

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO
SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO
CHAQUICOCHA”**

Línea de Investigación Institucional:

Salud y gestión de la Salud

PRESENTADO POR:

Bach. MOLINA SALAS, Miguel Ángel

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2022

ING. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL
ASESOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a mis padres, quienes siempre han estado apoyándome con el fin de lograr cada uno de mis objetivos profesionales y mi desarrollo como una persona en la vida.

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

Dr. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

DR. SEVERO SIMEÓN CALDERÓN SAMANIEGO
MIEMBRO

MG. JEANNELLE SOFÍA HERRERA MONTES
MIEMBRO

ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA
MIEMBRO

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO GENERAL



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 228

Que, el (la) bachiller: **MIGUEL ANGEL, MOLINA SALAS**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada **“DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA”**, la misma que cuenta con **123 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **18%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 07 de julio del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

ÍNDICE

CONTRATAPA.....	II
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPITULO I.....	14
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	19
1.2.1. Problema general.....	19
1.2.2. Problemas específicos.....	19
1.3. Justificación.....	19
1.3.1. Práctica.....	19
1.3.2. Teórica.....	20
1.3.3. Metodológica.....	20
1.4. Delimitaciones.....	20
1.4.1. Delimitación temporal.....	20
1.4.2. Delimitación espacial.....	20
1.5. Limitaciones.....	22
1.6. Objetivos.....	23
1.6.1. Objetivo general.....	23
1.6.2. Objetivos específicos.....	23
CAPITULO II.....	24
MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Antecedentes.....	24
2.1.1. Nacionales.....	24
2.1.2. Internacionales.....	28
2.3. Marco conceptual.....	37

2.4. Definición de términos	86
2.5. Hipótesis.....	87
2.5.1. Hipótesis general.....	87
2.5.2. Hipótesis específicas.....	87
2.6. Variables.....	87
CAPÍTULO III	90
METODOLOGÍA	90
3.1. Método de investigación	90
3.2. Tipo de Investigación.....	90
3.3. Nivel de investigación	90
3.4. Diseño de investigación.....	91
3.5. Población y muestra	91
3.5.1. Población.....	91
3.5.2. Muestra	91
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	92
CAPÍTULO IV.....	96
RESULTADOS.....	96
CAPÍTULO V.....	102
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	102
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
ANEXOS.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Criterios de calidad admisible para aguas de uso agrícola.....	35
Tabla 2 – Criterios de calidad admisible para aguas de uso agrícola.....	36
Tabla 3 – Parámetros de diseño de un tanque Imhoff	41
Tabla 4 – Rendimiento de los tanques Imhoff.....	42
Tabla 5 – Producción de lodos	42
Tabla 6 – Descripción y nomenclatura del canal Parshall.....	72
Tabla 7 – Medidas estándar de los aforadores Parshall	74
Tabla 8 – Anchos W del canal Parshall - caudal.....	74
Tabla 9 – Coeficientes adimensionales m y n que dependen del ancho de garganta W.....	74
Tabla 10 – Coeficientes adimensionales m y n que dependen del ancho de garganta W.....	76
Tabla 11 – Penetración de las raíces de las plantas emergentes.....	84
Tabla 12 – Parametros del medio ambiente.....	85
Tabla 13 – Operacionalizacion de las variables.....	89
Tabla 14 – Poblacion según los censos del 1993 y 2007	96
Tabla 15 – Calculo de poblacion futura.....	96
Tabla 16 – Determinacion del caudal de diseño	97
Tabla 17 – Datos de temperatura maxima mas cercana al C.P. Chaquicocha.	98
Tabla 18 – Datos de temperatura minima mas cercana al C.P. Chaquicocha .	98
Tabla 19 – Dimensiones calculadas de la camara de rejas.	99
Tabla 20 – Dimensiones calculadas del tanque imhoff.	100
Tabla 21 – Dimensiones calculadas del humedal artificial	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Localización del centro poblado de chaquicocha.....	16
Figura 2- Efluente del PTAR del centro poblado de chaquicocha.	17
Figura 3- Filtro biologico del PTAR.	17
Figura 4- Efluente del PTAR que se une al rio Cunas.....	18
Figura 5- Tanque imhoff del PTAR de Chaquicocha.....	18
Figura 6- Ubicación departamental de la zona de investigacion.	21
Figura 7- Ubicación provincial de la zona de investigacion.....	21
Figura 8- Ubicación distrital de la zona de investigacion.....	22
Figura 9- Tanque imhoff.....	41
Figura 10- Forma de medir el caudal de ingreso a la planta mediante Canal Parshall.....	42
Figura 11- Humedales artificiales de flujo superficial.....	46
Figura 12- Sistemas de Humedales artificiales con macrófitas.	47
Figura 13- Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal (HHAA FSSH).58	
Figura 14- Humedal artificial de flujo subsuperficial vertical (HHAA FSSV)....	59
Figura 15- Canal parshall.....	70
Figura 16- Nomenclatura de partes de canal parshall.....	71

RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿Será el Diseño de sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial una alternativa para el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, centro poblado Chaquicocha?, el objetivo general fue: Implementar el Diseño de sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, Centro Poblado Chaquicocha, y la hipótesis general fue: El sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial sirve para en el tratamiento de aguas residuales en el sector Alto Cunas del centro poblado de Chaquicocha.

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel de investigación fue explicativo y el diseño de investigación fue no experimental - transversal. La población estuvo conformada por las plantas de tratamiento que se encuentran dentro del sector del Alto Cunas, las cuales son: Planta de tratamiento del Anexo de Sulcán, C.P. de Usibamba, C.P. de Chaquicocha, C.P. de San Roque de Huarmita, Barrio Unión San José de Quero y Barrio Independencia, se tomó como muestra a la planta de tratamiento del centro poblado de Chaquicocha.

La conclusión general fue: El diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial si será una alternativa óptima. Ya que, de acuerdo a las referencias bibliográficas y tesis de investigación realizadas se ha podido corroborar que es favorable para las poblaciones donde se tiene este tipo de aguas residuales (domésticas - Industriales).

Palabras claves: Humedal artificial y aguas residuales

ABSTRACT

The research had as a general problem: Will the subsurface flow artificial wetland system design be an alternative for wastewater treatment, Alto Cuna, Chaquicocha populated center? The general objective was: To implement the artificial wetland system design of subsurface flow for wastewater treatment, Alto Cunas, Centro Poblado Chaquicocha, and the general hypothesis was: The subsurface flow artificial wetland system is used to treat wastewater in the Alto Cunas sector of the Chaquicocha town center.

The research method was scientific, the type of research was applied, the level of research was explanatory, and the research design was non-experimental - cross-sectional. The population was made up of the treatment plants that are within the province of Concepción, which are: Treatment plant of Sulcan, Usibamba, Chaquicocha, San Roque de Huarmita, Barrio Unión San José de Quero and Barrio Independencia, it was taken as a sample to the treatment plant of the town center of Chaquicocha

The general conclusion was: The design of the subsurface flow artificial wetland will be an optimal alternative. Since, according to the bibliographical references and research theses carried out, it has been possible to corroborate that it is favorable for the populations where this type of wastewater (domestic) is present.

Keywords: Artificial wetland and wastewater

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolló de acuerdo a los lineamientos del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de la Universidad Peruana Los Andes; se elaboró con mucho beneplácito la investigación titulada “Diseño de sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, centro poblado Chaquicocha”; investigación que establece como propósito fundamental: Implementar el diseño de sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, Centro Poblado Chaquicocha

En el Perú, se realizó lo siguiente: “El proyecto consistió en la implementación de una tecnología innovadora y limpia para el tratamiento de aguas residuales como son los sistemas de humedales artificiales. Así mismo este proyecto contribuyo a la reducción de la contaminación de las fuentes superficiales de la región, la protección de la salud de los habitantes y evitar el deterioro del medio ambiente, así como fomento nuevas opciones para el recurso de las aguas residuales en sistemas integrados de producción agrícola y darle valor agregado con la instalación de un biohuerto comunitario en la comunidad de Lacabamba” (Lovera, Quipuzco, Laureano, Becerra y Valencia, 2006).

En consecuencia, la presente investigación propone un modelo de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en el centro poblado Chaquicocha, esto como una posible alternativa de solución, desde el punto de vista teórico, económico, social, ambiental y de sustentabilidad, para así contribuir en la conservación del ambiente de la zona (Distrito de San José de Quero, Centro Poblado Chaquicocha) y por ende de la Región Junín.

Esta investigación de tipo aplicada, considera el nivel explicativo; como diseño de investigación no experimental - transversal, y como técnicas de recopilación

de data a las fuentes documentales, registros teniendo como instrumentos a las fichas técnicas. Como técnica para el análisis de datos se aplicó la estadística descriptiva el cual nos permitió conocer los resultados.

El trabajo desarrollado y presentado se justifica en razón de que con esta investigación se pretende implementar el diseño de un sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales

Para el entendimiento del tema investigado, la tesis se encuentra dividido mediante capítulos, explicándose cada capítulo de una manera directa y concreta en relación al tema investigado.

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones, limitaciones y los objetivos de la investigación.

En el capítulo II, se redacta los antecedentes (internacionales y nacionales), el marco conceptual, la definición de términos, el planteamiento de las hipótesis y la identificación de variables de la investigación.

En el capítulo III, se redacta la metodología aplicada, describiéndose el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas de análisis de datos de la investigación.

En el capítulo IV, se plasma los resultados obtenidos del diseño del humedal artificial subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales.

En el capítulo V, se da la discusión de los resultados obtenidos, y poder formular las respectivas conclusiones y recomendaciones a la investigación desarrollada, y finalmente redactar las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de la investigación.

En la parte final de la investigación, se anexan la documentación que sustenta el desarrollo de la investigación.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Según Yáñez, N. y Poats, S. 2007, da a conocer que: ¹“El agua es desde su formación, un elemento indispensable para los seres vivos, fuente y sustento de vida, base del desarrollo de muchas de las actividades más importantes para el ser humano, ya que de todas las especies que habitan el planeta, el hombre es el mayor consumidor de este recurso como lo manifiesta.

Conforme la población ha ido aumentando, la demanda y el uso de este recurso se han vuelto desordenados e insostenibles. De acuerdo a Paredes (2018) menciona que: “Este líquido vital constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos; además interviene de manera fundamental en el proceso de fotosíntesis de las plantas y es el hábitat de una gran variedad de seres vivos.

Asimismo, mientras mayor es la población de una ciudad, mayor cantidad de agua residual se genera, lo que presentan serios problemas para su eliminación final. De acuerdo a Paredes (2018) menciona que: “La contaminación progresiva del agua y su escasez plantean amenazas para la salud humana y la calidad de vida, pero su incidencia ecológica es más general. El libre flujo de un agua no contaminada resulta clave para el sostenimiento de los ecosistemas que dependen del agua. La escasez de agua de buena calidad perjudica al medio acuático, húmedo y terrestre, sometiendo a una presión todavía mayor a la flora y la fauna, que padecen ya las repercusiones de la urbanización y el cambio climático.”

¹ Yáñez, N. y Poats, S. 2007. Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment. Swindon: WRc.

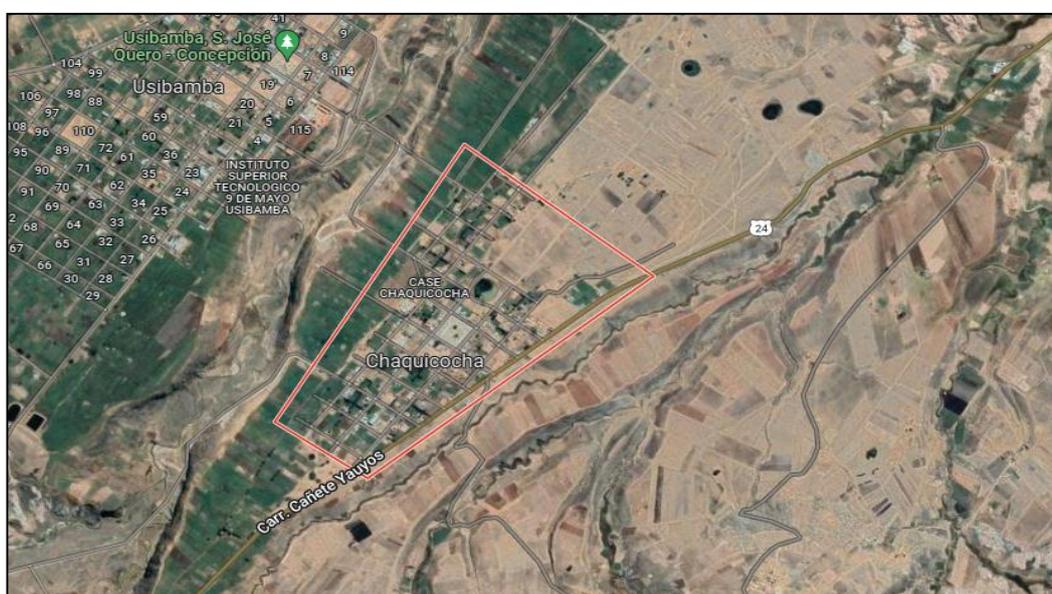
De acuerdo a los inicios, el tratamiento se hacía mediante el vertido de las aguas residuales al suelo, pero prontamente la superficie de los terrenos no fue suficiente para absorber los volúmenes considerables de aguas residuales. En Inglaterra, después de la epidemia del cólera de mitad del siglo XIX, se inició la construcción de los sistemas de alcantarillado, pero el tratamiento de aguas residuales recibió poca atención. Debido a lo pequeño de sus ríos en longitud y caudal, la contaminación del agua, pronto se convirtió en un problema. Al principio, el tratamiento estuvo dirigido a evitar problemas con la industria y agricultura más que a los problemas de salud, por la inexistencia de sistemas de manejo de aguas residuales.

