO5) (Metcalf y Eddy, Inc., 1991)

1.5 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales o de la combinación adecuada de ellos, depende principalmente de:

- Las características del agua cruda.
- La calidad requerida del efluente.
- La disponibilidad del terreno.
- Los costos de construcción y operación del sistema de tratamiento.
- La confiabilidad del sistema de tratamiento.
- La facilidad de optimización del proceso para satisfacer requerimientos futuros más exigentes.

La mejor alternativa de tratamiento se selecciona con base en el estudio individual de cada caso, de acuerdo con las eficiencias de remoción requeridas y

con los costos de cada una de las posibles soluciones técnicas. A continuación presentaremos una selección de procesos aplicables a la remoción de agentes contaminantes de aguas residuales.

CAPITULO II: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL AREA DEL PROYECTO

2.1 CARACTERISTICAS DE LA LOCALIDAD

2.1.1 Ubicación

La ciudad de Cascas (1274 m.s.n.m.), capital de la Provincia Gran Chimú, se encuentra a una distancia aproximada de 107 Km de la ciudad de Trujillo, limita al norte y al este con la Región Cajamarca, al sur con la provincia de Otuzco y al oeste con la provincia de Ascope., y tiene la siguiente ubicación [2]:

Política	Departamento y Región La Libertad, Provincia Gran Chimú, Distrito de Cascas.
Geográfica	Entre las coordenadas 7°21' y 7°32' de Latitud Sur, y 78°50' y 78°40' de Longitud Oeste; o entre las coordenadas UTM 9 185 000 y 9 160 000 de Latitud Sur, y 735 000 y 760 000 de Longitud Oeste.
Hidrográfica	Cuenca Alta del Río Chicama, de la que forman parte las sub-cuencas de los ríos Cascas y Ochape (Chepino o Chingavillan).

El río Cascas tiene su origen en las quebradas Cachil, El Piojo, Palo Blanco y Socche las cuales, al confluir, toman el nombre de Río Cascas.

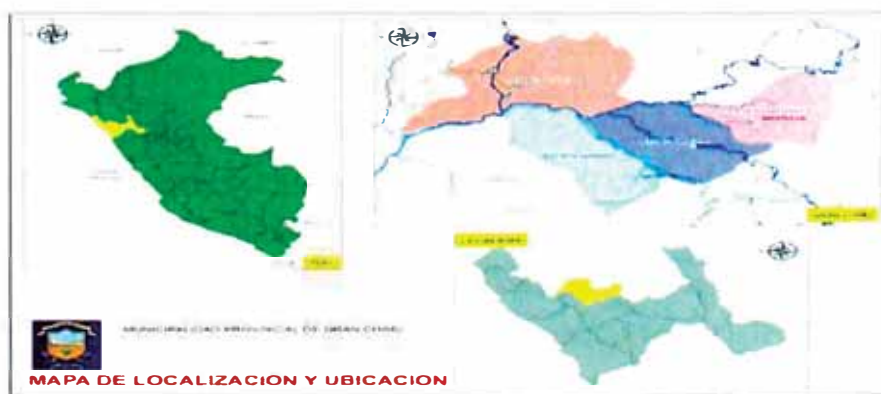


Figura 2.1: Mapa de localización y ubicación del distrito de Cascas

Fuente: Expediente Técnico de la obra (2007) "Ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la localidad de Cascas, provincia de Gran Chimú-La Libertad"

2.1.2 Vías de Acceso

La capital del Distrito de Cascas, donde se encuentra ubicada la zona del proyecto, es la ciudad de Cascas, que se constituye en el centro poblado más importante de la zona, por las facilidades de servicios de transporte, comunicaciones, alojamiento, mercados y restaurantes que ofrece, entre otros.

La principal vía de acceso se da a través de la Ruta Nacional PE 1N o Carretera Panamericana Norte, desde Trujillo hasta el Desvío Chicama, continuando por el Ramal PE-1NF, que pasa por Sausal y Cruce Cascas, arribando a la localidad de Cascas a través de una carretera totalmente asfaltada de 107 Km en un tiempo aproximado de 2 horas [2].

Tabla 2.1: Vías de acceso a la localidad de Cascas

Tramo	Tipo de Vía	Distancia (Km)	Tiempo (Hr.)
Trujillo - Desvio Chicama	Asfaltada	35	00 30
Dv Chicama - Sausal - Cruce Cascas	Asfaltada	59	01 30
Cruce Cascas - Cascas	Asfaltada	13	00 20
Totales		107	02:20

Fuente: Expediente Técnico de la obra (2007) "Ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la localidad de Cascas, provincia de Gran Chimú-La Libertad"

Otra ruta de acceso es a través de una carretera sin afirmar de 39 Km desde la Ciudad de Contumaza del departamento de Cajamarca.

2.1.3 Clima

El clima en la Provincia de Gran Chimú es heterogéneo, dado que presenta valles interandinos, así como zonas sobre los 4,000 m.s.n.m. En el entorno de la ciudad de Cascas se elevan pintorescos cerros que regulan un clima anual promedio entre 17.44 °C a 27.30 °C, dependiendo de la estación y al momento del día. La temperatura mínima promedio anual es de 15.80 °C y una temperatura máxima promedio anual de 26.63 °C que ha generado el calificado de tierra primaveral, al no experimentar el frío de la sierra ni el calor de la costa, además de presentar poca humedad

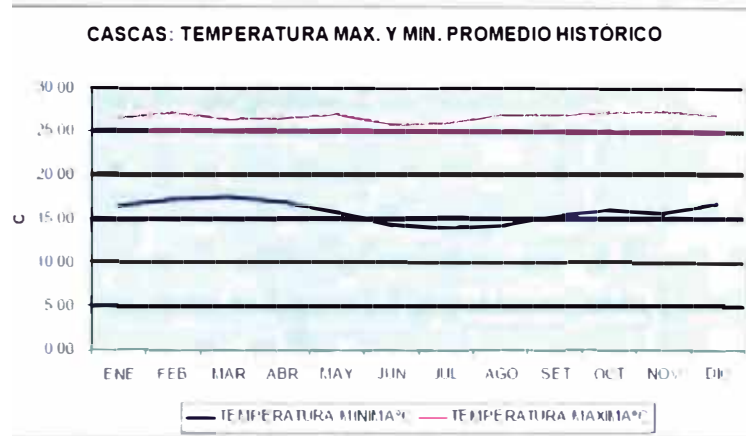


Figura 2.2: Temperaturas máximas y mínimas de la localidad de Cascas

Fuente: Expediente Técnico de la obra (2007) "Ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la localidad de cascás, distrito de cascás, provincia de Gran Chimú - La Libertad"

En la gráfica se aprecia que durante todos los meses del año la temperatura máxima supera los 25 °C, mientras que la temperatura mínima supera los 15 °C entre los meses de octubre a mayo, para descender en los meses de junio a agosto.

Horas de Sol: El promedio de horas de sol es de 7 horas/día.

Precipitación

La precipitación promedio en toda la cuenca del Alto Chicama se puede considerar de 567mm, considerando como valores desde los 120mm hasta los 1300mm, en función a la altitud y a la época de lluvia que en la zona es de enero a abril.

Vientos

Los vientos provenientes del mar, básicamente de Sur a Sur - Este, tienen velocidades promedio que van desde los 2.6 km/h (Mayo) a 4 km/h (Marzo).

Humedad Relativa

La humedad relativa, asociada a las temperaturas promedio de la zona del proyecto, varía entre el 65.5 % (Agosto) y el 79.7 % (Marzo)

2.1.4 Hidrología

El área hidrológica está comprendida entre los 600 y 3,400 msnm, llegando a acumular una precipitación pluvial anual de 180mm en promedio.

Río Cascas

Este río nace en la montaña de Cachil a 2,800 msnm y tiene como tributarios las quebradas de Cachil y Palo Blanco, presenta un caudal medio en época de avenidas 12 m³/s y en época de estiaje de 0.3 a 0.4 m³/s (300 a 400 l/s). Su longitud aproximada es de 29 km hasta su desembocadura en el Río Ochape.

Río Ochape

Este río tiene su nacimiento en Cascabamba a 3,400 msnm y tiene un caudal promedio en época de avenidas de 15 m³/s y en época de estiaje de 0.5 a 0.6 m³/s (500 a 600 l/s). Su longitud aproximada es de 35 km hasta su desembocadura en el Río Chicama, después de recibir las aguas del Río Cascas a la altura del caserío Puente Ochape.

2.1.5 Aspecto Socioeconómico

Población

La población del área del proyecto está referida a la población urbana del distrito de Cascas que, según el XI Censo Nacional de Población y VI Vivienda del 2007, elaborado por el INEI, es de 4,571 habitantes, que representa el 32.21% de la población total del distrito. La tasa de crecimiento intercensal para el distrito de Cascas es de 1.6%, tasa que es igual a la de la provincia Gran Chimú y ligeramente menor a la del Departamento La Libertad (1.7%).

Actividad Económica

La estructura productiva de la provincia se sustenta en las actividades primarias, dentro de ellas, la agricultura que se constituye en la principal actividad económica, por la absorción de empleo; y, la minería, tanto metálica como no metálica.

Agricultura

Predomina el poli cultivo representando por productos de pan llevar, con tendencia al monocultivo en el distrito de Cascas, con la intensificación de la siembra de uva [2].

Tabla 2.2: Características de la Población de Cascas

CONCEPTO	DEPARTAMENTO LA LIBERTAD	PROVINCIA GRAN CHIMU	DISTRITO CASCAS
Población Total	1 617 050	30 399	14 191
Población Urbana	1 218 922	6 544	4,571
Población Rural	398.128	23.855	9 620
Población Total Hombres	799.101	16.389	7 444
Población Total Mujeres	817.949	14.010	6 747
Tasa de Crecimiento (1981-2007)	1 70	1 60	1 60
Población de 15 años y más	1 114.712	20.399	9 715
Porcentaje Población de 15 años o más	68 93	67 10	68 46
Población de 15 años o más que no sabe leer ni escribir	54 62	40 46	7 77

Fuente: INEI Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda

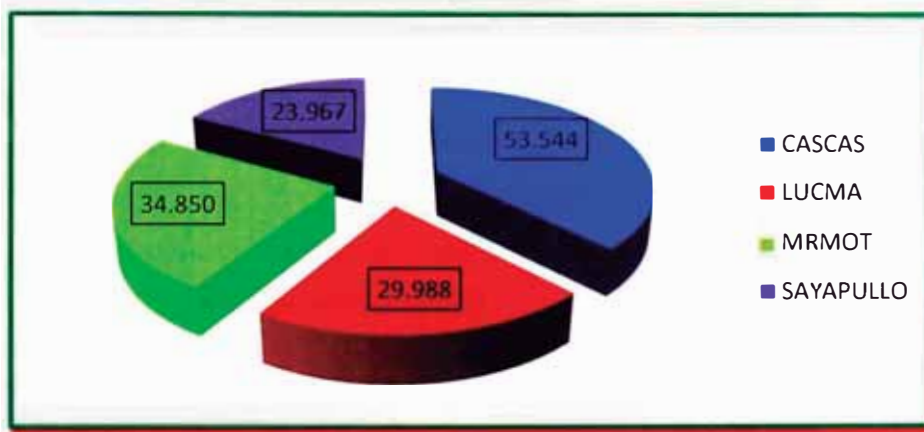


Figura 2.3: Distribución de tierras en la Provincia de Gran Chimú

Fuente: Expediente Técnico de la obra (2007) "Ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la localidad de Cascas, distrito de Cascas, provincia de Gran Chimú - La Libertad"

Como se observa en el diagrama, Cascas posee el 37.61 % del total de hectáreas que posee la provincia de Gran Chimú.

Ganadería

La práctica de la ganadería, en el ámbito del distrito es extensiva, aprovechando los pastos naturales que se producen por las lluvias. La producción pecuaria de toda la provincia se estima en 157,122 cabezas de ganado y una población de

animales menores de 56,988 cabezas, produciendo carne para el mercado local en un volumen de 557TM. El distrito de Cascas, aporta la mayor producción, en el orden del 38.3% del total de producción en la provincia [2].

Industria

Entre las industrias existentes se cuenta con la fabricación de vinos, vinagre, mermelada, chancaca, miel de caña, melaza, jugo de caña, harina, chuño de maíz. Por el número de establecimientos y por el nivel de tecnología aplicado, estas industrias no demandan de mano de obra especializada o calificada. Tampoco existe un empresariado con visión de desarrollo que pudiera dinamizar esta actividad. De allí que no existen programas de capacitación ni asistencia técnica y asesoramiento para financiar sus requerimientos de inversión [2].

