



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Físicas
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

**Diseño hidráulico de captación de laderas y
tratamiento de aguas residuales sistema Imhoff en el
centro poblado de Huamburque, distrito de Ongoy –
provincia de Chincheros – Apurímac 2021**

MONOGRAFÍA TÉCNICA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

Raúl Omar GÓMEZ CEVALLOS

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Gómez, R. (2022). *Diseño hidráulico de captación de laderas y tratamiento de aguas residuales sistema Imhoff en el centro poblado de Huamburque, distrito de Ongoy – provincia de Chincheros – Apurímac 2021*. [Monografía técnica de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Raúl Omar Gómez Cevallos.
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10803018
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-3595-3787
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número de documento de identidad	
URL de ORCID	
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	JULIO JESUS QUIJANO VARGAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	43073615
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	REUTER ARTURO ALIAGA DÍAZ
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07229778
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	EMANUEL JESUS GUZMAN ZORRILLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40420005
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.2.5.2. Recursos Hídricos
Grupo de investigación	
Agencia de financiamiento	PROPIA
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Apurímac Provincia: Chincheros Distrito: Ongoy Latitud: 13°23'48" Longitud: 73°35'36"
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Universidad del PERÚ, Decana de América)
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

XIII CAP DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE LA MONOGRAFÍA TÉCNICA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS, MODALIDAD DE TITULACIÓN M-3 – POR SUFICIENCIA PROFESIONAL

Siendo las 15:00 horas del día lunes 5 de diciembre de 2022, en la Sala de Sesión Virtual de la Facultad de Ciencias Físicas, bajo la presidencia del Mg. Ing. JULIO JESÚS QUIJANO VARGAS y con la asistencia de los miembros Mg. Ing. EMANUEL JESÚS GUZMÁN ZORRILLA y el Ing. REUTER ARTURO ALIAGA DÍAZ, se dio inicio a la Sesión Pública Virtual de Sustentación de la Monografía Técnica para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, mediante la Modalidad de Titulación M-3 Por Suficiencia Profesional, del Bachiller:

RAÚL OMAR GÓMEZ CEVALLOS

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente, e invitó al Bachiller RAÚL OMAR GÓMEZ CEVALLOS, a realizar la Exposición del trabajo de la Monografía Técnica titulada “DISEÑO HIDRÁULICO DE CAPTACIÓN DE LADERAS Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SISTEMA IMHOFF EN EL CENTRO POBLADO DE HUAMBURQUE, DISTRITO DE ONGOY – PROVINCIA DE CHINCHEROS – APURIMAC 2021”.

Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller a abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado. Se procedió a promediar la nota final del curso de actualización y la nota de la sustentación para obtener la calificación final.

Al término de la deliberación del Jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida por el Bachiller, la misma que fue:

DIECISIETE 17

El Presidente del Jurado Mg. Ing. JULIO JESÚS QUIJANO VARGAS, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller RAÚL OMAR GÓMEZ CEVALLOS Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 16:20 horas del mismo día, se levantó la sesión.

Mg. Ing. JULIO JESÚS QUIJANO VARGAS
PRESIDENTE DEL JURADO

Mg. Ing. EMANUEL JESÚS GUZMÁN ZORRILLA
MIEMBRO DEL JURADO

Ing. REUTER ARTURO ALIAGA DÍAZ
MIEMBRO DEL JURADO



UNMSM

Firmado digitalmente por LOZANO
BARTRA Whualkuer Enrique FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 29.12.2022 19:31:52 -05:00

DR. WHUALKUER ENRIQUE LOZANO BARTRA
VICEDECANO ACADÉMICO FCF

Datos de la plataforma virtual institucional del acto de sustentación:

<https://us06web.zoom.us/j/82229224565?pwd=U2ZNb0VTRXA1aUFud1dYVEhvbNJEZz09>

ID de reunión: 822 2922 4565

Código de acceso: 558186

Grabación archivada en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/file/d/1IATGYyUmRdV1_6vnNI_r9mooYlnHqZ61/view?usp=sharing

Anexo 1

Informe de evaluación de Originalidad

1. Facultad de Ciencias Físicas
2. Escuela/Unidad de Posgrado
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos
3. Autoridad Académica que emite el informe de originalidad
El Director de la EPIMF
4. Apellidos y nombres de la autoridad académica
Sarango Julca Douglas Donal
5. Operador del programa Informático de similitudes
Dr. Ing. Douglas Sarango Julca
6. Documento evaluado (1)
“DISEÑO HIDRÁULICO DE CAPTACIÓN DE LADERAS Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SISTEMA IMHOFF EN EL CENTRO POBLADO DE HUAMBURQUE, DISTRITO DE ONGOY – PROVINCIA DE CHINCHEROS – APURIMAC 2021”
7. Autor del documento (2)
RAÚL OMAR GÓMEZ CEVALLOS
8. Fecha de recepción del documento 17/10/22
9. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes 2/11/22
10. Software utilizado
 - Turnitin (X)
 - Ithenticate
 - Otro (especificar)
11. Configuración del programa detector de similitudes
 - Excluye textos entrecomillados
 - Incluye Bibliografía
 - Excluye cadenas menores a 40 palabras
12. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes³
7%
13. Fuentes originales de las similitudes encontradas⁴
14. Observaciones
Ninguna
15. Calificación de originalidad
 - Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones (X)
 - Documento cumple criterios de originalidad, con observaciones
 - Documento no cumple criterios de originalidad
16. Fecha del Informe 15 /12 /22



Firmado digitalmente por SARANGO
JULCA Douglas Donal FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 15.12.2022 21:54:02 -05:00

DR. ING. Douglas Sarango Julca
DIRECTOR (e) DE LA EPIMF

-
- 1 Otro (especificar) Monografía Técnica Modalidad de Titulación M-3
Suficiencia Profesional
 - 2 Apellidos y Nombres completos
 - 3 En letras y números
 - 4 Indicarlas en orden decreciente y su respectivo porcentaje

RESUMEN

Debido a la falta de sistemas de tratamientos de aguas residuales en el centro poblado de Huamburque, surge la necesidad de crear una propuesta que solvete la problemática existente en dicha localidad con la finalidad de mitigar las graves consecuencias que esto conlleva a la salud y calidad de vida poblacional, por este motivo la presente monografía técnica tiene por objetivo diseñar la captación de ladera y tratamiento de aguas residuales de forma eficiente mediante un sistema Imhoff en el centro poblado, para lo cual, primeramente se calculó el caudal con una población proyectada a 20 años, para luego diseñar una captación de manantiales de ladera calculando las dimensiones de la cámara húmeda, punto de afloramiento, pantalla, canastilla y rebose; finalmente se llevó a cabo el diseño del tanque Imhoff con lo cual se concluyó que la propuesta se adapta a las necesidades de la población para el tratamiento de las aguas servidas, y además, permite un menor impacto ambiental en la zona.

Palabras claves: captación de manantiales, tanque Imhoff.

ÍNDICE GENERAL

1	CAPITULO 1: GENERALIDADES	7
1.1.	Introducción.....	7
1.2.	Importancia del Tema	8
1.3.	Identificación del Problema.....	9
1.3.1.	Sistema de Abastecimiento de Agua	9
1.3.2.	Conductos y Tratado de Agua Residual.....	9
1.4.	Justificación del Tema.....	10
1.5.	Propuesta de Solución	12
1.6.	Objetivos	13
1.6.1.	Objetivo General.....	13
1.6.2.	Objetivos Específicos.....	13
	CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.....	14
2.1.	Antecedentes	14
2.1.	Bases Teóricas	16
2.1.1.	Agua Residual.....	16
2.1.2.	Características y Composición del Agua Residual	16
2.1.3.	Clasificación del Agua Residual.....	17
2.1.4.	Procesos de Tratamientos de Aguas Residuales.....	18
2.2.5.	Ventajas y Desventajas de los Tanques Imhoff.....	19
2.2.6.	Funcionamiento de los Tanques Imhoff	20
2.2.7.	Operación y Mantenimiento del Tanque Imhoff	21
2.2.8.	Planta Usando Filtro Percolador y Tanque Imhoff.....	21
2.2.9.	Marco Normativo. Norma OS.090	22
2.2.10.	Captaciones en Laderas.....	23
2.2.11.	Glosario de Términos.....	23
	CAPITULO 3: DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	25
3.1.	Consideraciones para el Diseño Hidráulico	25
3.1.1.	Población de Diseño	25
3.1.2.	Diseño de Caudales para agua potable.....	25
3.1.3.	Diseño de Caudales para aguas residuales	26
3.2.	Cálculos de Diseño	28
3.2.1.	Diseño Hidráulico de Captación de Ladera	30
3.2.2.	Diseño Tanque Imhoff	38
	CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52

4.1. Cálculo de demanda	52
4.2. Cálculo de Diseño de Captación en Laderas.....	53
4.3. Cálculo de Diseño de Tanque Imhoff.....	54
4.4. Fundamentación del diseño desarrollado.....	56
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
4.1. Conclusiones.....	58
4.2. Recomendaciones	59
BIBLIOGRAFÍA	60
REFERENCIAS.....	63
ANEXOS	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Factor de capacidad relativa.....	43
Tabla 2 Tiempo de digestión de lodos	45
Tabla 3 Cálculo de demanda	53
Tabla 4 Diseño de captación en laderas.	53
Tabla 5 Diseño de Tanque Imhoff	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Aguas servidas arrojadas al medio ambiente en una vivienda de la población Huamburque	10
Figura 2 Letrinas tipo ciego en la población de Huamburque.....	11
Figura 3 Tratamiento primario con tanque Imhoff	12
Figura 4 Clasificación de las aguas residuales	17
Figura 5 Pasos en el proceso del tratamiento de aguas residuales.	18
Figura 6 Ventajas y desventajas de los tanques Imhoff.	20
Figura 7 Corte lateral de un tanque Imhoff	21
Figura 8 Aforaciones realizadas durante la campaña de campo.....	27
Figura 9 Diseño de captación en laderas	28
Figura 10 Diseño de Tanque Imhoff.....	29
Figura 11 Captación de laderas.....	32
Figura 12 Elevación de ladera de captación.	33
Figura 13 Diseño de la distribución de los orificios de la pantalla.	35
Figura 14 Alturas cámara de captación	35
Figura 15 Dimensionamiento de la canastilla.....	37
Figura 16 Vista Isométrica de Tanque Imhoff.....	38
Figura 17 Boceto del fondo del Tanque.	39
Figura 18 Boceto del fondo del Tanque	40
Figura 19 Detalle del fondo del Tanque Imhoff	41
Figura 20 Vista lateral del Sedimentador	42
Figura 21 Corte Tanque Imhoff.....	44
Figura 22 Esquema de las Áreas del Tanque Imhoff	46
Figura 23 Vista lateral del Sedimentador	47
Figura 24 Lecho de secado de lodos	48
Figura 25 Vista del Lecho de Secado.....	51

CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1. Introducción

El tener acceso al agua mediante red pública no significa que esta sea procedente de una fuente de calidad. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 80% de enfermedades infecciosas y parasitarias, gastrointestinales y una tercera parte de la tasa de mortalidad se debe al uso y consumo de agua insalubre.

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico, 2020) el 76,3% de la población del área rural accede al servicio de agua proveniente de red pública, de ellos el 7,4% considera que es agua potable y el 68,9% agua no potable, debiéndose este alto porcentaje principalmente a la población que consume agua no potable dentro de la vivienda (66,6%).

La deficiencia en los hogares que tienen servicio de alcantarillado u otras formas de disposición sanitaria de excretas es más evidente en zonas rurales, donde en el año 2019 fue de 28,6% de acuerdo a la encuesta nacional de programas presupuestales (INEI, 2020).

En la actualidad, debido a diversos factores que se han incrementado notoriamente en los últimos años como el aumento de temperatura del planeta, la expansión demográfica y la cada vez mayor escasez de agua, es necesario optimizar los sistemas de abastecimiento y alcantarillado para aprovechar eficientemente el uso del recurso hídrico.

En los sistemas de agua es de vital importancia que exista un diseño acorde para la captación, como la de manantiales, siendo esta una solución idónea frente a los problemas de abastecimiento de agua, sobre todo para poblaciones alejadas de la serranía, que gracias a su geografía resulta complicado dotar de dicho recurso mediante otros sistemas.

En el Centro Poblado de Huamburque se ha presentado un incremento de enfermedades como consecuencia de un esquema deficiente de redes hídricas para la distribución de agua, además que prácticamente no cuenta con sistemas de alcantarillado, por

todo ello y gracias a la política de gobierno actual que declara como prioridad los proyectos de cierre de brechas, dentro de ellas los proyectos de saneamiento, es fundamental una rápida intervención.

Por tanto, la presente monografía se basa en solventar los problemas de la falta de servicios básicos de saneamiento en el centro poblado de Huamburque (Ongoy, Chincheros, Apurímac), donde las inadecuadas soluciones técnicas aunado al crecimiento demográfico han incidido en la salud de los habitantes; resultando la disposición de agua entre las principales causas que afectan a la comunidad.

Además de fundar las bases que sirvan como guía para elaborar proyectos futuros en materia de saneamiento. De este modo se llevaron a cabo actividades para elaborar los estudios básicos y así crear el expediente técnico de este proyecto, en el cual se contemplan los servicios para la distribución de agua potable, la instalación del alcantarillado sanitario y, finalmente para tratar la disposición de las aguas residuales e implementación de las Unidades Básicas de Saneamiento (UBS).

1.2. Importancia del Tema

El adecuado uso del recurso hídrico y una correcta estructura de operación de agua servida es un básico para el mundo moderno. En las zonas rurales existen las mayores carencias de estos servicios básicos, encontrándose los mismos entre sus principales problemas, por consiguiente, es necesario llevar propuestas y soluciones técnicas a dicha problemática, las cuales sean viables para intervenir la presencia de contaminantes.

De esta manera es necesario contar con un buen sistema de captación en ladera; en muchos lugares del país, especialmente en la serranía, la forma de captación se da mediante laderas de manantiales, por esto resulta relevante realizar un diseño que permita utilizar el agua de manera óptima.

También es necesario hacer una correcta evaluación para la propuesta, donde el impacto generado sea lo más bajo posible para el medio ambiente.

1.3. Identificación del Problema

1.3.1. Sistema de Abastecimiento de Agua

Hoy en día la población del Centro Poblado de Huamburque, no posee un adecuado sistema de redes de agua potable, los cuales fueron construidos en 1996 por FONCODES y la asociación ONG Agua Andina. Estos sistemas consideraban la distribución del agua mediante piletas públicas y es administrado actualmente por la JASS Huamburque, la cual cuenta con reconocimiento de la Municipalidad Distrital de Porvenir.

En dicho poblado solo el 87.04% de las personas cuenta con conexión domiciliaria, y el 12.96% no lo tienen, refiriendo necesidades en la obtención de agua, ya que se traduce en muchas ocasiones en el traslado de largas distancias, también se observó que el servicio no es continuo en épocas de estiaje, por lo que la necesidad de intervención es aún mayor.

Con respecto a las conexiones domiciliarias, estas fueron realizadas artesanalmente por la misma población, que cuentan con cajas domiciliarias y válvulas de ingreso que no aportan un uso conveniente para el aprovechamiento del recurso hídrico, ya que el sistema instalado solo consideraba la distribución mediante pilones.

1.3.2. Conductos y Tratado de Agua Residual

La población de Huamburque no cuenta con un sistema de alcantarillado, es por ello que la población se ha visto en la necesidad de construir letrinas rústicas en condiciones inadecuadas, puesto que la elaboración de los mismos se realizó sin ninguna intervención profesional, en la Figura 1 se muestra el tipo desagüe en una vivienda de la zona al no contar con dicho sistema.

Figura 1

Aguas servidas arrojadas al medio ambiente en una vivienda de la población Huamburque



Fuente: Elaboración propia

Los estudios de campo muestran que el 70.05% de las familias cuentan con letrinas rústicas, el 29.95% de estas no dispone de ningún tipo de sistema para eliminar las excretas que se generan, por esto, muchos de ellos recurren a lugares abiertos en los que excretar, exponiendo su salud, siendo esta una causa de enfermedades, que a su vez pueden desencadenar en problemas de desnutrición, contaminación del medio ambiente y limitar el desarrollo de la comunidad.

Con lo anteriormente descrito se identifica un problema latente en dicha población, pues dentro del contexto de cierre de brechas, ocupa un lugar importante para el desarrollo de proyectos.

1.4. Justificación del Tema

El derecho al agua potable y al saneamiento es un derecho humano reconocido internacionalmente, y este incide directamente en otros, como el derecho a la vida y a la dignidad, a viviendas adecuadas y a la salud y bienestar, incluyendo el derecho a condiciones ocupacionales y ambientales saludables. A pesar de esto, gran parte de la población mundial no disfruta de este derecho en todas sus dimensiones (cantidad suficiente, calidad, regularidad, seguridad, aceptación, accesibilidad y asequibilidad) (AGNU, 2010a). Aún

persiste una desigualdad, notablemente en diferentes regiones y entre zonas urbanas y rurales (UNICEF/OMS, 2015).

Desde el año 2020 se ha declarado estado de emergencia por el COVID 19 y SARC 2, donde los puestos de Salud han intensificado la educación sanitaria para el buen lavado de manos, pero por la no continuidad del agua ocasiona que no se cumpla a cabalidad.

Con respecto al servicio de alcantarillado, se pudo observar que no presenta redes de alcantarillado ni disposición sanitaria de excretas, por lo que cada familia de cada localidad realiza sus necesidades a través de letrinas tipo ciego, ubicadas al costado de las viviendas, en la parte interior y otras cerca a sus chacras, como se puede apreciar en la Figura 2.

Figura 2

Letrinas tipo ciego en la población de Huamburque.



Fuente: Elaboración Propia

Así la política de gobierno otorga prioridad al tema de cierre de brechas para el acceso de los servicios básicos, entre ellos se encuentran los proyectos relacionados con dotación de agua, dada su importancia la presente monografía logra una justificación práctica, puesto que propone la solución a la problemas de saneamiento que afectan a la población, propiciando circunstancias en las que cualquier persona contará con sistemas de calidad, especialmente en

las localidades de mayor vulnerabilidad. Por otro lado, también trae beneficios de salud, económicos y sociales, mejorando las condiciones de vida.

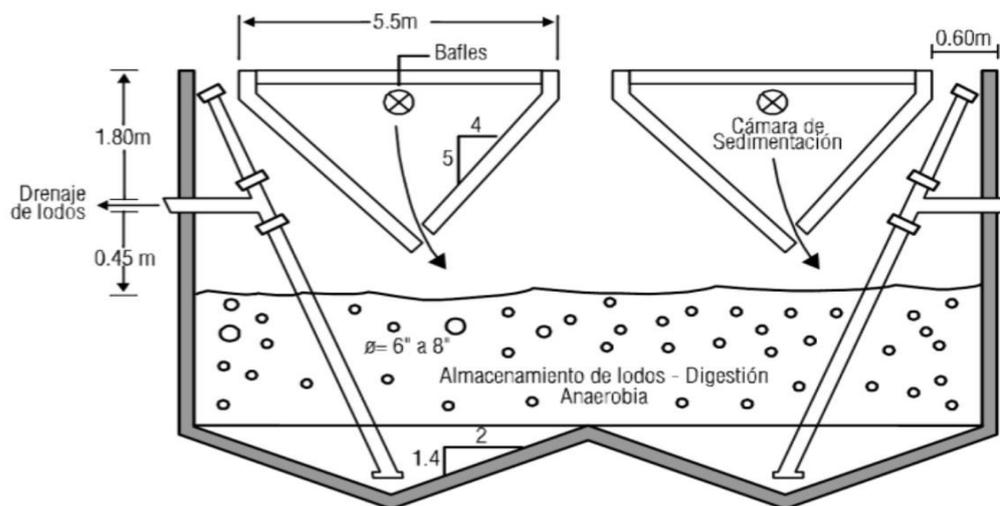
De acuerdo con la Resolución Ministerial N.º 399-2021-Vivienda, publicada en el Diario Oficial El Peruano, esta iniciativa contempla una inversión de más de 41,000 millones de soles para este periodo 2021-2026 que será destinada al cierre de brechas en agua y saneamiento.