Según IAGUA (2018) menciona que: En el Perú, como en la mayoría de países, tenemos dos panoramas frente al tratamiento de agua residual. Las aguas residuales domésticas o industriales que van al alcantarillado y las aguas residuales que debe tratar cada empresa privada o pública, bajo su responsabilidad y cumpliendo los estándares indicados por la ley nacional. En momentos en que el fenómeno del niño está golpeando todo el país y nos demuestra lo vulnerables que estamos frente a estas situaciones por la falta de medidas de prevención; momentos en que nos enfocamos en la búsqueda de soluciones frente a la escasez de agua potable, no debemos olvidar la problemática que enfrenta el país en el tema del tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

En el Perú, se realizó lo siguiente: “El proyecto consistió en la implementación de una tecnología innovadora y limpia para el tratamiento de aguas residuales como son los sistemas de humedales artificiales. Así mismo este proyecto contribuyó a la reducción de la contaminación de las fuentes superficiales de la región, la protección de la salud de los habitantes y evitar el deterioro del medio ambiente, así como fomento nuevas opciones para el recurso de las aguas residuales en sistemas integrados de producción agrícola y darle valor agregado con la instalación de un biohuerto comunitario en la comunidad de Lacabamba” (Lovera, Quipuzco, Laureano, Becerra y Valencia, 2006).

En consecuencia, la presente investigación propone un modelo de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en el centro poblado Chaquicocha, esto como una posible alternativa de solución, desde el punto de vista teórico, económico, social, ambiental y de sustentabilidad, para así contribuir en la conservación del ambiente de la zona (Distrito de San José de Quero, Centro Poblado Chaquicocha) y por ende de la Región Junín .

Figura N° 01.- Localización del centro poblado de Chaquicocha.



Fuente: Google Maps – 2022

El centro poblado de Chaquicocha actualmente cuenta con un sistema de alcantarillado y PTAR convencional, el cual fue ejecutado y puesta en operación en el año 2017 por el distrito de San José de Quero. Sin embargo, en la visita realizada se pudo verificar que los componentes del PTAR (Desarenador, cámara de rejas, tanque Imhoff, lecho de secado y filtro biológico) no se encuentran en condiciones favorables. Además, el sistema de tratamiento de aguas residuales ha colapsado, por lo cual el efluente ha venido contaminando el río Cunas, tal como se puede visualizar en las siguientes figuras.

Figura N° 02.- Efluente del PTAR del centro poblado de Chaquicocha



Fuente: Propia.

Figura N° 03.- Filtro biológico del PTAR de Chaquicocha en pésimas condiciones.



Fuente: Propia.

Figura N° 04.- Efluente del PTAR que se une al río Cunas y lo contamina.



Fuente: Propia

En la imagen se puede visualizar, lo que actualmente viene suscitando en el río Cunas se encuentra contaminada por el efluente que emana del PTAR del centro poblado de Chaquicocha. Asimismo, dicha planta de tratamiento se encuentra inoperativa ya que sus componentes (Desarenador, cámara de rejillas, tanque Imhoff, lechado de secado y filtro biológico) han colapsado.

Figura N° 05.- Tanque Imhoff del PTAR de Chaquicocha se encuentra inoperativa.



Fuente: Propia

1.2. Formulación y sistematización del problema

Ante esta disposición se plantea la siguiente interrogante como problema general:

1.2.1. Problema general

¿Será el Diseño de sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial una alternativa para el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, centro poblado Chaquicocha?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuál será el caudal medio para diseñar el sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, centro poblado Chaquicocha ?

b) ¿Serán favorables Los resultados del estudio de mecánica de suelos para el Diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, centro poblado Chaquicocha ?

c) ¿Cuáles son las dimensiones del humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, centro poblado Chaquicocha?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica

Los pobladores del centro poblado de Chaquicocha, cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales convencional, el cual se encuentra inoperativa. Es por ello, que se han hecho necesario el desarrollo e implementación del sistema de tratamiento mediante un humedal artificial, con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población y evitar la contaminación del río Cunas. Asimismo, contribuir a la disminución del deterioro ambiental en la Región.

Por tanto, se ha realizado esta investigación, la cual propone un diseño de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en el centro poblado de Chaquicocha – San José de Quero

1.3.2. Teórica

Con la elaboración de este trabajo de investigación, se busca lograr un archivo en el cual unifique conocimientos con resultados obtenidos de la disminución de contaminantes en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en comparación con las plantas de tratamientos convencionales que se viene utilizando.

1.3.3. Metodológica

La metodología utilizada para la recolección de datos que se empleo es realizar in situ, donde se busca obtener datos que se acerquen a la realidad, con la finalidad de dar solución de acuerdo a la problemática que se encuentra el centro poblado de Chaquicocha, San José de Quero.

Este trabajo de investigación es importante porque ayudara en próximas investigaciones que se realicen a partir de ello.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Delimitación temporal

El trabajo de investigación se llevó a cabo en 4 meses, del mes de noviembre del 2021 hasta el mes de febrero del 2022.

1.4.2. Delimitación espacial

La investigación se realizó en las condiciones climatológicas de la zona del Alto Cunas, en el Centro Poblado de Chaquicocha – San José de Quero.

Figura 6- Ubicación departamental de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 7- Ubicación provincial de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.dehuancayo.com/>

Figura 8- Ubicación distrital de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.familysearch.org/es/wiki/Concepci%C3%B3n,Junin>

Los gastos financieros generados en la elaboración del presente trabajo de investigación, fueron asumidos íntegramente en su totalidad por el investigador de la presente tesis.

1.5. Limitaciones

Básicamente la limitación de la investigación se centró en el análisis de las muestras de agua residual para la obtención de los parámetros que se requiere para la investigación, la cual se tomó de la planta de tratamiento convencional del centro poblado de Chaquicocha. Ya que, en la ciudad de Huancayo no se cuenta con muchos laboratorios que realicen este trabajo.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Implementar el Diseño de sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, Centro Poblado Chaquicocha

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar el caudal medio para diseñar el sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, centro poblado Chaquicocha.

- b) Analizar los resultados del estudio de mecánica de suelos para el Diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, centro poblado Chaquicocha.

- c) Establecer las dimensiones del humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, centro poblado Chaquicocha.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Maldonado (2018), en su investigación titulada: “Evaluación de la eficiencia de humedades artificiales en la remoción de nitrógeno” para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Ingeniería, nos menciona:

En la presente tesis de investigación el objetivo fue evaluar los mecanismos de los humedales artificiales para remover Nitrógeno del agua residual doméstica. La evaluación consistió en comparar cómo varía la capacidad de un humedal para remover nitrógeno al variar dos condiciones: 1) antigüedad del humedal, y 2) oxigenación del humedal.

Con este propósito, se construyeron 03 humedales en paralelo, de dimensiones $L=2.00\text{m}$, $a=0.5\text{m}$ y $h=0.5\text{m}$, estos fueron: un humedal convencional recién construido usado como BLANCO (H2), un humedal convencional en funcionamiento con 01 año de antigüedad (H1), y un humedal convencional recién construido al que se le instaló un sistema de aireación intermitente (H3). Los 03 tuvieron la siguiente composición: zonas de entrada y salida de grava canto rodado de 3” y zona de tratamiento de grava canto rodado de 2”. La macrófita utilizada fue el Junco (*Thypha* spp). El Tiempo de Retención Hidráulico fue de 24 horas aproximadamente. El caudal del afluente fue de 104 ml/min para cada uno y este se captó a la salida del reactor UASB de CITRAR.

Los parámetros evaluados fueron: turbiedad, temperatura, pH, humedad relativa, temperatura ambiente, conductividad, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, fósforo total, DQO, OD y sólidos.

En la primera evaluación, se comparó la capacidad para remover nitrógeno de un humedal antiguo (H1) respecto a uno nuevo (H2). Para este caso, el periodo de arranque tuvo una duración de 06 semanas (de la semana 05 a la semana 10), mientras que la fase experimental tuvo una duración de 24 Semanas. En la fase experimental se distinguen 02 sub-fases, la primera sub-fase comprende desde la semana 11 a la semana 17, y la segunda sub-fase comprende desde la semana 18 hasta la semana 34. Durante la primera sub-fase, la cual corresponde a la fase en la cual se comparó el humedal antiguo con el nuevo, se encontró un valor promedio de Nitrógeno Total de 69 mg/l en el afluente, mientras que en el efluente de H1 fue de 56 mg/l y en H2 fue de 63 mg/l. Asimismo, el valor promedio del Nitrógeno Amoniacal en el afluente fue de 54 mg/l, mientras que en el efluente de H1 fue de 47 mg/l, y en H2 fue de 53 mg/l. Se concluyó que H1 tiene mayor capacidad de remover Nitrógeno que H1 debido a que las raíces de los juncos de H1 son más gruesas y permiten una mayor oxigenación del agua residual.

En la segunda evaluación, se comparó la capacidad de remover nitrógeno de un humedal con aireación intermitente (H3) respecto a uno convencional (H2). Para este caso, el periodo de arranque o puesta en marcha tuvo 03 fases. En la primera fase (de la semana 05 hasta la semana 10) se utilizó un periodo de aireación de 6 horas ON y 6 horas OFF, en la segunda fase (de la semana 11 hasta la semana 16) se utilizó un periodo de aireación de 3 horas ON y 3 horas OFF, y en la tercera fase (de la semana 17 hasta la semana 22) se utilizó un periodo de aireación de 2 horas ON y 4 horas OFF. Cada fase tuvo una duración de 06 semanas, resultando un periodo de arranque total de 18 semanas. La máxima eficiencia de remoción de Nitrógeno se produjo en la fase 3. Asimismo, la fase experimental tuvo una duración de 12 Semanas (de la semana 23 a la semana 34), donde se encontró un valor promedio de

Nitrógeno Total de 44 mg/l en el afluente, mientras que en el efluente de H2 fue de 37 mg/l y en H3 fue de 24 mg/l. Asimismo, el valor promedio del Nitrógeno Amoniacal en el afluente fue de 38 mg/l, mientras que en el efluente de H2 fue de 32 mg/l, y en H3 fue de 4 mg/l. Se concluyó que la eficiencia de H3 para remover Nitrógeno es mucho mayor a la de H2, debido a que se mejoró el proceso de Nitrificación y Desnitrificación en H3 debido a la aireación intermitente.

El estudio se realizó por un periodo total de 38 semanas, de las cuales las 04 primeras semanas corresponden al periodo de construcción e instalación de los humedales, las siguientes 18 semanas corresponden al periodo de puesta en marcha y elección de los ciclos de aireación y no aireación del H3, las subsecuentes 12 semanas corresponden a la etapa experimental y de recopilación de datos, y las últimas 04 semanas corresponden al periodo de cierre del proyecto.

Flores y Huamán (2018), en su investigación titula: “Sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la comunidad campesina de Ocopa - distrito Lircay”, para que puedan optar el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Huancavelica, nos menciona:

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal diseñar un sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay. La investigación se ubica dentro del tipo Aplicada; nivel Explicativo; diseño no experimental de corte Longitudinal; asimismo, se empleó el método Científico - Deductivo. Se consideró la encuesta, observación y revisión bibliográfica como técnicas para la recolección de datos. Se tomaron 6 muestras compuestas en el afluente y efluente del

componente de tratamiento mediante HA para su análisis; obteniendo los siguientes resultados: el tratamiento de HA de flujo subsuperficial redujo en promedio los agentes contaminantes en: 35.32% SST, 27.59% DBO5, 18.68% DQO, 36.91% Aluminio, 37.72% Nitrógeno total, 34.47% Fosforo total, 32.67% Grasas y aceites, 19.59% PH y 34.35% Coliformes totales; de este modo llegado a las siguientes conclusiones: El sistema de depuración de aguas residuales mediante HA de flujo subsuperficial presenta los siguientes componentes: pretratamiento (cámara de rejillas, desarenador, canaleta Parshall, laguna de maduración y cámara de estabilización de sólidos), tratamiento (humedal artificial de flujo subsuperficial) y almacenamiento (reservorio). El tren de componentes permite reducir los agentes patógenos de las aguas servidas eficientemente, debido a que el sistema es adaptable a las condiciones fisicoquímicas, biológicas, climáticas e hidráulicas de la zona.

Raymundo (2017) en su trabajo de investigación titulado: “Modelo de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el centro poblado la punta - Sapallanga”, para optar en el título profesional de Ingeniero civil en la Universidad Nacional del Centro del Perú, nos menciona:

En el presente trabajo de investigación tiene como objetivo proponer un modelo de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el Centro Poblado La Punta - Sapallanga – 2017; para cumplir con el objetivo planteado se utilizó un tipo de investigación aplicada, nivel de investigación explicativa, método de investigación científico, diseño de investigación no experimental transversal, asimismo se tomó como población 18 humedales naturales del departamento de Junín y como muestra, 6 muestras compuestas tomadas en el afluente y efluente de los humedales naturales de flujo superficial de

Sapallanga, La Ribera y Chupaca; desarrollada la investigación se obtuvo el siguiente resultado: el diseño del modelo de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial presenta una etapa de pre – tratamiento compuesto por los componentes: rejilla y canal de aproximación, desarenador, canal Parshall, cámara de estabilización de sólidos, laguna de maduración, asimismo una etapa de tratamiento mediante humedal artificial de flujo superficial con las siguientes dimensiones: área superficial de 242.21 m²; longitud del humedal de 26.96 m.; ancho del humedal de 8.99 m.; altura de 0,6 m; con un tiempo de retención hidráulico de 1.71 días, y área transversal de 5.39 m²; y reservorio de geometría rectangular para acumulación. De este modo se llegó a la siguiente conclusión: la propuesta de modelo de tratamiento mediante humedal artificial de flujo superficial en el Barrio Mallqui es adaptable, ya que los parámetros físicos, químicos, biológicos, climáticos e hidráulicos de la zona tienen similitud a los parámetros físicos, químicos, biológicos, climáticos e hidráulicos de los humedales naturales de Sapallanga, La Ribera y Chupaca.