Comercio

El comercio como actividad económica, es la tercera actividad de importancia en Cascas. Referente al comercio interno y de abastecimiento al mercado local, los productos de mayor significación económica son el maíz amarillo, frutas de la zona que; además abastecen a los mercados del Valle Chicama, Chiclayo y Lima. Como contrapartida del intercambio comercial, en la provincia se consume y se abastece productos industrializados a través de comerciantes mayoristas, transportistas y pequeños comerciantes [2].

Turismo

Cuenta con atractivos turísticos arqueológicos y artísticos, entre los cuales tenemos los edificios la Iglesia Cascas, cuyos interiores muestran el estilo barroco - colonial y muchas imágenes artísticas del Siglo XVIII, que muchos consideran simbólica, este monumento cuenta con dos imponentes torres construidas sobre un adorador prehispánico en los primeros años de la colonia y es el lugar donde se venera a la virgen del Rosario de Chiquinquirá patrona de esta ciudad. También se puede apreciar la plazoleta parroquial construida sobre una dacha prehispánica y representa el principal mirador de la prodigiosa naturaleza del pueblo casquino [2].

Entre las ruinas arqueológicas sobresale también la de la hacienda El Espejo, las ruinas de la iglesia colonial de Jolluco, centro de adoctrinamiento, el sector de

los molinos hidráulicos, hornos coloniales de fundición de metales así como los trapiches de moler caña de azúcar en casi todos los distritos.

Entre otros atractivos de la ciudad capital está la galería pictórica municipal en el edificio municipal, en la cual el pintor casquino conocido con el seudónimo de "Shemere" expone sus cuadros y alegorías de hechos históricos. Otra importante colección pictórica del artista casquino "Ensho" se puede disfrutar en la casa de arte Romero.

Ingresos Familiares

En el distrito de Cascas, predomina una economía de subsistencia sin mucha probabilidad de ahorro o inversión, debido a que el ingreso promedio mensual es de S/. 550.00 dentro del área urbana. El índice de Desarrollo Humano (IDH), que nos permite ver los logros bajo la perspectiva de la esperanza de vida al nacer, los índices de alfabetización y el PBI per cápita, nos indica para el distrito de Cascas un IDH = 0.5987 (en la escala de 0 a 1), (Fuente INEI-Censo de población y vivienda, 2005) con lo que ocupa el lugar 434 a nivel nacional entre los distritos.

Infraestructura Educativa

En el aspecto educativo, la localidad de Cascas cuenta con 16 instituciones educativas, descritos en el anexo

Sector Salud

Este servicio está estructurado en función de la Red de Salud Gran Chimú, conformado por el Centro de Salud de Cascas y los puestos de salud de Pompín, Lucma y Sayapullo. Si bien es cierto en cada establecimiento existe un personal de planta mínimo, médicos y enfermeras; esto resulta insuficiente para atender al conjunto de la población. De acuerdo a la información proporcionada por la Red de Salud Gran Chimú, se tiene que un gran porcentaje de la población sufre de enfermedades del sistema digestivo debido al deficiente sistema de saneamiento con que se cuenta actualmente.

2.2 DIAGNÓSTICO DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

2.2.1. Diagnóstico del Servicio de Agua Potable

El suministro de agua para el consumo de la población de Cascas actualmente proviene de dos captaciones de tipo subterránea, el Manantial “Los Chimbiles” y el Afloramiento “La Peña Molino”; se ha observado que a esta última captación que se ubica en la margen izquierda del Río Cascas, se deriva continuamente a través de una tubería expuesta, agua superficial proveniente directamente del río, sin ningún tipo de tratamiento, que garantice la calidad del agua para consumo humano [2].

La cantidad de agua proveniente de las fuentes antes mencionadas es escasa, estimándose un caudal global de aproximadamente 15 lt/seg., que resulta insuficiente para abastecer adecuadamente a toda la población; razón por la cual el servicio se brinda en forma restringida durante el día y por sectores, obligándose a que la mayoría de la población recurra a almacenar el agua en recipientes sin considerar mayores medidas de salubridad.

Captaciones

Existen dos estructuras de captación, construidas una en el Manantial “Los Chimbiles” y la otra en el Afloramiento “La Peña Molino”. Ambas captaciones han sido mejoradas parcialmente hace dos años; por lo que, al haber quedado inconclusos dichos trabajos, se requiere complementar su mejoramiento [2].



Captación "Los Chimbiles"



Captación "La Peña Molino"

Figura 2.4: Captaciones del agua potable para la localidad de Cascas

Fuente: Expediente Técnico de la obra (2007) "Ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la localidad de Cascas, distrito de Cascas, provincia de Gran Chimú - La Libertad"

Líneas de Conducción

De cada una de las captaciones existentes se deriva una Línea de Conducción hasta la correspondiente estructura de almacenamiento. La Línea de Conducción que se inicia en la captación “Los Chimbiles” llega hasta el Reservoirio Rectangular de 300 m³, en una longitud aproximada de 1,390 m; habiéndose mejorado hace dos años la mayor parte con Tubería PVC 160 mm y quedado pendiente entre otros el mejoramiento de un pase aéreo de 30m, de cámaras rompe presiones, válvulas de purga y válvulas de aire.

La Línea de Conducción que parte de la captación “La Peña Molino” llega hasta el Reservoirio Circular de 250 m³, tiene una longitud de 3,250 m aproximadamente con Tubería PVC 110 mm de regular a mal estado y en varios tramos en forma expuesta; por lo que, se requiere su mejoramiento integral.



Figura 2.5: Línea de Conducción los Chimbiles

Fuente: Expediente Técnico de la obra (2007) “Ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la localidad de Cascas, distrito de Cascas, provincia de Gran Chimú - La Libertad”

Reservorios

Toda la localidad de Cascas está sectorizada en dos zonas de presión (parte alta y parte baja), existiendo por ello dos reservorios que sirven para el almacenamiento y regulación del agua potable. El Reservoirio Circular de 250 m³ de volumen brinda servicio a la parte baja, tiene una antigüedad aproximada de 14 años y se encuentra en buen estado de funcionamiento; por lo que, se requiere sólo trabajos de mantenimiento y reemplazo del equipamiento

hidráulico. El Reservoirio Rectangular de 300 m³ de volumen es el más antiguo (aproximadamente 60 años), sirve a la parte alta y se encuentra en regular estado de funcionamiento, presenta pequeñas filtraciones y carece de equipamiento adecuado para la desinfección y control; requiriéndose trabajos de mejoramiento y equipamiento hidráulico [2]



Figura 2.6: Reservoirios existentes en la localidad de Cascas

Fuente: Expediente Técnico de la obra (2007) "Ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la localidad de Cascas, distrito de Cascas, provincia de Gran Chimú - La Libertad"

Líneas de Aducción y Redes de Distribución

En la actualidad, aproximadamente el 75% de viviendas cuenta con conexión domiciliaria de agua, pero sin sistemas de control o micro medición, siendo el cobro del servicio por asignación de consumo. Se estiman altos porcentajes de pérdida de agua en la red y en las viviendas, tanto por el mal estado de las tuberías, así como por el mal uso del recurso. Existen Líneas de Aducción con Tubería PVC de 4" y 6" en una longitud aproximada de 1,250 m y Redes de Distribución con Tubería PVC y Asbesto cemento de 3" con longitud estimada de 9,400 m.; la mayoría de esta tubería es antigua y su instalación se ha venido efectuando progresivamente [2].

2.2.2 Diagnóstico del Servicio de Alcantarillado

El Sistema de Alcantarillado cuenta únicamente con redes Colectoras y un Emisor parcial, no se dispone de un sistema de tratamiento de aguas residuales; por lo que, éstas se eliminan directamente a la Quebrada Collocate, y luego son

conducidos a una pequeña poza de sedimentación, sin tratamiento alguno. Se observa que las aguas residuales se utilizan inescrupulosamente para regar cultivos de frutales y para el consumo de ciertos animales, como ganado vacuno, patos y otros; lo cual constituye un importante foco de contaminación y proliferación de enfermedades, con posibles riesgos sanitarios que afectarían a la población. Se estima que el 70% de viviendas cuenta con conexión domiciliaria a la red colectora, la misma que en su mayor parte es antigua y de concreto, salvo una pequeña parte instalada en los últimos años que es de material PVC de 8".

CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

3.1 UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales será construido en el predio denominado "El Manuel" de 5.08 Has ubicado en el sector La Bajada, distrito de Cascas, adquirido recientemente por la Municipalidad Provincial Gran Chimú. En este terreno se ubicaran todas las estructuras proyectadas para la PTAR, que comprende Tratamiento Preliminar (Cámara de Rejas y Sedimentador), Tratamiento Primario (Tanques Imhoff, Lechos de Secado y Sedimentador Tipo Dortmund), Tratamiento Secundario (Filtro percolador) y Tratamiento Terciario (Cámara de cloración); para luego evacuar las aguas servidas tratadas hacia el cuerpo receptor que en este caso será el Rio Cascas [2].

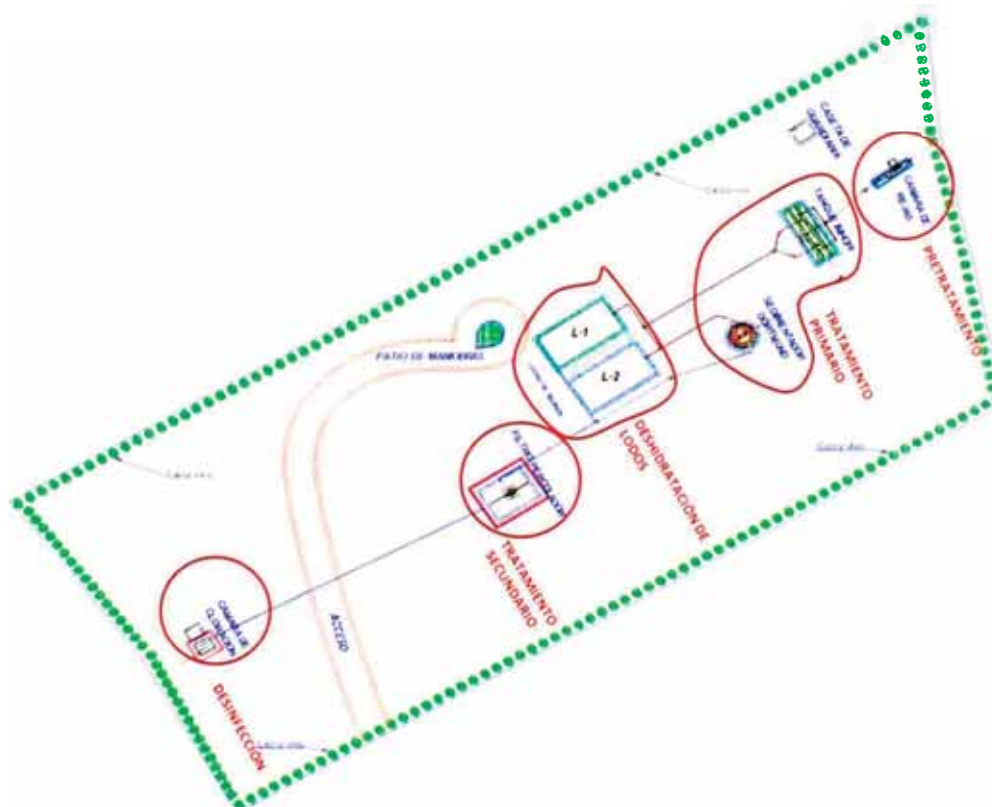


Figura 3.1: Distribución de la PTAR de la localidad de Cascas

Fuente: Elaboración Propia

3.1.1 Cámara de Rejas y Sedimentador

Es una estructura de concreto armado que tiene como objeto retener sólidos suspendidos (SS) de diámetros mayores al espaciamiento de las rejillas, y que al sedimentarse pueda limpiarse con facilidad. Estas estructuras se ubican dentro de la PTAR. Las aguas crudas fluirán hacia la cámara de rejas por medio de un canal. La criba está compuesta por platinas de acero inoxidable de sección transversal de 35 cm. x 1/8" y dispuestas con un ángulo de 45° con respecto a la horizontal, esta ubicación de la criba permitirá retirar los SS que se acumulan diariamente.

3.1.2 Tanques Imhoff

Estructura Hidráulica que inicia el Tratamiento de las Aguas Residuales luego de haberse retirado los sólidos suspendidos. Se utiliza este sistema por la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para poblaciones de diseño menores de 5,000 habitantes y pueden construirse en zonas que no requieren de grandes áreas. Los Tanques Imhoff son unidades estructurales dentro de los cuales ocurren simultáneamente, la sedimentación y digestión de los sólidos. Asimismo son unidades de escurrimiento horizontal que tienen una operación muy simple y no requiere de componentes electromecánicos adicionales para su normal funcionamiento.