1.5. Propuesta de Solución

Dentro de la solución se previó una propuesta para captación de ladera de donde se obtienen las aguas que afloran de manantiales, así como evaluación del tratamiento de agua residual en función a las condiciones topográficas. En el sistema de la planta de tratamiento de aguas residuales se plantea el uso de tanques Imhoff, debido a su importancia para realizar el tratamiento inicial, el cual busca eliminar residuos suspendidos. En la figura 3, se puede apreciar el tratamiento primario con tanque Imhoff.

Figura 3

Tratamiento primario con tanque Imhoff



Fuente: Adaptado de Bioingeniería de agua residuales por Orozco (2005).

La razón principal de la selección de tanques Imhoff reside en que estos se utilizan en poblaciones con un máximo de 5000 personas, y es que, al tener una cantidad menor de agua

residual, se puede integrar al proceso para sedimentarla y digerir lo acentuado resultante en el mismo tanque, por lo que dichas unidades reciben el nombre de recipientes con dos espacios. También son recomendables en poblaciones de demografía baja, porque usualmente no hay equipos autónomos que sugieran reparaciones, lo que los hace apropiados para comunidades alto andinas donde no se requiera de personal especializado, aunque, para que se pueda disponer de este tratamiento, resulta de vital importancia que el agua residual que llega a dichos tanques, previamente haya pasado por un proceso en los que se cribe y remueva las arenas.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Diseñar la captación de ladera y tratamiento de aguas residuales de forma eficiente mediante el sistema Imhoff en el centro poblado de Huamburque, Distrito de Ongoy - Provincia de Chincheros – Apurímac, 2021.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Realizar el diseño para una población futura proyectada a 20 años.
- Realizar el diseño hidráulico y dimensionamiento de captaciones en ladera de manera eficiente para el abastecimiento de agua y tanque Imhoff.
- Fundamentar la selección del Tanque Imhoff.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Arroyo (2009), desarrollo una tesis que consistió en la comparación del tratamiento primario de aguas residuales entre el tanque Baffled y el tanque Imhoff, tuvo como objetivo determinar las diferencias en el tratamiento primario de aguas residuales entre el tanque Baffled y el tanque Imhoff. En el estudio empleo el método científico, de tipo aplicada, con nivel comparativo, donde el diseño es no experimental, usando la técnica de observación, muestreo y evaluación. Como instrumentos, se emplearon las fichas de observación; la población estuvo representada por las aguas residuales generadas por la población de las Localidades de Maco y de Pacchac, la muestra fue el volumen de 1 litro de agua residual que se obtuvo de un tanque Baffled y de un tanque Imhoff, provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de dichas localidades. Se concluyó que el tratamiento primario de aguas residuales mediante el tanque Baffled en comparación con el tanque Imhoff, presenta similitudes los parámetros de diseño para el diseño hidráulico y estructural, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos de los afluentes y efluentes de las estructuras, las del tanque Baffled son mayores a los del tanque Imhoff.

Segura L.(2019), presentó la tesis "Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad de Chirchir, distrito de Condebamba - Cajamarca", la cual tenía por objetivo realizar el diseño hidráulico del sistema proyectado de agua potable de la localidad de Chirchir, Distrito de Condebamba – Cajamarca, en dicha tesis concluye que el diagnóstico realizado a las estructuras y redes de la localidad se encuentran en mal estado, bien sea por mantenimiento inadecuado o antigüedad. Así mismo evalúa el abastecimiento de agua al momento de la investigación, el cual proviene de un manantial cuyos valores microbiológicos superan el mínimo permisible, por lo que recomienda una desinfección química.

Tejeda (2018), realiza una monografía titulada "Diseño hidráulico del sistema de suministro para el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío de Redención Nevati - Oxapampa", el objetivo es realizar el diseño de sistema de suministro para el sistema de abastecimiento de agua potable, que luego de su ejecución se logre mejorar el nivel de vida de la población del caserío Redención Nevati, Provincia de Oxapampa, Departamento de Pasco, en los resultados se analizan tres diferentes escenarios de sistema de bombeo, en el cual se toma la opción que supera con facilidad el caudal máximo horario y posee mayor capacidad en la cisterna, lo que permite un tiempo de descanso de las bombas. Teniendo esto como base, la cisterna calculada tiene un largo de 3.2 m, de ancho 2.2 m y 1.5 m de altura y una capacidad de 10 m.

Flores (2014), presento una tesis titulada "Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales con fines de riego de las áreas verdes en la ciudad universitaria", cuyo objetivo principal era diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales con fines de riego de las áreas verdes en la ciudad universitaria, el cual se desarrolló mediante una investigación descriptiva y experimental, en cuyos resultado menciona que la ejecución del proyecto impactara positivamente en la ciudad universitaria, debido a que será utilizada gran cantidad de las aguas residuales tratadas en el riego de la áreas verdes, estimando reducir más del 50% del consumo de agua de red, al mismo tiempo genera empleos relacionados a la construcción, operación y mantenimiento de la planta que finalmente aportara una mejora visual en los paisajes de las áreas verdes. Entre los aspectos negativos se contempla que se pueden generar olores desagradables causados por mala operación o mantenimiento inadecuado, lo que conlleva un impacto negativo en la comunidad. Finaliza recomendando a la universidad que, coordinando profesionales de varias facultades, entes públicos y privados, implementar la construcción del proyecto, siempre y cuando sean respetados los parámetros trazados en la investigación.

2.1. Bases Teóricas

2.1.1. Agua Residual

De acuerdo al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2018), las aguas residuales son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser rehusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

2.1.2. Características y Composición del Agua Residual

INNOTEC Laboratorios (2021) señala que asumen tres tipologías fundamentales: Artificial, físicas y orgánicas. Estas aguas se encuentran compuestas por agua fecal, agua de lavado, restos de naturaleza inorgánica y orgánica, aguas de lavado, aguas industriales, entre otras, pues su composición es variada, además de que gracias al agua de lluvia incorporan materia en suspensión como dióxido de carbono y polvo. Algunos de los contaminantes más relevantes son:

- **Materia orgánica:** materia capaz de ser biodegradada por seres vivos o descompuesta por agentes químicos.
- **Nutrientes:** los principales el fósforo, carbono y nitrógeno.
- **Patógenos:** suelen ser de origen fecal y transmitir enfermedades.
- **Sólidos suspendidos:** son pequeñas partículas sólidas que permanecen en suspensión en el agua.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2017) establece que la constitución exacta de las aguas residuales varía de acuerdo al lugar de procedencia y está determinada por diversos factores, como bien puede ser el uso doméstico del agua y el nivel de industrialización, como, por ejemplo, en países desarrollados, es posible que la relación entre la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda de oxígeno (DBO: DQO) sea menor que en el tercer mundo,

debido a que un mayor porcentaje de aguas residuales son de origen industrial. Esto implicará una menor idoneidad del agua para recibir tratamiento biológico.

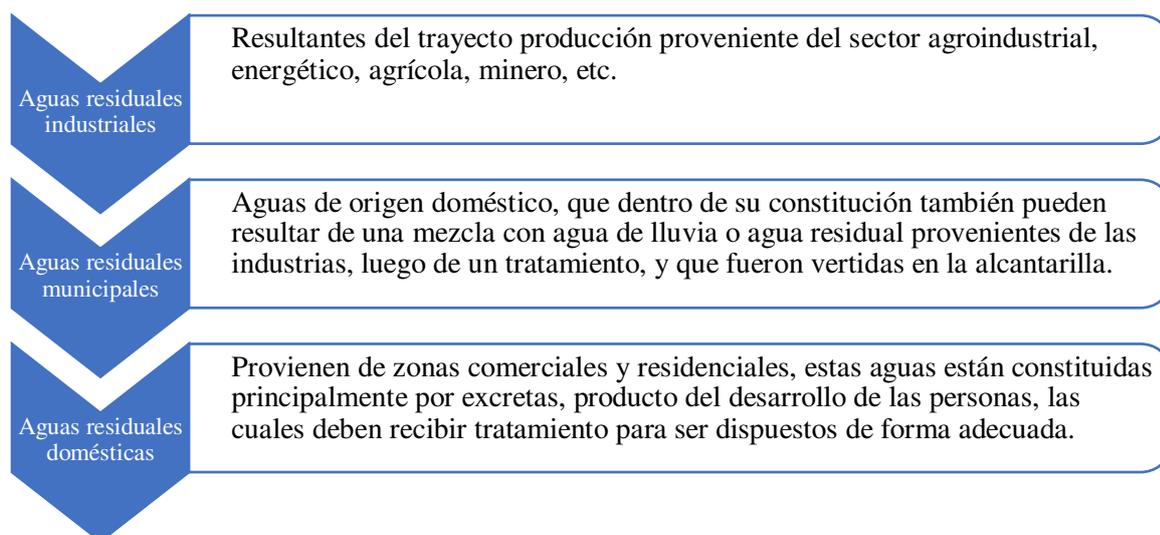
Donde la demanda bioquímica de oxígeno, es la cantidad de oxígeno que requieren los organismos aeróbicos para descomponer el material orgánico y la demanda química de oxígeno, es un parámetro estándar que mide el grado de contaminación, que no puede ser oxidado por medios biológicos. Donde la relación DBO: DQO de las aguas residuales es igual o mayor a 0,5, se considera que el agua puede ser tratada fácilmente con medios biológicos. Si la relación es menor a 0,3 aproximadamente, quizás los desechos tengan componentes tóxicos, o tal vez se necesiten microorganismos aclimatados para lograr su estabilización.

2.1.3. Clasificación del Agua Residual

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014), clasifica las aguas residuales de tres (3) maneras: industriales, municipales y domésticas. En la figura 4 se puede apreciar la descripción de cada una de ellas.

Figura 4

Clasificación de las aguas residuales



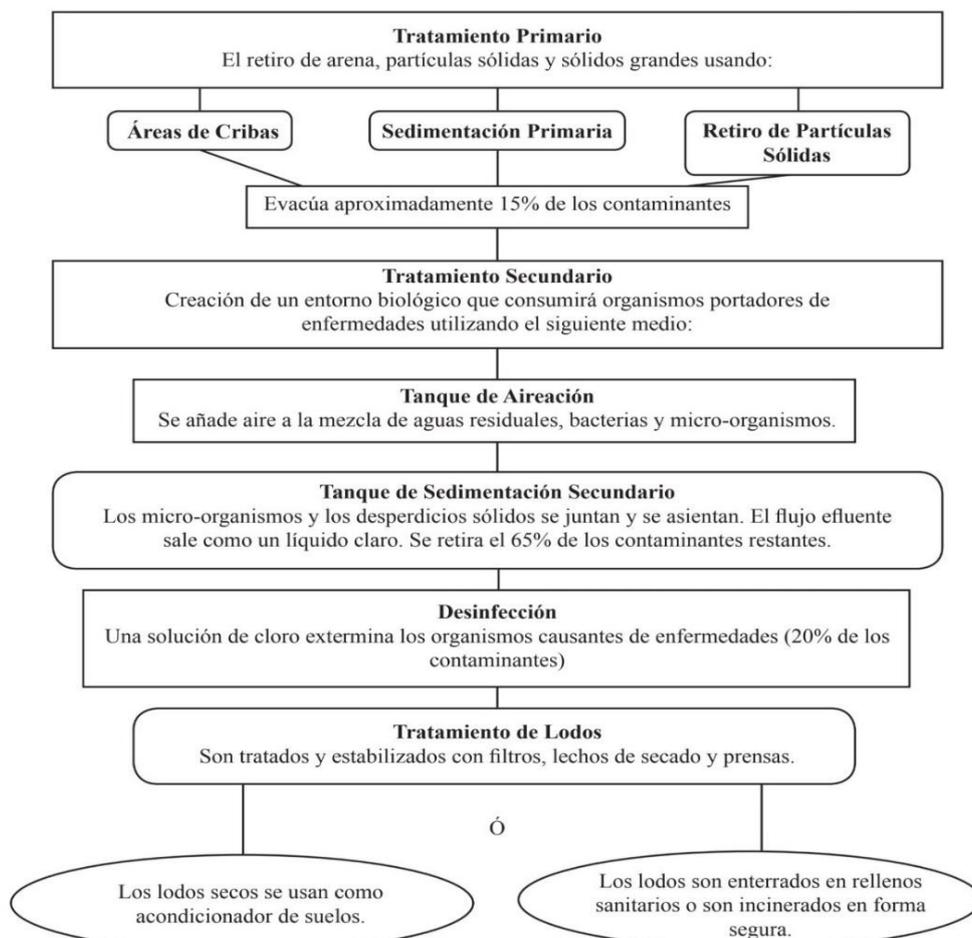
Fuente: Adaptado de Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales por OEFA, (2014).

2.1.4. Procesos de Tratamientos de Aguas Residuales

Belzona (2010) describe de forma resumida el tratamiento de aguas residuales, como la evacuación de sólidos, reducción de materia orgánica y los contaminantes y restauración de la presencia de oxígeno. La reducción de la materia orgánica y de los contaminantes es llevada a cabo usando bacterias útiles y otros microorganismos que se usan para consumir la materia orgánica en el agua residual. Las bacterias y los microorganismos son luego separados del agua. La restauración del oxígeno es importante ya que el agua debe tener suficiente oxígeno para sostener la vida. El agua residual debe pasar por un proceso que está dividido en 5 pasos, el cual se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Pasos en el proceso del tratamiento de aguas residuales.



Fuente: Adaptado de Tratamientos de Aguas Residuales por Belzona (2010).

Rodríguez (2019) señala que los tanques Imhoff son unidades para tratar primariamente las aguas y su objetivo es la eliminación de sólidos suspendidos. En poblaciones no mayores a 5000 son una excelente opción para el tratamiento de aguas residuales, porque estos contienen tanto la sedimentación del agua como la transformación de los lodos en un mismo equipo, debido a esta característica también son conocidos como tanques de doble cámara.

La forma más típica de los tanques es rectangular, y esta se divide en tres partes:

1. Cámara para sedimentar los sólidos
2. Zona en la que se ventilan y acumulan las natas
3. Cámara donde se digieren los lodos.

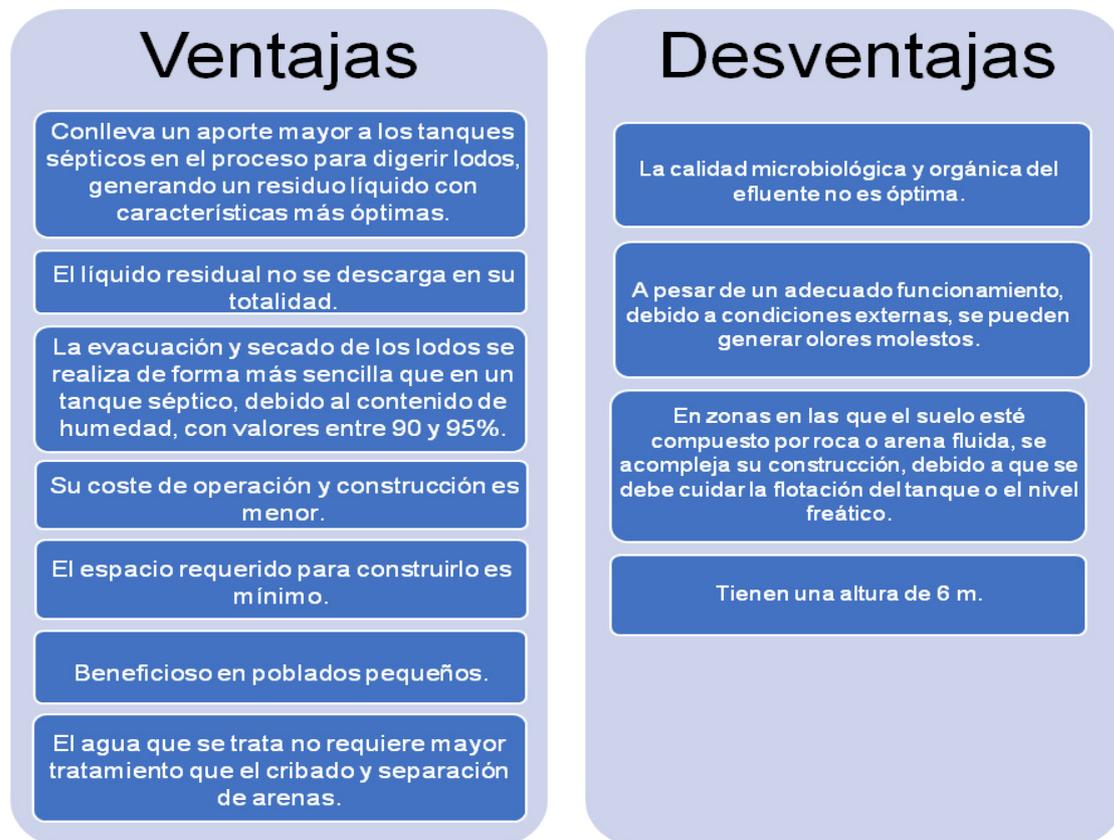
2.2.5. Ventajas y Desventajas de los Tanques Imhoff

Es importante saber las ventajas y desventajas que existen al seleccionar un tanque Imhoff para el procesamiento de aguas residuales, una vez conocidas quedara a criterio si es el sistema más conveniente para la zona donde se desea tratar las aguas residuales de uso doméstico.

Cabe destacar que esta opción resulta apropiada en el caso de solo disponer de pequeñas áreas de terreno para construir un sistema de tratamiento de aguas residuales, aunque igualmente el tanque Imhoff deberá estar ubicado lejos de la población, debido a los malos olores que produce. En la figura 6 se aprecian las principales ventajas y desventajas de dichos tanques.

Figura 6

Ventajas y desventajas de los tanques Imhoff.