2.1.2. Internacionales

Salazar y Sánchez (2015) en su trabajo de investigación titulado: “Evaluación y propuesta de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Churuguzo, Parroquia Tarqui, Cantón Cuenca, provincia del Azuay”, para optar en título de Ingeniero Civil en la Universidad de Cuenca - Ecuador, nos menciona:

La presente investigación nos indica que el tratamiento de aguas residuales constituye un tema de gran interés debido a que está directamente ligado con la salud pública y la dignidad humana. La Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca (ETAPA EP) dentro del país ha sido pionera en la implementación de sistemas tanto convencionales

como descentralizados de tratamiento de agua residual. Sin embargo, los sistemas una vez implementados no pueden operar y mantenerse por sí mismos, el deterioro comienza a evidenciarse y por ello tomar las medidas correctivas es un punto clave para preservar la operatividad y eficiencia de los sistemas. El presente trabajo contempla la evaluación y propuesta de rediseño del sistema descentralizado ubicado en la Comunidad de Churuguzo, Tarqui del cantón Cuenca. Se llevó a cabo en primer lugar evaluaciones realizadas previamente y se complementó con caracterizaciones del agua residual afluente al sistema. La Planta cuenta actualmente con una fosa séptica y dos humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial. Con base en una exhaustiva revisión de la bibliografía técnica, se plantearon como alternativas de rediseño utilizar como unidad central de tratamiento: i) Humedales Recíprocos, ii) Reactor de Recirculación con medio filtrante, y iii) Modificar los actuales humedales. Una vez efectuados los correspondientes diseños y analizada la factibilidad técnica y económica de cada una de las alternativas planteadas, se optó por rediseñar la tecnología actual del sistema, es decir, los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial, aplicando como metodología de diseño la propuesta por Kadlec & Knight (1996). Además, en función del caudal u cargas contaminantes, se procedió a rediseñar las estructuras del pretratamiento, la fosa séptica y las líneas de conducción. Como parte del diseño definitivo también se incluye la propuesta de Operación y Mantenimiento del sistema.

Torres (2016) En su investigación “propuesta de mejoramiento de las operaciones en la planta de tratamiento de agua residual en el municipio de la calera (Cundinamarca)”, para optar en título de Ingeniero Civil en la Universidad Católica de Colombia, nos menciona:

La presente investigación nos indica que, en el municipio de La Calera, Cundinamarca, actualmente se encuentra viviendo un auge de vivienda bastante acelerado, producto de este comportamiento, se puede predecir que las estructuras bajo las cuales está diseñada la cabecera municipal, muy pronto serán insuficientes para abastecer la tan creciente demanda que generan los nuevos residentes del municipio.

Situación que ha afectado, como se esperaba, a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del municipio, la cual entró en operación desde el año 2000 y cuyo periodo de diseño era de 25 años. No obstante, nunca se contempló un aumento en la población exponencial en tan poco tiempo.

Debido a este acontecimiento se planteó la interrogante de si está la PTAR del municipio de La Calera funcionando adecuadamente según los estatutos que rigen el manejo de aguas residuales y si su operación es lo suficientemente efectiva.

Para resolver adecuadamente la inquietud surgida, en primera instancia se desarrolló un diagnóstico técnico y operativo de cada una de las unidades de tratamiento que componen la PTAR, en la cual se encontraron falencias en la operación de la planta y los controles realizados.

Como caso específico, el diagnóstico determinó que la principal falla por la cual la planta no cumple con la legislación ambiental, es la sobrecarga del caudal tratado, respuesta al aumento en la población que abastece la planta. Así mismo, una importante falencia en la operación de la planta es que, el vertedero de exceso descarga directamente un caudal considerable que no presenta tratamiento alguno que mitigue la carga orgánica que este líquido lleva.

El mejoramiento de los procesos se basó la implementación de una estructura que reduzca la cantidad de grasas ingresada a los reactores SBR, de manera que los procesos aerobios ejecutados

en los tanques se realicen de manera efectiva y eficiente. De igual forma, se realizó un enfoque especial a un tratamiento emergente al caudal captado por el vertedero de excesos.

En relación al comportamiento de los reactores, se debe esperar a realizar el cambio de equipos que se tienen destinados para realizar la medición de la operación y de efectividad que los nuevos equipos generarían.

Todos los procesos dentro de la planta presentan grandes eficiencias y cumplen adecuadamente con sus funciones, de manera que, sus deficiencias no se presentan en las estructuras o procesos que tiene sino en aquellas operaciones que no realiza la planta.

Promoviendo la operación integral y eficaz de la planta, se propuso la creación de una trampa de grasas que permita eliminar dichas sustancias del líquido, antes de su entrada a los reactores. Acción que pretende mejorar el comportamiento de las reacciones biológicas dentro de los tanques, ya que al ser reacciones basadas principalmente entorno al oxígeno, las grasas y aceites roban mucho oxígeno, que es necesario para descomponer y sedimentar la materia orgánica presente en el líquido.

Como última propuesta se planteó un distrito de riego a la flora del predio, alimentado por todo el caudal recogido en el aliviadero. Sistema que se utilizará como medio emergente en la operación de la planta, evitando así el vertimiento directo de dicho caudal y sobre todo fomentando el afloramiento de la vegetación de la propiedad.

Mantilla (2017), en su investigación titula: “Evaluación preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales de las parroquias Chaltura y natabuela, del cantón Antonio ante, de la provincia de Imbabura”, para optar la disertación previa a la obtención del título de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte, nos menciona:

El presente trabajo de investigación muestra que, la planta de tratamiento de aguas residuales de las parroquias Chaltura y Natabuela, del cantón Antonio Ante, de la provincia de Imbabura, se realizó una evaluación preliminar para determinar si la planta se encuentra funcionando correctamente para los fines que fue creada. Para conocer la eficiencia de la planta depuradora se estudió el tratamiento secundario que consiste en un sistema de 38 estanques con plantas acuáticas flotantes (jacinto y lenteja de agua).

Las muestras tomadas a la entrada y salida del tratamiento secundario durante un período de 16 días fueron utilizadas para realizar los análisis de DBO5 y coliformes fecales (*E. coli*) en el laboratorio. Estos resultados fueron utilizados para determinar el porcentaje de eficiencia en la remoción de DBO5 y coliformes fecales; además se realizó la predicción de la calidad del efluente utilizando dos modelos cinéticos teóricos (reactor completamente mezclado y flujo tipo pistón), el tiempo de retención promedio calculado y el cálculo de la carga orgánica superficial a la entrada del tratamiento secundario.

Las eficiencias obtenidas para DBO5 y coliformes fecales fueron 56,6% y 83,5%, respectivamente. Para el caso del tiempo de retención promedio se obtuvo un valor de 6,39 días y para la carga orgánica superficial un valor de 309,55 kg DBO5/ha.d. En el caso de la predicción de la calidad del efluente con el reactor completamente mezclado y flujo tipo pistón se obtuvieron valores inferiores a los resultados experimentales, esto se debe a que se utilizó una constante de velocidad de reacción recomendada por la literatura técnica, que no se reproduce en la realidad de esta planta de depuradora.

Finalmente, la calidad del efluente de esta planta de tratamiento no cumple con los estándares de calidad para uso como agua de

riego, debido a que el valor de coliformes fecales excede el límite permisible según la norma vigente en nuestro país.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Marco Legal

De acuerdo a la Autoridad Nacional del Agua (2011), en la en la Ley N° 29338 (Ley de recursos hídricos) manifiesta lo siguiente:

Artículo 79: Vertimiento de agua residual.

La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización (...).

Artículo 80: Autorización de vertimiento.

Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva, el cual debe contemplar los siguientes aspectos respecto de las emisiones:

1. Someter los residuos a los necesarios tratamientos previos.
2. Comprobar que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación.

La autorización de vertimiento se otorga por un plazo determinado y prorrogable, de acuerdo con la duración de la actividad principal en la que se usa el agua y está sujeta a lo establecido en la Ley y en el Reglamento.

Artículo 82: reutilización del agua residual

La Autoridad Nacional, autoriza el reúso del agua residual tratada, con opinión del Consejo de Cuenca (...)

El titular da una licencia de uso de agua, está facultado para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia. Para actividades distintas se requiere autorización.

Según la Autoridad Nacional del Agua (2011), en el D.S. N° 001-2010-AG, Reglamento de la ley de recursos hídricos, en el título V, capítulo VII: Reúso de aguas residuales tratadas, manifiesta lo siguiente en los siguientes artículos:

Artículo 148: Autorización de reúso de aguas residuales tratadas

Podrá autorizarse el reúso de aguas residuales tratadas únicamente cuando se cumplan con todas las condiciones que se detallan a continuación:

- a) Sean sometidos a los tratamientos previos y que cumplan con los parámetros de calidad establecidos para los usos sectoriales.
- b) Cuenten con la certificación ambiental otorgada por la autoridad ambiental sectorial competente, que considere específicamente la evaluación ambiental de reúso de las aguas.
- c) En ningún caso se autorizará cuando ponga en peligro la salud humana y el normal desarrollo de la flora y fauna o afecte otros usos.

Artículo 150: Criterios para evaluar la calidad de agua para reúso

Las solicitudes de autorización de reúso de aguas residuales tratadas serán evaluadas tomándose en cuenta los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinará el reúso del agua o, en su defecto, las guías correspondientes de la Organización Mundial de la Salud.

2.2.1.1. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

De acuerdo al Ministerio del Ambiente (2010), nos muestra los criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N°01. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola.

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
aluminio	Al	mg/l	5
arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	1
Berilio	Be	mg/l	0.1
Boro	B	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0.01
Carbonatos totales	concentración total de carbonatos	mg/l	0.1
cianuro total	CN	mg/l	0.2
cobalto	Co	mg/l	0.05
cobre	Cu	mg/l	2
cromo hexavalente	Cr	mg/l	0.1
flúor	F	mg/l	1
hierro	Fe	mg/l	5
litio	Li	mg/l	2.5
materia flotante	visible		ausencia
manganeso	Mn	mg/l	0.2
molibdeno	Mo	mg/l	0.01
mercurio total	Hg	mg/l	0.001
níquel	Ni	mg/l	0.2
organofosforados totales	concentración de organofosforados totales	mg/l	0.1
organoclorados totales	concentración de organoclorados totales	mg/l	0.2
plata	Ag	mg/l	0.05
potencial de hidrogeno	PH		de 6 a 9
plomo	Pb	mg/l	0.05
selenio	Sb	mg/l	0.02
solidos disueltos totales		mg/l	3000
transparencia de las aguas medidas con el disco secchi			minimo 2 m
vanadio	V	mg/l	0.1
aceites y grasas	solubles en hexano	mg/l	0.3
Coliformes totales	Mnp/100 ml		1000
huevos de parásitos		huevos/litro	0
zinc	Zn	mg/l	2

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2010

2.2.2.2. Límites permisibles para descargar aguas residuales en cuerpos receptores de agua dulce

De acuerdo a la OMS (2006), nos muestra los límites permisibles para descargar aguas residuales en cuerpos receptores de agua dulce, tal como se muestra a continuación.

Tabla N°02. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola.

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
aceite y grasas	sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
alkil mercurio		mg/l	no detectable
aldehidos		mg/l	2
aluminio	Al	mg/l	5
arsénico total	As	mg/l	0.1
bario	Ba	mg/l	2
cadmio	Cd	mg/l	0.02
cianuro total	CN	mg/l	0.1
cloro activo	Cl	mg/l	0.5
cloroformo	extracto carbon cloroformo	mg/l	0.1
cloruros	Cl	mg/l	1000
cobre	Cu	mg/l	1
cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes fecales	Nmp/100l		200
Coliformes totales	Nmp/100l		5000
color real	color real	unidades de color	inapreciable en dilución 1:20
compuestos fenólicos	fenol	mg/l	0.2
chromo hexavalente	Cr	mg/l	0.5
demanda biológica de oxígeno	DBO5	mg/l	100
demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	250
dicloroetileno	dicloroetileno	mg/l	1
estaño	Sn	mg/l	5
fluoruros	f	mg/l	5
fosforo total	P	mg/l	10
hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos	TPH	mg/l	20
petróleo			
manganeso total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	visibles		ausencia
mercurio total	Hg	mg/l	0.05
Niquel	Ni	mg/l	2
Nitratos + Nitritos	N	mg/l	10
Nitrógeno total Kjendal	N	mg/l	15
organoclorados totales	concentración de organoclorados totales	mg/l	0.05

organofosforados totales	concentracion de organofosforados totales	mg/l	0.1
plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2
Potencial de hidrogeno	PH		de 5 a 9
selenio	Se	mg/l	0.1
solidos sedimentables		ml/l	1
solidos suspendidos totales		mg/l	100
solidos totales		mg/l	1600
sulfatos	SO4	mg/l	1000
sulfitos	SO3	mg/l	2
sulfuros	S	mg/l	0.5
temperatura	°C		<35
tenso activos	sustancias activas al azul	mg/l	0.5
tetracloruro de carbono	de metileno tetracloruro	mg/l	1
	de carbono tricloruetileno	mg/l	1
vanadio	V	mg/l	5
zinc	Zn	mg/l	5

Fuente: OMS, 2006

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Pretratamiento o tratamiento preliminar

²Este tratamiento tiene como objetivo la retención de sólidos gruesos y sólidos finos con densidad mayor al agua y arenas, con el fin de facilitar el tratamiento posterior. Son usuales el empleo de canales con rejillas gruesas y finas, desarenadores, y en casos especiales se emplean tamices. Estas unidades, en ocasiones obviadas en el diseño de plantas de tratamiento, son necesarias para evitar problemas por el paso de arena, basura, plásticos, etc., hacia los procesos de tratamiento propiamente dichos (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS).

² Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS

a) Rejas o cámara de rejas. - ³Esta unidad normalmente es parte de la captación o de la entrada del desarenador.

- El diseño se efectúa en función del tamaño de los sólidos que se desea retener, determinándose según ello la siguiente separación de los barrotes.
- La limpieza de las rejas puede ser manual o mecánica, dependiendo del tamaño e importancia de la planta, o de la llegada intempestiva de material capaz de producir un atascamiento total en pocos minutos.
- La velocidad media de paso entre los barrotes se adopta entre 0,60 a 1 m/s, pudiendo llegar a 1,40 m/s, con caudal máximo.
- Las rejas de limpieza manual se colocan inclinadas a un ángulo de 45° a 60°. Se debe considerar una superficie horizontal con perforaciones en el extremo superior de la reja con la finalidad de escurrir el material extraído.
- Debe preverse los medios para retirar los sólidos extraídos y su adecuada disposición. (O.S. 020 Plantas de Tratamiento de Agua para Consumo Humano).

b) Desarenadores. – Sirve para realizar la remoción de partículas en suspensión.

b.1. Remoción de partículas

- Aguas sin sedimentación posterior deberá eliminarse 75% de las partículas de 0,1 mm de diámetro y mayores.
- Aguas sometidas a sedimentación posterior deberá eliminarse 75% de la arena de diámetro mayor a 0,2 mm. Deberá proyectarse desarenadores cuando el agua a tratar acarree arenas. Estas unidades deberán diseñarse para permitir la remoción total de estas partículas.

b.2. Criterios de diseño

- ⁴El período de retención deber estar entre 5 y 10 minutos.