Para el tratamiento de las aguas residuales de Cascas se construirán dos Tanques Imhoff con un caudal de diseño $Q_d=7.52$ lps cada uno; estructuras cuyas dimensiones y características se detallaran más adelante, serán de concreto armado $f'_c=245$ Kg/cm² y contarán con tuberías PVC UF de Ø 200mm para el ingreso, ventilación y salida tanto al Sedimentador Dortmund como a los lechos de secado.

3.1.3 Sedimentador Tipo Dortmund

Se ha proyectado un Sedimentador del Tipo Dortmund, para recibir la descarga del Tanque Imhoff, estimándose un caudal de diseño $Q_d=15$ lps (Proyectado para una segunda etapa) y un período de retención de 2 horas; esta estructura cuyas dimensiones y características se detallaran más adelante, será de

concreto armado $f'c=245 \text{ Kg/cm}^2$. Estará dotado de dos tolvas en donde se acumulará el lodo y que por acción de la gravedad será retirado por presión hidrostática hacia la tubería que conduce a los Lechos de secado de lodos; la zona de recolección del agua residual sedimentada (tratada) estará conformada por una canaleta periférica de 200 mm de ancho en cuya parte superior se montarán vertederos triangulares, con una salida a través de Tubería PVC 200mm hacia el Filtro percolador.

3.1.4 Lechos de Secado

Es una estructura de concreto armado dispuesto con un material filtrante de arena gruesa y grava, que tiene la finalidad de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos); forma parte del tratamiento de las aguas servidas y recibe los lodos a ser drenados por el Tanque Imhoff y el sedimentador tipo Dortmund. Se han proyectado 02 Lechos de Secado para cada Tanque Imhoff, cuyos muros, vigas y losas serán de concreto armado $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, y sus dimensiones se detallaran más adelante.

3.1.5 Filtro Percolador

Esta estructura de concreto armado recibe el agua residual del Sedimentador Dortmund y de los Lechos de secado. Su objetivo principal es lograr la remoción y estabilización de la materia orgánica biodegradable en suspensión que ha quedado presente en el agua residual después de haber pasado por el Sedimentador circular, lo cual se logra por medio de la película bacterial que se adhiere en el material filtrante, llevándose a cabo un proceso físico de contacto. La estabilización de la materia orgánica biodegradable se realiza encontrando la eficiencia adecuada con la que se controlará la DBO y a continuación se selecciona el medio filtrante dependiendo de la carga orgánica y la carga hidráulica que entrará al filtro percolador.

Todo este proceso se inicia en el momento en que el agua residual ya clarificada es rociada sobre el medio filtrante o material permeable al que se adhieren las bacterias y microorganismos aerobios encargados de realizar la estabilización de la materia orgánica.

La distribución del agua residual se realizará por medio de un dispositivo de canaletas perforadas a fin que se percole a través del filtro compuesto por material granular. La ventilación se realizará por el fondo de la periferia de las paredes del Filtro percolador en donde se han proyectado ventanas de 0.35 m de alto. El falso fondo del Filtro percolador estará compuesto por una losa de concreto con un 15% de agujeros para permitir el drenaje del agua y la ventilación. El agua residual drenará por medio de un canal de 0.20 m de ancho y 0.20 m de profundidad.

Se ha proyectado la construcción de un Filtro percolador de forma rectangular cuyos muros y losas serán de concreto armado $f'c=245$ Kg/cm². Sus dimensiones se detallaran más adelante.

3.1.6 Desinfección (Cámara de Cloración)

El efluente del Filtro percolador será recolectado por medio de una tubería de 200mm de diámetro, y el agua residual tratada podrá ser sometida al proceso de desinfección antes de su descarga al Río Cascas. Se estima que la cantidad de cloro al 100% necesaria para esta labor será de 5.1 kg/día, equivalente a una concentración de 6 mg/l de cloro. En caso de emplear hipoclorito de calcio al 60%, la cantidad de cloro a emplear diariamente será de 8.06 kilogramos.

Se ha proyectado la construcción de una cámara de contacto de cloro con muros y losas de concreto armado $f'c=210$ kg/cm², que consta de un tanque de 3.50 m de largo por 2.10 m de ancho y una profundidad útil de 1.00 m, dispone de tres compartimiento longitudinales. Se complementa con una caseta de cloración de 9.90 m² de área total, que consiste en un ambiente con muros de ladrillo, columnas vigas y losa aligerada de concreto armado, en la que se instalará el equipamiento para el sistema de cloración.

3.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

Se nombrarán los principales Parámetros de diseño dentro de la normatividad vigente del Perú.

3.2.1 Parámetros de Marco Legal

- a. Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS.100
(consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria)

- **DOTACION DE AGUA**

Para programas de vivienda con área de lotes de área menor o igual a 90 m², las dotaciones serán de 120 l/hab/d en clima frío y de 150 l/hab/día en clima templado y cálido.

- **CONTRIBUCION DE ALCANTARILLADO**

Se considerara que el 80% del caudal de agua potable consumida ingresa al sistema de alcantarillado.

b. Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS.090 (planta de tratamiento de aguas residuales)

- **CAUDALES EN OBRAS DE LLEGADA**

Al conjunto de estructuras ubicadas entre el punto de entrega del emisor y los procesos de tratamiento preliminar se le denominan estructuras de llegada. En términos generales dichas estructuras deben dimensionarse para el caudal máximo horario.

c. Límites Máximos Permisibles (LMP)

Límites establecidos en decreto supremo N°2008 Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, sobre nuestro particular ver Anexo 1. La medición que se realiza en el Vertimiento del efluente.

d. Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Para nuestro proyecto se emplea la **Categoría 3 - riego de vegetales y bebida de animales**. Establecidos en decreto supremo N°002-2008-MINAN, fecha de 30 Julio del 2008 (ver anexo 2)

3.2.2 Definiciones de algunos parámetros de Diseño

A continuación se nombrarán algunos términos que se usaran en parámetros como diseño propiamente dicho.

- **Carga de Diseño.-** Relación entre caudal y concentración de un parámetro específico que se usa para dimensionar un proceso del tratamiento.

- **Carga Superficial.-** Caudal o masa de un parámetro por unidad de área que se usa para dimensionar un proceso del tratamiento.
- **Caudal máximo horario.-** Caudal a la hora de máxima descarga.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).-** cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para oxidar(estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aeróbicas.
- **DBO₅ :** ensayo estándar que se realiza a 5 días de incubación, con los valores expresados es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, evaluar eficiencia y para fijar cargas admisibles.
- **Coliformes.-** Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 +/- 0.5°C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44,5 +/- 0.2°C en 24 horas, se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes)
- **Factor de carga.-** Parámetro operacional y de diseño del proceso de lodos activados que resulta de dividir la masa del sustrato (kg DBO/d) que alimenta a un tanque de aeración, entre la masa de microorganismos en el sistema, representada por la masa de sólidos volátiles.
- **Factor de Corrección Hidráulica.-** Debido al efecto de la posición relativa de las estructuras de entrada y salida, y al diseño de las mismas, existe un factor de corrección, el "factor de corrección hidráulica" (Fch) tiene en la práctica un valor entre 0,3 y 0,8.

3.3 DISEÑO DE LA CAMARA DE REJAS Y DESARENADOR

Población del diseño

Población actual (año 2012)	hab.	5031
Periodo de diseño	años	20
Población total de proyecto (año 2032)	hab.	7386
Porcentaje de alcantarillado	%	100
Población a tratar	hab.	7386

Criterios Básicos de Diseño

Consumo de agua	l/hab../d	220
Contribución de alcantarillado	%	80
Generación de agua residual	l/hab../d	176
Variación horaria máxima (k2)		2.5
Variación horaria mínima (k1)		0.5

Cálculo de caudales

$$\text{Consumo: } Q_d = \frac{\text{Dotación} \times N^{\circ} \text{de habitación}}{86,400 \text{ seg/día}} \quad (3.1)$$

$$\text{Caudal promedio: } Q_p = Q_d * 0.8 \quad (3.2)$$

$$\text{Caudal máximo horario: } Q_{mh} = k_2 * Q_p \quad (3.3)$$

Caudales de diseño

Caudal de Agua Residual

consumo Qd	l/s	18.81
Caudal promedio (Qp)	l/s	15.05
Caudal máximo horario (Qmh)	l/s	37.61
Caudal mínimo (Qmin)	l/s	7.52

3.3.1 Diseño de la cámara de rejillas

El primer paso en el tratamiento preliminar del agua residual consiste en la separación de los sólidos gruesos. El procedimiento más corriente, es hacer pasar el agua residual influente a través de rejillas o tamices. Las rejillas se fabrican con barras de acero soldadas a un marco que se coloca transversalmente al canal. Las barras son colocadas verticalmente o con una inclinación de 30° a 60° respecto a la horizontal; las rejillas de barras pueden limpiarse a mano o mecánicamente. Las características en ambos casos se comparan en la siguiente tabla.

Tabla 3.1: Parámetros de diseño para cámara de rejas

Concepto	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Tamaño de la barra		
Anchura (cm)	0.6 - 1.5	0.6 - 1.5
Profundidad (cm)	2.5 - 7.5	2.5 - 7.5
Separación (cm)	2.5 - 5.0	1.6 - 7.5
Inclinación respecto a la vertical (°)	30 - 45	0 - 30
Velocidad de aproximación (m/s)	0.3 - 0.6	0.6 - 0.9
Perdida de carga admisible (cm)	15	15

Para la cámara de rejas se emplearan barras.
Inclinación de las rejas = 45° con respecto a la horizontal
Espesor de barras propuestas S = 0.005 m
Separación libre entre cada barra = e = 1" = 2.54 cm = 0.0254 m
Ancho del canal de entrada, b = 0.30 m
Velocidad a través de reja limpia = 0.30 m/s
Velocidad a través de reja obstruida = 0.60 m/s

Fuente: Tratamiento de aguas residuales en poblaciones pequeñas "Crites y Tchobanoglous" página # 249

Los datos de velocidades fueron recopilados del libro Tratamiento de aguas residuales en poblaciones pequeñas "Crites y Tchobanoglous 2000" página 249.

Las rejas serán de diámetro 1/4" y una 1" pulgada de espaciamiento entre barras
Calculando la eficiencia (E) de la reja:
$$E = \frac{a}{a+t} \quad (3.4)$$

para valores de a = 1", t = 1/4" se obtiene E = 0.8

Si fijamos la velocidad que pasa a través de las rejas en la condición de Qm en 0.60 m/seg, el área útil de la zona de rejas (A_{Zr}) es

$$A_{Zr} = \frac{Q}{v} = \frac{0.03761}{0.6} = 0.063 \text{ m}^2 \quad (3.5)$$

Por tanto el área aguas arriba (A_{ar}) será:

$$A_{ar} = \frac{Azr}{E} = \frac{0.063}{0.8} = 0.784 \text{ m}^2 \quad (3.6)$$

$$A_{ar} = y * b \quad (3.7)$$

Tomando $b = 0.30 \text{ m}$, resulta $y = 0.26 \text{ m}$.

Consideramos $y = 0.45 \text{ m}$ para que no trabaje a canal lleno,

Cálculo de la pendiente del canal

De la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad (3.8)$$

para valores de: $Q = 0.03761$, $n = 0.015$, $A = 0.0784$, $R = 0.0953$,

se tiene: $S = 0.001191 \text{ m/m}$ luego $S = 0.12 \%$.

verificando la velocidad en el canal para el caso del caudal mínimo, para ello se debe encontrar el tirante mínimo.

De la ecuación:

$$\frac{(Qn)^3}{S^{3/2}} = \frac{(by)^5}{(2y+b)^2} \quad (3.9)$$

para valores de: $Q = 0.00752$, $n = 0.015$, $S = 0.00119$, $b = 0.30$;

obtenemos: $y = 0.0786 \text{ m}$.

Así, el área (A) es: $A = y*b = 0.0786*0.3 = 0.024 \text{ m}^2$

Por tanto, la velocidad (V) en el canal será:

$$V = \frac{0.00752}{0.024} = 0.319 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Cálculo de las dimensiones del canal by-pass

El by-pass entrara en funcionamiento en el momento en que las rejas estén obstruidas y el nivel del agua alcance 0.35m , teniendo en cuenta que esta

situación puede ocurrir en el momento del Q_{mh}. Podemos calcular las condiciones de la entrada del canal del by-pass, como si se tratara de un vertedero de pared ancha con contracciones mediante la ecuación siguiente,

$$Q = 1.71x(L - 0.2H)xH^{3/2} \quad (3.10)$$

donde:

Q : caudal teórico,

L : longitud del vertedero,

H : carga hidráulica sobre la cresta.