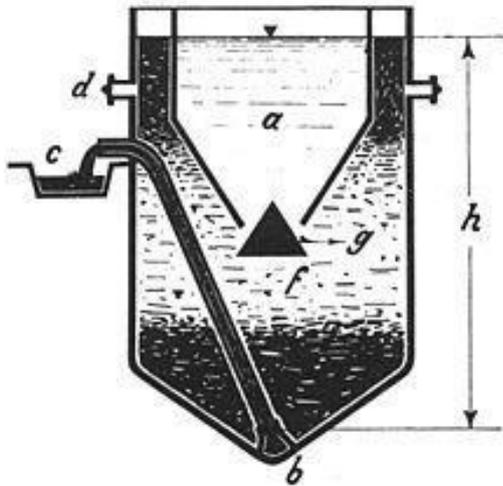
Fuente: Tomado de Rodríguez (2019)

2.2.6. Funcionamiento de los Tanques Imhoff

En la figura 7 se observa como el agua entra a la cámara “a”, los sólidos descienden y llegan hacia la cámara “f”, en dicha zona tiene lugar una serie de reacciones sin oxígeno, los lodos resultantes se localizan en la parte inferior de la zona “f”, donde esperan por 30 días para su digestión y su retiro frecuente por la conexión “b – c” y trasladados a pilas para que se sequen, el efluente tratado se retira mediante la salida “d” y se procede con las siguientes etapas, por otro lado, los gases ascienden a través de una ventosa para el gas, debido a que las paredes se solapan, esto impide que se fuguen hacia las cámaras donde se realiza la sedimentación (Rodríguez, 2019).

Figura 7

Corte lateral de un tanque Imhoff



Fuente: Rodríguez (2019)

2.2.7. Operación y Mantenimiento del Tanque Imhoff

La operación y el mantenimiento tienen un costo bajo si el personal cuenta con los debidos conocimientos, los caminos para el flujo necesitan conservarse limpios y abiertos semanalmente, a diferencia de la espuma en las zonas de ventilación y sedimentación que deben tener una frecuencia diaria de limpieza, los tanques Imhoff no necesitan mantenimientos difíciles, tan solo cuidar que no se acumulen los lodos, por lo que estos deben ser retirados periódicamente, por tanto, el personal y equipo encargado deben tener la educación necesaria para realizar dicho mantenimiento, ya que al no realizarse se corre el riesgo de presentarse fallas. Por otro lado, dependiendo del diseño es la frecuencia de retiro del lodo (Latargere, 2018).

2.2.8. Planta Usando Filtro Percolador y Tanque Imhoff

La definición de este término, se refiere a la constitución del efluente proveniente de la distribución de agua de una urbe, agua que se ha modificado producto de la acción de la actividad humana, bajo diferentes procesos según el sector de donde provengan, ya sea ganadería, agropecuaria, comercios, industrias, hogares, entre muchos otros. Las aguas

residuales, tal como salen de las urbes no pueden ser utilizadas, debido a que contienen gran cantidad de contaminantes que, si se vierten a cualquier cuerpo receptor, ocasionarían un desequilibrio significativo en los ecosistemas, tanto acuático como terrestre, afectando también, a las personas que conviven con el recurso.

Se pueden mencionar a los siguientes elementos como parte fundamental de una planta de tratamiento.

- a) Cámara de Cloración
- b) Sedimentador primario circular
- c) Filtro percolador circular
- d) Lecho de secado
- e) Tanque Imhoff
- f) Canal Parshall
- g) Desarenador rectangular.
- h) Cámara de rejas.

2.2.9. Marco Normativo. Norma OS.090

La norma técnica de edificación OS.090 para plantas de tratamiento de aguas residuales tiene por finalidad regular los proyectos de aguas residuales en todos sus niveles, preliminar, básico y definitivo. Los tratamientos de agua residuales se realizan con el objeto de cumplir con las normas de reutilización, y en cuanto al tratamiento de lodos incrementar su calidad para su aprovechamiento. Esta norma abarca la orientación básica para el diseño, como los estudios de factibilidad y de ingeniería básica, así como también las disposiciones específicas para los diseños permanentes.

2.2.10. Captaciones en Laderas

Estructura que tiene como finalidad la captación del agua proveniente de manantiales de volumen pequeño, cuerpos que por lo general se ubican en las laderas de las montañas, a ello deben su nombre. De forma general, dicha captación se fundamenta en 3 componentes:

1. Cámara seca, que da protección a una serie de válvulas de rebose y control.
2. Recipiente húmedo, que busca amontonar y medir su consumo.
3. Zona para proteger la fuente.

Al tener una fuente de agua y ya realizado los aforos correspondientes, se debe construir la estructura de captación que permita la mejor forma de recolección de agua, para luego ser transportada por una línea que conduce hacia el reservorio. La fuente no debe estar expuesta ni vulnerable a desastres naturales, y de ser así contemplar las medidas para su seguridad. Para el diseño de las dimensiones de la estructura para captación de agua, se requiere tener conocimiento de algunos parámetros, como el máximo caudal de la fuente, la longitud de perforaciones, el ingreso de agua hacia el recipiente húmedo, que permita la entrada de un volumen que cubra el consumo predicho. Para diseñar el orificio se deben tener en cuenta todos estos parámetros, mayormente en el caudal de ingreso y la velocidad de llenado. (Segura, L. 2019).

2.2.11. Glosario de Términos

- **Aforo:** son todas las tareas de campo y gabinete que posibilitan determinar el caudal que pasa por una sección (Basan, 2008).
- **Caudal:** es el volumen de agua que atraviesa por una sección transversal del cauce o canal en un tiempo determinado (Basan, 2008).

- **Demanda bioquímica de oxígeno:** es la cantidad de oxígeno que requieren los organismos aeróbicos para descomponer el material orgánico (UNESCO, 2017).
- **Demanda química de oxígeno:** es un parámetro estándar que mide el grado de contaminación, que no puede ser oxidado por medios biológicos (UNESCO, 2017).
- **Saneamiento básico:** es un conjunto de medidas relativo al ambiente para reducir los riesgos sanitarios, prevenir la contaminación y, finalmente, alcanzar superiores niveles de salud (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2022)
- **Sedimentación:** es el proceso natural por donde las partículas más pesadas que el agua, ubicadas en su seno en suspensión, son extraídas por la acción de gravedad (Pérez, 2005).
- **Unidades Básicas de Saneamiento (UBS):** son elaboradas como una solución a la solicitud de los hogares. En su forma más sencilla se conforma de un sanitario de arrastre hidráulico con pozo séptico y un lavamanos (Campy et al., 2012)

CAPITULO 3: DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

3.1. Consideraciones para el Diseño Hidráulico

3.1.1. Población de Diseño

La población de diseño es la cantidad de personas que serán favorecidas una vez se implante el sistema, donde a su vez también se tiene que calcular la proyección del crecimiento poblacional, tomando en cuenta las características económicas, culturales y sociales de las personas, no solo del presente, sino también del pasado, recopilando la información de los últimos censos realizados.

3.1.1.1. Método Aritmético. Es una proyección completamente teórica y casi ninguna población posee este tipo de crecimiento, ya que se corresponde con una línea recta, este método se aplica a comunidades pequeñas como las rurales, cuyo crecimiento se considera estable y se encuentra determinada por la ecuación 1.

$$P_f = P_o + r \times t \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Se define:

Pf: Población a futuro

Po: Población inicial

r: Nivel demográfico

t: Temporalidad (años), entre Pf y Po

3.1.2. Diseño de Caudales para agua potable

3.1.2.1. Caudal Medio Diario (Qmd). Promedio del gasto diario esperado a realizar por la comunidad, en un periodo de un año, datos que se expresan en l/s., mediante la Ecuación 2.

$$Q_{md} = \frac{\text{Población (hab)} \times \text{Dotacion} \left(\frac{\text{lt}}{\text{hab}} \right)}{24\text{hrs} \times 3600\text{s}} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

$$Q_{md} = \frac{P_f \times 100}{86400} \text{ lt / s}$$

3.1.2.2. Caudal Máximo Diario (Qmd). Gasto máximo esperado en el período de un día, para calcularlo se emplea el índice de aumento (K1 del Qmd), regulado por la norma, la cual se expresa según la Ecuación 3.

$$Q_{max.d} = K_1 \times Q_{md} \quad (\text{Ecuación 3})$$

kdmc: Cifra de diferencias cotidianas, que va entre 1.2 a 1.5

Según el R. N. C. se considera: *kmc*=1.3

3.1.2.3. Caudal Máximo Horario (Qmh). Máximo consumo de agua realizado por hora, su registro se realiza cuando se alcancen los valores máximos del año, se obtienen después de observaciones realizadas a lo largo del año, a través de la Ecuación 4.

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_m \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

K2: 2.5 (2000 a 10 000 hab) y 1.8 (10 000 hab<P). K2=1.8-2.5 (Urbano). K2=1.5 (Rural)

K2: 1.8 (P<5000), 1.65 (5000<P<20 000) y 1.50 (20 000<P)

K2: 3.6 (Aldeas), 2.50 (Pueblos) y 1.50 (Ciudades)

Según RNE este caso consideramos: K2 = 2.0

3.1.2.4. Caudal mínimo horario (Qminh). Mínima cantidad de agua necesaria en una hora al día, se calcula mediante el factor de reducción K3 del Qmd, regulado por la normativa y se presenta de acuerdo a la Ecuación 5.

$$Q_{minh} = k_3 \times q \quad (\text{Ecuación 5})$$

3.1.3. Diseño de Caudales para aguas residuales

Para el caudal de contribución en el año 2021 se realizó una campaña de campo en los afluentes dentro de la circunscripción del Centro Poblado de Huamburque, siendo estas tres captaciones llamadas Kichcapata, Tomaycucho y Serapampa Baja.

Se llevaron a cabo los aforos mediante el método de aforo volumétrico, el cual consiste en recoger en un tiempo específico una cantidad de material que se está aforando o dicho de otra manera cuando se recoge un volumen específico midiendo el tiempo utilizado en la recolección de este. Esta metodología es útil para el aforo de vertimientos de pequeño tamaño, se utiliza con frecuencia cuando no se conoce ciertas dimensiones de salida del flujo. El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente, entre el tiempo empleado en recolectar dicho volumen y está dado por la ecuación 6.

$$Q = V/T \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

Q: Caudal m³/s o lt/s

V: Volumen m³

T: Tiempo (s)

En la Figura 8 se observa el procedimiento llevado a cabo en la campaña de campo.

Figura 8

Aforaciones realizadas durante la campaña de campo



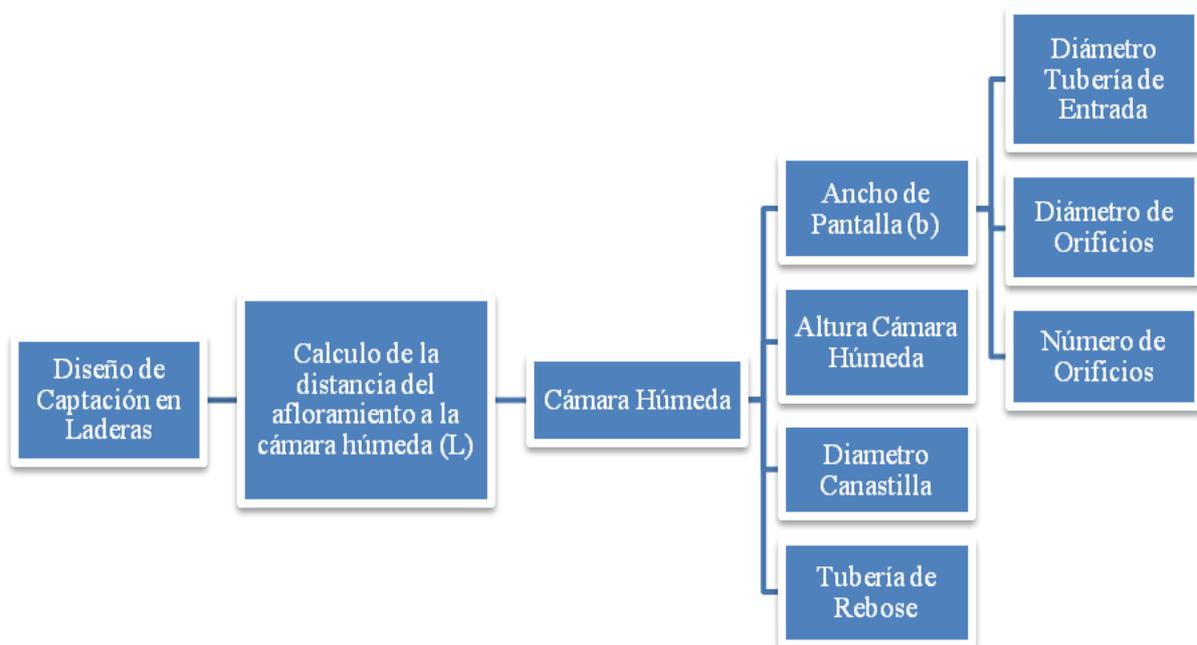
Fuente: Elaboración propia.

3.2. Cálculos de Diseño

El procedimiento de diseño se esquematiza mediante las figuras 9 y 10, donde en la primera se aprecia el diseño de captaciones en laderas y en la segunda, el diseño del tanque Imhoff, cabe destacar que ambos sistemas interactúan entre sí debido a que ambos dependen del caudal requerido, es decir, durante las captaciones el caudal de agua se usara posteriormente para los cálculos del sistema de tratamientos de aguas residuales.

Figura 9

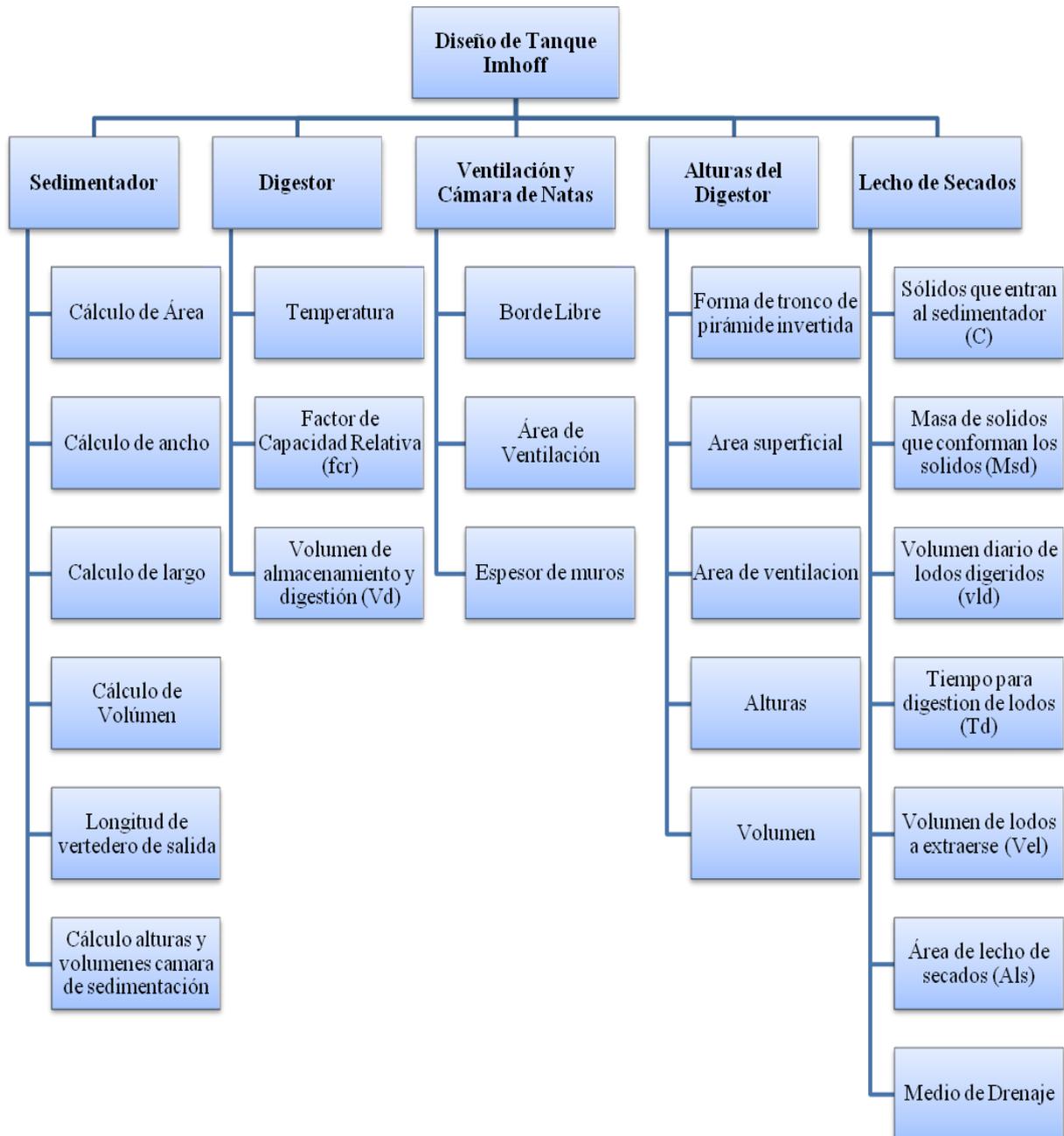
Diseño de captación en laderas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10

Diseño de Tanque Imhoff



Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Diseño Hidráulico de Captación de Ladera

Para los cálculos de diseño y la evaluación en la Captación de Ladera se siguió la normativa dada por el Organismo Panamericano de Salud, así como también del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

3.2.1.1. Espacio Entre el Lugar de Afloramiento y la Cámara Húmeda. La longitud entre ambos, por lo general, se denomina (L). Para hallar la Longitud es necesario conocer el peso perdido y la rapidez de licencia en el punto de escapatoria. Entonces se emplea la Ecuación 7 denominada Ecuación de Bernoulli en los puntos (1) y (2) establecidos en la Figura 11:

$$\frac{P_0}{\delta} + h_0 + \frac{V_0^2}{2g} = \frac{P_1}{\delta} + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Se igualan las variables P_0 , V_0 , P_1 y h_1 a cero, para obtener:

$$h_0 = \frac{V_1^2}{2g}$$

Donde:

h_0 : Diferencia de elevación.

V_1 : Rapidez (m/s).

g : Gravedad (9,81 m/s²).