³ O.S. 020 Plantas de Tratamiento de Agua para Consumo Humano
⁴ O.S. 020 Plantas de Tratamiento de Agua para Consumo Humano

- La razón entre la velocidad horizontal del agua y la velocidad de sedimentación de las partículas deber ser inferior a 20.
- La profundidad de los estanques deberá ser de 1,0 a 3,0 m.
- En el diseño se deberá considerar el volumen de material sedimentable que se deposita en el fondo. Los lodos podrán removerse según procedimientos manuales o mecánicos.
- Las tuberías de descarga de las partículas removidas deberán tener una pendiente mínima de 2%.
- La velocidad horizontal máxima en sistemas sin sedimentación posterior será de 0,17 m/s. y para sistemas con sedimentación posterior será de 0,25 m/s. g) Deberá existir, como mínimo, dos unidades. (O.S. 020 Plantas de Tratamiento de Agua para Consumo Humano).

2.3.2. Tratamiento primario

Se considera como unidad de tratamiento primario a todo sistema que permite remover material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua. Así, la remoción del tratamiento primario permite quitar entre el 60 a 70% de sólidos suspendidos totales y hasta un 30% de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) orgánica sedimentable presente en el agua residual. Es común en zonas rurales el empleo del tanque séptico como unidad de tratamiento primario con disposición final por infiltración.

El tanque Imhoff ha sido empleado en localidades de mediano tamaño como un buen sistema de tratamiento primario. Por ejemplo, en la ciudad de Ayacucho se han instalado 6 unidades de tanque Imhoff como parte del sistema de tratamiento. También se emplea tanques de sedimentación primaria, tanques de flotación y lagunas primarias en sistemas de lagunas de estabilización.

⁵Una reciente investigación en Brasil ha encontrado al Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA o también conocido como UASB por sus siglas en inglés) como un sistema que puede ser promovido como unidad primaria de tratamiento. Aunque esto desvirtúa el concepto tradicional del tratamiento UASB, que ha sido considerado de nivel secundario, su inclusión en los procesos de tratamiento como unidad primaria ha tenido resultados positivos, coincidiendo con el enfoque de eco-eficiencia sobre la mejora en la eficiencia de los procesos, por lo que resulta una opción innovadora que será descrita más adelante (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS).

⁶El objetivo de los tratamientos primarios es la reducción de los sólidos en suspensión (flotantes y sedimentables), mediante su sedimentación, consiguiéndose además, una cierta reducción de la contaminación biodegradable, dado que una parte de los sólidos que se eliminan está constituida por materia orgánica (Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua).

a) Tanque Imhoff. – Constan de un único depósito, en el que se separan la zona de sedimentación, que se sitúa en la parte superior, de la zona de digestión de los sólidos decantados, que se ubica en la zona inferior del depósito.

La configuración de la apertura que comunica ambas zonas, impide el paso de gases y partículas de fango de la zona de digestión a la de decantación, de esta forma, se evita que los gases que se generan en la digestión afecten a la decantación de los sólidos en suspensión sedimentables, como ocurre en el caso de las fosas sépticas.

⁷En su funcionamiento se dan procesos físicos y biológicos, similares a los expuestos en las fosas sépticas. La principal

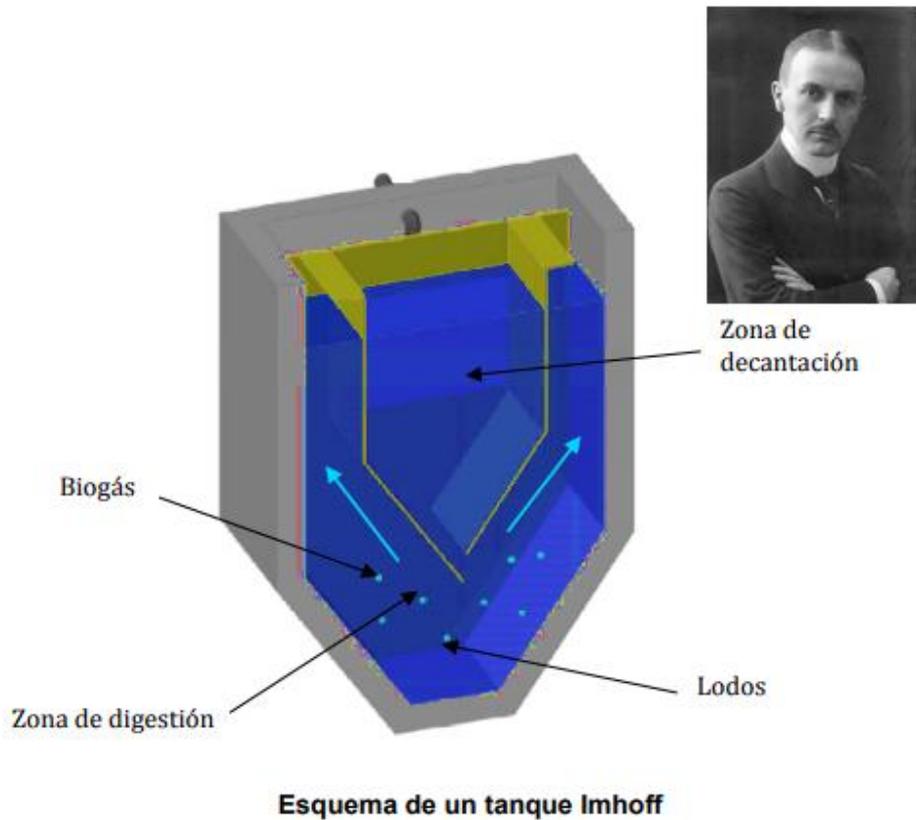
⁵ Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS

⁶ Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua

⁷ Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua

diferencia de los tanques Imhoff con las fosas sépticas, estriba en la corta estancia del agua residual en el proceso, lo que permite la obtención de efluentes con bajo grado de septicidad (Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua).

Figura 9- Tanque Imhoff



Rango de aplicación ≤ 1.000 h.e.

Fuente: Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua

Tabla N°03. Parámetros de diseño de un tanque Imhoff

Parámetros	Valores recomendados
Zona de decantación	
Carga superficial ($m^3/m^2 \cdot h$)	1,0-1,5 a $Q_{m\acute{a}ximo}$
Tiempo de retención (minutos)	90 a $Q_{m\acute{a}ximo}$
Zona de digestión	
Tiempo de digestión (meses)	6
Volumen zona digestión ($m^3/habitantes$)	0,07

Fuente: Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua

Tabla N°04. Rendimiento de los tanques Imhoff

Parámetro	Reducción (%)
DBO ₅	25-35
MES	55-65
DQO	20-30
Coliformes fecales (reducción u. log)	0-1

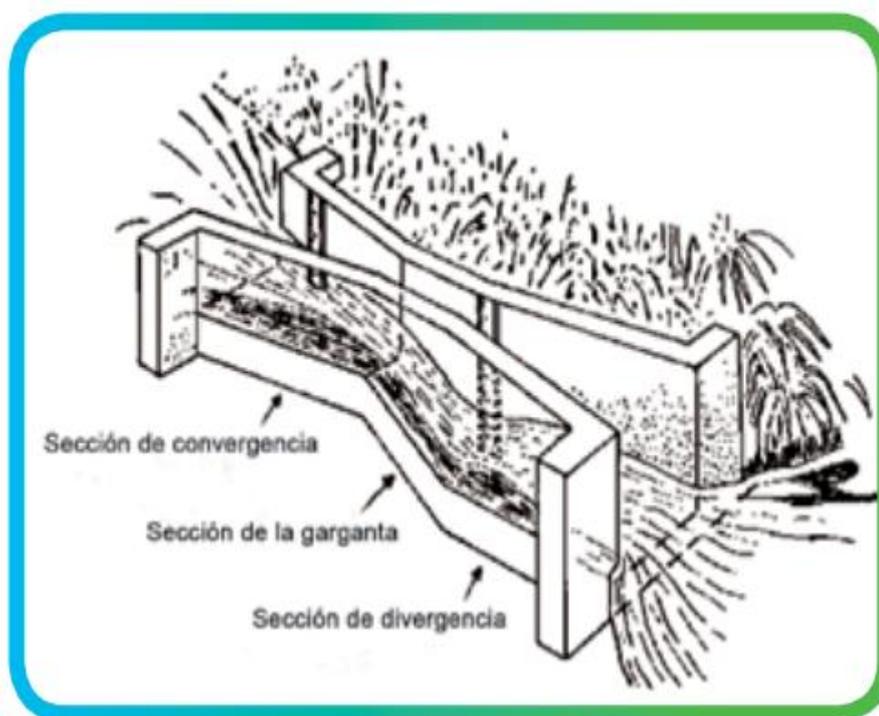
Fuente: Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua

Tabla N°05. Producción de lodos

Parámetros	Valores
Producción de lodos (kg MS/habitante.a)	6-10
Concentración (%)	4,0-6,0
Volumen (L/habitante.a)	120-200

Fuente: Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua

Figura 10- Forma de medir el caudal de ingreso a la planta mediante Canal Parshall



Fuente: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.

2.3.3. Humedales artificiales, conceptos y fundamentos

⁸Los Humedales Artificiales (HHAA) han sido definidos como "sistemas de ingeniería, diseñados y construidos para utilizar las funciones naturales de los humedales, de la vegetación, los suelos y de sus poblaciones microbianas para el tratamiento de contaminantes en aguas residuales" (ITRC, 2003).

⁹Los HHAA son generalmente utilizados como parte de los procesos de tratamiento descentralizado de aguas residuales, industriales o grises. Se implementan principalmente como tratamiento secundario, es decir, los efluentes siempre necesitan de un tratamiento primario, que debe ser de acuerdo a las características del afluente, antes de entrar en el lecho filtrante del Humedal Artificial (Delgadillo et al, 2010).

¹⁰La depuración de las aguas residuales se consigue haciéndolas pasar a través de estas zonas húmedas artificiales, en las que tienen lugar procesos físicos, biológicos y químicos, que da lugar a unos efluentes finales depurados. Esta tecnología puede ser considerada como un ecosistema complejo, en el que los principales actores son (Sánchez, 2013):

- El sustrato: que sirve de soporte a la vegetación, permitiendo la fijación de la población microbiana (en forma de biopelícula), que va a participar en la mayoría de los procesos de eliminación de los contaminantes presentes en las aguas.
- La vegetación (macrófitas): que contribuye a la oxigenación del sustrato, a la eliminación de nutrientes y sobre la que en su parte subterránea también se desarrolla la biopelícula.
- El agua a tratar: que circula a través del sustrato y de la vegetación.

⁸ ITRC, 2003. Programa de Biotecnología Ambiental

⁹ Delgadillo et al, 2010. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales

¹⁰ Sanchez, 2013. Los humedales y el ordenamiento territorial en el marco del nuevo paradigma de Desarrollo sostenible

El carácter artificial de este tipo de sistemas de depuración viene definido por las siguientes particularidades (Salas, 2007):

- Construcción de una superficie de fondo impermeable para evitar infiltraciones de las aguas residuales en el suelo.
- Substitución del sustrato de tierra con un medio filtrante de gravillas y gravas para garantizar la conductividad hidráulica y minimizar el riesgo de colmatación
- Elección, por parte del proyectista, de la vegetación macrófita que colonizará el humedal y contribuirá a la oxigenación del sustrato, a la eliminación de nutrientes y al desarrollo de la biopelícula.

2.3.4. Clasificación de humedales artificiales

Los humedales de tratamiento de aguas residuales pueden clasificarse según régimen de flujo de agua y también por el tipo de plantas macrófitas.

2.3.4.1. Humedales artificiales de flujo superficial

¹¹Los humedales artificiales son sistemas de fitodepuración de aguas residuales. Este sistema consta en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente (Cooper, 1996).

¹²Uno de los objetivos de estos sistemas es purificar el agua mediante remoción del material orgánico (DBO), oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y removiendo fósforo. Los mecanismos son complejos e involucran oxidación bacteriana, filtración, sedimentación y precipitación química (Cooper, 1996).

¹¹ Cooper, 1996. Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment. Swindon: WRc.
¹² Cooper, 1996. Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment. Swindon: WRc.

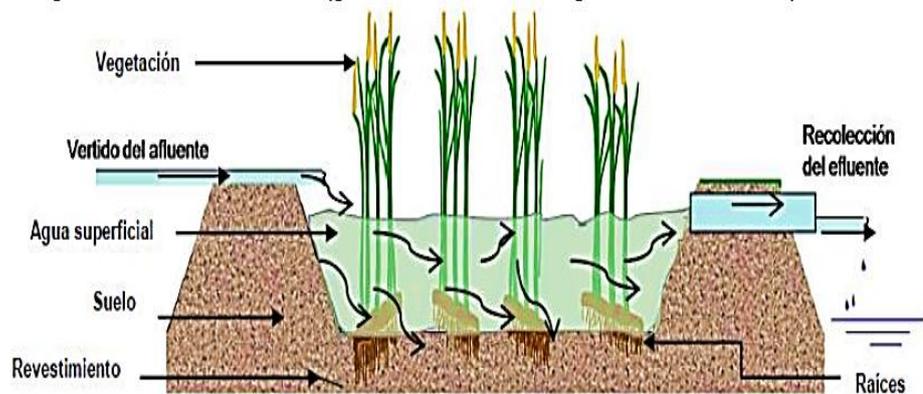
¹³Estos sistemas eliminan contaminantes con varios procesos que incluyen sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción, reacciones químicas y volatilización. Reemplazan así el tratamiento secundario e inclusive, bajo ciertas condiciones, al terciario y primario de las aguas residuales. El funcionamiento de los humedales artificiales se fundamenta en tres principios básicos: La actividad bioquímica de microorganismos, el aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día y el apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales, además de servir como material filtrante. En conjunto, estos elementos eliminan materiales disueltos y suspendidos en el agua residual y biodegradan materia orgánica hasta mineralizarla y formar nuevos organismos (Kolb, 1998).

¹⁴Este sistema de humedales tiene tres funciones básicas que les confieren atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales: fijan físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica, utilizan y transforman los elementos por medio de los microorganismos y logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento (Lara, 1999).