Despejando el valor de H se tiene que para: Q = 0.03761 m³/s y L= 0.4m, se obtiene: H=0.15m.

Cálculo de la pendiente (S) del canal del by-pass, usando la ecuación de Manning

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad (3.11)$$

para valores de: Q = 0.03761 m³/s, n = 0.015, y =0.15 m, b = 0.4 m se obtiene:

$$S = 0.0023 \text{ m/m} \text{ luego } S = 0.23 \%$$

Cálculo de la suma de las separaciones entre barras (bg) de la ecuación:

$$b = \left(\frac{bg}{a} - 1\right)(t + a) + a \quad (3.12)$$

donde:

b : ancho del canal en mm,

bg : suma de las separaciones entre barras en mm,

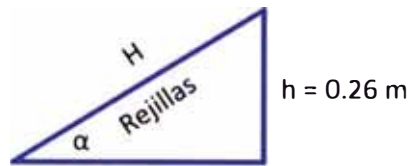
a : separación entre barras en mm,

t : espesor de las barras en mm.

Considerando b = 300 mm, a = 25.4 mm, t = 5 mm, en la ecuación anterior, se obtiene:

$$bg = 254.84 \text{ mm} .$$

Calculando el área libre de la sección de las barras (A_e):



En la figura: $\text{sen}(\alpha) = h/H$ (3.13)

Considerando $\alpha = 45^\circ$ y $h = 0.26$ m se tiene: $H = 0.367$ m \cong 0.37 m

Como: $A_e = H * b_g$ (3.14)
se obtiene $A_e = 0.0937$ m².

A continuación, calculamos la velocidad que fluye a través de los espacios de la rejilla.

$$V = Q/A_e = 0.4 \text{ m/s} \quad (3.15)$$

Cálculo del número de barras necesarias para las rejillas,

$$n^\circ = (b_g / e) - 1 \quad (3.16)$$

(los valores de "b_g" y "e" se tomarán en mm)

$$n^\circ = (254.84/25.4) - 1 = 9.03 = 9 \text{ barras}$$

Comprobando la pérdida de carga ≤ 15 cms.

La ecuación que se utiliza es propuesta del Libro tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones, Crites y Tchobanoglous, Páginas 249,

$$H_f = \frac{1}{0.7} * \frac{v^2 - v'^2}{2g} \quad (3.17)$$

Donde:

- H_f : Pérdidas de cargas en metros
- V : Velocidad de flujo a través del espacio entre las barras de la reja, m/s.
- v' : Velocidad de aproximación del fluido hacia la reja, en m/s. de acuerdo a Tabla 3.1.
- g : aceleración gravitacional (9.81 m/ s²)

$$H_f = \frac{0.4^2 - 0.3^2}{0.7 * 2 * 9.81} = 0.0051 \text{ m} = 0.51 \text{ cm}$$

El valor obtenido de H_f cumple con la Tabla 3.1.

Las pérdidas de carga admisibles no deben pasar de 15 cms. Por lo tanto cuando se genere una obstrucción del paso del efluente a través de las rejillas, estas deberán ser limpiadas; debido a que, puede generar una reducción de la velocidad del flujo del agua y por lo tanto una aglomeración de volumen en el canal de entrada.

Se recomienda que cuando se produzca una transición entre canales de diferente forma, se diseñe con un ángulo no mayor a $12^\circ 30'$, luego la transición L debe satisfacer

$$L \geq \frac{B_2 - B_1}{2 \operatorname{tg}(12^\circ 30')} \quad (3.18)$$

donde:

$$B_1 = 0.25 \text{ m}, \quad B_2 = 0.30 \text{ m}$$

(B_1 , B_2 : son los anchos superficiales de los canales)

$$L \geq \frac{0.3 - 0.25}{2 \operatorname{tg}(12^\circ 30')} = 0.11$$

Por tanto consideramos $L = 0.15 \text{ m}$.

3.3.2 DISEÑO DEL CANAL DESARENADOR

Una parte de sólidos suspendidos en aguas residuales está constituida por materiales orgánicos inertes tales como arena, fragmentos de metal, cáscaras, etc. Esta arena no es benéfica para el tratamiento o técnicas de procesamiento de lodos, puede bloquear conductos y promover desgaste excesivo del equipo mecánico. Los dispositivos para remoción de arena dependen de la diferencia de densidad específica entre sólidos orgánicos e inorgánicos para efectuar su separación. Remoción de arena (Desarenador): en esta etapa existe una compuerta que permite controlar las partículas grandes de gravas y arenas y las separa para su posterior remoción, típicamente incluye un canal de arena donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras de ésta se sedimenten, pero todavía se mantiene la

mayoría del material orgánico con el flujo. Este equipo es llamado colector de arena o desarenador. La arena y las piedras necesitan ser removidas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros accesorios o equipos en las etapas restantes del tratamiento, debido a que la presencia de arena y grasa atrasan el proceso en que las bacterias oxigenadas maten a las bacterias nocivas.

Teniendo en cuenta una velocidad de sedimentación $V = 0.3$ m/s (Velocidad constante que permite que la arena de 0.2 mm sedimente a una velocidad de 0.02 m/s, valor tomado del libro de Metcalf – Eddy, Pág. 457.)

Además, consideramos una longitud adicional por turbulencia $L_a = 0.25 L$. (La expresión anterior fue tomada de Metcalf – Eddy, Pág. 457.)

Donde:

L : Longitud del canal desarenador.

Consideraciones a tomar en cuenta para el caudal:

Los caudales característicos son:(Ver datos de partida capítulo III - Tabla de caudal de aguas residuales)

$$Q_{mh} = 0.03761 \text{ m}^3/\text{seg},$$

$$Q_p = 0.01504 \text{ m}^3/\text{seg},$$

$$Q_{min} = 0.00752 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$\text{Densidad relativa de la arena } (\rho_s) : 2.65$$

$$\text{Diámetro de la partícula } (d) : 0.02 \text{ cm}$$

$$\text{Temperatura del agua} : 16.4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Gravedad } (g) : 981 \text{ cm/s}^2$$

Diseño del desarenador

Calculo de la velocidad de sedimentación del agua en el canal desarenador (V_s).

De la tabla del **anexo 3**, consideramos la temperatura = 16.4 °c

$$\text{Viscosidad Cinemática } (\eta) = 1.1028 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}.$$

Luego, de la ecuación:

$$V_s = \frac{g}{18} \left(\frac{\rho_s - 1}{\eta} \right) \times d^2 \quad (3.19)$$

Se tiene velocidad de sedimentación (V_s) = 3.26 cm/s.

Se comprueba el número de Reynolds mediante la siguiente ecuación:

$$Re = \left(\frac{V_s x d}{\eta} \right) \quad (3.20)$$

$Re = 5.91 > 0,5$; por lo tanto, no se encuentra en la zona de la ley de Stokes.

Se realiza un reajuste mediante el gráfico siguiente,

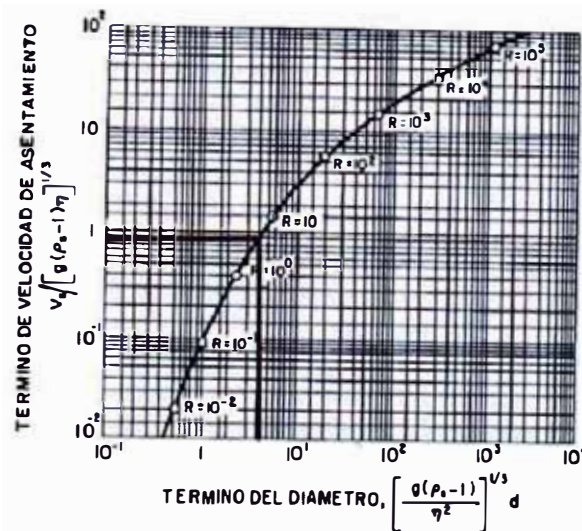


Figura 3.2: Valores de Sedimentación

Fuente: Diseño de sedimentadores y desarenadores, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente, 2005

De la figura 3.2, se tiene: término del diámetro:

$$5.02 = \left(\frac{g \times (\rho_s - 1)}{\eta^2} \right)^{1/3} d \quad (3.21)$$

y término de la velocidad de sedimentación:

$$1 = \frac{V_s}{(g \times (\rho_s - 1) \eta)^{1/3}} \quad (3.22)$$

Luego $V_s = 2.77$ cm/s.

Calculando nuevamente el $Re = 5.02$

Entonces se encuentra en la zona de transición (Ley de Allen) Ver anexo(4)

Se determina el coeficiente de arrastre (C_D):

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34 \quad (3.23)$$

Luego $C_D = 6.46$

Entonces la Velocidad de sedimentación de la partícula será $V_s = 2.58 \text{ cm/s} = 0.0258 \text{ m/s}$, obtenida de la siguiente ecuación

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_D} (\rho_s - 1) * d} \quad (3.24)$$

Cálculo de las dimensiones del desarenador:

$H = Q/(V_h \times \text{Ancho})$, (H: tirante de agua en el canal)

$V_h = 0.30 \text{ m/s}$. (velocidad horizontal)

Ancho (asumido) = 0.30 m.

$Q_{mh} = 0.03761 \text{ m}^3/\text{s}$.

$H = 0.03761 \text{ m}^3/\text{s} / (0.30 \text{ m}^3/\text{s} \times 0.30 \text{ m}) = 0.42 \text{ m}$

Cálculo de la longitud (L) del desarenador:

$$L = (V_h/V_s) \times H \quad (3.25)$$

Donde V_s : velocidad de sedimentación de la partícula
obtenemos $L = 4.88 \text{ m}$.

Sin embargo, $L = 25 H$ (criterios de diseño), entonces $L = 10.5 \text{ m}$.

La pendiente del canal desarenador se calcula de la siguiente manera:

De la fórmula de Manning (fórmula tomada de manual de Hidráulica de J.M. de Azevedo Netto y Guillermo Acosta Álvarez)

$$V = \frac{R_H^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad (3.26)$$

Donde:

V : velocidad (= 0.3m/s)

n : coeficiente de rugosidad (0.015,)

R_H : radio hidráulico ($R_H = \text{área/perímetro mojado}$)

S : pendiente

Obtenemos:

$$R_H = (0.30 \times 0.42) / (0.42 + 0.30 + 0.42) = 0.111$$

$$S = 1.95\%$$

3.4 DISEÑO DEL TANQUE IMHOFF

Cálculo del Caudal de Diseño

Poblacion Inicial (2012)	=	5,031	Hab.	Dotación	=	220 l/p/d
Tasa deCrecimiento	=	1.938	%	% De Contribució	=	80%
Periodo de Diseño	=	20	años	Temperatura	=	18 °C
Población Futura	=	$Pf = Pi(1+r/100)^{(Tf-Ti)}$		⇒	$Pf = 7,385$ Hab.	Hab.

Se diseñaran dos tanques Imhoff; por lo tanto, desarrollaremos el cálculo tomando el 50% de la población futura (Pf): $Pf = 3693$ Hab.

$$\text{Caudal de Diseño} = \frac{Qd = (Pf \times \text{Dotación}) / 1000 \times \% \text{contribución}}{\quad} \quad (3.27)$$

$$\underline{Qd = 649.92 \text{ m}^3/\text{día}} = \underline{27.08 \text{ m}^3/\text{Hora}} \Rightarrow \underline{Qd = 7.5 \text{ lps}}$$

Diseño del sedimentador

Área del Sedimentador (A_s , en m^2) $A_s = (Qd)/C_s$

C_s = Carga Superficial, Igual a $1 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \times \text{hora})$ $C_s = 1 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \times \text{Hora})$

$$\underline{A_s = 27 \text{ m}^2} \quad (3.28)$$

Periodo de Retención Hidráulica (R)

R = Periodo de Retención Hidráulica, entre 1.5 a 2.5 Horas (Recomendable 2 Horas)

$$R = 2 \text{ Horas}$$

Volumen del Sedimentador (V_s , en m^3) $V_s = Qd \times R$ (3.29)

$$\underline{V_s = 54.16 \text{ m}^3}$$

El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal será de 50° a 60°

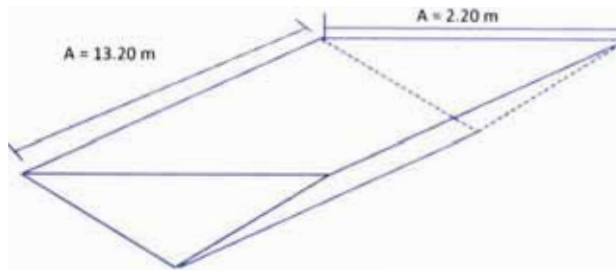
La relación entre la longitud y ancho del sedimentador deberá tener un valor entre 3 a 10; asumiremos un valor de 6

Luego:

$$\underline{A_s = 6b^2} \Rightarrow \begin{aligned} b &= 2.12 \text{ m} \\ b &= 2.20 \text{ m} \\ A &= 13.20 \text{ m} \end{aligned}$$

Asumimos :

Por tanto, el sedimentador tendrá las siguientes dimensiones:



En la arista central se debe dejar una abertura para paso de los sólidos removidos hacia el digestor, esta abertura será de 15 a 20 cm.