Por Continuidad entre los puntos (1) y (2), tenemos:

$$Q_1 = Q_2$$

$$C_d \times A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$$

Como:

$$A_1 = A_2$$

Tenemos:

$$V_1 = V_2/C_d$$

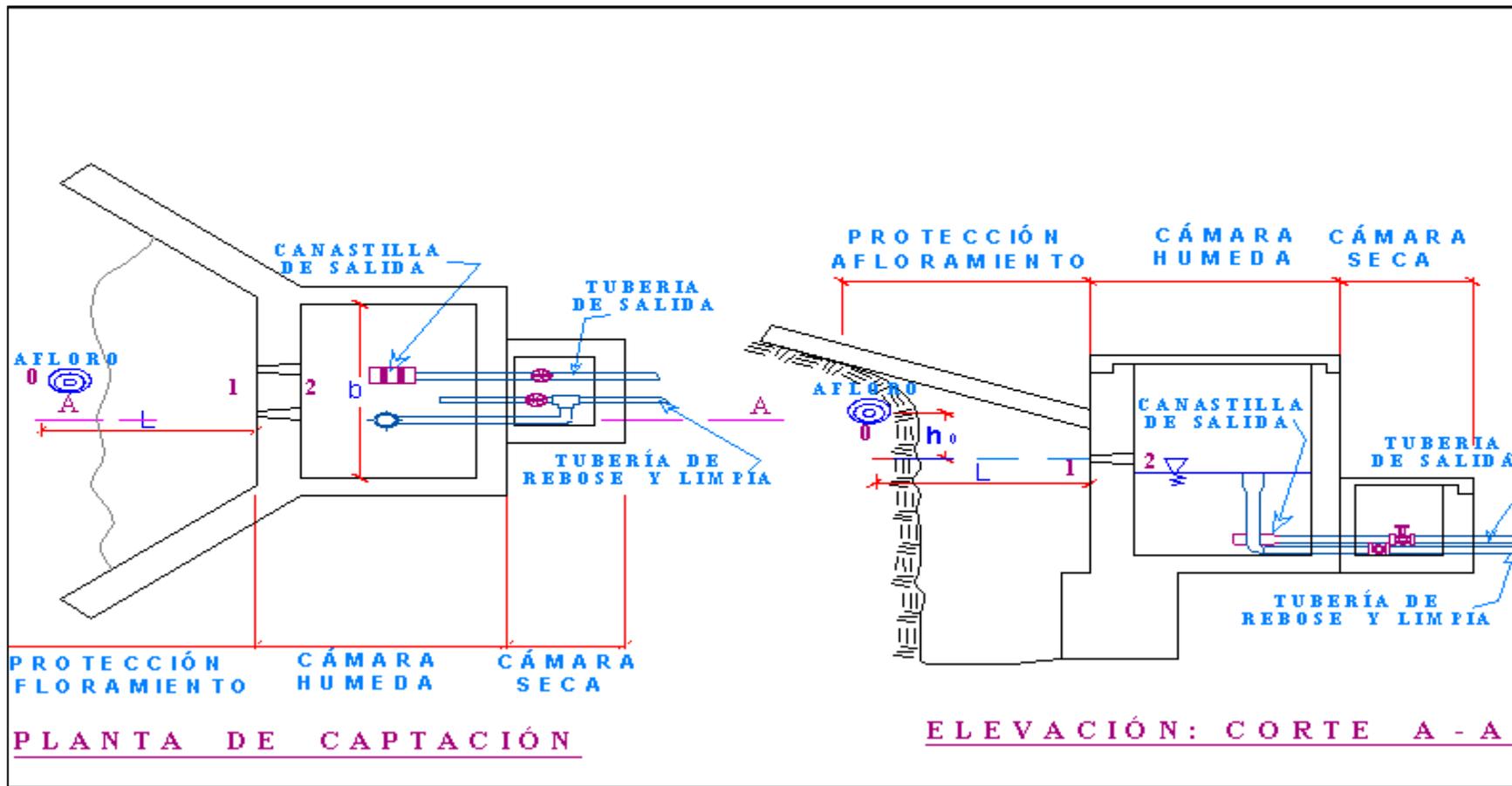
Así:

V_2 = Velocidad de Pase (Valor asumido $\leq 0.6 \text{ m/s}$).

C_d = Número de descarga en el primer lugar (Valor asumido, por lo general de 0.6 a 0.8).

Figura 11

Diagrama de captación de laderas.



Fuente: Elaboración propia

Reemplazamos V_1 en la ecuación de la altura entre el orificio de entrada y el afloramiento:

$$h_0 = 1.56 \frac{V_2^2}{2g}$$

Donde:

h_0 : Altura entre el acceso y el afloramiento.

V_2 = Rapidez de licencia (Valor asumido $\leq 0.6 \text{ m/s}$).

g : Aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).

Sabiendo que:

$$H_f = H - h_0$$

H : Altura entre el orificio de entrada y el afloramiento (Valor asumido, entre 0.4-0.5).

Como:

$$H_f = 0.3 \times L$$

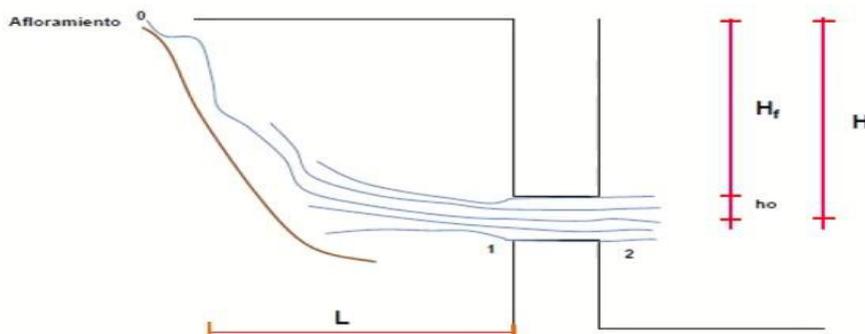
Despejando L:

$$L = H_f / 0.3 \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Con esto último, ya podemos obtener la longitud (L) a través de la Ecuación 8, su representación se puede observar en la Figura 12.

Figura 12

Elevación de ladera de captación.



Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.2. Cálculos Pantalla de Captación. Para los cálculos de la pantalla de captación necesitamos saber la medida de la perforación de entrada y el dígito de poros (NA).

Se calcula la línea del conducto de entrada (D), partiendo de la Ecuación 9 conocida como Caudal máximo:

$$Q_{max} = V_2 \times C_d \times A \quad (\text{Ecuación 9})$$

Conociendo el Caudal máximo se despeja A consiguiendo la Ecuación 10:

$$A = Q_{max} / (V_2 \times C_d) \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

C_d : Coeficiente de descarga (Valor asumido, entre 0.6 – 0.8).

V_2 = Velocidad de pase (Valor asumido ≤ 0.6 m/s).

Seguidamente se calcula el diámetro (D_{Ca}), mediante la Ecuación 11.

$$D_{Ca} = \left(\frac{4 \times A}{\pi} \right)^{1/2} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Con el valor de (A) se obtiene el diámetro (D), que es el Diámetro calculado (D_{Ca})

Una vez obtenido el diámetro se procede con los cálculos de la variable NA:

El valor máximo recomendado es $\leq a 2''$

Entonces el Diámetro comercial (D_{Co}), será un Valor asumido de $\leq a 2''$

El número de orificios se obtiene mediante Ecuación 12.

$$NA = \left(\frac{\text{Diámetro calculado } (D_{Ca})}{\text{Diámetro comercial } (D_{Co})} \right)^2 + 1 \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$NA = \left(\frac{(D_{Ca})}{(D_{Co})} \right)^2 + 1$$

Una vez obtenido el Diámetro comercial (D_{Co}) de la tubería y (NA), se calcula el espacio del panorama empleando la Ecuación 13. En la Figura 13 se observa la distribución de los orificios.

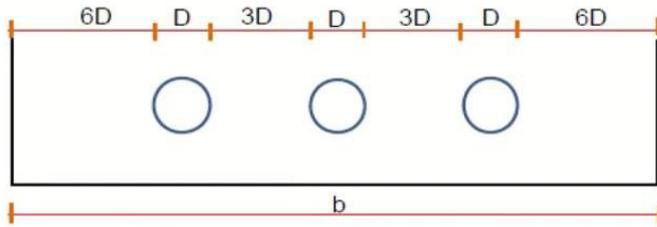
$$b = 2(6 \times D_{Co}) + NA \times D_{Co} + 3 \times D_{Co}(NA - 1)$$

$$b = 12D_{Co} + NA \times D_{Co} + 3 \times D_{Co} \times NA - 3D_{Co}$$

$$b = 9D_{Co} + 4 \times NA \times D_{Co} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Figura 13

Diseño de la distribución de los orificios de la pantalla.



Fuente: Elaboración propia

Donde:

b = Ancho Pantalla

D_{Co} = Diámetro orificios de la tubería

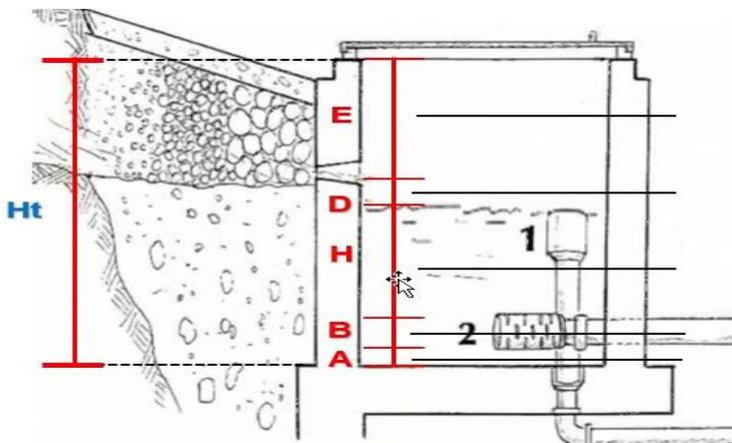
NA = Número de orificios

3.2.1.3. Elevación de la Cámara Húmeda (HT). En la Figura 14 se muestra como para obtener la altura de la Cámara Húmeda (H_t) es preciso conocer las variables A, B, H, D y E, entonces se plantea la Ecuación 14.

$$H_t = A + B + H + D + E \quad (\text{Ecuación 14})$$

Figura 14

Alturas cámara de captación



Fuente: Elaboración propia

Primeramente, se halla el Valor de H, mediante la Ecuación 15:

$$H = \frac{1.56 \times Q_{md}^2}{2 \times g \times A^2} \quad (\text{Ecuación 15})$$

Para calcular H es necesario el valor del Caudal Máximo diario Q_{md} y el Área del diámetro de la tubería, este último dato es a criterio del diseñador, ya que se puede usar el Diámetro calculado o el Diámetro comercial.

Para el valor de A, se considera una altura superior a 10 cm

Para el valor de B, se toma el diámetro de salida transformado a centímetros.

Para el valor de D, que es la distancia de la superficie de agua hasta los vertederos, se considera una altura superior a 5 cm.

Para el valor de E, que es el borde libre, el mínimo recomendado es de 10 a 30 cm, pero por experiencia del diseñador se puede dar 50 cm.

3.2.1.4. Dimensionamiento de la Canastilla. Primero se toma el Diámetro de conducción (D_c), que sería el Diámetro Calculado (D_{ca}), así como también el Diámetro de la canastilla (D_g), que por norma es el doble del diámetro de conducción (D_c), resultando en la Ecuación 16.

$$D_g = 2 \times D_c \quad (\text{Ecuación 16})$$

Como longitud de canastilla (L) se debe cumplir con el siguiente rango:

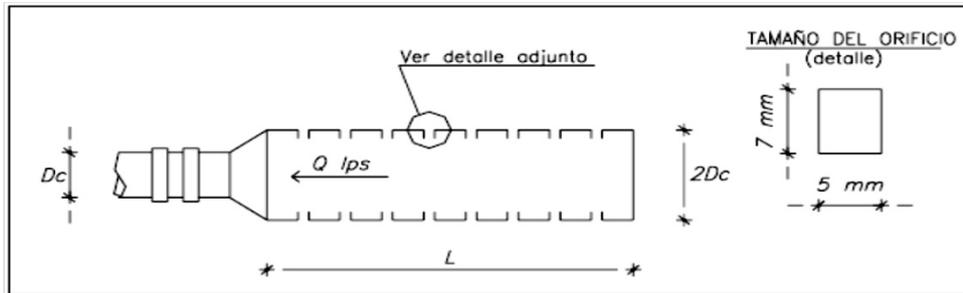
$$3 \times D_g < L < 6 \times D_c$$

Entonces la longitud de la canastilla (L) será un valor asumido dentro del rango.

Luego se halla el Área de ranura (A_r), multiplicando el ancho por el largo de la ranura, como se puede apreciar en la Figura 15 estas medidas ya están establecidas.

Figura 15

Dimensionamiento de la canastilla.



Fuente: Rodríguez (2019)

$$A_r = 5\text{mm} \times 7\text{mm}$$

La Totalidad de la zona con surcos, está establecida por la Ecuación 17.

$$A_t = 2 \times A_c \quad (\text{Ecuación 17})$$

El valor de A_c , se halla mediante la Ecuación 18:

$$A_c = \frac{\pi \times D_c^2}{4} \quad (\text{Ecuación 18})$$

Se debe tener en cuenta que el valor de la zona en su totalidad (A_t) no debe superar el 50% del Espacio del costado de la granada (A_g).

$$A_t < 50\%A_g$$

Para conseguir (A_g) empleamos Ecuación 19:

$$A_g = 0.5 \times D_g \times L \quad (\text{Ecuación 19})$$

Para el número de ranuras totales (N_r) se utiliza la Ecuación 20:

$$N_r = \frac{\text{Area total de ranuras}}{\text{Area ranura}} = \frac{A_t}{A_r} \quad (\text{Ecuación 20})$$

3.2.1.5. Cálculos del Rebose y Limpia. Para calcular la dimensión de la tubería de rebose y limpia, se asume un valor para la pendiente, este valor debe estar comprendido entre 1 a 1.5%. Además, el rebose se presentará cuando el Caudal sea el máximo por ello necesitamos el Q máx., a través de Hazen y Williams, tenemos la Ecuación 21:

$$D_r = \frac{0.71 \times Q_{max}^{0.38}}{h_f^{0.21}} \quad (\text{Ecuación 21})$$

Donde:

D_r = Diámetro de rebose (“)

Q_{max} = Es el caudal máximo (l/s)

h_f = es la merma del cargamento (m/m)

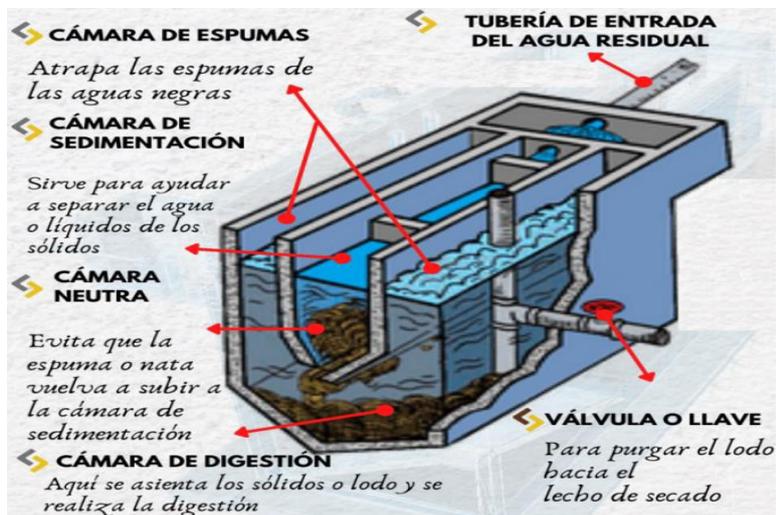
Para el cono de Rebose se toma en cuenta que este debe ser el doble del diámetro de rebose.

3.2.2. Diseño Tanque Imhoff

Para el diseño del tanque Imhoff es importante conocer las partes que lo componen, en la Figura 16 se especifican dichas partes.

Figura 16

Vista Isométrica de Tanque Imhoff



Fuente: Adaptado de Bioingeniería de agua residuales por Orozco (2005).

3.2.2.1. Cálculos Para el Caudal de Diseño. Para el cálculo son necesarios los datos poblacionales, la dotación y el porcentaje de contribución, se obtiene a partir de la Ecuación 22.

$$Q_d = \frac{Pf \times \text{Dotacion}}{1000} \times \% \text{Contribución} \quad (\text{Ecuación 22})$$

Donde:

Q_d = caudal de diseño

Pf = población futura (hab)

Dotación (l/hab/día)

3.2.2.2. Cálculos del Diseño Del Sedimentador. Para calcular el Área del sedimentador, se usa la Ecuación 23:

$$A_s = \frac{Q_d}{C_s} \quad (\text{Ecuación 23})$$

Para la Carga Superficial (C_s), será de $1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$

Luego el cálculo del Periodo de Retención Hidráulico será un valor asumido por el diseñador y debe estar comprendido entre 1.5 a 2.5 horas.

Para el volumen del sedimentador, se utilizará la Ecuación 24:

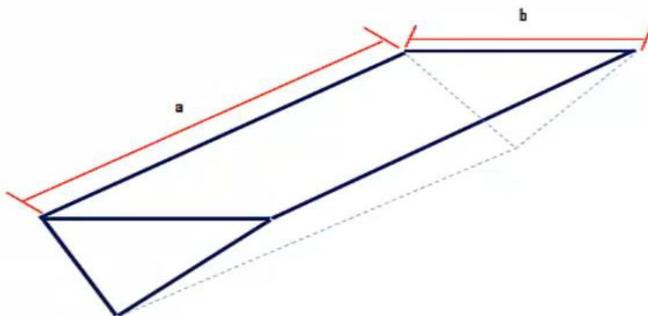
$$V_s = Q_d \times R \quad (\text{Ecuación 24})$$

Donde R, será el Periodo de Retención Hidráulico

De acuerdo a la norma para diseñar y dimensionar el fondo del tanque, que debe ser un dispositivo colateral “V” como se aprecia en la Figura 17 y la tendencia de costados referidos al horizonte debe tener de 50° a 60° .

Figura 17

Boceto del fondo del Tanque.



Fuente: Elaboración propia.

La simetría entre el ancho y la longitud del sedimentador será igual a 4, entonces:

$$\frac{a}{b} = 4$$

Despejando “a” tenemos:

$$a = 4b$$

El área sería la multiplicación de “a” y “b”, esto lo expresamos en términos de “b”:

$$\text{Área} = a \times b$$

$$\text{Área} = 4b \times b$$

$$\text{Área} = 4b^2$$

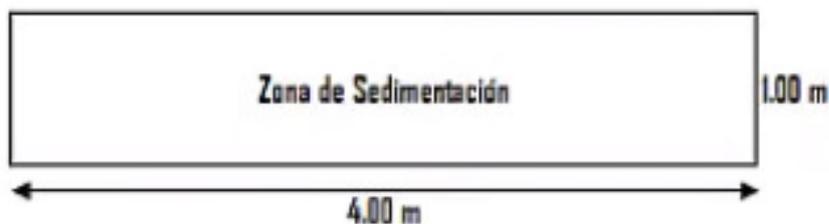
Luego despejamos “b” consiguiendo la Ecuación 25.

$$b = \sqrt{\frac{\text{Área}}{4}} \quad (\text{Ecuación 25})$$

De acuerdo a la Norma que establece que como mínimo el espaciamiento debe ser 1 m., entonces el valor de “b” deber ser 1m como mínimo. Los valores obtenidos se encuentran expresados en la Figura 18.

Figura 18

Boceto del fondo del Tanque



Fuente: Elaboración propia

También se debe contemplar que, en la arista principal se deberá disponer un acceso para que los sólidos que se remuevan puedan pasar hasta la cámara en la que se realizará su digestión, dicho acceso contará con un ancho entre 0.15 a 0.20 m.

Hay que tomar en cuenta que uno de los lados se debe prolongar de 15 a 20 cm como se muestra en la Figura 19, para que frene a los sólidos y gases que se desprendan del digester y quieran pasar hacia el sedimentador, debido a que, de suceder dicha situación, la capacidad para remover los sólidos suspendidos se verá reducida.