Estos humedales de flujo superficial (HHAA FS), es donde el agua fluye sobre la superficie del sustrato desde la entrada hasta la salida del flujo de agua, y la vegetación se desarrolla en condiciones de inundación total o parcial (véase figura N°10). Es el tipo de humedal de tratamiento que más se asemeja a un humedal natural, con profundidades de agua inferiores a los 60 cm (generalmente en el rango de los 30 a 50 cm).

¹³ Kolb, 1998. Design of a constructed wetland (pilot plant) for the reclamation of the river Besós,
¹⁴ Lara, 1999. Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales

Figura N°11. Humedales artificiales de flujo superficial

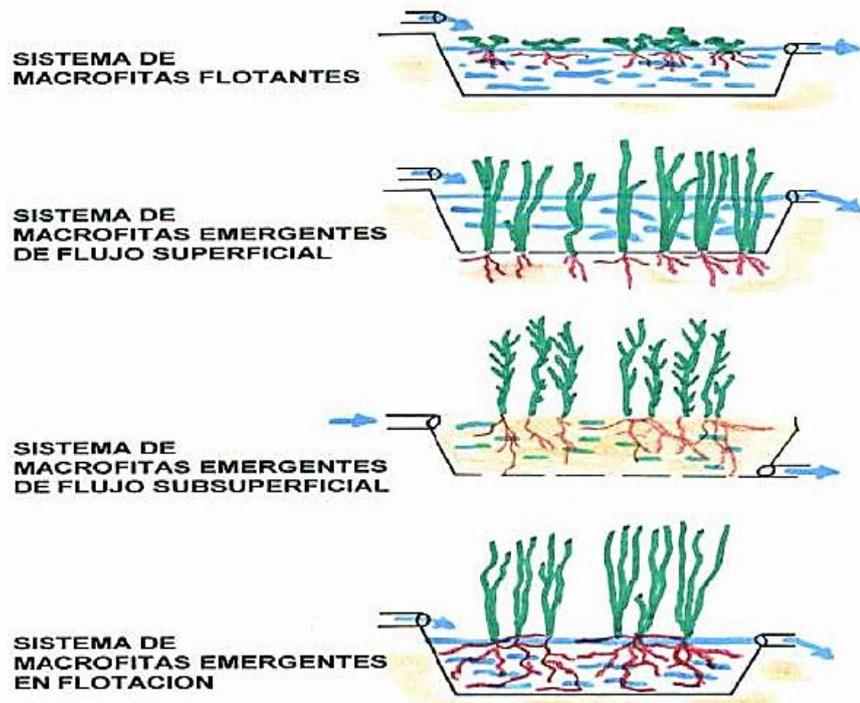


Fuente: Adaptado de García Serrano & Corzo Hernández, 2008.

¹⁵Los humedales artificiales de flujo superficial se pueden clasificar a su vez en función del tipo de especie de vegetación macrófita dominante en él (véase figura N°11). Las macrófitas no sólo juegan un importante papel en la eliminación de nutrientes por sí mismas, sino que además constituyen el principal soporte para las comunidades microbianas y crean un ambiente favorable para la eliminación de contaminantes (Kadlec y Wallace, 2009).

¹⁵ Kadlec y Wallace, 2009. Humedales construidos con plantas ornamentales para el Tratamiento de materia orgánica y nutrientes en aguas servidas

Figura N°12. Sistemas de Humedales artificiales con macrófitas



Fuente: Delgadillo et al. 2010

2.3.4.2. Humedales artificiales de flujo subsuperficial

Un humedal de tratamiento artificial de flujo subsuperficial (HA FSS) es aquel en el que el flujo de agua se produce a través de un medio poroso, constituido por el propio sustrato o por grava, diseñados de tal modo que el nivel de agua permanezca en todo momento por debajo de la superficie del sustrato.

¹⁶Por lo general, se construyen mediante el sellado o impermeabilización de una cubeta y su relleno con un sustrato poroso de gravas, arena y/o algún otro material en el que pueda desarrollarse el tipo de vegetación seleccionado, que suele ser de macrófitas emergentes. La profundidad del sustrato poroso suele estar entre los 30 y los 90 cm (García Serrano & Corzo Hernández, 2008; Kadlec y Wallace, 2009).

¹⁶ Kadlec y Wallace, 2009. Humedales construidos con plantas ornamentales para el Tratamiento de materia orgánica y nutrientes en aguas servidas

¹⁷Los HHAA FSS pueden dividirse a su vez según la dirección predominante del flujo a través del lecho poroso, ya sea horizontal o vertical. Los sistemas de flujo horizontal son los más utilizados, y son aquellos de efectividad más demostrada, aunque en los últimos años se han desarrollado numerosas experiencias con sistemas de flujo vertical en algunos humedales de Europa, especialmente en Francia y Austria (Langergraber, 2008).

2.3.4.3. Parámetros que intervienen en el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo sub superficial

2.3.4.3.1. Parámetros físicos

a) Sólidos suspendidos totales (SST)

¹⁸Son en total de las partículas orgánicas o inorgánicas que se encuentra suspendidos formando una capa flotante en los lagos, ríos o en los sistemas de tratamiento afectando la transferencia de oxígeno y el paso de rayos solares los cuales son indispensables para la actividad fotosintética de la flora y fauna acuática. Los sólidos suspendidos más pesados que el agua, se sedimentan y pasan a formar parte del suelo acuático provocando descomposición orgánica en ausencia de oxígeno con olores fétidos y gases desagradables. Son materiales de tamaño microscópicos en el agua. Pueden eliminarse por decantación o filtración (Marsilli, 2005).

b) Turbidez

¹⁹La turbidez es una característica óptica que en términos generales describe la claridad u opacidad del agua. No tiene

¹⁷ Langergraber, 2008. Análisis de los modelos de diseño de los sistemas naturales de depuración

¹⁸ Marsilli, 2005. Tratamiento de aguas residuales

¹⁹ NIHON KASETSU. La turbidez en las aguas residuales

que ver con el color, sino que se relaciona más con la pérdida de transparencia debida al efecto de partículas en suspensión y material coloidal (NIHON KASETSU).

²⁰La turbidez impacta en los ecosistemas acuáticos por dispersar la luz solar y reducir la concentración de oxígeno. Afecta a la fotosíntesis, así como a la respiración y reproducción de los peces. Las partículas suspendidas también ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos tóxicos. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua, cuanto más turbia menor será su calidad (NIHON KASETSU).

c) Conductividad eléctrica

²¹Es un parámetro el cual mide la cantidad de sales minerales que se encuentran disueltas en el agua residual. Es la cantidad de iones disueltos que permiten la conducción eléctrica, este parámetro puede variar de acuerdo a la cantidad de sales minerales disueltas (Orellana, 2005).

d) Color y olor

²²Las aguas residuales domiciliarias tienen color gris cuando es fresco y al envejecer toma un color negro brillante. Cualquier variante indica la presencia de residuos industriales y su color nos puede indicar de qué producto se trata. El color interfiere con la transmisión de la luz, por lo que de volcarse a un curso de agua disminuirá la acción fotosintética. El olor de un efluente doméstico es indicativo de su vejez, pues cuando es fresco es ligeramente pútrido, pero cuando es viejo se septiza y produce hidrógeno

²⁰ NIHON KASETSU. La turbidez en las aguas residuales

²¹ Orellana, 2005. Características del agua potable. Ingeniería Sanitaria- UTN - FROO

²² Jimeno, 1993. Análisis de agua y desagüe

sulfurado que le confiere un olor fuertemente pútrido (Jimeno, Análisis de agua y desagüe, 1993).

e) Residuos sólidos

²³Es el total de los residuos por evaporación, sólidos fijos y volátiles. Se mide la suma de las sustancias que existen en el líquido cloacal, en suspensión y en solución, estables a 100 ° C. También incluye a los sólidos en suspensión, totales, fijos y volátiles, que son retenidos por un filtro de amoníaco (Jimeno, Análisis de agua y desagüe, 1993).

2.3.4.3.2. Parámetros químicos

a. Potencial de hidrogeno (PH)

²⁴Es la verificación de la concentración de ion hidrógeno donde es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El agua residual con concentraciones de ion-hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos y el efluente puede modificar la concentración de ion de hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas. La escala de pH puede tomar valores de 0 a 14, siendo el punto $\text{pH} = 7$ el correspondiente a una disolución neutra, esto es, sin carácter ácido ni alcalino. Para valores menores de 7 se trata de una disolución de carácter ácido siendo mayor la acidez cuando menor sea el valor de pH registrado. Por el contrario, una disolución cuyo pH sea mayor que 7 será una disolución alcalina o básica (Marsilli, 2005).

b. Oxígeno disuelto

²³ Marsilli, 2005. Tratamiento de aguas residuales.
²⁴ Marsilli, 2005. Tratamiento de aguas residuales.

²⁵Es la cantidad de oxígeno disuelto (OD) en el efluente donde puede ser un indicador de la cantidad de bacterias o animales acuáticos en el área. Cuando hay una sobrepoblación de bacteria, por ejemplo, esta puede causar una reducción significativa de OD (World Health Organization 1987).

c. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

²⁶Esta demanda consiste en la cantidad de oxígeno expresada en mg/l., necesaria para la degradación biológica de la materia orgánica contenida en el agua. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales en general residuales. El parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO5 a 5 días. La determinación del mismo está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica (Jimeno, Análisis de agua y desagüe, 1993).

d. Demanda química de oxígeno (DQO)

²⁷Esta demanda consiste en la cantidad de oxígeno expresada en mg/l., necesario para la degradación química de la materia orgánica contenidas en aguas servidas o naturales, se mide en el laboratorio bajo condiciones determinadas. El ensayo de la DQO se emplea para medir el contenido tanto de las aguas naturales como de las residuales (Marsilli, 2005). La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO5, siendo esto debido al mayor

²⁵ World Health Organization 1987. Wastewater Stabilization Ponds: Principles of Plan Ning and Practica (Vol. No. 11).

²⁶ Jimeno, 1993. Análisis de agua y desagüe

²⁷ Marsilli, 2005. Tratamiento de aguas residuales.

de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica (Marsilli,2005).

e. Acidez

²⁸La acidez consiste en la capacidad de neutralizar iones OH, asimismo se puede decir que la acidez del agua natural o residual es su capacidad cuantitativa para reaccionar con una base fuerte hasta un PH designado (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013).

f. Fosforo y derivados

²⁹En las aguas naturales y residuales, el fósforo se presenta en compuestos fosfatados. Entre ellos podemos encontrar ortofosfatos, fosfatos condensados y fosfatos enlazados orgánicamente. Se encuentran en solución, en detritus o cuerpos de organismos acuáticos y pueden prevenir de diferentes puentes (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013).

g. Nitrógeno y derivados

³⁰Consiste en la cantidad de nitrógeno en aguas residuales está presente en forma orgánica e inorgánica como amoniaco, nitrito y nitratos. La presencia excesiva de nitrógeno en el agua causa eutrofización. La cantidad de nitrógeno se determina como NTK (Nitrógeno Total Kendahl) (Echarri, 2007).

h. Proteínas

Estas proteínas generalmente provienen fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios. Son biodegradables, bastante inestables y responsables de malos olores (Echarri, 2007).

²⁸ Severiche, Castillo y Acevedo, 2013. Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas

²⁹ Severiche, Castillo y Acevedo, 2013. Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas

³⁰ Echarri, L. (2007). Población, ecología y ambiente. Pamplona - España.

i. Carbohidratos

³¹Los carbohidratos se incluye azúcares, almidones y fibras celulósicas. Proceden, al igual que las proteínas, de excretas y desperdicios (Echarri, 2007).

j. Aceites y grasas

³²Estos aceites y grasas son altamente estables, inmiscibles con el agua, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades (Echarri, 2007).

2.3.4.3.3. Parámetros biológicos

a) Bacterias

³³Una de las bacterias más comunes en las aguas residuales es la Salmonella, estas se encuentran en la flora intestinal de ser humano como también en animales domésticos y silvestres. La infección bacteriana generalizada del hombre es la fiebre paratifoidea y los agentes que causan esta infección son: Salmonella paratyphi, A, B, C patógeno natural del hombre (Vargas, 1996).

b) Hongos

³⁴Cabe mencionar que normalmente las aguas residuales son ricas en hongos, sobre todo en levaduras y hongos levaduriformes, estos provenientes de los vertidos de industrias alimentarias del tipo de cervezas y lácticas, siendo los géneros más frecuentes Sacharimices Candida y Rhodotodula. Galvin (2003) citado por (Archila, Mendez, Marquez y Cuesta, 2012).

³¹ Echarri, L. (2007). Población, ecología y ambiente. Pamplona - España.

³² Echarri, L. (2007). Población, ecología y ambiente. Pamplona - España.

³³ Vargas García Carmen (1996). Control de calidad del agua en la red de distribución. CEPIS

³⁴ Archila, Mendez, Marquez y Cuesta, (2012). Tratamiento de aguas residuales. Caldas - Colombia

c) Algas

³⁵Normalmente en las aguas residuales podemos encontrar micro – algas en grandes cantidades, presentan una actividad metabólica elevada y se adaptan al medio en donde se desarrollan (Archila, Mendez, Marquez y Cuesta, 2012).

d) Coliformes totales

³⁶Generalmente estos coliformes se hallan tanto en heces como en el medio ambiente, por ejemplo, aguas ricas en nutrientes, suelos, materias vegetales en descomposición (OMS, 2006).

2.3.4.3.4. Parámetros climáticos

- Temperatura

³⁷La temperatura es el calor específico del agua, es mucho mayor que el del aire, las temperaturas registradas de las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año y sólo son menores que ella durante los meses más calurosos del verano (Marsilli, 2005).

- Precipitación

³⁸La precipitación se generaliza en todas las aguas meteorológicas que caen sobre la superficie de la tierra, en cualquiera de sus estados, estos diversos estados de precipitación son medidos sin efectuar su discriminación por medio de un equivalente en agua. Asimismo, se puede decir que las precipitaciones son el origen de todas las corrientes de agua tales como son las superficiales y las subterráneas (Segere y Villodas, 2006).

- Humedad relativa

³⁵ Archila, Mendez, Marquez y Cuesta, (2012). Tratamiento de aguas residuales. Caldas - Colombia

³⁶ OMS (2006). Diagnostico de las plantas de Tratamiento de aguas residuales

³⁷ Marsilli, 2005. Tratamiento de aguas residuales.