Uno de los lados deberá prolongarse, de 15 a 20 cm, de modo que impida el paso de gases y sólidos desprendidos del digestor hacia el sedimentador, situación que reducirá la capacidad de remoción de sólidos en suspensión de esta unidad de tratamiento. El borde libre mínimo será de 0.30 m.

Cálculo de alturas en la cámara de sedimentación

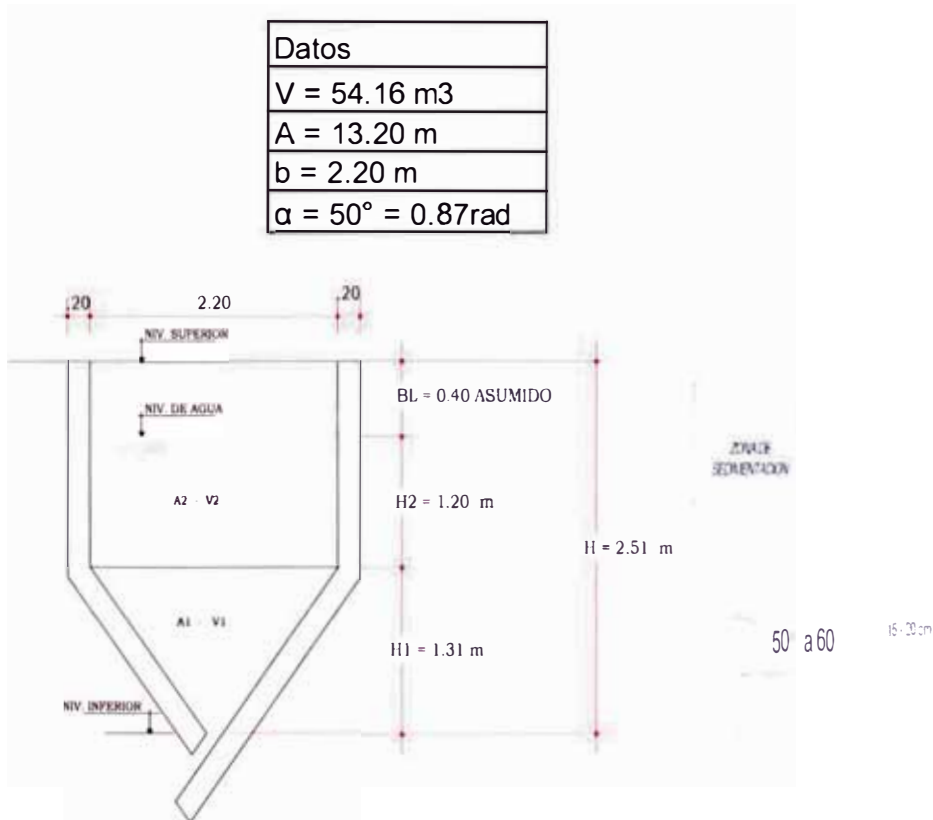


Figura 3.3: Dimensiones del sedimentador

Fuente: *Elaboración Propia*

De la figura 3.4 (anterior), deducimos:

$$\begin{aligned} \text{tg}(50^\circ) &= H1/(b/2) & V &= V1 + V2 & V2 &= A \times b \times h2 \\ h1 &= \text{tg}(50^\circ) \times b/2 & V1 &= H1 \times A \times b/2 & H2 &= (V - V1)/(A \times b) \\ \underline{H1} &= \underline{1.31 \text{ m}} & \underline{V1} &= \underline{19.03 \text{ m}^3} & \underline{H2} &= \underline{1.20 \text{ m}} \end{aligned}$$

Diseño del Digestor

Cálculo del volumen de almacenamiento y digestión (Vd en m3)

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (Cámara Inferior) se tendrá en cuenta lo siguiente:

Tabla 3.2: Factores de capacidad relativa

Temperatura °C	Tiempo digestión (días)	Factor capacidad relativa
5	110	2
10	76	1.4
15	55	1
20	40	0.7
> 25	30	0.5

tiempo de digestión de lodos

Factores de capacidad relativa y tiempo de digestión de lodos

Tem. VS FAc. Capacidad Relativa

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

$$Vd = (70 \times P \times fcr) / 1000$$

Donde:

fcr = factor de capacidad relativa

Volumen de digestión, l/ha
a 15°C = 70

P = Población

Temperatura = 18 °C



fcr = 0.81

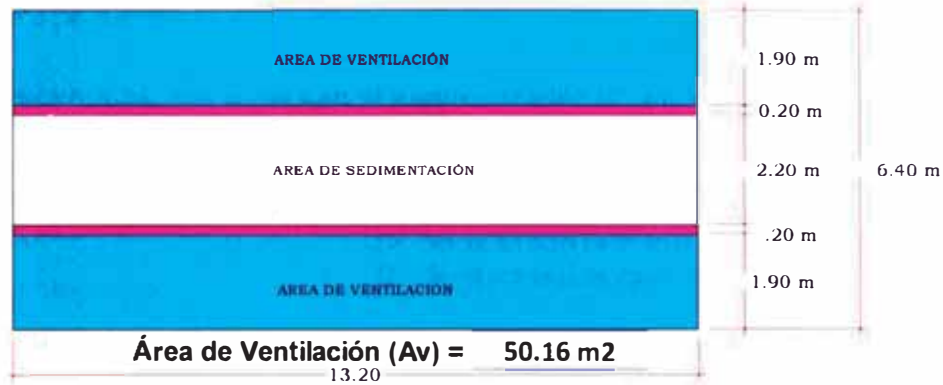
$$\underline{Vd = 210.30 \text{ m}^3}$$

El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de los lodos digeridos. Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal. La altura máxima de lodos deberá estar 0.50 m por debajo del fondo del sedimentador, esta distancia se le denomina profundidad libre.

Área de ventilación y acumulación 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 será de 1.00 m como mínimo.
- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.



Verificamos si A_v es más del 30% del área total del tanque

$$A_v/A \text{ superficial} = \underline{\underline{59\% \text{ Cumple}}} \quad (\text{mínimo } 30\%)$$

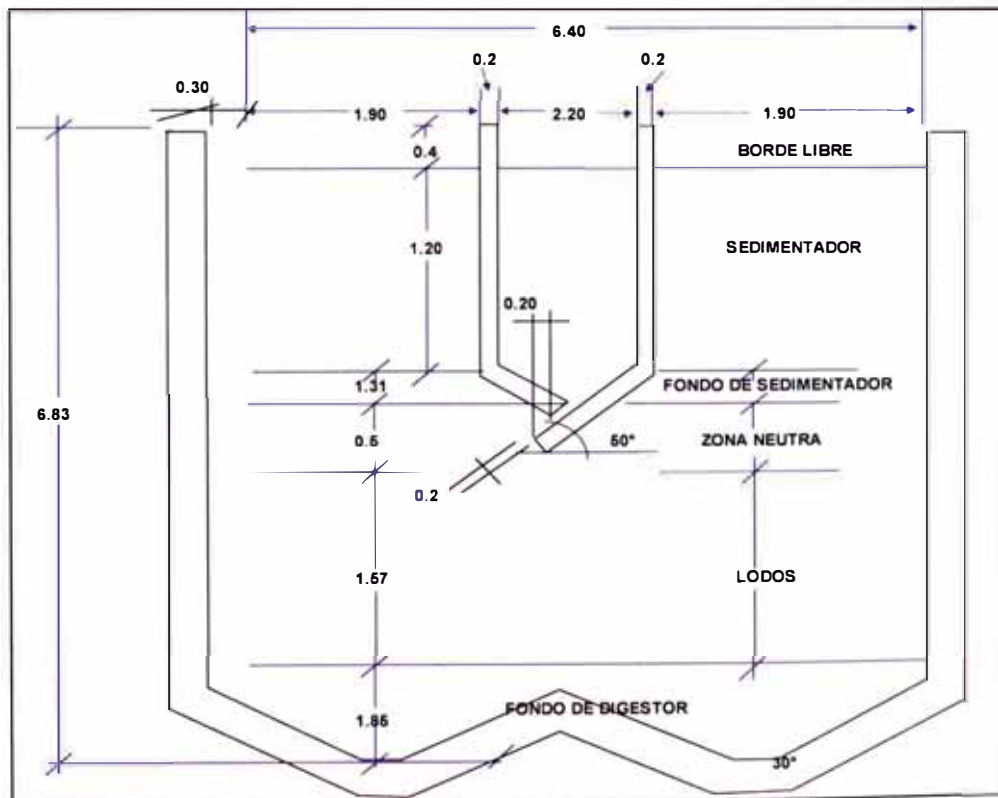


Figura 3.4: Tanque Imhoff con sus respectivas dimensiones

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5 DISEÑO DEL LECHO DE SECADO

Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos) lo cual resulta ideal para pequeñas localidades

Carga de sólidos que ingresan al sedimentador (C, en Kg de SS/día)

$$C = Q \times SS \times 0.0864$$

Donde :

SS: Sólidos en suspensión en el agua residual cruda, en mg/l

Q : Caudal promedio de aguas residuales.

A nivel de proyecto se puede estimar la carga en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión, de la siguiente manera:

$$C = \frac{[Población \times Contribución \text{ Percápita} (grSS/Hab \times día)]}{1000} \quad (3.30)$$

En las localidades que cuentan con el servicio de alcantarillado, la contribución per cápita se determina en base a una caracterización de las aguas residuales. Cuando la localidad no cuenta con alcantarillado se utiliza una contribución per cápita de 90 gr.SS/(hab*día)

Tabla 3.3: Aporte per cápita de aguas residuales domésticas

APORTE PER CÁPITA PARA AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS	
PARAMETROS	
- DBO 5 días, 20 °C, g / (hab.d)	50
- Sólidos en suspensión, g / (hab.d)	90
- NH3 - N como N, g / (hab.d)	8
- N Kjeldahl total como N, g / (hab.d)	12
- Fósforo total, g/(hab.d)	3
- Coliformes fecales. N° de bacterias / (hab.d)	2x10 ¹¹
- Salmonella Sp., N° de bacterias / (hab.d)	1x10 ⁸
- Nematodos intes., N° de huevos / (hab.d)	4x10 ⁵

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS. 090

Asumiendo SS = 90 gr.SS/(hab*día)
Población = 3693 hab.

Se obtiene C = 332 Kg SS/día.

Masa de Sólidos que conforman los lodos digeridos (Msd, en Kg SS/día)

$$Ms = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C) \quad (3.31)$$

$$Ms = 107.90 \text{ Kg ss/día}$$

Volumen diario de lodos digeridos (Vld, en litros/día)

$$Vld = (Ms) / (\rho_{lod} \times (\% \text{ de sólidos} / 100)) \quad (3.32)$$

ρ_{lod} = Densidad de lodos = 1.04 kg/l
% de sólidos = % de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 a 12 % = 10.0 %

$$Vld = 1037.5 \text{ lt/día}$$

Tiempo requerido para la digestión de lodos (Td)

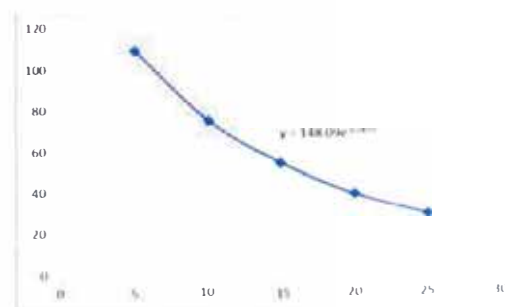
El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura y se estima en base a la siguiente tabla:

Tabla 3.4: Tiempo de digestión de lodos

Factores de capacidad relativa y tiempo de digestión de lodos		
Temperatura °C	Tiempo digestión (días)	Factor capacidad relativa
5	110	2
10	76	1.4
15	55	1
20	40	0.7
> 25	30	0.5

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS. 090

La gráfica que a continuación se muestra describe la temperatura (T) vs tiempo de digestión (Td) en días.



Con $T = 18^\circ\text{C}$ se tiene $Td = 46$ días.