También se debe calcular la mínima longitud del vertedero de salida (L_v), esto por medio de la Ecuación 26:

$$L_v = \frac{Q_{max}}{C_{hv}} \quad \text{(Ecuación 26)}$$

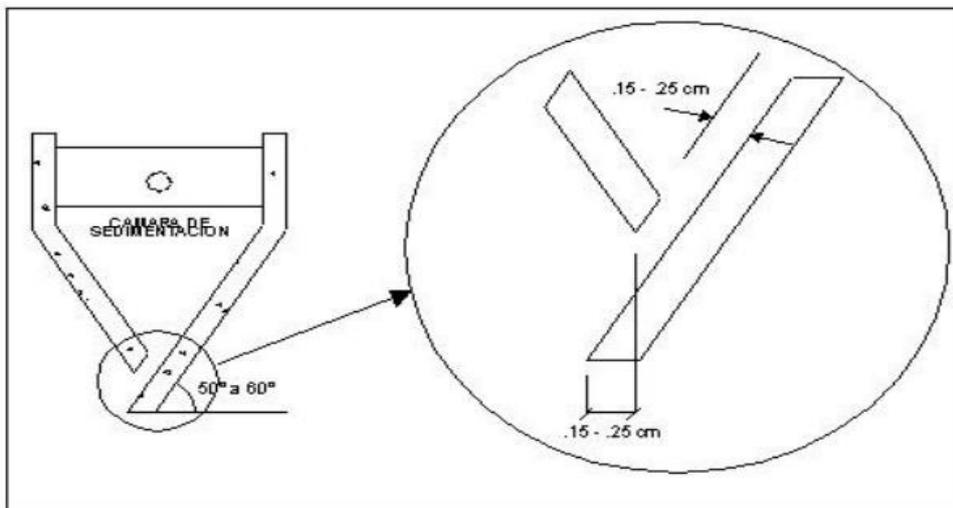
Donde

Q_{max} = caudal máximo diario ($m^3/día$)

C_{hv} = carga hidráulica sobre el vertedero, valor asumido entre 125 a 500 ($m^3/m \times día$)

Figura 19

Detalle del fondo del Tanque Imhoff

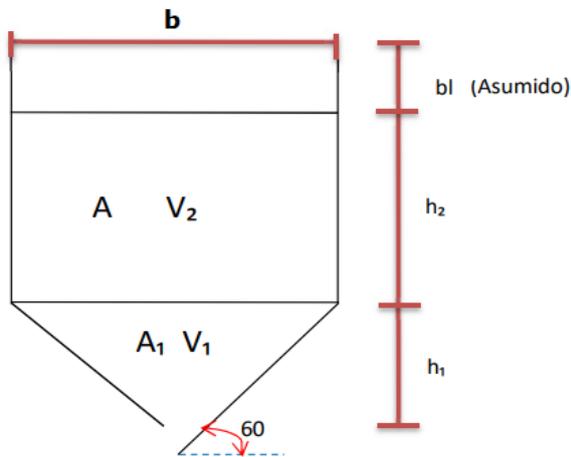


Fuente: Rodríguez (2019)

3.2.2.3. Evaluar y Calcular las Alturas de la Cámara de Sedimentación. La norma indica que como mínimo el borde libre debe ser de 0.30 m.

Figura 20

Vista lateral del Sedimentador



Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la vista lateral presentada en la Figura 20, se puede presentar geoméricamente mediante la Ecuación 27:

$$\tan 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{1}$$

$$\tan 60^\circ = \frac{h_1}{b/2}$$

$$h_1 = \sqrt{3} \times b/2 \quad (\text{Ecuación 27})$$

Para el cálculo del Volumen 1 (V_1), nos basamos en el volumen de una pirámide representada como la Ecuación 28.

$$V_{\text{pirámide}} = \frac{(\text{Área de la base}) \times (\text{Altura})}{3} \quad (\text{Ecuación 28})$$

Por lo tanto (V_1) está determinada por la Ecuación 29:

$$V_1 = \frac{(a \times b) \times (h_1)}{3} \quad (\text{Ecuación 29})$$

Para el cálculo del Volumen 2 (V_2), nos basamos en el volumen de un prisma, siendo la Ecuación 30.

$$V_{\text{prisma}} = (\text{Área de la base}) \times (\text{Altura}) \quad (\text{Ecuación 30})$$

Por lo tanto (V_2) está determinada por la Ecuación 31:

$$V_2 = (a \times b) \times (h_2) \quad (\text{Ecuación 31})$$

De acá podemos escribir el Volumen 2 (V_2), en términos de datos ya conocidos como (V_1) y el Volumen total del Sedimentador (V_s), que se halló anteriormente.

$$V_s = V_1 + V_2$$

$$V_2 = V_s - V_1$$

Se despeja el valor de h_2 para obtener la Ecuación 32.

$$h_2 = \frac{V_s - V_1}{(a \times b)} \quad (\text{Ecuación 32})$$

3.2.2.4. Diseño del Digestor, Calculo del Cuerpo de Acaparamiento y Asimilación ($VD \text{ m}^3$). Se toma en cuenta la Tabla 1 para el espacio de digestión y almacenamiento del lodo (cámara inferior).

Tabla 1

Factor de capacidad relativa

Temperatura (°C)	Factor de capacidad relativa
5	2,0
10	1,4
15	1,0
20	0,7
>25	0,5

Fuente: (Rodriguez & Rodriguez Serrano, 2008)

Teniendo como base la Temperatura, se elegirá un Factor de capacidad relativa (f_{cr}), además de tener en cuenta la Población (P)

Con todo esto podemos hallar el Volumen de digestión y almacenamiento, con la Ecuación 33.

$$V_d = \frac{70 \times P \times f_{cr}}{1000} \quad (\text{Ecuación 33})$$

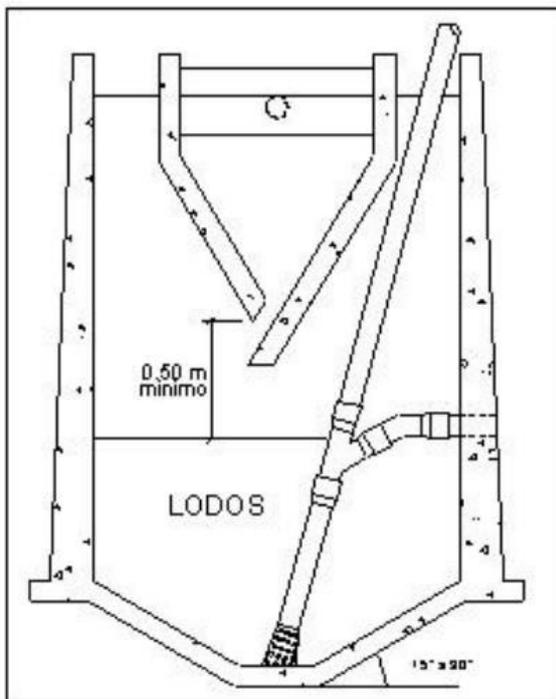
Se debe precisar que la forma dispuesta para la parte inferior de la cámara de almacenamiento y de digestión constará de una pirámide trunca, es decir la tolva de lodos, de esta manera se tiene más facilidad al momento de retirar los lodos digeridos.

Es importante destacar que las paredes en los lados de la tolva deben tener una inclinación referente a la horizontal, de 15° a 30° .

La altura límite del lodo, por debajo del fondo del sedimentador será de 0.5 m. como se muestra en la Figura 21.

Figura 21

Corte Tanque Imhoff



Fuente: (Rodriguez & Rodriguez Serrano, 2008)

También se debe considerar el tiempo que tomara la digestión de lodos, de acuerdo a la Tabla 2.

Tabla 2

Tiempo de digestión de lodos

Temperatura (°C)	Tiempo de digestión en días
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: (Rodriguez & Rodriguez Serrano, 2008)

En cuanto a cuándo se debe retirar los lodos, se debe llevar a cabo de forma periódica, los tiempos serán en base a los tiempos especificados en la Tabla 2, valores que estarán de acuerdo a la temperatura. El periodo para remover el lodo, será calculado de acuerdo a estos tiempos referenciales, hay que considerar que va a existir una mixtura entre lodos digeridos y frescos, sin embargo, los primeros se dispondrán al fondo de la cámara. Entonces el tiempo que ocurre entre extracciones de los lodos sucesivos deberá ser como mínimo igual al tiempo de digestión, esto excluyendo a la extracción inicial, donde se debe considerar un tiempo doble al esperado.

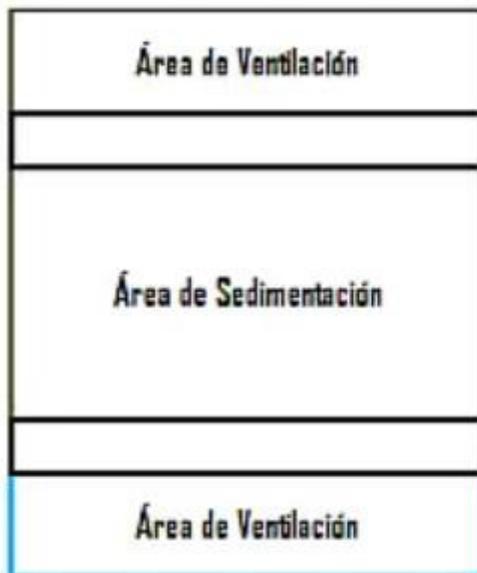
3.2.2.5. Extracción De Lodos. Para la extracción del lodo el mínimo de diámetro de la conexión será de 200 mm, este diámetro será usado en la remoción de lodos y se ubicará a 0.15 m por arriba del fondo del recipiente. Además, en la separación de los lodos, precisaremos de una gabela de agua con un mínimo de 1.80 m.

3.2.2.6. Cálculos del Ventilado y las Natas. Es necesario tomar en cuenta para realizar el esquema de la superficie que queda entre las paredes del sedimentador y digestor, el área en donde se generan las natas o espumas, considerando que:

- Para evaluar la superficie libre total se precisará del 30% del área general.
- Para evaluar la orilla independiente, este debe tener 0.30 m.
- Para evaluar el espaciamiento libre, debe ser por lo menos de 1.00 m como mínimo.

Figura 22

Esquema de las Áreas del Tanque Imhoff



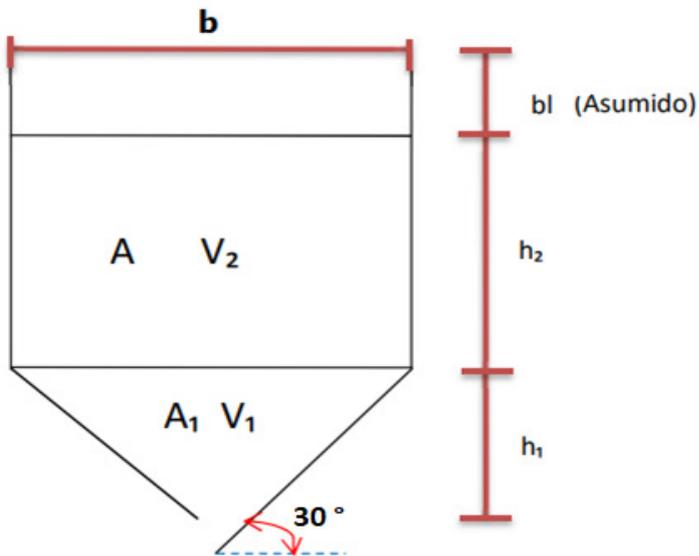
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 22 se puede constatar la diferencia del Área de ventilación con el Área de sedimentación, ese espacio es el espesor del muro, y se puede dar por el mismo diseñador, ya que es un valor asumido, por ejemplo 0.20 m. Se debe verificar que se cumplan los aspectos antes mencionados; como la inclinación del fondo del tanque sufre una modificación se debe volver a calcular las alturas respecto al digestor.

3.2.2.7. Cálculo de las Nuevas Alturas Respecto al Digestor. Según la normativa, indica un cambio del ángulo que inicialmente asumimos como 60° , ahora indica que debe estar entre 15° a 30° , por lo tanto, se asume un ángulo de 30° con respecto a la horizontal para el fondo del tanque.

Figura 23

Vista lateral del Sedimentador



Fuente: Elaboración propia.

A partir de la vista lateral presentada en la Figura 23 se puede plantear las Ecuación 34 mediante la geometría establecida.

$$\tan \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\tan \tan 30^\circ = \frac{h_1}{b/2}$$

$$h_1 = \frac{\sqrt{3} \times b/2}{3} \quad (\text{Ecuación 34})$$

El cálculo del Volumen 1 (V_1), se basa en la Ecuación 28.

$$V_{\text{pirámide}} = \frac{(\text{Área de la base}) \times (\text{Altura})}{3}$$

Por lo tanto:

$$V_1 = \frac{(a \times b) \times (h_1)}{3}$$

Para el cálculo del Volumen 2 (V_2), nos basamos en la Ecuación 30.

$$V_{\text{prisma}} = (\text{Área de la base}) \times (\text{Altura})$$

Por lo tanto:

$$V_2 = (a \times b) \times (h_2)$$

Entonces el Volumen 2 (V_2), en términos de datos ya conocidos como (V_1) y el Volumen total del Sedimentador (V_s), que se halló anteriormente.

$$V_s = V_1 + V_2$$

$$V_2 = V_s - V_1$$

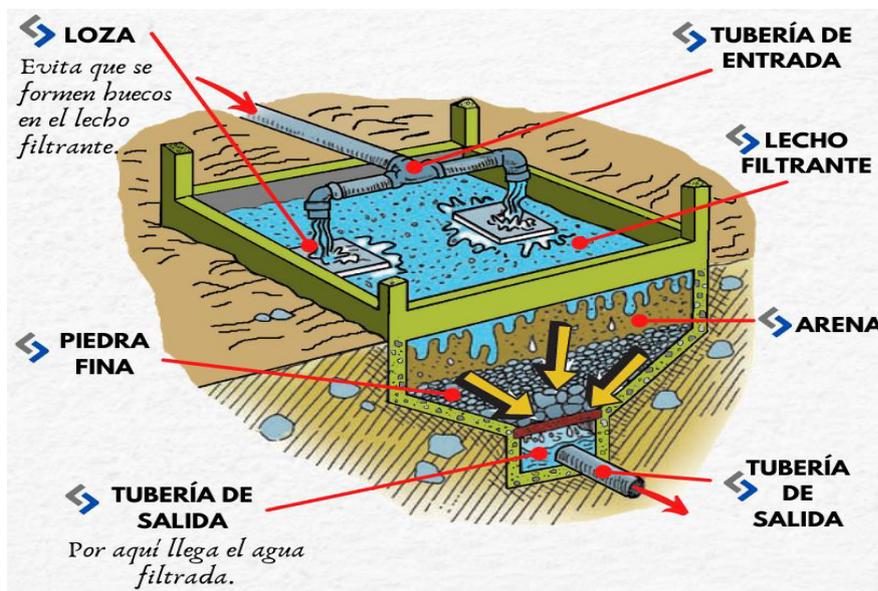
Se despeja el valor de h_2 .

$$h_2 = \frac{V_s - V_1}{(a \times b)}$$

3.1.2.8. Cálculos y Evaluación Para Secado de Lodos. Para la evaluación del secado de lodos es importante conocer las partes que lo componen, lo cual se puede apreciar en la Figura 24.

Figura 24

Lecho de secado de lodos



Fuente: Tomado de Lechos de Secado | PDF (scribd.com)

3.1.2.8.1. Lecho De Secado. Por lo general, el método presentado es el más simple, fácil y económico que existe para realizar la deshidratación del lodo, posterior a su

estabilización, es decir, después de ser digeridos, método que resulta conveniente para poblaciones pequeñas.

Primero se calcula la Carga de los Sólidos que entra en el sedimentador, esto a través de la Ecuación 35.

$$C = Q \times SS \times 0.0864 \quad (\text{Ecuación 35})$$

Donde:

C = Peso (Kg SS/día)

Q = Transcurso medio de residuo líquido

SS = Cuerpos en suspensión (mg/l)

La carga de los sólidos es un valor que se puede estimar a nivel de proyecto, en base al impuesto per cápita suspendidos, según la Ecuación 36.

$$C = (\text{Población} \times \text{Contribución Percápita}(\text{grSS}/\text{hab} \times \text{día}))/1000 \quad (\text{Ecuación 36})$$

Para las localidades que tengan alcantarillas, la contribución per cápita será determinada teniendo en cuenta las características del agua residual.

Ahora, si la comunidad en estudio no tiene alcantarillas, se debe utilizar una contribución per cápita promedio de 90 ($\text{grSS}/\text{hab} \times \text{día}$)

Como segundo paso podemos hallar la masa de sólidos que conformarán el lodo, esto por medio de la Ecuación 37.

$$M_{sd} = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C) \quad (\text{Ecuación 37})$$

Donde:

M_{sd} = Conjunto de cuerpos con los lodos (Kg SS/d)

Luego se puede hallar el Volumen de lodos digeridos diariamente, mediante la Ecuación 38.

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} \times (\% \text{ de sólidos}/100)} \quad (\text{Ecuación 38})$$

Donde:

V_{ld} = Conjunto de barro diario (l/d)

ρ_{lodo} = Densidad (Valor proporcionado de 1.04 Kg/l)

% de sólidos = Porcentaje de cuerpos en barro (Valor asumido del 8% al 12%)

De la misma manera, se encuentra el Volumen de lodos que se extraerá del tanque, para ello se emplea la Ecuación 39.

$$V_{el} = \frac{V_{ld} \times T_d}{1000} \quad (\text{Ecuación 39})$$

Donde:

V_{el} = Barro extirpado (m^3)

T_d = Plazo de asimilación (Valor que depende de la Temperatura °C)

Finalmente se halla la zona de Secado, para se utiliza la Ecuación 40.

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a} \quad (\text{Ecuación 40})$$

Donde:

A_{ls} = Área (m^2)

H_a = Hondura (Valor asumido de 0.20 m a 0.40 m)

Generalmente el lecho de lodos está entre 3 m a 6 m, se toma en consideración que si la instalación es grande puede superar los 10 m.

De manera alternativa se puede calcular la dimensión unitaria de un lecho de secado usando esta Ecuación 41.

$$\frac{\text{Rendimiento volumétrico del digestor (m}^3\text{/N}^\circ\text{ de personas)}}{\text{Número de aplicaciones (años)} \times \text{profundidad de inundación (m)}} = \frac{\text{m}^3\text{ de lecho}}{\text{habitante}} \quad (\text{Ecuación 41})$$

Hay que tener en cuenta el número de aplicaciones que se realizan anualmente, además se debe comprobar la carga superficial de sólidos aplicada en el lecho de secado, estos valores van de 120 kg a 200 kg de sólidos/($m^2 \times$ año).