³⁸ Segere y Villodas (2006). Hidrología I

³⁹Considerada como la proporción de vapor de agua real en el aire comparada con la cantidad de vapor de agua necesaria para la saturación a la temperatura correspondiente. Dicha proporción indica que tan cerca está el aire de la saturación, se mide en el intervalo de 0 a 100, donde 0% es aire seco y 100% aire saturado (Meruane y Garreaud, 2006).

- **Evapotranspiración**

⁴⁰La evapotranspiración es la pérdida total del agua, que ocurriría si en ningún momento existiera deficiencia de agua en el suelo, para el uso de la vegetación (Villón, 2002).

2.3.4.3.5. Parámetros hidráulicos

- **Caudal**

⁴¹Es el volumen de agua residual que circula por un canal abierto, colector o tubería de impulsión en determinado tiempo (Sedapal, 2016).

- **Velocidad**

⁴²Generalmente la velocidad del flujo (afluente o efluente) dentro del humedal depende de la profundidad del agua (tirante), de la pendiente de la superficie del agua y de la densidad de la vegetación (Mott, 1996).

- **Numero de Reynolds**

⁴³En número de Reynolds mide el comportamiento de un flujo que puede ser laminar o turbulento, donde es un coeficiente adimensional que indica si el flujo sigue un modelo laminar o turbulento, depende de la velocidad, viscosidad cinemática,

³⁹ Meruane y Garreaud, (2006). Determinación de humedad en la atmosfera

⁴⁰ Villón, 2002. Hidrología Estadística, segunda edición. Lima - Perú: Editorial Villón

⁴¹ Sedapal, 2006. Mecanica de fluidos

⁴² Mottl, 1996. Mecanica de fluidos

⁴³ Mottl, 1996. Mecanica de fluidos

viscosidad dinámica, temperatura y la conductividad hidráulica. Por lo que podemos afirmar que el número de Reynolds influye en el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial, porque permite controlar el comportamiento del flujo con la finalidad de que no ocasiona deterioro las paredes del humedal, arranque de las raíces del vegetal totora (*Typha*), ocasionar colisión de materiales suspendidos con el estrato granular en donde se implanto el vegetal (Mott, 1996).

- **Conductividad hidráulica**

⁴⁴La conductividad hidráulica es un parámetro que rige el flujo del agua en un acuífero y se relaciona con el flujo mediante la ley de Darcy, ley empírica de la naturaleza obtenida experimentalmente. Dicha ley es análoga a las que gobiernan distintos tipos de flujos, también naturales, como el de calor, la corriente eléctrica y el másico, entre otros, los cuales tienen en común que dependen de una cantidad denominada conductividad y un gradiente (Héctor José Peinado Guevara, 2009).

- **Viscosidad**

⁴⁵La viscosidad facilita la fluidez de un flujo al ser aplicada una fuerza, esta puede variar de acuerdo a la temperatura. Por lo que en el diseño de humedales artificiales influye de manera positiva porque el flujo que llega a la humedad puede variar de acuerdo a la composición de contaminantes disueltos en el agua residual modificando de este modo la viscosidad del fluido, asimismo la viscosidad es un factor que depende de la temperatura, ya que al aumentar la temperatura la viscosidad del fluido disminuye de este modo

⁴⁴ Héctor José Peinado Guevara, 2009. ESTIMACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA
⁴⁵ Mottl, 1996. Mecánica de fluidos

facilitando la transferencia de flujo en el estrato granular (Mott, 1996).

- **Porosidad**

⁴⁶Es un parámetro que influye de manera positiva en el diseño de humedales artificiales de flujo superficial ya que la adecuada relación de poros ayudara de manera eficiente en la transferencia de flujo en el estrato granular con vegetación. Por lo que podemos afirmar que la eficiente transferencia hidráulica depende de la adecuada porosidad del estrato granular (Gonzales y Deas, 2011).

2.3.4.4. Tipos De Humedales Artificiales De Flujo Subsuperficial

2.3.4.4.1. Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal

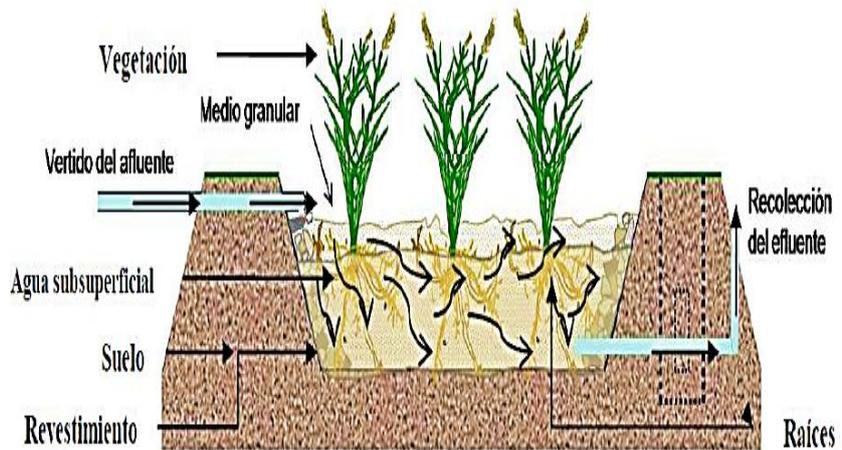
⁴⁷Los Humedales Artificiales de flujo Subsuperficial Horizontal (HHAA FSSH) consisten en una cubeta, generalmente impermeabilizada para reducir intercambios con las aguas subterráneas, en la cual se dispone un material granular a modo de lecho (véase Figura N°12), que puede dividirse en tres zonas (Sánchez, 2013):

- Una zona de entrada y amortiguación del flujo para procurar una distribución homogénea del flujo a lo ancho del lecho.
- El cuerpo principal del lecho, que es donde se desarrolla la vegetación y donde se dan la mayor parte de procesos de transformación del agua y sus componentes.
- La zona de salida del agua, en la que se dispone un tubo de drenaje que recoge el agua y la conduce por un dispositivo de salida. El agua entra a través de un dispositivo que la distribuye en todo el ancho del lecho, y fluye lentamente por debajo de la superficie a través del medio poroso, hasta alcanzar el dispositivo de salida en el que es recogida y descargada.

⁴⁶ Metodología para el diseño de huamedales con flujo sbsuperficial horizontal. Revista de Ingenieri hidráulia y ambiental, 61 - 70.

⁴⁷ Sanchez, 2013. Los humedales y el ordenamiento territorial en el marco del nuevo paradigma de Desarrollo sostenible

Figura N°13. Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal (HHAA FSSH)



Fuente: Adaptado de García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

⁴⁸Tanto el fondo como la superficie del lecho suelen tener una pendiente de entre el 0,5 y el 1%, lo cual facilita el drenaje total del humedal en caso de ser necesario por razones de mantenimiento. Sin embargo, esta pendiente no es la que condiciona el flujo del agua, que atraviesa el medio poroso con características asimilables a las del flujo pistón (Kadlec y Wallace, 2009).

2.3.4.4.2. Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical

Los humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical (HA FSSV) reciben las aguas a tratar en la superficie del sustrato poroso y estas van infiltrándose hasta ser recogidas en el fondo del lecho por una red de drenaje.

⁴⁹El agua es cargada intermitentemente, por lo que este sistema también es conocido como filtro intermitente. De este modo, se intercalan en el sustrato condiciones de saturación

⁴⁸ Kadlec y Wallace, 2009. Humedales construidos con plantas ornamentales para el Tratamiento de materia orgánica y nutrientes en aguas servidas

⁴⁹ García Serrano & Corzo Hernández, 2008. Estudio y evaluación de alternativas para mejorar el proceso de Tratamiento biológico por medio de humedales artificiales

(Langergraber y Haberl, 2001). En los últimos años, se han utilizado los HHAA FSSV incluso para tratar aguas residuales sin pretratamiento, con resultados positivos (Molle et al., 2005).

2.3.5. Partes de humedales artificiales de flujo subsuperficial

Los humedales artificiales de flujo subsuperficial están constituidos por 04 elementos las cuales son: agua residual, sustrato, vegetación y microorganismos.

2.3.5.1. Aguas residuales

⁵²Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica. Se trata de agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella (Laura F. Zarza, 2017)

⁵³Las aguas residuales generalmente provienen de un sistema de abastecimiento de agua de una población determinada. Después de haber sido modificadas y alteradas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, son recogidas por una red de alcantarillado que las conducirá hacia el humedal (Delgadillo, Camacho, Perez y Andrade, 2010).

De acuerdo a la hidrología, el agua residual es el factor de diseño más importante en un humedal construido porque reúne todas las funciones del humedal y porque es a menudo el factor primario decisivo en su éxito o fracaso. Por los siguientes motivos (Lara, 1999).

⁵² Laura F. Zarza, 2017. Que son las aguas residuales

⁵³ Delgadillo, Camacho, Perez y Andrade, 2010. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Cochabamba - Bolivia.

- Pequeños cambios en la hidrología pueden tener efectos importantes en un humedal y en la efectividad del tratamiento.
- Debido al área superficial del agua y su poca profundidad, un sistema actúa recíproca y fuertemente con la atmósfera a través de la lluvia y la evapotranspiración (la pérdida combinada de agua por evaporación del suelo y transpiración de las plantas).
- La densidad de la vegetación en humedal afecta fuertemente su hidrología, obstruyendo caminos de flujo siendo sinuoso el movimiento del agua a través de la red de raíces y rizomas y bloqueando la exposición al viento y al sol.

2.3.5.2. Sustrato (medio granular) para el humedal

⁵⁴En los humedales artificiales, se tiene el sustrato el cual está formado por el suelo (arena, grava, roca, sedimentos y restos de vegetación), las cuales se acumulan en el humedal debido al crecimiento biológico (Delgadillo, Camacho, Perez y Andrade, 2010).

Una de las características principales es que debe tener la permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él. Esto obliga a utilizar suelos de tipo granular principalmente grava seleccionada con un diámetro de 20 mm a 30 mm aproximadamente y con pocos finos.

El sustrato, sedimentos y los restos de vegetación en los humedales artificiales son importantes por varias razones:

- Soportan a muchos de los organismos vivientes en el humedal.
- La permeabilidad del sustrato afecta el movimiento del agua a través del humedal

⁵⁴ Delgadillo, Camacho, Perez y Andrade, 2010. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Cochabamba - Bolivia.

- Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del sustrato.
- Proporciona almacenamiento para muchos contaminantes.

El tamaño del medio granular atribuye directamente al flujo hidráulico del humedal y por ende en el caudal de agua a tratar. Si el lecho granular está constituido por elevadas cantidades de arcilla y limo, se consigue una mayor capacidad de absorción y una mejor filtración, ya que la adsorción es alta y el diámetro de los huecos es pequeño.

Cabe tener en consideración que este medio presenta una elevada resistencia hidráulica y requiere velocidades de flujo muy bajas, limitando el caudal a tratar (Arias, 2004)

2.3.5.3. Vegetación en el humedal artificial

⁵⁵Está compuesta principalmente por macrófitas emergentes que contribuyen a la oxigenación del sustrato a nivel de la rizosfera, a la eliminación de nutrientes por absorción/extracción y al desarrollo de la biopelícula bacteriana (Pamplona, Navarra, 2012).

⁵⁶Una de las características principales que tiene la vegetación es la habilidad de transferir oxígeno desde la atmósfera a través de hojas y tallos hasta el medio donde se encuentran las raíces. Este oxígeno crea regiones aerobias donde los microorganismos utilizan el oxígeno disponible para producir diversas reacciones de degradación de materia orgánica y nitrificación (Arias, 2004).

Las plantas emergentes contribuyen al tratamiento del agua residual y escurrentía de varias maneras de acuerdo a (Lara, 1999). A continuación, mencionamos algunas de las características:

⁵⁵ Pamplona, Navarra, 2012. Los humedales artificiales

⁵⁶ Arias, 2004. Estudio de biodegradación de la materia orgánica en humedales construidos de flujo subsuperficial

- Estabilizan el sustrato y limitan la canalización del flujo.
- Dan lugar a velocidades de agua bajas y permiten que los materiales suspendidos se depositen.
- Toman el carbono, nutrientes y elementos traza y los incorporan a los tejidos de la planta.
- Transfieren gases entre la atmósfera y los sedimentos.
- El escape de oxígeno desde las estructuras superficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato.
- El tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.

2.3.5.4. Microorganismos del humedal

⁵⁷Estos microorganismos, fundamentalmente bacterias, son los responsables de la mineralización de los agentes contaminantes que se encuentran en las aguas, ya sean de procedencia urbana, ganadera o minera (Antonio Martín/DICYT, 2012).

⁵⁸Ellos se encargan de realizar el tratamiento biológico. En la zona superior del humedal, donde predomina el oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el oxígeno proveniente de la atmósfera, se desarrollan colonias de microorganismos aerobios. En el resto del lecho granular predominarán los microorganismos anaerobios. Los principales procesos que llevan a cabo los microorganismos son la degradación de la materia orgánica, la eliminación de nutrientes y elementos traza y la desinfección (Arias, 2004).

2.3.6. Tipos de aguas residuales

Los tipos de aguas residuales se clasifican con respecto a su origen, ya que este es el que va a determinar su composición. Siendo

⁵⁷ Antonio Martín/DICYT, 2012. Identifican las bacterias presentes en humedales artificiales para optimizar estos sistemas de depuración

⁵⁸ Arias, O. (2004). Estudio de la biodegradación de la materia orgánica en humedales construidos de flujo subsuperficial. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya

los residuos urbanos e industriales los que abarcarían gran parte de los contaminantes, generalizando el tema (Espirages y Pérez (s.f). A continuación, detallaremos estos.

2.3.6.1. Agua residual urbanas o domesticas

⁵⁹Estas aguas residuales se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos. Los aportes que generan esta agua son: aguas negras o fecales, aguas de lavado doméstico, aguas de limpieza de calles, aguas de lluvia y lixiviados (Fernández, 2010).

Estas aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad en cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc.

2.3.6.2. Aguas residuales industriales

⁶⁰Estas aguas residuales industriales generalmente proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos no sólo de una industria a otro, sino también dentro de un mismo tipo de industria (Casquete y Choez, s.f.).