Frecuencia de retiro de lodos

Los lodos digeridos deberán retirarse periódicamente, para estimar la frecuencia de retiro de lodos se usaran los valores consignados en la tabla 3.4. La frecuencia de remoción de lodos debe calcularse en base a estos tiempos

referenciales considerando que existirá una mezcla de lodos frescos y lodos digeridos; éstos últimos ubicados en el fondo del digestor. De este modo, el intervalo de tiempo entre extracciones de lodos sucesivas debe ser por lo menos el tiempo de digestión a excepción de la primera extracción en la que se deberá esperar el doble de tiempo de digestión.

Extracción de lodos

El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200 mm y deberá estar ubicada 15 cm por encima del fondo del tanque. Para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1.80m.

Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel, en m3)

$$\text{Vel} = (Vd \times Td) / 1000 \quad Td: \text{Tiempo de digestión, en días} \quad (3.33)$$

$$\text{Vel} = 47.69 \text{ m}^3$$

Área del lecho de secado (Als, en m2)

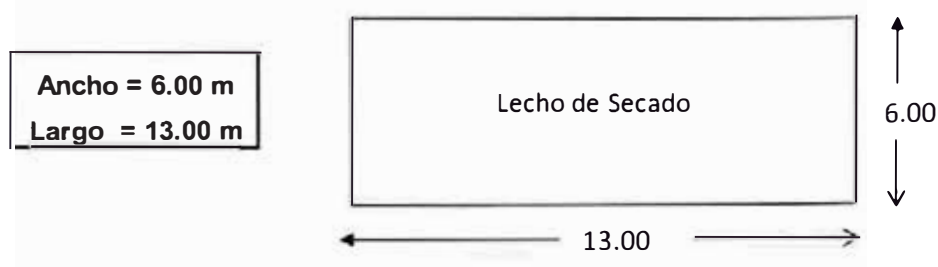
$$\text{Als} = \text{Ve} / \text{Ha} \quad \text{Ha} : \text{Profundidad de Aplicación (entre 0.20 a 0.40 m)} \quad (3.34)$$

$$\text{Ha} = 0.30 \text{ m}$$

$$\text{Als} = 156 \text{ m}^2$$

El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 m, pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m.

Asumimos 2 lechos de secado con las siguientes dimensiones



Medio de drenaje

El medio de drenaje es generalmente de 0.30 m de espesor y debe tener las siguientes componentes:

- El medio de soporte recomendable está constituido por una losa de 20 cm. Construida de concreto armado en cuya parte central se ubica una canaleta con tapa de 0.30 m de concreto armado perforada.
- La arena es el medio filtrante y debe tener un tamaño efectivo de 0.3 a 1.3 mm y un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5.
- Debajo de la arena se deberá colocar un estrato de grava graduada entre 16 y 51 mm, de 0.20m de espesor.

3.6 DISEÑO DEL TANQUE TIPO DORTMUND

Cálculo del caudal de diseño

Poblacion Inicial (2012)	=	5,031	Hab.	Dotación	=	220 l/p/d
Tasa deCrecimiento	=	1.938	%	% De Contribució	=	80%
Periodo de Diseño	=	20	años	Temperatura	=	18 °C

$$\text{Población Futura} = \boxed{Pf=Pi(1+r/100)^{(Tf-Ti)}} \implies \boxed{Pf = 7,385 \text{ Hab}} \text{ Hab.}$$

$$\text{Caudal de Diseño} = \boxed{Qd= (Pf \times \text{Dotación}) / 1000 \times \% \text{contribución}} \quad (3.35)$$

$$\boxed{Qd = 1299.84 \text{ m}^3/\text{día}} = \boxed{54.16 \text{ m}^3/\text{Hora}} \implies \boxed{Qd = 15 \text{ lps}}$$

Diseño del sedimentador tipo Dortmund

Área del sedimentador (As en m2)

Tabla 3.5: Carga de superficie

TIPO DE TRATAMIENTO	CARGA DE SUPERFICIE m ³ /m ² d		CARGA kg/m ² .h		PROFUNDIDAD (m)
	Media	Máx.	Media	Máx.	
Sedimentación a continuación de lodos activados (excluida la aeración prolongada)	16-32	40-48	3,0-6,0	9,0	3,5-5
Sedimentación a continuación de aeración prolongada	8-16	24-32	1,0-5,0	7,0	3,5-5

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS. 090

Usando la tabla 3.5, asumimos el valor de la carga de superficie $CS=40$ $m^3/m^2 \times día$ y calculamos AS,

$$AS = \frac{Qd}{CS} \quad (3.36)$$

Como $CS = 1.67 m^3/m^2 \times hora$, tenemos

$$AS = 32.43 m^2$$

Diámetro del sedimentador

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot AS}{\pi}} \quad (3.37)$$

como $AS = 32.43 m^2$ se tiene $D = 6.40 m$.

Cálculo de Alturas de la cámara del sedimentador

Período de Retención Hidráulica (R)

R = Período de Retención Hidráulica, entre 1.5 a 2.5 Horas
(Recomendable 2 Horas)

$$R = 2 \text{ Horas}$$

Profundidad del sedimentador (H en m)

$$R = H/CS \quad (3.38)$$

Luego $H = 3.30 m$

Volumen del sedimentador (Vs, en m3)

$$Vs = A \times H \quad (3.39)$$

Luego $Vs = 107 m^3$

El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá de 50° a 60° .

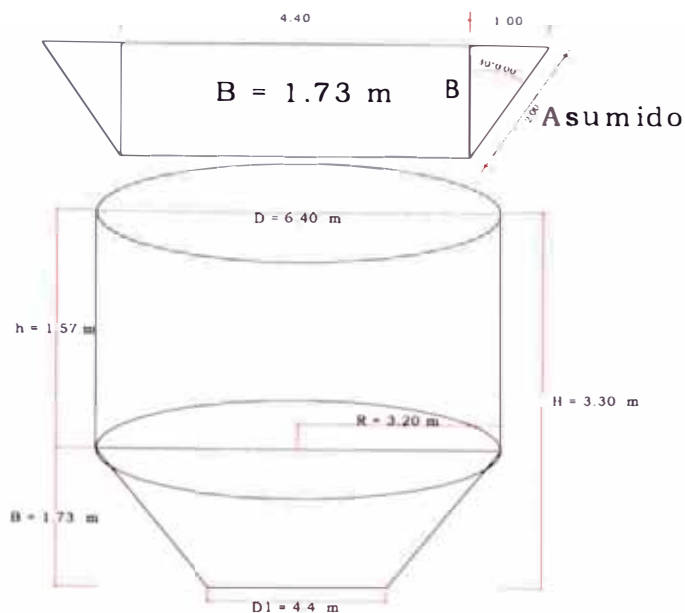


Figura 3.5 Dimensiones del Tanque Dortmund

Fuente: *Elaboración Propia*

ÁNGULO DE INCLINACIÓN		
$\alpha =$	30 °	0.5236 rad

De la figura anterior deducimos:

$$\text{tg}(30^\circ) = 1/B \qquad B = 1/\text{tg}(30^\circ) \qquad \underline{\underline{B = 1.73 \text{ m}}}$$

3.7 DISEÑO DEL FILTRO PERCOLADOR

Se aplica el método de la National Research Council (NRC) de los Estados Unidos de América Este método es válido cuando se usa piedras como medio filtrante.

Población de diseño (P)	7385 habitantes
Dotación de agua (D)	220.00 L/(habitante.día)
Contribución de aguas residuales (C)	80%
Contribución per cápita de DBO5 (Y)	50 grDBO5/(habitante.día)
Eficiencia Tratamiento anterior	30%
Producción per cápita de aguas residuales: $q = D \times C$	176 L/(habitante.día)
DBO5 teórica: $St = Y \times 1000 / q$	284.1 mg/L
Eficiencia de remoción de DBO5 del tratamiento primario (E_p)	39.23%

DBO5 remanente: $S_o = (1 - E_p) \times S_t$	172.64 mg/L
Caudal de aguas residuales: $Q = P \times q / 1000$	649.97 m³/día
Dimensionamiento del filtro percolador	
DBO requerida en el efluente (Se)	57.2 mg/L
Eficiencia del filtro (E): $E = (S_o - S_e)/S_o$	67%
Carga de DBO (W): $W = S_o \times Q / 1000$	112.21 KgDBO/día
Caudal de recirculación (Q_R)	0 m ³ /día
Razon de recirculación ($R = Q_R/Q$)	0
Factor de recirculación (F): $F = (1 + R)/(1 + R/10)^2$	1
Volúmen del filtro (V): $V = (W/F) \times (0,4425E/(1-E))^2$	89.50 m³
Profundidad del medio filtrante (H):	2 m
Area del filtro (A): $A = V/H$	44.75 m²
Tasa de aplicación superficial (TAS): $TAS = Q/A$	14.53 m³/(m².día)
Carga orgánica (CV): $CV = W/V$	1.25 Kg DBO/(m³.día)
Filtro rectangular	
Largo del filtro (l):	8.60 m
Ancho del filtro (a):	5.20 m
Número de filtros	1

ZONA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES		
Diametro de Perforación (d):	3/4 pulg	
Area de la Perforación unitaria	0.00026 m²	
Espaciamiento entre tuberías:	0.80 m	
Diámetro de la tubería	0.16 m	
Número de tuberías	8.00 und	
Número de filas de perforaciones	3.00 und	
Espaciamiento de perforaciones	0.25 m	
Número de perforaciones por tubería	100.00 und	
Número de perforaciones totales	800.00 und	
Area total de escurrimiento	0.21 m²	
Velocidad por perforación	0.0717 m/s	$v_f < 0.1 \text{ m/s}$
Altura Borde inferior Tubería a nivel de grava	0.5 m	
Nivel de agua inicial debajo del nivel de grava	0.2 m	
Ancho canal de recolección de aguas residuales	0.2 m	
Tirante de agua en tubería de descarga	0.0885 m	
Pendiente	0.01 m/m	
Coefficiente de Manning	0.015	
Altura libre	0.1 m	

3.8 DISEÑO DE LA CÁMARA DE CLORACIÓN

DATOS	
Q _{mh}	15.4 lt/s
t (tiempo de retención)	7 min
Velocidad en la cámara	0.6 m/s
Altura del agua	1 m
altura del tanque	1.4 m
Largo (asumido)	3.5 m
V_{clorador}	6.47 m³
Nº de pantallas (asumido)	2
Distancia (asumido)	0.6
Espesor de pantalla (asumido)	0.1
Ancho total	2
V_{total}	7 m³

V_{clorador}: volumen de la cámara de cloración

V_t: volumen total de la cámara de cloración

CAPÍTULO IV: PROCESOS CONSTRUCTIVOS

4.1 PROCESOS CONSTRUCTIVOS

4.1.1 Proceso Constructivo del Tanque Imhoff

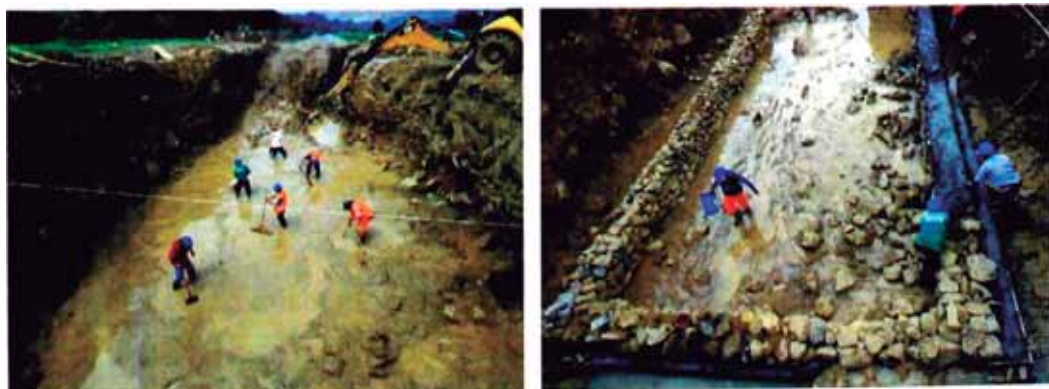
- Presencia de nivel freático en la excavación para el tanque Imhoff