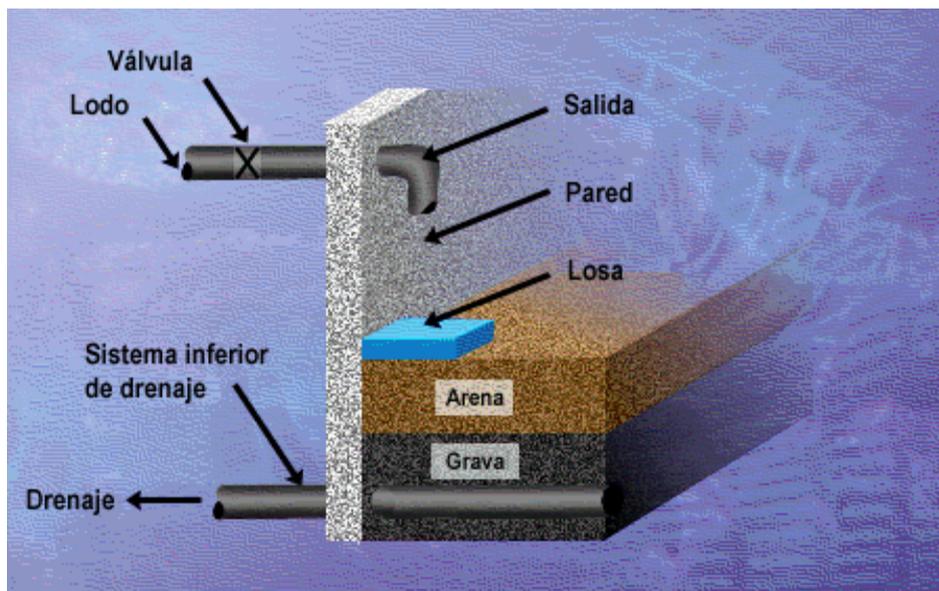
3.2.2.8.2. Filtración del Lecho. Por lo general el medio de drenaje es 0.30 de espesor, además debe contar con los componentes descritos a continuación:

- Se recomienda un medio de soporte que este conformado por una capa de 0.15 m, la cual debe formarse por ladrillos que estén localizados encima del medio que filtra, estos deben tener una distancia entre 2 cm y 3 cm completamente llena de arena.
- El medio que filtrará es la arena, está debe tener un tamaño entre 0.3 y 1.3 mm, además de contar con el indicio uniforme comprendido de 2 a 5.
- Abajo se tiene que ubicar un revestimiento de cascajo, que este comprendida entre 1.6 mm a 51 mm (1/6” a 2”) que tenga un espesor de 0.20 m.

En la Figura 25 se aprecia la distribución correcta del lecho de secado.

Figura 25

Vista del Lecho de Secado



Fuente: Lechos de Secado | PDF (scribd.com)

CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La puesta en marcha del sistema necesita de la población total beneficiaria, así que se realizó una proyección de la población futura mediante la aplicación de ecuaciones, utilizando como guía las disposiciones del Reglamento de Nacional de Edificaciones, que sirven como base para realizar todos los cálculos referentes al diseño hidráulico, como la demanda de agua y los aforos en cada captación.

Para el dimensionamiento del tanque Imhoff se consideran los criterios de la Norma OS.090 “Planta Tratamiento de Agua Residuales” del Reglamento Nacional de Construcción y de la Organización Panamericana de Salud (OPS).

4.1. Cálculo de demanda

La tabla 3 contiene los resultados de la demanda del sistema, mostrando el cálculo poblacional a 20 años, siendo este de 734 habitantes, de una población inicial de 635 personas, según censo INEI (2017), donde el valor de la tasa de crecimiento para el distrito de Ongoy es de 0.78%, siendo ésta una baja tasa; se obtuvo un crecimiento de casi 200 personas en dicho período, lo cual demuestra el lento crecimiento poblacional y lo viable que resulta la propuesta de un tanque Imhoff, ya que este se adapta eficazmente en poblaciones pequeñas.

El aforo realizado arrojó un resultado de caudal disponible de 2.89 litros por segundo, al cual, aplicándole el 50% de reducción debido al estrés hídrico proyectado deja un caudal disponible de 1.445 l/s, el cual aún podrá abastecer la demanda calculada en 1.10 l/s, por lo cual el proyecto también contempla la habilitación y mejora de reservorios de almacenamiento de agua, por tanto, se podrá abastecer la demanda requerida.

Por su parte, el caudal máximo diario fue de 1.1 l/s y el caudal máximo horario 2.2 l/s, siendo estos de los datos más importantes para el diseño.

Tabla 3*Cálculo de demanda*

Cálculo de Demanda		
Variable	Cantidad	Unidad
Población inicial	635	hab.
Número de viviendas	186	und.
Tasa de crecimiento	0,78	%
Población final	734	hab.
Densidad de viviendas	3,41	hab/viv
Caudal Promedio	0,85	lt/s
Caudal Máximo Diario	1,1	lt/s
Caudal Máximo Horario	2,2	lt/s
Caudal de Contribución	1,445	lt/s

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Cálculo de Diseño de Captación en Laderas

La tabla 4 muestra todos los resultados concernientes a la captación en laderas.

Tabla 4*Diseño de captación en laderas.*

Diseño de Captación		
Variable	Cantidad	Unidad
Distancia entre el punto de afloramiento y cámara húmeda (L)	1,23	m
Ancho de la pantalla de captación (b)	1,07	m
Diámetro de la tubería de entrada	2	pulg.
Cámara de Captación		
Número de orificios de entrada (NA)	3	und.
Altura de la cámara húmeda (Ht)	0,8	m
Dimensionamiento de la canastilla	6	pulg.
Longitud de la canastilla	30	cm
Ancho de la ranura	5	mm
Largo de la ranura	7	mm
Área de la ranura (Ar)	35	mm
Área total de ranuras (At)	0,00912	m ²
Número de ranuras	261	und.
Rebose y limpieza	2	pulg.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 4 la distancia entre la cámara húmeda calculada y el afloramiento dio como resultado 1.23 m, ésta es la distancia mínima que asegura que la corriente de agua vaya hacia la cámara húmeda. Los demás cálculos de la cámara de captación se ajustan a las normas vigentes en el RNE, así como a las recomendaciones de la OPS (Organización Panamericana de la Salud).

4.3. Cálculo de Diseño de Tanque Imhoff

El diseño del Tanque Imhoff se llevó a cabo en cuatro etapas. De acuerdo a la tabla 5, el área requerida para el sedimentador es de 2.46 m², ésta se redondea a 2.5 m², con una pérdida de retención hidráulica de 2 horas (recomendado) y un volumen requerido de 4.89 m³. Se siguieron las recomendaciones de la forma del fondo del sedimentador que es de V y una pendiente de 60° según el RNE.

En el digestor, la ventilación y cámara de natas según el reglamento (RNE: OS.090 - Plantas de Tratamiento – Tanque Imhoff, 5.4.2.4 - b; página 28) la superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque, ya que la superficie total del tanque es igual a 6.26 m², entonces $6.26/9.98=62\%$, cumpliendo con lo establecido en la norma.

En las alturas del digestor según reglamento la altura máxima de los lodos deberá estar 0.50 m por debajo del fondo del sedimentador, para el presente caso de estudio se encuentra a 0.66 m lo cual cumple con lo establecido por la norma.

El ancho del lecho de secados se asume de 10 m, ya que la norma lo permite, así mismo el medio de soporte se asume 0.14 m que se encuentra dentro de los valores establecidos por la norma (>0.15m), formadas por ladrillos colocado en un medio filtrante. Se asume el espesor de la arena de 0.30 m y debajo de ella grava de 0.30 m de espesor, todo ello dentro de las normas establecidas.

Tabla 5*Diseño de Tanque Imhoff*

Diseño de Tanque Imhoff		
Población y caudales de diseño		
Variable	Cantidad	Unidad
Temperatura	11	°C
Población futura	734	hab.
Caudal promedio	0,85	l/s
Caudal de diseño	58,72	m ³ /día
Caudal de diseño	2,45	m ³ /hora
Diseño del Sedimentador		
Variable	Cantidad	Unidad
Área requerida (As)	2,4467	m ²
Retención hidráulica	2	horas
Volumen requerido	4,89	m ³
A	0,8	m
L	3,2	m
Mínima longitud del vertedero de salida	0,38	m
Altura de cámara (h)	0,68	m
Altura de cámara (v1)	0,56	m ³
Altura de cámara (h2)	1,75	m
Altura de cámara (v2)	4,32	m ³
Diseño del Digestor		
Variable	Cantidad	Unidad
Temperatura	11	°C
Factor de capacidad relativa (fcr)	1,35	
Volumen de digestión y almacenamiento (vd)	69	m ³
Ancho de cámara de ventilación (asumido)	1	m
Área superficial	9,98	m ²
Área de ventilación (Av)	6,26	m ²
Altura dentro del digestor (h)	0,92	m
Altura dentro del digestor (v1)	3,06	m ³
Altura dentro del digestor (h2)	6,6	m
Altura dentro del digestor (v2)	65,89	m ³

Diseño de Tanque Imhoff (continuación)		
Lecho de secado de lodos		
Variable	Cantidad	Unidad
Cuerpos en suspensión (SS) asumido	90	g/habxdía
Población	734	hab.
Carga de sólidos (c)	66	kg/día
Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd)	21,45	kg/día
Volumen diario de lodos digeridos (Vld)	206,25	l/día
Tiempo requerido para digestión de lodos (Td)	76	días
Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel)	15,68	m ³
Área del lecho de secado (als)	53	m ²
Ancho (asumido)	5,3	m
Largo	10	m
Dimensiones del Lecho de Secado		
Ancho	5,3	m
Largo	10	m
Borde libre	0,2	m
Altura de lodos	0,4	m
Ladrillo	0,14	m
Arena	0,3	m
Grava	0,3	m
Piedra	0,24	m
Tubería PVC - 20mm	0,2	m
Dist. Tubería F. secado	0,1	m
Pendiente	10	%
Altura Total	1,88	m

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Fundamentación del diseño desarrollado

El diseño del tanque Imhoff cumple con todas las especificaciones técnicas dentro de los parámetros de la norma para un diseño eficaz, además resulta conveniente por el reducido espacio que ocupa y por su ubicación en áreas lejanas para evitar la percepción de olores molestos, lo cual coincide con lo indicado por Delgado, (2021) que realizó un estudio comparativo entre el tanque Imhoff y lagunas de estabilización para reusó de agua de riego,

estableciendo que las características en área y en sistema de tratamientos el Tanque Imhoff requiere de pequeñas áreas y con un buen manejo se puede disminuir los malos olores, lográndose obtener de la cámara de lecho de secados compost para el uso de abono orgánico, comparado con el sistema de Laguna de Estabilización que requiere mayores áreas para su manejo.

Carbajal, (2021) realizó un estudio de comparación entre un tanque séptico con baffles y un tanque Imhoff, donde los procedimientos del diseño hidráulico resultaron ser similares entre ellos para el tratamiento de aguas residuales y además de la comparación de resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de aguas residuales, se muestra que la operación en el tratamiento del tanque Imhoff es mejor en comparación con la del tanque baffled, demostrando así la aplicación usual y los beneficios que otorga el tanque Imhoff.

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Los resultados del diseño hidráulico se encuentran dentro de los parámetros de la normativa para el adecuado diseño de abastecimiento de agua y la selección de un tanque Imhoff para las condiciones poblacionales de Huamburque.

La proyección de la población en el poblado de Huamburque para un periodo de 20 años resulto ser de 734 habitantes, debido a esta baja tasa que presenta la región se cubre la demanda actual y a futuro de acuerdo a los resultados obtenidos de los caudales.

Los resultados y dimensionamiento de los diseños hidráulicos se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la norma donde garantizan el correcto funcionamiento y adecuado aprovechamiento del recurso hídrico.

La alternativa que se presenta del tanque Imhoff resulta ser apropiada para la condición topográfica y demográfica, la cual se encuentra muy por debajo de los 5000 habitantes, así como sus bajos costos de instalación y mantenimiento, del mismo modo que son adecuadas para pequeñas poblaciones donde no es necesario una constante atención validando la elección del tanque Imhoff como un sistema que se acopla a las necesidades de la comunidad, haciendo viable la propuesta, esto aumentaría la calidad de vida de los ciudadanos, puesto que se puede llegar a disminuir las enfermedades, malos olores, entre otros problemas adherentes, generados por una estructura inadecuada de alcantarillado.

4.2. Recomendaciones

La limpieza frecuente de varias partes de la red de tuberías, especialmente durante los meses de verano, para evitar posibles obstrucciones en las mismas mantendrá el normal funcionamiento del nuevo sistema de alcantarillado planteado.

Seguir los lineamientos proporcionado por las entidades para el mantenimiento con el fin de evitar daños personales o técnicos a las instalaciones, ya que estas aguas residuales producen gases tóxicos peligrosos que al descomponerse puede causar explosiones.

Bajo la coordinación de las autoridades competentes, se deben realizar campañas de concientización entre la población sobre el correcto uso y limpieza de calles y drenajes para garantizar la mayor funcionalidad y vida útil del proyecto.

La efectividad del proceso aumentará si los tanques de agua y los puntos de recolección de aguas servidas se mantienen continuamente, con la instalación de filtros y eliminación de agentes o flora bacteriana que se pueda formar debido a las propiedades del agua residual en el hogar, que pueden empeorar la salud de la ciudad.

Se debe considerar la instalación de unidades de tratamiento adicionales, como humedales, que puedan manejar la carga bacteriana por sí mismos, y así mantener un estado de equilibrio y ayudar a mejorar la purificación y el aprovechamiento de las aguas residuales.

Se debe capacitar a la población para no emitir al sistema de alcantarillado, aguas pluviales, ya que los cálculos se basan en dotación de aguas servidas por familia y no se contempla el volumen de aguas provenientes de las lluvias.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguero Pitman, R. (1977). *Agua potable para poblaciones rurales, sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*. Lima, Perú.
- Carbajal Huincho, Á. F. (2021). *Tratamiento de agua residuales con el tanque séptico con baffles en comparación al tanque Imhoff*. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.
- Condori Cutipa, J. R., & Asqui Catellanos, C. H. (2018). *Evaluación de la Dotación de Agua Para el Proyecto: "Mejoramiento de Servicios de Agua y Saneamiento en la Comunidad Kunurana del Distrito de Santa Rosa- Melgar- Puno"*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Delgado Davila, R. (2021). *Estudio comparativo entre tanque Imhoff y lagunas de estabilización para reuso del agua en riego*. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.
- Doreteo Calderón, F. R. (2014). *Diseño del Sistema de Agua Potable, Conexiones Domiciliarias y Alcantarillado del Asentamiento Humano "Los Pollitos"-Ica, Usando los Programas Watercad y Sewercad"*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Florres Llantoy, S. (2014). *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales con fines de riego de las áreas verdes de la ciudad universitaria - UNSCH. Ayacucho, 2013*. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Huari Gonzales, S. D. (2001). *Proyecto de agua potable y alcantarillado de 16AA.HH. del sector Noreste de Pucallpa*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

- Meza de la Cruz, J. L. (2010). *Diseño de Un Sistema de Agua Potable Para la Comunidad Nativa de Tsoroja, Analizando la Incidencia de Costos Siendo una Comunidad de Difícil Acceso*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Norma técnica de edificación S.090, planta de tratamiento de aguas residuales. (s.f.).
Obtenido de https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.090.pdf
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Lima.
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Guía de Diseño para Líneas de Conducción e Impulsión de Sistemas de Abastecimiento de Agua Rural*. Lima.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el diseño de tanque sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización*. Lima.
- Orozco Jaramillo, Á. (2005). *Bioingeniería de aguas residuales. Teoría y Diseño*. Acodal.
- Rocha Felices, A. (2007). *Hidráulica de Tuberías y Canales*. Lima: Uni.
- Rodríguez, J., & Rodríguez Serrano, J. A. (2008). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades*. Sonora, México: Universidad de Sonora.
- Segura Cayetano, L. A. (2019). *Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad de Chirchir, distrito de Condebamba - Cajamarca*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Tejeda Nuñez, C. E. (2018). *Diseño hidráulico del sistema de suministro para el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío de Redención Nevati - Oxapampa*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Tilley, E., Ulrich, L., Luthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., & Zurbrugg, C. (2018). *sswm.info*. Obtenido de Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/tanque-imhoff#:~:text=El%20tanque%20Imhoff%20es%20una,asentado%20en%20la%20mismasma%20unidad>
- UNESCO. (2017). *AGUAS RESIDUALES, EL RECURSO DESAPROVECHADO*. París, Francia.
- Villarroel Cárdenas, J. J. (2012). *Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales en la comunidad de Rumichaca*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

REFERENCIAS

- Belzona. (2010). *Tratamientos de aguas residuales*. Obtenido de https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf
- Innotec-Laboratorios. (2021). *La importancia y características de las aguas residuales*. Obtenido de <https://www.innotec-laboratorios.es/la-importancia-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales/#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20y%20composici%C3%B3n%20de%20las%20aguas%20residuales&text=Est%C3%A1n%20constituidas%20por%20aguas%20fecales,tratamiento%20previo%2>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Acceso a los servicios básicos en el Perú 2013-2019*. Lima.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Perú. Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico*. Lima.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2016). *Guía de opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural*. Lima.

ANEXOS

Anexo A. Cálculo de la Demanda

- Población de diseño:

$$P_f = P_o + r \times t$$

Población Inicial: 635 habitantes

Fuente: www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales. Año 2021

Número de viviendas: 186 (Elaboración Propia, trabajos de campo)

Tasa de crecimiento: 0.78 %

En el Anexo A.1 se presenta una estimación del Distrito Ongoy realizada con datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Fuente: <http://proyectos.inei.gov.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0842>

Anexo A.1. Población proyectada del Distrito Ongoy

Población Proyectada del Distrito Ongoy						
Año	Total		Varones		Mujeres	
	Población	TCP (%)	Población	TCP (%)	Población	TCP (%)
2000	8130		4098		4032	
2001	8201	0.87	4139	1.00	4062	0.74
2002	8270	0.84	4179	0.97	4091	0.71
2003	8339	0.83	4218	0.93	4121	0.73
2004	8408	0.83	4258	0.95	4150	0.70
2005	8478	0.83	4298	0.94	4180	0.72
2006	8547	0.81	4338	0.93	4209	0.69
2007	8617	0.82	4378	0.92	4239	0.71
2008	8686	0.80	4418	0.91	4268	0.68
2009	8754	0.78	4457	0.88	4297	0.68
2010	8821	0.77	4495	0.85	4326	0.67
2011	8886	0.74	4533	0.85	4353	0.62
2012	8950	0.72	4570	0.82	4380	0.62
2013	9013	0.70	4606	0.79	4407	0.62
2014	9073	0.67	4641	0.76	4432	0.57
2015	9131	0.64	4675	0.73	4456	0.54
TCPP (%)		0.78%		0.88%		0.67%

Fuente: Elaboración propia

- Población dentro de 20 años:

$$P_f = 635(1 + 0.0078 \times 20)$$

$$P_f = 734 \text{ hab}$$

- Densidad de Viviendas:

$$Densidad\ de\ viviendas = \frac{635}{186} = 3.41 \frac{hab}{viv}$$

- Población de Diseño: Población = 734 hab.
- Dotación: de acuerdo a Agüero, (2004) está determinada por: Dot = 100 l/hab/día
- Factor de Demanda Máxima Cotidiana: $K_1 = 1.3$
- Factor de Demanda Máxima en horas: $K_2 = 2$
- Porcentaje de aporte de alcantarilla: 0.8 (según RNE)
- Periodo de diseño: 20 años

Caudales de Diseño Para Agua Potable

- Caudal Promedio:

$$Q_m = \frac{734 \times 100}{24hrs \times 3600s} = 0.85lt/seg$$

- Caudal Máximo Diario:

$$Q_{md} = Q_p \times K_1$$

$$Q_{maxd} = 0.85 \times 1.3 = 1.10\ lt/seg$$

- Caudal Máximo Horario:

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_m$$

$$Q_{mh} = 2 \times 1.10 = 2.20\ lt/seg$$

Caudales de Diseño Para Aguas Residuales

- Caudal de Contribución.