⁵⁹ Fernandez, E. (2010). Proyecto ejecutivo de planta de tratamiento de aguas residuales para la localidad de Xochiapa. Garcia, P.,

⁶⁰ Casquete, A., & Choez, I. (s.f.). Contaminación hídrica por aguas residuales.

En ocasiones, las industrias no emiten vertidos de forma continua, si no únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas de año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial. También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día.

La característica de estas aguas residuales es que son más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar.

2.3.6.3. Aguas residuales agrícolas

⁶¹Estas aguas residuales proceden de las labores agrícolas en las zonas rurales, en cuanto a su origen provienen de las aguas urbanas que se utilizan y que posteriormente son utilizados en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin tratamiento previo. (Espirages y Pérez, s.f).

2.3.7. Modelo general de diseño

A continuación, se realizará los modelos de diseño para el pretratamiento, tratamiento primaria y diseño de humedal artificial.

2.3.7.1. Diseño hidráulico de rejillas y canal de aproximación

⁶²Son mecanismos conformados por barras metálicas paralelas de igual espaciamiento entre ellas. Estas pueden estar colocadas de forma recta o curvadas tienen la finalidad de retener material flotante superior a la abertura de las rejillas con la finalidad proteger contra obstrucciones en el sistema de conducción (Lothar, 1981)

⁶¹ Espirages, M., & Perez, J. (s.f.). Aguas residuales. Granada - España.

⁶² Lothar, M. (1981). Tratamientos preliminares. Lima.

Generalmente la abertura de las rejillas puede variar de 0.25 mm hasta 100 mm de acuerdo a la finalidad que se quiere lograr. En muchos casos se presentan problemas en la operación y mantenimiento de dichos dispositivos por lo que se construyen mecánicos.

Las barras deben de colocarse con una inclinación de 60° a 90° respecto a la horizontal con la finalidad de facilitar la limpieza.

2.3.7.1.1. Diseño

La velocidad máxima en las rejillas debe de considerarse 0.6 m/s.

- Área útil de la rejilla (A_u):

$$A_u = \frac{Q_{max}}{V_r}$$

Dónde:

- **Qmax**: Caudal máximo (m³/s)
- **Vr**: Velocidad en la rejilla (m/s)

- Área total incluida las barras o sección de flujo aguas arriba de la reja (s):

$$S = \frac{A_u}{E}$$

Donde:

- **Au**: es área útil de la rejilla y E la eficiencia (0.75)

- Longitud del canal de aproximación (L_{aprox}):

$$L_{aprox} = \frac{Q_{max} * t}{S}$$

Donde:

- **t**: es el tiempo de retención hidráulica ($t = 0.3$ s)

- Cálculo de la velocidad de aproximación en el canal (V_a):

$$V_a = \frac{0.6}{\frac{a+b}{b}}$$

Donde

- **a**: es el ancho de las barras en mm y **b** es la abertura o espaciamiento en mm.

- Pérdida de carga a través de la rejilla (H_f)

$$H_f = \frac{1}{0.7} \frac{(V_r^2 - V_a^2)}{2g}$$

- Longitud de la rejilla (L_r)

$$L_r = \frac{Y}{\text{sen}(\theta)}$$

Donde:

- **Y**: es el tirante de agua respecto al caudal máximo y θ es el ángulo de inclinación de la rejilla.

- Número de barras de la rejilla (n):

$$n = \frac{a_{\text{canal}} - b}{a - b}$$

Donde:

- **a**: es el ancho del canal adoptado por cuestiones constructivas.

2.3.7.2. Modelo de diseño del desarenador

⁶³El desarenador es un mecanismo que permite retener el material granular que se encuentra disuelto en las aguas

⁶³ Lothar, M. (1981). Tratamientos preliminares. Lima.

residuales cuya finalidad es evitar la obstrucción en el sistema de conducción, así como también el desgaste de los accesorios (Lothar, 1981).

2.3.7.2.1. Diseño

El diseño del desarenador se considerará estos principales parámetros como son diámetro de partícula (ϕ), densidad de la arena (γ_s), coeficiente de viscosidad dinámica (μ), temperatura (t), velocidad de sedimentación (ω_0), peso específico del agua residual (ρ_a), coeficiente de arrastre (CD), coeficiente gravitacional (g), variación de densidad de la arena (Δ), caudal (Q_{max}) entre otros.

- Calculo de la variación de densidad de la arena (Δ):

$$\Delta = \frac{\gamma_s - \rho_a}{\rho_a}$$

- Calculo de la velocidad de sedimentación (V_s):

$$V_s = \sqrt{\frac{4g\Delta\phi}{3CD}}$$

- Calculo de la velocidad de arrastre (V_a):

$$V_a = 125 \sqrt{\left(\frac{\gamma_s}{\rho_a} - 1\right) \phi}$$

- Resalto entre la cota del desarenador y la canaleta Parshall (Z_r):

$$R = \frac{Q_{max}}{Q_{min}} \quad Cr = \frac{R^{1/3} - 1}{R} \quad H_{max} = \left(\frac{Q_{max}}{m}\right)^{1/n}$$

Donde:

- **m y n** depende del ancho de la garganta del aforador Parshall y $Z_r = Cr * H_{max}$.

- Calculo de la profundidad máxima medida en la cota del desarenador (P_{max}):

$$P_{max} = H_{max} - Z_r$$

- Calculo del ancho del desarenador (A_d):

$$A_d = \frac{Q_{max}}{V_a * P_{max}}$$

- Calculo de la longitud del desarenador (L):

$$L = \frac{H_{max} * V_a}{V_s}$$

Donde se le adiciona la media de la variación de longitud máxima y mínima:

$$\Delta L_{min} = 2H_{max} \text{ y } \Delta L_{max} = 0.5L$$

- La longitud del desarenador será (L_d):

$$L_d = L + \frac{\Delta L_{min} + \Delta L_{max}}{2}$$

- Longitud de transición (L_t):

$$L_t = \frac{A_d - b}{0.828}$$

- Calculo del volumen de la tolva de solidos acumulados (V_{sed}):

$$V_{sed} = 86.4 * t * Q_{med} * S_c$$

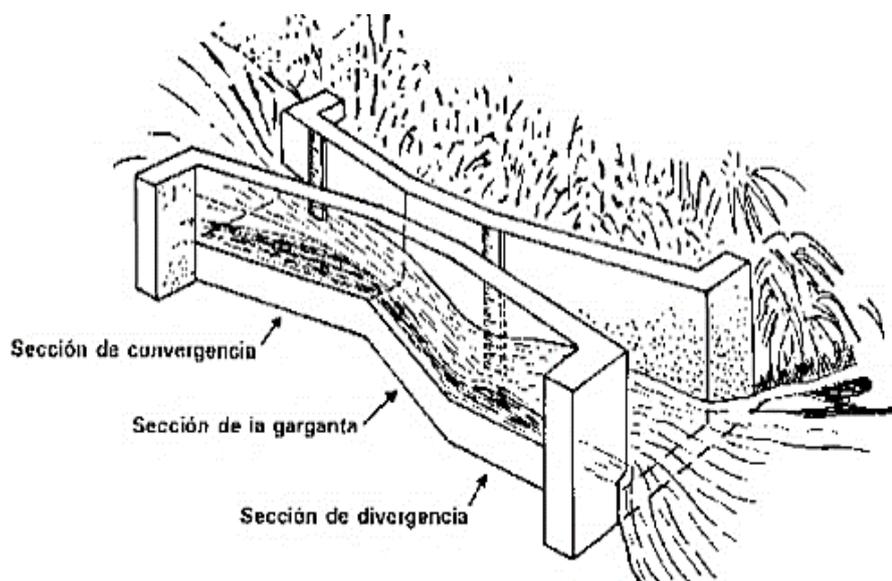
- Calculo de la profundidad de la tolva de solidos acumulados (P_s):

$$P_s = \frac{V_{sed}}{A_d * L_d}$$

2.3.7.3. Modelo de diseño de canal Parshall

⁶⁴En una estructura hidráulica, diseñada con el fin de crear un resalto hidráulico, de esa forma, la turbulencia realizada se aprovecha para adicionar la disolución del coagulante para así mismo formar los flocs, también es utilizada para aforar el caudal que entra a la misma estructura (Jeison Alexander, 2018).

Figura N°15. Canal Parshall

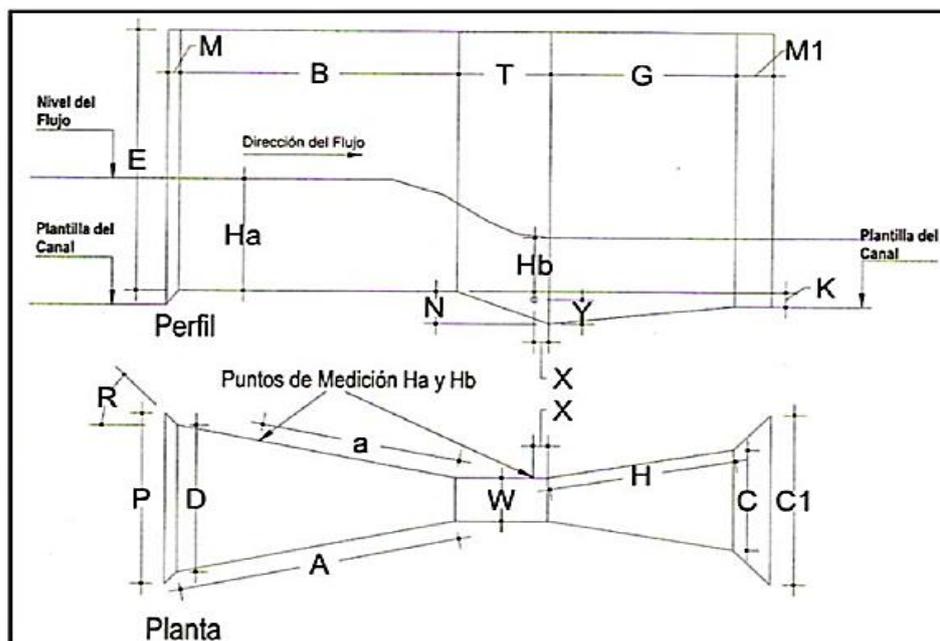


Fuente: Aforadores Parshall - Pablo Rojas, 2015

Los aforadores que se probaron tienen medidas establecidas y cualquier aforador que se construya debe apegarse a dichas medidas, ya que los errores de construcción generan mediciones erróneas. (Manual de diseño de estructuras de aforo, Leslie Skertchky y Molina, 1988).

⁶⁴ Jeison Alexander, 2018

Figura N°16. Nomenclatura de partes de Canal Parshall



Fuente: Manual de diseño de estructuras de aforo, Leslie Skertchky y Molina, 1988

En la siguiente tabla (Tabla N°06), se muestra las descripciones y nomenclatura de cada uno de las partes del canal Parshall que se encuentran descritas en la figura N.º 15.

Tabla N°06. Descripción y nomenclatura del canal Parshall

Variable	Descripción
W	Ancho de la garganta
A	Longitud de las paredes de la sección convergente
a	Ubicación del punto de medición H_a
B	Longitud de la sección convergente
C	Ancho de la salida
D	Ancho de la entrada de la sección convergente
E	Profundidad total
T	Longitud de la garganta
G	Longitud de la sección divergente
H	Longitud de las paredes de la sección divergente
K	Diferente de elevación entre la salida y la cresta
M	Longitud de la transición de entrada
N	Profundidad de la cubeta
P	Ancho de la entrada de la transición
R	Radio de curvatura
X	Abscisa del punto de medición H_b
Y	Ordenada del punto de medición

Fuente: Manual de diseño de estructuras de aforo, Leslie Skertchky y Molina, 1988

Mediante la siguiente tabla se puede realizar el diseño de los aforadores Parshall para el tamaño deseado según la descarga que se presente y el espacio disponible para instalar el aforador. Para acceder a dicha tabla, basta con seleccionar previamente el ancho de garganta, para con ello realizar el dimensionamiento del aforador.

Tabla N°07. Medidas estándar de los aforadores Parshall

W	A	a	B	C	D	E	T	G	K	M	N	P	R	X	Y
Dimensiones en mm															
25.4	363	242	356	93	164	229	78	203	19	-	29	-	-	8	13
50.8	4114	276	406	135	214	254	114	254	22	-	43	-	-	16	25
76.2	467	311	457	178	259	457	152	305	25	-	57	-	-	25	38
152.4	621	414	610	394	397	610	305	610	76	305	114	902	406	51	76
228.6	879	587	864	381	575	762	305	457	76	305	114	1080	406	51	76
Dimensiones en m															
0.3048	1.3720	0.914	1.343	0.610	0.845	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.492	0.508	0.051	0.076
0.4572	1.4480	0.965	1.419	0.762	1.026	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.676	0.508	0.051	0.076
0.6096	1.5240	1.016	1.495	0.914	1.206	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.854	0.508	0.051	0.076
0.9144	1.6760	1.118	1.645	1.219	1.572	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	2.222	0.508	0.051	0.076
1.2192	1.8290	1.219	1.794	1.524	1.937	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	2.711	0.610	0.051	0.076
1.5240	1.9810	1.321	1.943	1.829	2.302	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	3.080	0.610	0.051	0.076
1.8288	2.1340	1.422	2.092	2.134	2.667	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	3.442	0.610	0.051	0.076
2.1336	2.2860	1.524	2.242	2.438	3.032	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	3.810	0.610	0.051	0.076
2.4384	2.4380	1.626	2.391	2.743	3.397	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	4.172	0.610	0.051	0.076
3.0480	2.7432	1.829	4.267	3.658	4.756	1.219	0.914	1.829	0.152	-	0.343	-	-	0.305	0.229
3.6580	3.0480	2.032	4.877	4.470	5.807	1.524	0.914	2.438	0.152	-	0.343	-	-	0.305	0.229
4.5720	3.5052	2.337	7.620	5.588	7.620	1.829	1.219	3.048	0.229	-	0.457	-	-	0.305	0.229
6.0960	4.2672	2.845	7.620	7.315	9.144	2.134	1.829	3.658	0.305	-	0.686	-	-	0.305	0.229
7.6200	5.0292	3.353	7.620	8.941	10.668	2.134	1.829	3.962	0.305	-	0.686	-	-	0.305	0.229
9.1440	5.7912	3.861	7.925	10.566	12.313	2.134	1.829	4.267	0.305	-	0.686	-	-	0.305	0.229
12.1920	7.3152	4.877	8.230	13.818	15.481	2.134	1.829	4.877	0.305	-	0.686	-	-	0.305	0.229
15.5400	8.8392	5.893	8.230	17.272	18.529	2.134	1.829	6.096	0.305	-	0.686	-	-	0.305	0.229

Fuente: Manual de diseño de estructuras de aforo, Leslie Skertchky y Molina, 1988

2.3.7.3.1. Diseño

Para realizar el diseño se considera como parámetro principal el caudal máximo, medio y mínimo.