- Construcción de un sistema de drenaje



- Extracción de lodos y canalización de aguas subterráneas



- **Acondicionamiento del fondo para cimentación del tanque**



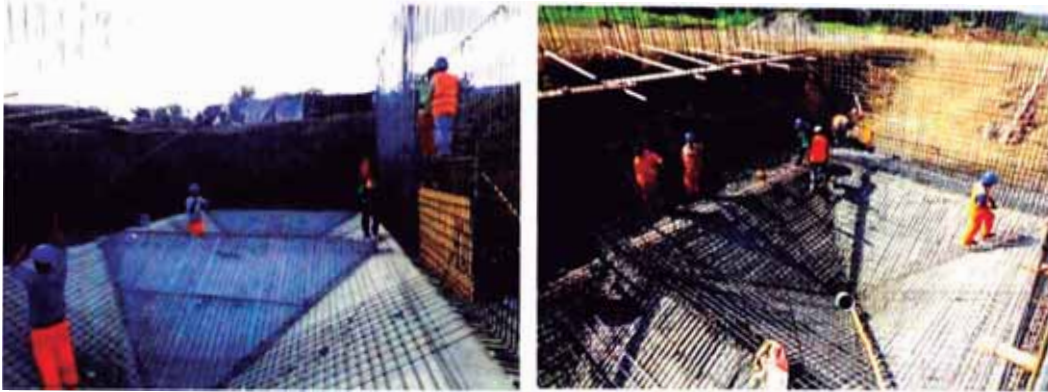
- **Vaciado de solado**



- **Colocación de fierro en la cimentación del tanque imhoff**



- **Colocación de fierro en la cimentación del tanque imhoff**



- **Encofrado y vaciado de fondo y zapata**



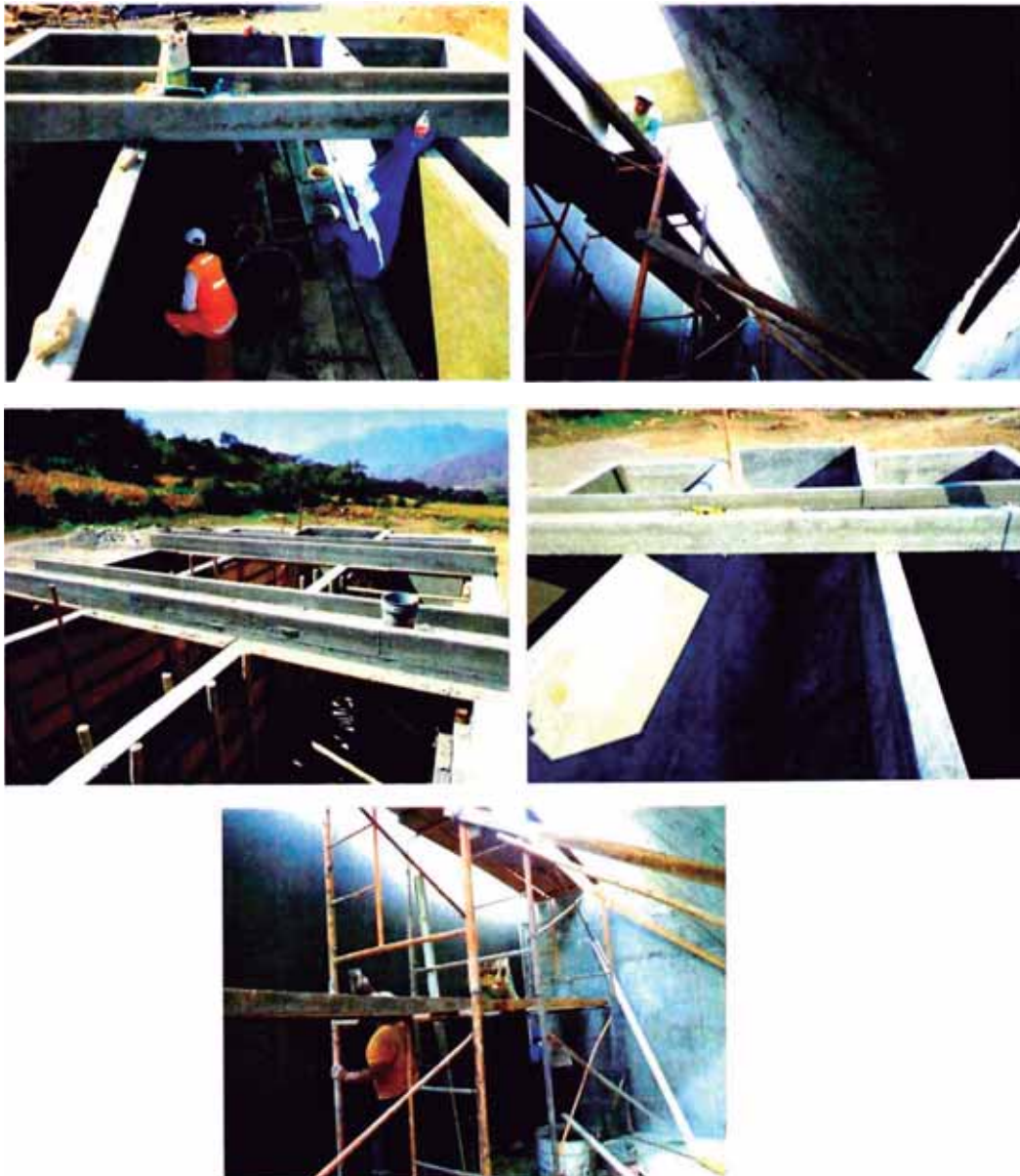
- **Encofrado y vaciado del primer anillo**



- Vaciado del segundo anillo monóticamente con las vigas intermedias



- Tarrajeos impermeabilizantes del interior del tanque Imhoff



- **Caja de salida de lodos**



- **Vertedero de salida hacia el Dortmund**



4.1.2 Proceso constructivo del lecho de secado

- **Conformación de terreno y vaciado de solado para columnas**



- **Colocación de columnas y vaciado de solado de canaletas**



- **Vaciado de canaletas**



- **Colocación de fierro**



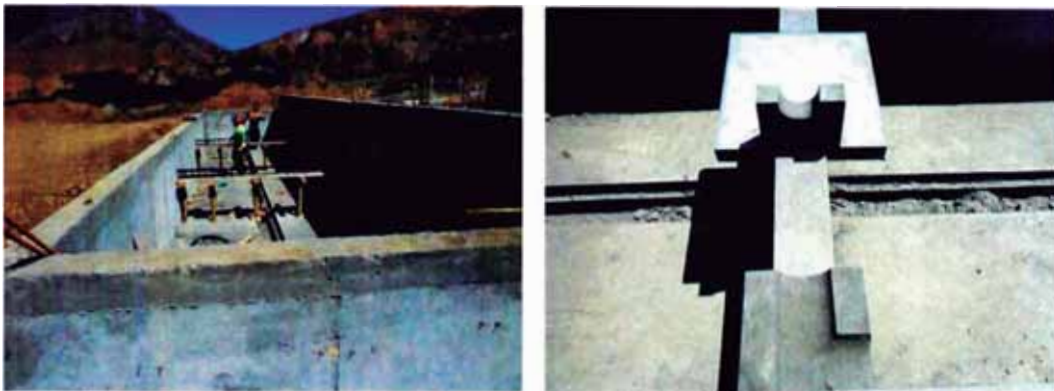
- **Vaciado de losa de fondo**



- **Vaciado de las paredes exteriores e interiores**



- **Encofrado y vaciado de los salpicadores intermedios**

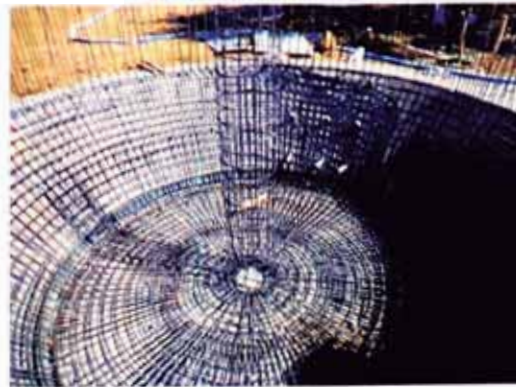


4.1.3 Proceso Constructivo del Sedimentador Tipo Dortmund

- **Vaciado de solado**



- **Colocación de fierro**



- **Encofrado del tronco piramidal del sedimentador Dortmund**

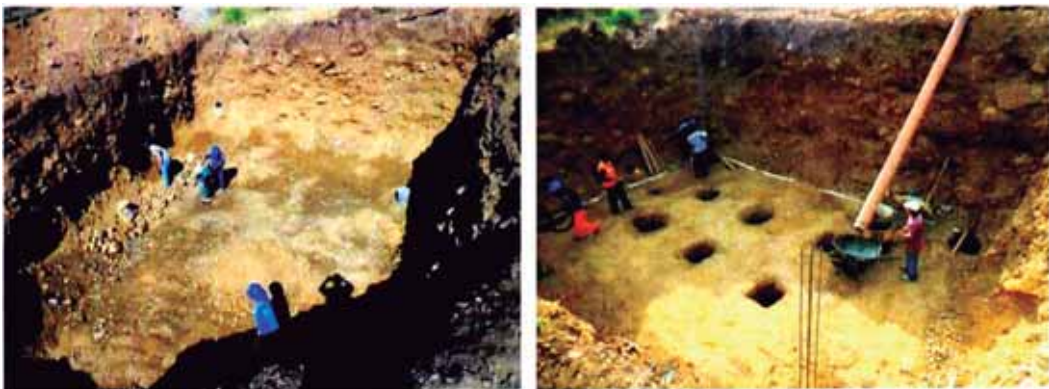


- **Encofrado de la parte recta del sedimentador Dortmund**



4.1.4 Proceso Constructivo del Filtro Percolador

- **Preparación de la base del terreno para la colocación de columnas**



- **Colocación de fierros en la losa de fondo**



- **Encofrado y colocación de fierros en la losa de drenaje**



- **Vaciado de la losa de drenaje**



- **Mampostería en el filtro percolador**



4.1.5 Proceso Constructivo de la Cámara de Cloración

- **Vaciado de solado**



- **Colocación de fierros**



- **Vaciado de losa de fondo**



CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El sistema utilizado en la Ptar, ha sido un sistema anaerobio, por tanto no ha requerido mucha área para su construcción.
- Los tanques sedimentadores como son los Imhoff y los Dortmund, por si solos no son adecuados para el sistema de tratamiento de aguas residuales. En este proyecto de manera complementaria la Ptar cuenta con un filtro percolador y una cámara de cloración.
- La Ptar ha cumplido todas las etapas del tratamiento de aguas residuales (Pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario)
- La Ptar tiene un bajo costo de operación y mantenimiento, debido a que no requiere de equipamiento electromecánico.
- En el pre-tratamiento de aguas residuales mediante la cámara de rejas y el desarenador existe reducción de contaminantes. Las bibliografías y el RNE no contemplan la reducción de contaminantes a nivel de un pre-tratamiento de aguas residuales.
- Este tipo de plantas solo es usada para poblaciones pequeñas por debajo de los 10,000 habitantes.
- El diseño de esta planta de tratamiento ha sido siguiendo los lineamientos dados en la norma OS-090 del RNE.
- el clima de la localidad favorece a los tanques sedimentadores, para la digestión y extracción de lodos que es de aproximadamente de 46 días.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer un estudio del uso potencial de las aguas de la Ptar para riegos agrícolas.
- La Municipalidad debe capacitar a su personal para los trabajos de operación y mantenimiento, que deben realizarse periódicamente.
- Realizar charlas educacionales dirigidas a la población sobre el uso adecuado de los sistemas de saneamiento.
- Monitorear periódicamente las descargas del efluente de la Ptar.
- Realizar estudios previos, de medición y muestreo en las descargas de aguas residuales para tener una mejor referencia sobre las aguas a tratar.
- Realizar limpiezas periódicas de todos los tanques de la Ptar.
- Debido a que los parámetros tomados para el diseño de la Ptar han sido en su mayoría del RNE, se recomienda hacer monitoreos periódicos para la investigación de futuras construcciones y ampliaciones complementarias de Ptar.

BIBLIOGRAFÍA

1. ESPINOZA Paz, Ramón Enrique. (2010). "*Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en San Juan de Miraflores*", Piura.
2. Expediente Técnico de la Obra. (2007). "*Ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la localidad de cascás, provincia de Gran Chimú – La Libertad*", La Libertad.
3. FLORES Villanueva, Marco Fabricio. (2011). "*Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para C.P.M. Augusto B. Leguía y la Florida - Nuevo Imperial*", Lima.
4. Fondo Nacional del Ambiente. (2010). "*Oportunidades de Mejoras Ambientales por el Tratamiento de Aguas Residuales en el Perú*", Lima.
5. Ministerio del Ambiente. (2008). "*Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA); decreto N°002-2008*", Lima.
6. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2008). "*Límites Máximos Permisibles (LMP); decreto N°XXX-2008*", Lima.
7. NORIEGA Pissan, Ruddy. (1999). "*Manual de Tratamiento de Aguas Residuales*", Lima.
8. Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2005). "*Guía para el diseño de Desarenadores y Sedimentadores*", Lima.
9. Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2005). "*Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización*", Lima.
10. RAMALHO, R.S. (2003). "*Tratamiento de Aguas Residuales*", Barcelona: Editorial Reverté S.A.

11. Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). (2006). Norma de Saneamiento OS.090 "*Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*". Lima.
12. RIVAS Mijares, G. (1978). "*Tratamiento de Aguas Residuales*", Caracas: Ediciones Vega.
13. ROMERO Rojas, Jairo Alberto. (1999) "*Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principio de diseño*", Colombia: Editorial escuela colombiana de Ingeniería.
14. SAENZ Forero, Rodolfo. (1985). "*Lagunas de estabilización y otros sistemas simplificados para el tratamiento de aguas residuales*", CEPIS/OPS.
15. WOLFGANG, Wagner. (2010). "*Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia*", Bolivia.

ANEXO N° 1			
Límites Máximos Permisibles.			
PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESION	LMP PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aceites y grasas	mg/L	A y G	100
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN-	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁺⁶	0.5
Cromo Total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Niquel	mg/L	Ni	4
PH	unidad	PH	6-8
Plomo	mg/L	Pb	0.5
Solidos Sedimentables	ml/L/h	S.D.	8.5
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ⁻²	250
Sulfuros	mg/L	S ⁻²	5
Temperatura	°C	T°	35
Zinc	mg/L	Zn	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	DBO ₅	250
Fosforo Total	mg/L	P	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH ⁺⁴	80
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.T.	300
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	DQO	500

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO N° 2

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aguas (ECA)

Parámetros para riego de Vegetales de Tallo Bajo y Tallo Alto

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Fisicoquímicos		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosfatos - P	mg/L	1
Nitratos (NO3-N)	mg/L	10
Nitritos (NO2-N)	mg/L	0,06
Oxígeno Disuelto	mg/L	> =4
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
Inorgánicos		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Bario total	mg/L	0,7
Boro	mg/L	0,5-6
Cadmio	mg/L	0,005
Cianuro Wad	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo (6+)	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Niquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2
Orgánicos		
Acertes y Grasas	mg/L	1
Fenoles	mg/L	0,001
S. A. A. M. (detergentes)	mg/L	1
Plaguicidas		
Aldicarb	ug/L	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,004
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3
DDT	ug/L	0,001
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7
Endrin	ug/L	0,004

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES.			
PARÁMETROS	Unidad	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto
		Valor	Valor
Biologicos			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000	2 000(3)
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000	5 000(3)
Enterococos	NMP/100mL	20	100
Escherichia coli	NMP/100mL	100	100
Huevos de Helminthos	huevos/litro	<1	<1(1)
Salmonella sp		Ausente	Ausente
Vibrio cholerae		Ausente	Ausente

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente

ANEXO N°3**DENSIDAD Y VISCOSIDAD DEL AGUA**

Calculadas de las tablas

Temperatura°C	Densidad	Viscosidad
0	0.99987	1.7923
1	0.99993	1.7321
2	0.99997	1.6741
3	0.99999	1.6193
4	1.00000	1.5676
5	0.99999	1.5188
6	0.99997	1.4726
7	0.99993	1.4288
8	0.99988	1.3874
9	0.99981	1.3479
10	0.99973	1.3101
11	0.99963	1.2740
12	0.99952	1.2396
13	0.99940	1.2068
14	0.99927	1.1756
15	0.99913	1.1457
16	0.99897	1.1168
17	0.99880	1.0888
18	0.99862	1.0618
19	0.99843	1.0356
20	0.99823	1.0105
21	0.99802	0.9863
22	0.99780	0.9629
23	0.99757	0.9403
24	0.99733	0.9186
25	0.99707	0.8975
26	0.99681	0.8774
27	0.99654	0.8581
28	0.99626	0.8394
29	0.99597	0.8214
30	0.99568	0.8039
31	0.99537	0.7870
32	0.99505	0.7708
33	0.99473	0.7551
34	0.99440	0.7398
35	0.99406	0.7251
36	0.99371	0.7109
37	0.99336	0.6971
38	0.99299	0.6839
39	0.99262	0.6711

Fuente: Diseño de sedimentadores y desarenadores, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente, 2005

ANEXO N°4
LEY APLICABLE A REYNOLDS

Material	Ø Limite de las partículas (cm)	# de Reynolds	V _s	Régimen	Ley Aplicabile
Grava	>1.0	>10 000	100	Turbulento	$V_s = 1.82 \sqrt{dg \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)}$ Newton
Arena Gruesa	0.100 0.080 0.050 0.050 0.040 0.030 0.020 0.015	1 000 600 180 27 17 10 4 2	10.0 8.3 6.4 5.3 4.2 3.2 2.1 1.5	Transición	$V_s = 0.22 \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} g \right)^{2/3} \left[\frac{d}{(\mu/\rho)^{1/3}} \right]$ Allen
Arena Fina	0.010 0.008 0.006 0.005 0.004 0.003 0.002 0.001	0.8 0.5 0.24 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.8 0.6 0.4 0.3 0.2 0.13 0.06 0.015	Laminar	$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_s - \rho}{\mu} \right) d^2$ Stokes

Fuente: *Diseño de sedimentadores y desarenadores,*
Organización Panamericana de la salud, Lima. 2005

ANEXO N°5

Procesos de tratamiento aplicados para la remoción de algunos contaminantes

Proceso	Aplicación Común	Cambios Principales en el Aspecto de Calidad
Separación por gravedad		
Sedimentación Simple	Desarenado de aguas residuales crudas	Remoción de sólidos en suspensión no transportables a una velocidad de 30 cm/seg
	Tratamiento Primario con o sin remoción de natas	25-40% reducción de DBO 40-70% reducción de sólidos en suspensión 50% reducción de turbiedad 25-75% reducción de bacterias 2% reducción de detergentes (SAL)
	Concentración de lodo activado de retorno en tratamiento secundario	concentra el lodo al 20-50% de su volumen original Concentra el lodo de 2 a 10 veces su contenido de sólidos original
decantación después de coagulación	Aguas residuales domésticas	50-85% reducción de DBO 70-90% reducción de sólidos en suspensión 40-80% reducción de bacterias
	Remoción de fosfatos de aguas residuales	Reduce fosfatos solubles a cantidades trazas
Proceso	Aplicación Común	Cambios Principales en el Aspecto de Calidad
Tratamiento Biológico		
filtros percoladores con sedimentación secundaria	Tratamiento secundario de aguas residuales domésticas	60-85% reducción de DBO 7-90% reducción de sólidos en suspensión 90-95% reducción de bacterias
Lodos Activados con sedimentación secundaria	Tratamiento secundario de aguas residuales domésticas	70-98% reducción de DBO 85-98% reducción de sólidos en suspensión 95-98% reducción de bacterias
Laguna de estabilización	Tratamiento de aguas residuales domésticas	75-95% reducción de DBO 90-99% reducción de sólidos en suspensión 98-99% reducción de bacterias
Aireación		
Aeración con aire comprimido	Desarenadores aireados, separación de grasa, separación de sólidos por flotación, tratamiento biológico, fraccionamiento de espuma, transparencia de oxígeno	Mantener condiciones aeróbicas Contrarrestar fuerza de gravedad en flotación
Aeración mecánica superficial	tratamiento biológico, mezcla de biomasa, transferencia de oxígeno	Mantener condiciones aeróbicas

Proceso	Aplicación Común	Cambios Principales en el Aspecto de Calidad
Filtración		
Cribas Finas	Agua residual doméstica	5-10% reducción de DBO 2-20% reducción de sólidos en suspensión 10-20% reducción de bacterias
Microcribas	Clarificación de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales	87-96% reducción de organismos microscópicos 60-90% reducción en partículas microscópicas 50-60% reducción de sólidos en suspensión de efluente de filtro biológico

Proceso	Aplicación Común	Cambios Principales en el Aspecto de Calidad
Filtración		
Filtros lentos	Tratamiento Terciario de agua residual	90-95% reducción de DBO 85-95% reducción de sólidos en suspensión 95-98% reducción de bacterias
Filtros rápidos en efluentes secundario	Tratamiento Terciario de agua residual doméstica	52-70% reducción de DBO 72-91% reducción de sólidos en suspensión
Filtros rápidos en efluente secundario después de coagulación química	Tratamiento avanzado de agua residual doméstica para remoción de fósforo, sólidos en suspensión y complejos orgánicos disueltos	Cerca de 100% reducción de turbiedad 90-99% reducción de bacterias 90-95% reducción de sólidos en suspensión
Filtro de efluente de lodos activados en carbón activado (adsorción)	Tratamiento avanzado de agua residual doméstica para remoción de fósforo, sólidos en suspensión y complejos orgánicos disueltos	Efluente con : 0-1 mg/lit DBO 5-15 mg/lit DQO 0.1-1 mg/lit turbiedad 0-1 mg/lit sólidos s. 0.1-1 mg/lit fosfatos (PO4) 1-10 mg/lit nitrógeno amoniacal (N)

Proceso	Aplicación Común	Cambios Principales en el Aspecto de Calidad
Cloración		
Cloros líquidos y compuestos de cloro	Desinfección de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Ayuda en remoción de grasas, control de grasas, control de moscas en filtro, limpieza de difusores, remoción de H ₂ S y NH ₃ , control de formación de películas biológicas en alcantarillado.	99.9% reducción en bacterias 1) Con 15 min contacto a) Primario 20-25 mg/lit b) Filtros biológicos 15 mg/lit c) Lodos Activados 8 mg/lit d) aeración extendida 5 mg/lit Con 2h de Contacto Lagunas de estabilización 15 mg/lit
Digestión Anaeróbica	Estabilización de lodos primaria y secundaria	50 % reducción de sólidos volátiles en suspensión Mineralización de lodos.

Fuente: Elaborado por el fondo Nacional del Ambiente, Diciembre 2010

ANEXO 6

Información del sector educación de la ciudad de Cascas – 2011

Nombre de IE	Nivel/Modalidad	Gestión / Dependencia	Dirección de IE	Alumnos (2011)	Docentes (2011)	Secciones (2011)
N° 131 Santísima Virgen del Arco	Inicial-Jardín	Pública-Sector Educación	Jr San Martin S/N	60	3	3
N°113 Santa Rosa	Inicial-Cuna-Jardín	Pública-Sector Educación	Calle 28 de Octubre S/N	103	6	5
N° 78 Mi Capullo	Inicial-Cuna-Jardín	Pública-Sector Educación	Jr Union N° 561	143	8	7
Emanuel	Inicial-Jardín	Privada-Particular	Jr. San Gabriel N° 100	9	1	3
N°82539	Primaria	Pública-Sector Educación	Jr Bolognesi N° 570	57	10	6
Emanuel	Primaria	Privada-Particular	Jr. San Gabriel N° 100	40	6	6
N° 82538 Manuel María Alvarez	Primaria	Pública-Sector Educación	Calle Miguel Grau N° 380	315	21	17
San Gabriel	Primaria	Pública-Sector Educación	Jr. San Gabriel N° 179	218	13	12
N° 82538 Manuel María Alvarez	Secundaria	Pública-Sector Educación	Calle Miguel Grau N° 380	263	16	10
San Gabriel	Secundaria	Pública-Sector Educación	Jr. San Gabriel N° 179	254	19	11
N°82539	Secundaria	Pública-Sector Educación	Jr. Bolognesi N° 570	67	10	5
Emanuel	Secundaria	Privada-Particular	Jr. San Gabriel N° 100	30	7	5
Cascas	CETPRO	Pública-Sector Educación	Jr. Bolognesi N° 570	10	1	1
Sebastian Gili Vives	CETPRO	Privada-Particular	Jr. San Martin N° 356	53	2	3
CEBA-San Gabriel	Educación Básica Alternativa	Pública-Sector Educación	Jr. San Gabriel N° 179	38	5	0
N° 82126	Educación Especial	Pública-Sector Educación	Jr. Bolognesi N° 570	21	0	0

Fuente: ESCALE – Estadística de la Calidad Educativa – Ministerio de Educación

ANEXO 7
PRESUPUESTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

ITEM	DESCRIPCION	PRECIO S/.
1	CAMARA DE REJAS Y SEDIMENTADOR (01 UNIDAD)	6,324.84
2	TANQUE IMHOFF (01 UNIDAD)	186,610.25
3	LECHO DE SECADO (02 UNIDADES)	170,275.48
4	SEDIMENTADOR DORTMUND (01 UNIDAD)	69,071.77
5	FILTRO PERCOLADOR (01 UNIDAD)	83,781.62
6	CAMARA DE CLORACION (01 UNIDAD)	26,345.90
	TOTAL	542,409.86

Fuente: Expediente Técnico "Ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la localidad de Cascas, distrito de Cascas, provincia de Gran Chimú - La Libertad"

ANEXO N° 8
PLANOS DE LA PTAR