Se tomo en cuenta los aforos realizados en tres captaciones, los cuales se establecen en el Anexo A.2

Anexo A.2. Aforaciones en el sector Huamburque

Descripción	Ubicación	Caudal Aforado (l/s)	Caudal Disponible (l/s)	% De Reducción Estrés Hídrico	Caudal Disponible Estiaje (L/S)
Captación Kichcapata	Huamburque	0.85	0.85	50%	0.425
Captación Tomaycucho		1.75	1.75	50%	0.875
Captación Seracpampa Bajo		0.29	0.29	50%	0.145
Total		2.89	2.89	50%	1.445

Anexo A.3. Oferta vs demanda de agua, sector Huamburque

Caudal de Demanda		Caudal de Oferta (l/s)	Observación
Caudal promedio (Qp)	0.85	1.445	Q oferta > Q demanda
Caudal máximo diario (Qmd)	1.10	1.445	Q oferta > Q demanda

- Caudal Promedio: 0.85 l/s
- Caudal Mínimo: 0.95 l/s
- Caudal Máximo: 1.10 l/s

Anexo B. Captaciones en Laderas.

- Cálculo de L: Distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda.

$$L = \frac{H_f}{0.30}$$

$$H_f = H - h_o$$

$$h_o = \frac{1.56 \times V_2^2}{2 \times g}$$

$$V_2 = \left(\frac{H \times 2 \times g}{1.56} \right)^{\frac{1}{2}}$$

H = Valor asumido de 0.40 m

$$V_2 = \left(\frac{0.4 \times 2 \times 9.81}{1.56} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_2 = 2.24 \text{ m/s}$$

Como $V_2 \geq 0.6$, se asume 0.6

$$h_o = \frac{1.56 \times 0.6^2}{2 \times 9.81}$$

$$h_o = 0.03 \text{ m}$$

Ahora se calcula H_f

$$H_f = 0.4 - 0.03$$

$$H_f = 0.37 \text{ m}$$

Con este valor se halla L:

$$L = \frac{0.37}{0.30} = 1.23 \text{ m}$$

Para hallar la pantalla de captación es necesario conocer el diámetro y el número de orificios.

- Cálculo del diámetro de la tubería de entrada:

$$D = \left(\frac{4 \times A}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$A = \frac{Q_{max}}{V \times Cd} = \frac{\pi D^2}{4} Q_{max} = 1.10 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

$$V = 0.5 \text{ m/s} \quad (\text{asumido})$$

$Cd = 0.8$ Invariable para vert. de pared gruesa

$$A = \frac{0.00110}{0.5 \times 0.8} = 0.00275 \text{ m}^2$$

$$D = \left(\frac{4 \times A}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{4 \times 0.00275}{3.1416} \right)^{\frac{1}{2}} \quad D = 0.0591 \text{ m}$$

$$D = 2.5 \text{ pulg}$$

$$D = 2 \text{ " pulg} \quad \text{Diámetro calculado}$$

- Cálculo del número de orificios de entrada (NA): Vertederos

Diámetro máximo recomendado = 2"

Diámetro calculado D1 = 3"

Diámetro asumido D2 = 2" Diámetro de diseño comercial (menor al calculado).

Entonces el número de orificios es:

$$NA = \left(\frac{DI_{\theta \text{ calculado}}}{DI_{\theta \text{ asumido}}} \right)^2 + 1 \quad NA = \left(\frac{2.5}{2} \right)^2 + 1 \quad NA = 2.56$$

NA = 3, Orificios de diámetro 2"

- Cálculo de ancho de la pantalla de captación (b): se puede observar en el Anexo B.1 el ancho de pantalla.

$$b = 9D_2 + 4NAD_2$$

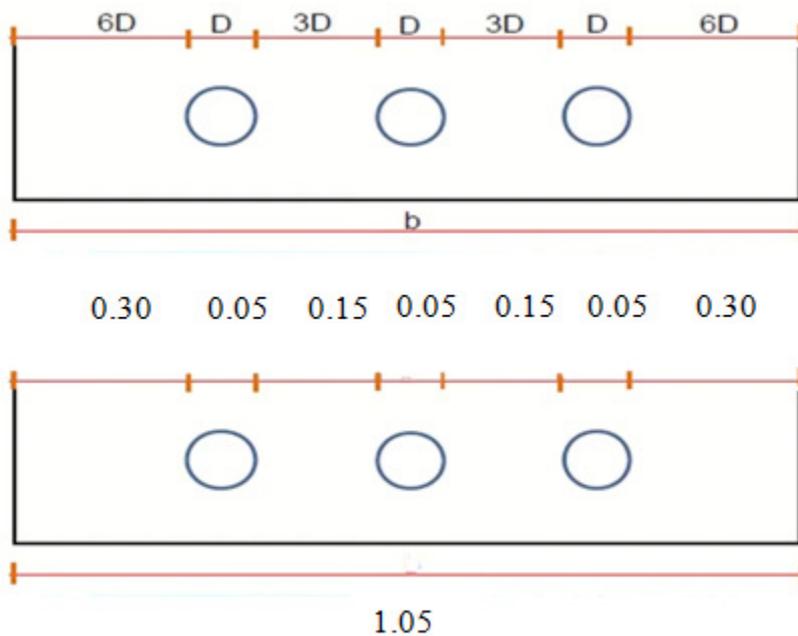
donde

$$b = 9 \times 2 + 4 \times 3 \times 2 \quad b = 42 \text{ pulg}$$

$$b = 1.07 \text{ m}$$

b = 1.05 m, longitud asumida máxima 1.10.

Anexo B.1. Ancho de pantalla



Nota. Elaboración propia

- **Cálculo de la altura de la cámara húmeda:**

Se calcula con la siguiente expresión

$$H_t = A + B + H + D + E$$

Cálculo de A:

Se considera el valor mínimo recomendado que permita la sedimentación

Se asume: 0.10 m

Cálculo de B:

Área de la tubería de salida:

$$D_1 = 3''$$

Cálculo del valor de H:

$$H = \frac{1.56 \times V^2}{2 \times g} = \frac{1.56 \times 0.5^2}{2 \times 9.81} = 0.020m \quad V = 0.5 \frac{m}{s}$$

$$g = 9.81 \text{ m}^2/s$$

$$H = 0.20 \text{ m} \quad \text{Altura H (mínima)} = 0.30 \text{ m}$$

E = 30 cm, Borde libre de: 10 – 30 cm 50 ok

D = 3 cm, Altura mínima= 3 cm

H = 30, Altura H (mínima) = 0.30 m

B = 7.62 cm de diámetro x 2.54

A = 10 cm Altura mínima= 10 cm

$$H_t = 80.62 \text{ cm}$$

$$H_t = 0.80 \text{ m}$$

- **Dimensionamiento de la canastilla:**

Para el cálculo se considera dos veces el diámetro de la tubería de salida

$$\text{Diámetro de conducción} = D_c = 3'' \quad \text{Diámetro calculado} \quad D_c = 3''$$

$$\text{Diámetro de la canastilla (Dg)} = 2 \times D_c = 6'' \quad \text{Diámetro calculado} \quad D_g = 4''$$

$$\text{Longitud de la canastilla} \quad 3 \times D_c < L > 6 \times D_c$$

$$22.86$$

$$45.72$$

L asumida = 30 cm

Ancho de la ranura= 5 mm

Largo de la ranura= 7 mm

Área de la ranura (Ar)=35 mm

asumidos

$$\text{Área de la ranura (Ar)} = 0.000035 \text{ m}^2$$

Calculamos el área total de ranuras (At):

$$A_c = \frac{\pi \times D_c^2}{4} = \frac{\pi \times 0.0762^2}{4} = 0.00456 \text{ m}^2$$

Área total de ranuras

$$A_t = 2 \times A_c$$

$$A_t = 0.00912 \text{ m}^2$$

El valor de A_t no debe ser mayor al 50% del área lateral de la granada (A_g):

$$A_g = 0.5 \times D_g \times L$$

$$D_g = 6''$$

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

$$A_g = 0.02286 \text{ m}^2$$

$$A_t < 50\% A_g$$

$$0.00912 < 0.01143 \quad \text{ok}$$

El número de ranuras resulta (N_r):

$$N_r = \frac{\text{Área Total de ranuras}}{\text{Área ranura}}$$

$$A_t = 0.00912 \text{ m}^2$$

$$A_r = 0.000035 \text{ m}^2$$

$$N_r = 260.57$$

$$N_r = 261$$

- **Rebose y limpieza:**

$$D_r = \frac{0.71 \times Q_{max}^{0.38}}{hf^{0.21}} Q_{max} = 1.89 \text{ l/s}$$

$$hf = 0.015 \frac{\text{m}}{\text{m}} \text{ lineal} \quad \text{Pendiente asumida} = 1.50\%$$

$$D_r = 2.18 \text{ pulg}$$

$$D_r = 2 \text{ pulg}$$

Anexo C. Diseño de Tanque Imhoff

1. Cálculo de caudal de diseño:

$$Q_d = \frac{P_f \times \text{Dotacion}}{1000} * \% \text{Contribución} \quad P_f = 734 \text{ hab}$$

$$\text{Dot.} = 100 \text{ lt/hab/dia}$$

$$\% \text{Contr.} = 80\%$$

$$Q_d = \frac{734 \times 100}{1000} \times 0.8 = 58.72 \frac{m^3}{\text{dia}}$$

2. Diseño del sedimentador.

- **Área del sedimentador:**

$$A_s = \frac{Q_d}{C_s}$$

$$C_s = 24 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$$

$$Q_d = 58.72 \frac{m^3}{\text{dia}}$$

$$A_s = \frac{58.72}{24} = 2.466 \text{ m}^2$$

- **Periodo de retención hidráulico R**

Periodo de retención hidráulico entre 1.5 a 2.5 horas (recomendable 2 horas)

Adoptamos R=2, (RNE OS.090 -Plantas de Tratamiento Tanque Imhoff 5.4.2.2 pág.

26)

- **Volumen del sedimentador:**

$$V_s = Q_d \times RQ_d = 58.72 \frac{m^3}{dia}$$

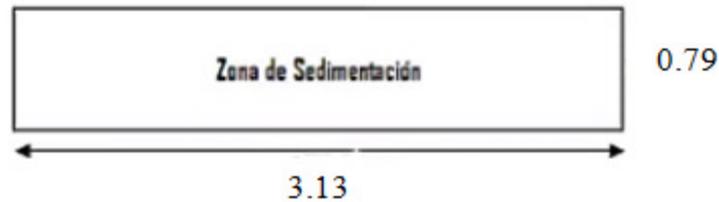
$$V_s = \frac{58.72}{24} \times 2 = 4.89m^3$$

- **Ancho y la longitud del sedimentador:**

$$b = \sqrt{\frac{\text{Área}}{4}} \quad A_s = 2.46 \text{ m}^2$$

En el Anexo C.1 se aprecia las medidas de la zona de sedimentación.

Anexo C.1. Zona de sedimentación



Nota. Elaboración propia

$$b = \sqrt{\frac{2.46}{4}}$$

$$b = 0.784 \text{ m} \quad \text{Ancho}$$

$$a = 4b \quad b = 0.784 \text{ m}$$

$$a = 3.136 \text{ m} \quad \text{Longitud}$$

- **Cálculo de mínima longitud del vertedero de salida (Lv):** se asumió un valor de 250 m³(m/día) por lo tanto:

$$lv = \frac{95m^3 \times dia}{250 \text{ m}^3 \times (m \times dia)} = 0.38m$$

- **Cálculo de alturas de la cámara de sedimentación:**

$$V_s = 4.89 \text{ m}^3 \quad 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{1} = \frac{h_1}{b/2}$$

$$a = 3.136 \text{ m} \quad h_1 = \sqrt{3} \times \frac{0.784}{2} = 0.6789 \text{ m}$$

$bl = 0.30$ *asumido* mínimo el borde libre debe ser de 0.30 m.

$$V_{\text{pirámide}} = \frac{(\text{Área de la base}) \times (\text{Altura})}{3} \quad V_1 = \frac{(a \times b) \times (h_1)}{3}$$

$$V_1 = \frac{(3.136 \times 0.784) \times (0.6789)}{3} = 0.556$$

$$V_1 = 0.556 \text{ m}^3$$

$$h_2 = \frac{V_s - V_1}{(a \times b)} h_2 = \frac{4.89 - 0.556}{(3.136 \times 0.784)}$$

$$h_2 = 1.76 \text{ m}$$

$$V_{\text{prisma}} = (\text{Área de la base}) \times (\text{Altura}) \quad V_2 = (a \times b) \times (h_2)$$

$$V_2 = 4.32 \text{ m}^3$$

3. Diseño del digestor

- Cálculo del cuerpo de acaparamiento y asimilación (vd m^3):

Anexo C.2. Factores de capacidad relativa

Temperatura °C	Factor de Capacidad Relativa (fcr)
5	2
10	1.4
15	1
20	0.7
25 <	0.5

Volumen de digestión y almacenamiento:

$$V_d = \frac{70 \times P \times f_{cr}}{1000} T^0 = 11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$f_{cr} = 1.35$$

$$P = 734$$

$$V_d = 69 \text{ m}^3$$

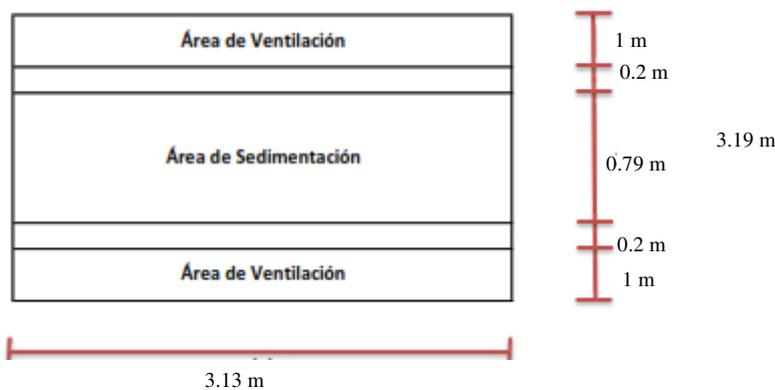
- **Área de ventilación y cámara de natas:**

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

- El espaciamiento libre será de 1,0 m como mínimo.
(RNE: OS.090 - Plantas de Tratamiento – Tanque Imhoff, 5.4.2.4 - a; pag.28)
- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.
(RNE: OS.090 - Plantas de Tratamiento – Tanque Imhoff, 5.4.2.4 - b; pag.28)
- El borde libre será como mínimo de 0,30 cm.
- Asumiremos un ancho de cámara de ventilación de: 1 m
- Espesor del muro 0.20 m

En el Anexo C.3. se aprecian todas las consideraciones.

Anexo C.3. Área de ventilación y cámara de natas



- **Cálculo de las nuevas alturas respecto al digestor:**

- 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. (RNE: OS.090 - Plantas de Tratamiento -Tanque Imhoff, 5.4.2.3 - d; pag.27)
- La altura máxima de los lodos deberá estar 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador.

$$\text{Área Superficial} = A t XL = 9.98 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de Ventilación (Av)} = 2 \times 3.13 \times 1 = 6.26 \text{ m}^2$$

Verificamos si (Av) es más del 30% del área total del tanque:

$$\frac{Av}{A} \text{ superficial} = 62 \% \quad \text{Cumple}$$

- **Cálculo de alturas dentro del digestor:**

$$V_d = 60.007 \text{ m}^3 \text{ } 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{1} = \frac{h_1}{b/2}$$

$$a = 3.136 \text{ m} \quad h_1 = \frac{\sqrt{3} \times b/2}{3}$$

$$b_t = 3.19 \text{ m} \quad h_1 = 0.92 \text{ m}$$

$$V_{\text{pirámide}} = \frac{(\text{Área de la base}) \times (\text{Altura})}{3} \quad V_1 = \frac{(a \times b) \times (h_1)}{3}$$

$$V_1 = 3.06 \text{ m}^3$$

$$h_2 = \frac{V_d - V_1}{(a \times b)}$$

$$h_2 = \frac{69 - 3.06}{3.136 \times 3.19} = 6.60 \text{ m}$$

$$V_{prisma} = (\text{Área de la base}) \times (\text{Altura}) \quad V_2 = (a \times b) \times (h_2)$$

$$V_2 = 65.9 \text{ m}^3$$

4. Diseño del lecho de secado de lodos

- **Cálculos y evaluación para secar el barro:**

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

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

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

Q: Caudal promedio de aguas residuales.

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 promedio de 90 g. SS/ (hab x día).

$$C = \frac{\text{Población} \times \text{Contribución Percápita}(\text{grSS/hab} \times \text{día})}{1000}$$

$$\text{Asumimos } SS = 90 \text{ g}/(\text{hab} \times \text{día})$$

$$\text{Población} = 734 \text{ hab.}$$

$$C = 66 \text{ kg SS/día}$$

- **Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd, en Kg SS/día):**

$$M_{sd} = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C)$$

$$M_{sd} = 21.45 \text{ kg SS/día}$$

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

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} \times (\% \text{ de sólidos}/100)} \rho_{lodo} = \text{Densidad (Valor proporcionado de 1.04 Kg/l)} = 1.04 \text{ kg/l}$$

$\% \text{ de sólidos} = (\text{Valor asumido del } 8\% \text{ al } 12\%) = 10\%$

$$V_{ld} = \frac{18.57}{1.04 \times (0.1)}$$

$$V_{ld} = 178.5 \text{ litros/día}$$

- **Tiempo requerido para la digestión de lodos (Td):**

Anexo C.4. *Tiempo requerido para digestión de lodos (Td)*

Temperatura °C	Tiempo de Digestión en Días
5	110
10	76
15	55
20	40
25 <	30

Temperatura = 11°C

Td = 76 días

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

$$V_{el} = \frac{V_{ld} \times T_d}{1000} \quad V_{ld} = 178.5 \text{ litros/día}$$

$$T_d = 76 \text{ Días}$$

$$V_{el} = \frac{178.5 \times 76}{1000}$$

$$V_{el} = 13.56 \text{ m}^3$$

- **Área del lecho de secado (Als, en m²):**

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a}$$

Ha: Profundidad de aplicación, entre 0,20 a 0,40 m

Se asumió Ha = 0.3 m

$$A_{ls} = \frac{V_{sl}}{H_a}$$

$$A_{ls} = 53 \text{ m}^2$$

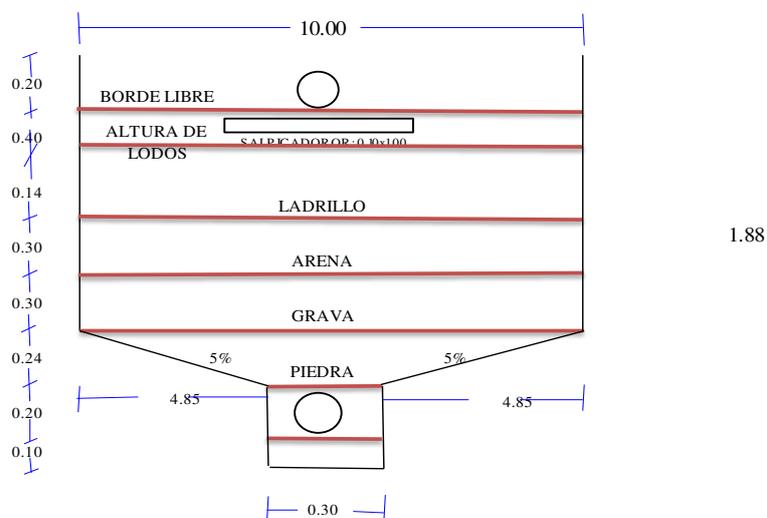
El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 m., pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m. Se asume un ancho de 5.3 m y largo 10 m.

Medio de drenaje: El medio de drenaje es generalmente de 0,30 de espesor y debe tener los siguientes componentes:

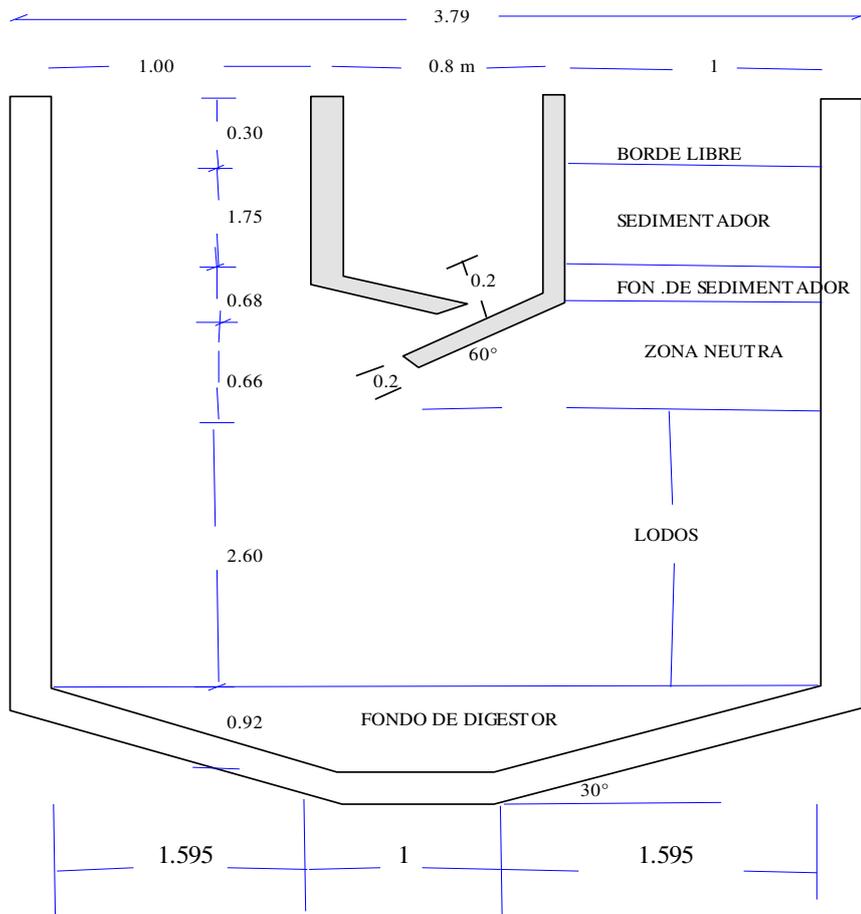
- El medio de soporte recomendado está constituido por una capa de 15 cm. Formada por ladrillos colocados sobre el medio filtrante, con una separación de 2 a 3 cm llena de arena.
- La arena es el medio filtrante y debe tener un tamaño efectivo de 0,3 a 1,3 mm y un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5.
- Debajo de la arena se deberá colocar un estrato de grava graduada entre 1.6 y 51 mm (1/6" y 2") de 0,20 m de espesor.

En el Anexo C.5 se observa un resumen de las medidas del lecho de secado y en el Anexo C.6 se aprecia un resumen de todas las medidas del tanque Imhoff.

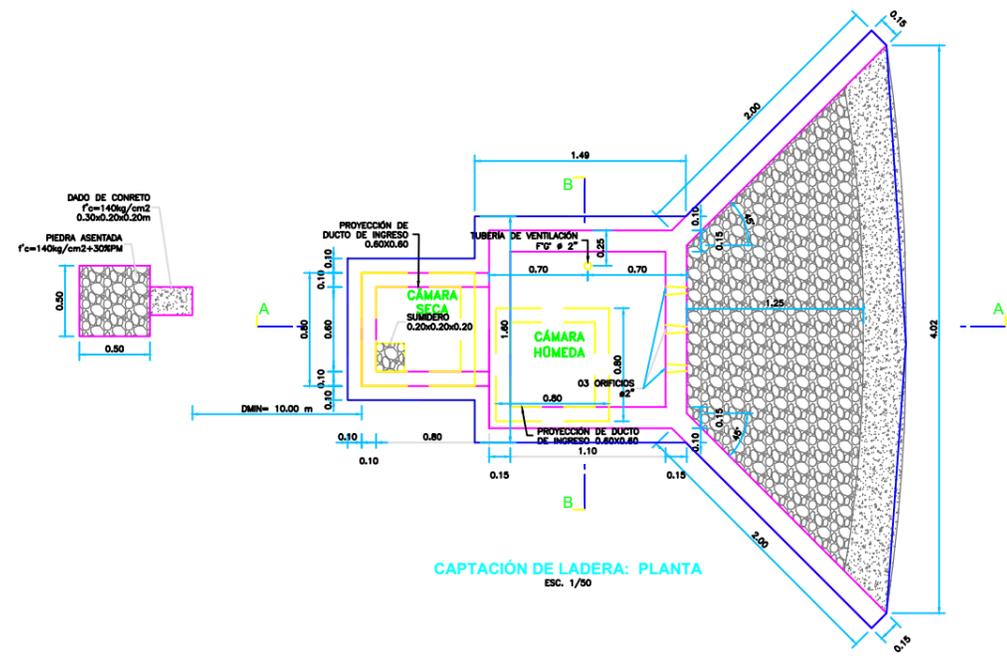
Anexo C.5. Medidas del lecho de secados



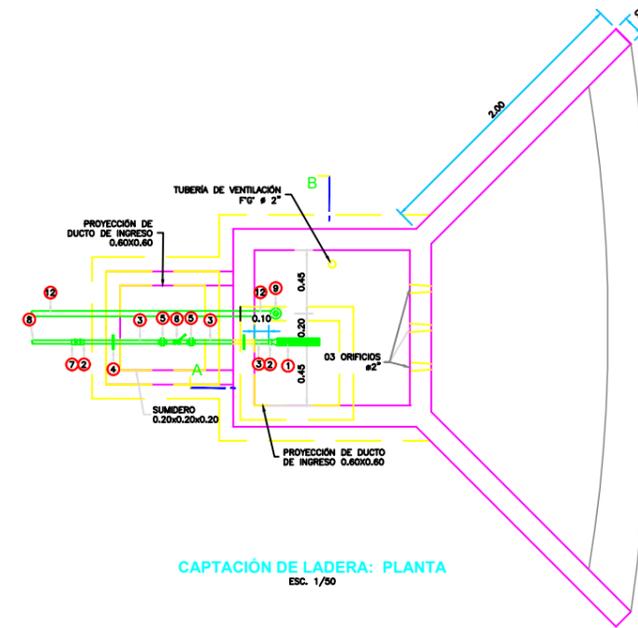
Anexo C.6. Medidas del tanque Imhoff



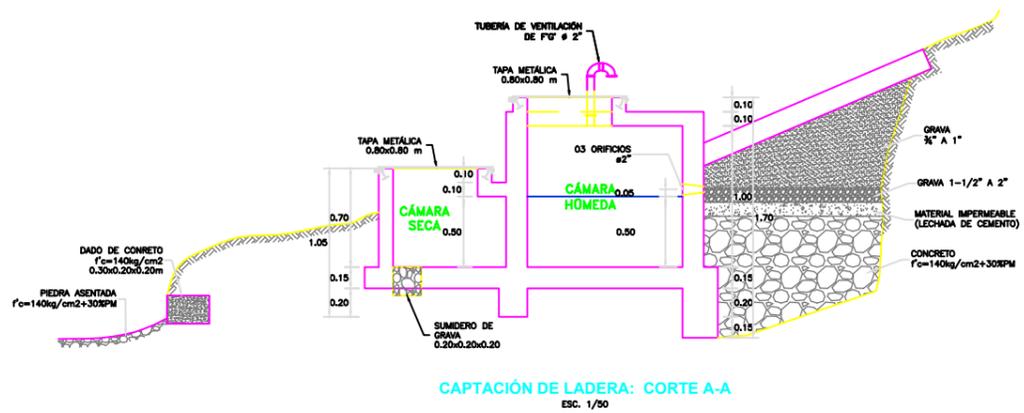
6.91



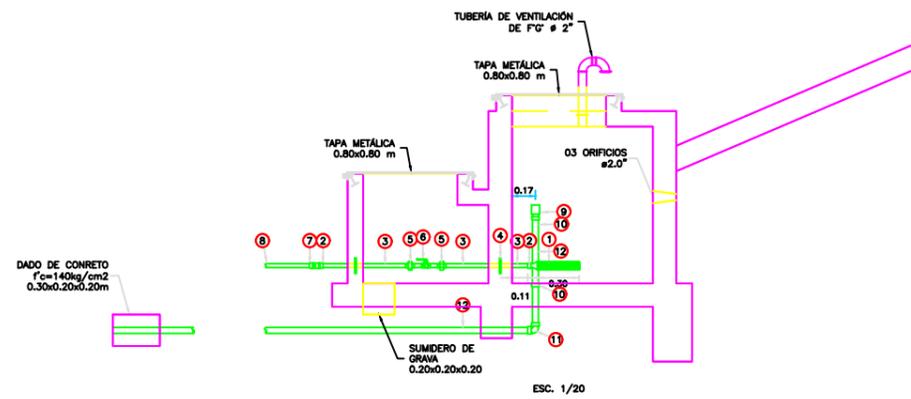
CAPTACIÓN DE LADERA: PLANTA
ESC. 1/50



CAPTACIÓN DE LADERA: PLANTA
ESC. 1/50



CAPTACIÓN DE LADERA: CORTE A-A
ESC. 1/50



CAPTACIÓN DE LADERA: CORTE A-A
ESC. 1/50

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	CANASTILLA DE BRONCE ϕ 6x3"
2	UNIÓN ROSCADA DE PVC ϕ 3"
3	TUBERÍA DE PVC ϕ 3"
4	BRIDA ROMPE AGUA ϕ 3"
5	UNIÓN UNIVERSAL DE PVC ϕ 3"
6	VÁLVULA COMPUERTA DE CIERRE ESFERICO C/MANIJA ϕ 3"
7	ADAPTADOR MACHO PVC 3 ϕ "
8	TUBERÍA PVC ϕ 3"
9	CONO DE REBOSE PVC ϕ 2"
10	UNIÓN SP PVC ϕ 2"
11	CODO 90° SP PVC ϕ 2"
12	TUBERÍA PVC PN 10 ϕ 2"

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
E. A. P. INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

DISEÑO HIDRAULICO DE CAPTACIÓN DE LADERA Y
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SISTEMA IMHOFF EN EL
CENTRO POBLADO DE HUAMBURQUE, DISTRITO DE
ONGOY-PROVINCIA DE CHINCHEROS-APURIMAC, 2021

PLANO N°:

CAP-01

01/01

PLANO:
**PLANOS DE DISEÑO HIDRAULICO DE CAPTACIÓN EN
LADERA**

ESCALA:
INDICADA

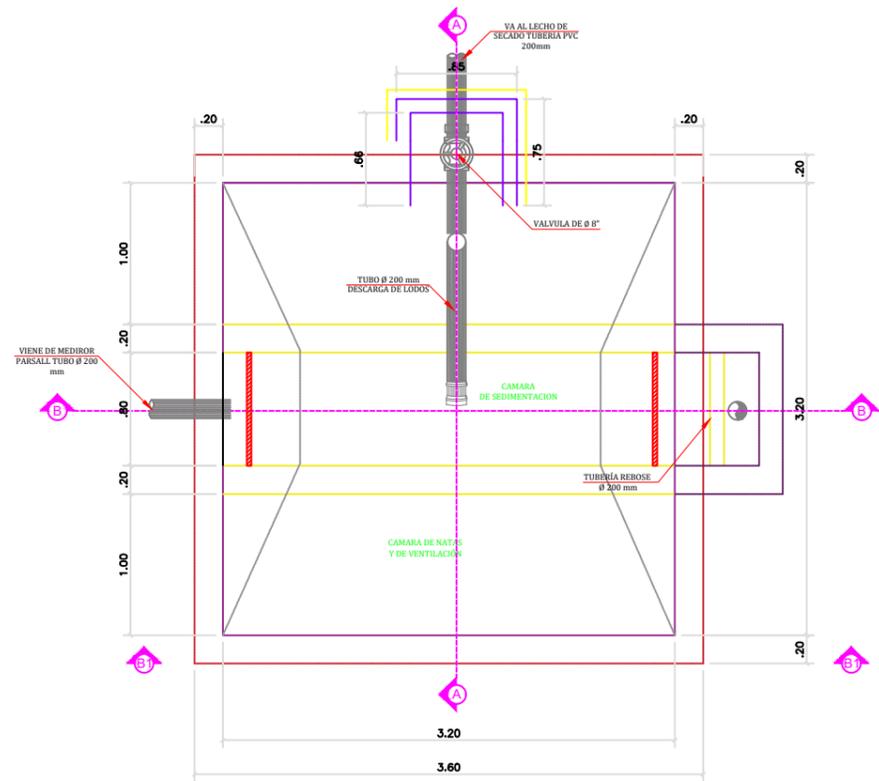
DISTRITO: ONGOY PROVINCIA: CHINCHEROS DEPARTAMENTO: APURIMAC

DIBUJO:

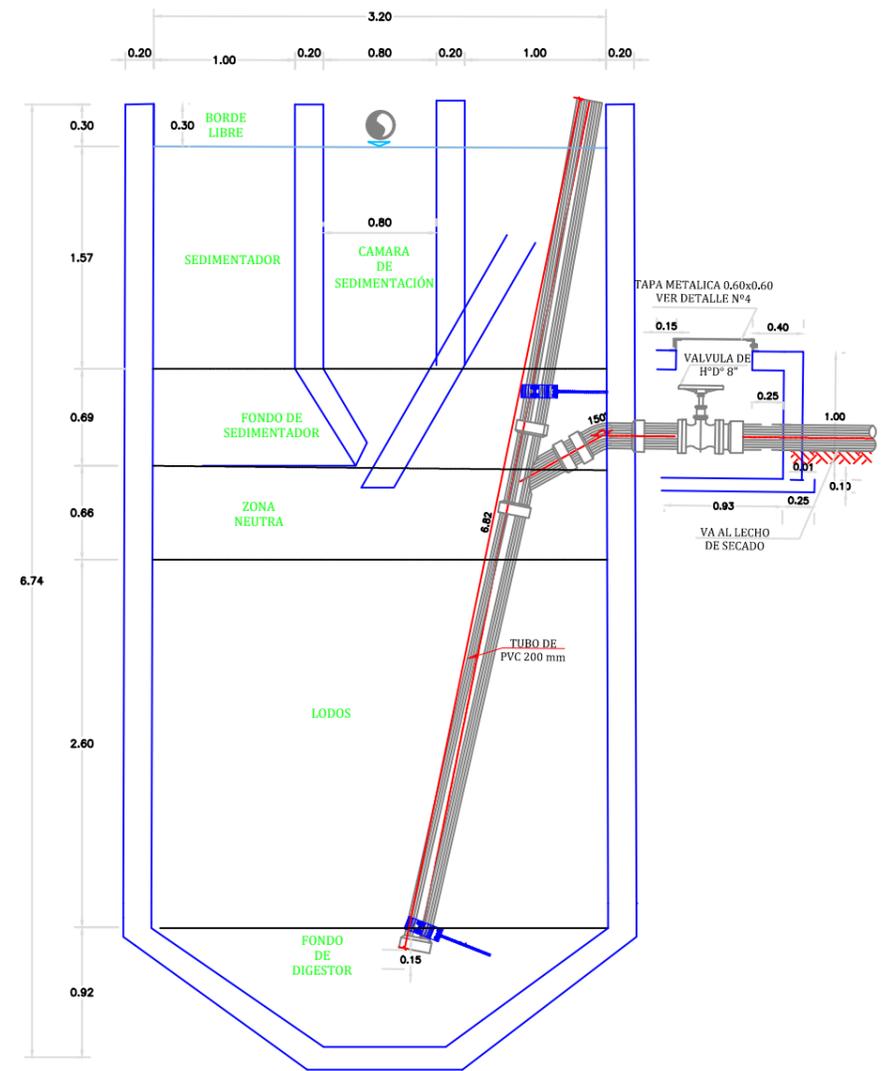
PROYECTISTA:
BACH. GÓMEZ CEVALLOS, RAÚL OMAR

DISEÑADO POR: ...

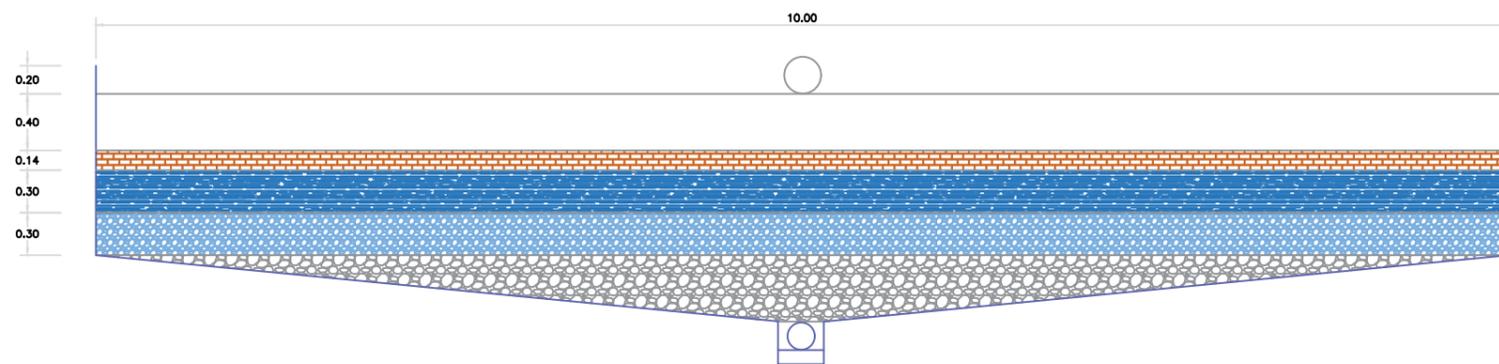
FECHA:
OCTUBRE 2022



PLANTA TANQUE IMHOFF
ESCALA 1:25



CORTE ELEVACION A - A
ESCALA 1:50



LECHO DE SECADOS
ESCALA 1:50

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS E. A. P. INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS		PLANO N°:
DISEÑO HIDRAULICO DE CAPTACIÓN DE LADERA Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SISTEMA IMHOFF EN EL CENTRO POBLADO DE HUAMBURQUE, DISTRITO DE ONGOY-PROVINCIA DE CHINCHEROS-APURIMAC, 2021		TH-01
PLANO:	PLANOS DE DISEÑO HIDRAULICO TANQUE IMHOFF Y LECHO DE SECADOS	
DISTRITO:	ONGOY	PROVINCIA:
DEPARTAMENTO:	CHINCHEROS	APURIMAC
PROYECTISTA:	BACH. GÓMEZ CEVALLOS, RAÚL OMAR	
ESCALA:	INDICADA	DISEÑADO POR:
FECHA:	OCTUBRE 2022	...