Determinación del ancho (W) del canal Parshall en función del caudal para lo cual se hace uso de la siguiente tabla:

Tabla N°08. Anchos W del canal Parshall - caudal

Ancho W	Límites de caudal (l/s)	
	Q Mínimo	Q Máximo
1"	0.28	5.67
2"	0.57	14.15
3"	0.85	28.31
6"	1.42	110.44
9"	2.58	252.00
12"	3.11	455.90
18"	4.24	696.50
24"	11.90	937.30
36"	17.27	1427.20
48"	36.81	1922.70
60"	45.31	2424.00
72"	73.62	2931.00

Fuente: Manual de diseño de estructuras de aforo

Para la determinación de los coeficientes adimensionales m y n que dependen del ancho de garganta (W), se realizara de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla N°09. Coeficientes adimensionales m y n que dependen del ancho de garganta W

W		m	n
(Pulg.)	(cm.)		
1	2.5	0.100	1.400
2	5	0.11	1.500
3	7.6	0.18	1.547
6	15.2	0.38	1.58
9	22.9	0.54	1.53
12	30.5	0.69	1.522
18	45.7	1.05	1.538
24	61	1.43	1.55
36	91.4	2.18	1.566
48	121.9	2.94	1.578

60	152.4	3.73	1.587
72	182.8	4.52	1.595
84	213.4	5.31	1.601
96	243.8	6.1	1.606
120	305	7.46	1.6

Fuente: Manual de diseño de estructuras de aforo

• **Calculo de la altura máximo (Ha)**

$$Ha = \left(\frac{Q_{max}}{m} \right)^{1/n}$$

• **Longitud de la sección Ha (L)**

$$L = W + \frac{2(D - W)}{3}$$

• **Área de la sección Ha (A)**

$$A = L * Ha$$

• **Velocidad de la sección Ha (V)**

$$V = \frac{A}{Q_{max}}$$

• **Determinación de las condiciones hidráulica de entrada**

$$Q = KHa^n$$

Donde k y n son unidades métricas adimensionales para lo cual, vamos a utilizar la siguiente tabla:

Tabla N°10. Coeficientes adimensionales m y n que dependen del ancho de garganta W

Unidades Métricas		
W	K	n
3"	0.176	1.547
6"	0.381	1.580
9"	0.535	1.530
1'	0.690	1.522
1 ½'	1.054	1.538
2'	1.426	1.550
3'	2.182	1.566
4'	2.935	1.578
5'	3.728	1.587
6'	4.515	1.595
7'	5.306	1.601
8	6.101	1.606

Fuente: Manual de diseño de estructuras de aforo

2.3.7.4. Modelo de diseño del Tanque Imhoff

Es conocido también como tratamiento primario. El pretratamiento que se realiza en los humedales artificiales de flujo subsuperficial es la eliminación de los sedimentos totales en suspensión (SST), para lo cual es necesario el diseño de una cámara de estabilización de sólidos (tanque Imhoff), y luego ser evacuados a un lecho de secado de sólidos (Olivos, 2010). Para lo cual vamos a diseñar.

2.3.7.4.1. Diseño

Para el diseño se tomaron en consideración los siguientes parámetros tal como caudal de diseño, sedimentos totales en suspensión, densidad de los sedimentos y el tiempo de retorno.

- *Ecuación 1: Volumen total de sedimento acumulado durante 20 años.*

$$V_{t=20} = \frac{Q_d * T * SST}{\rho}$$

Dónde:

- $V_{t=20}$ = Volumen total de sedimento acumulado durante 20 años.
- Q_d = Caudal de diseño (m³/día)
- SST = Sedimentos totales en suspensión (mg/l)
- ρ = Densidad de los sedimentos (kg/m³)
- T = Tiempo de retorno

Se calcula que durante 20 años se acumulará una cantidad de m³ de sedimento. Los sedimentos son perjudiciales para los humedales artificiales de flujo superficial ya que obstruyen la relación de vacíos del estrato granular, retardando de este modo el paso del flujo. Respecto a esta problemática se plantea una cámara de estabilización de sólidos considerado como un pre – tratamiento.

Se toma como propuesta una cámara de estabilización de sólidos de una geometría rectangular, debido a que la construcción es menos tediosa.

- *Ecuación 2: Dimensión de la cámara de estabilización de sólidos de geometría rectangular.*

$$V_{cam} = A_i * (H_i + B_L)$$

Dónde:

- V_{cam} = Volumen de la cámara de estabilización de sólidos (m³)
- A_i = Área interna (m²)
- H_i = Altura (m)
- B_L = Borde libre (m)

- Diseño de la tubería de recolección y distribución de flujo

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{V\pi}}$$

Ecuación 3: Diámetro de la tubería de recolección y distribución de flujo

D = diámetro de la tubería (cm)

Q = caudal de diseño (m³/da)

V = velocidad del flujo (m/s)

π = coeficiente de conversión (3.1415)

2.3.7.5. Modelo de diseño del humedal artificial

2.3.7.5.1. Elección del sistema de humedal a diseñar

Dentro de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales doméstica – industrial, donde existen emisión de olores y tenemos la probabilidad de aparición de vectores, el sistema que mejor aborda este tipo de condiciones es el Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial, debido a que el agua contaminada fluye debajo del material de soporte, por lo tanto, existe disminución significativa de olores y también

permite que no haya contacto directo entre la atmosfera y el agua, evitando la eclosión de mosquitos e insectos.

Ahora bien, entre un sistema vertical y uno horizontal, tenemos que, para un menor costo y tiempo de operación, dada las características de un sistema de tratamiento no convencional, es conveniente la elección de un sistema horizontal porque abarca mayor área y el sistema vertical es más eficiente en menor área.

Para el caso de estudio se selecciona el humedal artificial de flujo horizontal donde el dimensionamiento se realiza en dos etapas: en la primera se determina la superficie necesaria de tratamiento (dimensionamiento biológico), y en la segunda se establecen las dimensiones geométricas del sistema (dimensionamiento hidráulico).

2.3.7.5.2. Diseño Biológico

⁶⁵Los humedales artificiales pueden ser considerados como reactores biológicos de biomasa adherida y su funcionamiento para la remoción de la DBO, SST y el nitrógeno puede ser estimado de acuerdo con una cinética de primer orden para un reactor de flujo pistón. Las relaciones básicas para los reactores de flujo pistón son las siguientes de acuerdo con la modelación de (Reed, S.; Crites, R. & Middlebrooks, E., 1995).

Reacción de primer orden

$$\frac{dC}{dt} = -K_t * C \quad (\text{Ecuación 1})$$

Quedando

⁶⁵ Reed, S.; Crites, R. & Middlebrooks, E., 1995. Análisis de los modelos de diseño de los sistemas naturales de depuración

$$\frac{C_e}{C_o} = \exp(-K_t * t) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

- Ce: Concentración del contaminante efluente. (mg/L)
- Co: Concentración del contaminante afluente. (mg/L)
- KT: Constante de velocidad de reacción de primer orden, dependiente de la temperatura. (d-1)
- t: Tiempo de retención hidráulica. (d)

Siendo la constante de velocidad de reacción de primer orden según datos empíricos (Reed, S.; Crites, R. & Middlebrooks, E., 1995)

$$K_t = K_{20} * (1,06)^{(T-20)} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$K_{20} = 0,678 * d^{-1} \quad (\text{Ecuación 4})$$

El tiempo de retención hidráulica en los humedales puede ser calculado usando la siguiente ecuación:

$$t = \frac{L * W * h * \eta}{Q} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

- L: Longitud del estanque (m).
- W: Ancho del estanque (m).
- h: Profundidad del agua en el estanque (m).
- η : Porosidad, o espacio utilizado por el agua para fluir a través del humedal. En los humedales con flujo libre (FL) la vegetación y las plantas secas ocupan un espacio, mientras que en los humedales con flujo subsuperficial (FSS) el medio, las raíces y otros solidos hacen lo mismo. La porosidad es un porcentaje y se expresa en forma decimal.
- Q: Flujo promedio a través del humedal (m³/d).

Para determinar el flujo promedio se aplica la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{Q_a + Q_e}{2} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

- Qa: Flujo afluente.
- Qe: Flujo efluente.
- Para hacer un diseño preliminar usualmente se asume que Qa y Qe son iguales. Combinando las ecuaciones (2), (3) y (5) se puede determinar el área superficial del humedal.

$$A_s = \frac{Q * \ln\left(\frac{C_o}{C_e}\right)}{K_t * h * \eta} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

- As: Área superficial del humedal (m²).
- El valor de Kt usado tanto en la ecuación (2) como en la (6) depende del tipo de contaminante removido y de la temperatura.

2.3.7.5.3. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico de un humedal se realizará mediante el modelo de diseño que se utiliza es el determinado por (Reed, S.; Crites, R. & Middlebrooks, E., 1995). Donde se asume un flujo en condiciones uniformes y de tipo pistón. Por tanto, para llegar a poder intentar acercarse al modelo ideal (flujo pistón) es muy importante realizar un cuidadoso diseño hidráulico.

El flujo del agua en el interior del humedal debe romper las resistencias creadas por la vegetación, capa de sedimentos, raíces y sólidos acumulados en los humedales. La energía para romper esta resistencia está dada por la pérdida de carga entre el ingreso y salida del humedal, para dar esta

energía se le asigna al fondo del humedal una pendiente con una salida de altura variable. Finalmente, el dimensionamiento hidráulico se utiliza para determinar las dimensiones del sistema (ancho y longitud) una vez conocida su superficie a través del dimensionamiento biológico. El dimensionamiento hidráulico se realiza aplicando la Ley de Darcy, que describe el régimen del flujo en un medio poroso, mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{med,d} = K_s * A_{sp} * s$$

Donde:

- Q: El caudal, en m³/d.
- K_s: La conductividad hidráulica del medio en una unidad de sección perpendicular a la dirección del flujo, en m³/m²*d.
- A_{sp}: Es la sección del humedal perpendicular a la dirección del flujo, en m².
- S: Es el gradiente hidráulico o pendiente (dh/dL), en m/m.

Para el diseño, con respecto al caudal, se recomienda tomar el máximo diario para asegurarse de que el sistema absorberá bien las puntas de caudal, es decir, los caudales máximo diarios.

La conductividad hidráulica varía en función de la cantidad y del tamaño de los huecos del medio granular utilizado. En una de las tablas se muestran ordenes de magnitud estimados de la conductividad hidráulica (K_s).

Los valores de la pendiente (s) que se suelen utilizar varían en el rango de 0,005 a 0,02. Es conveniente que la pendiente no sea superior a 0,02 m/m para evitar que los costes de excavación sean elevados.

Las dimensiones del humedal se determinan entonces

$$A_{sp} = \frac{Q_{med,d}}{K_s * s}$$

Donde:

- $Q_{med,d}$: el caudal medio diario, en m³/d.

Calculada el área de la sección transversal, y una vez fijada la profundidad (h), se determina el ancho del humedal:

$$W = \frac{A_{sp}}{h}$$

Donde:

- W: el ancho, en m.

- h: la profundidad, en m.

Conocido el ancho y teniendo en cuenta la superficie determinada con el dimensionamiento biológico se determina la longitud del sistema:

$$L = \frac{A_s}{W}$$

Donde:

- L: la longitud, en m.

2.3.7.5.4. Profundidad del humedal

La profundidad tiene relación con el volumen de agua disponible para el sistema, por lo que su valor influye en el caudal y el tiempo de residencia dentro del humedal. Este parámetro queda condicionado por la profundidad radicular, dependiendo directamente de la especie y tipo de planta utilizada.

Las profundidades típicas del humedal de flujo subsuperficial varían de 0,4 m a 1 m (valor usual 0,7 m) y se determina en

conjunto con la penetración de las raíces de las plantas a utilizar.

Tabla N°11. Penetración de las raíces de las plantas emergentes

Plantas emergentes	Penetración de las raíces en el medio
Scirpus Spp	76
Phragmites Australis	>60
Typha Latifoidea	30

Fuente: Jorge Rabat Blázquez, 2016

2.3.7.5.5. Relación Largo – Ancho para el humedal

⁶⁶Con respecto a las dimensiones debe estar en una relación largo/ancho (L/W) de 2/1 para condicionar un flujo tipo pistón. Su valor depende de la cantidad de materia orgánica a eliminar, y de las características y propiedades de los contaminantes que se desean remover. Además, este parámetro está directamente relacionado a la pendiente a utilizar en el fondo del lecho del humedal, lo que condicionaría la velocidad del flujo y si este podrá romper las fuerzas de fricción del medio granular (Steiner, G. & Watson, J., 1993).

2.3.7.5.6. Sustrato para el humedal

Aquí en el sustrato es donde crecen las plantas, los microorganismos y se realizan los principales procesos de depuración. Para el diseño se recomienda utilizar grava con menos de 30 mm (3/4”) de diámetro que es el que funciona mejor (Arias, O., 2004). Si se utiliza grava con diámetros muy grandes de sustrato, origina que se incremente la velocidad del paso del agua, resultando en un flujo turbulento y que no

⁶⁶ Steiner, G. & Watson, J., 1993. Metodología para el diseño de humedales con flujo subsuperficial horizontal

se cumpla la ley de Darcy para el diseño. Caso contrario ocurre con grava de tamaño demasiado pequeño, esta reduce la velocidad del paso de agua originando zonas con presencia de agua en la superficie y flujos preferenciales, pero tienen la ventaja de proporcionar una mayor área superficial para la actividad microbiana y la adsorción. En algunos casos se utiliza ciertos tipos de suelo (arcillas) para adsorber metales pesados, fosfatos, etcétera. El inconveniente es la gran reducción de la velocidad de paso del agua.

Antes del inicio del diseño para el sustrato se recomienda realizar pruebas de conductividad y porosidad del sustrato escogido (grava), esto para definir exactamente el tipo de material a emplearse. Asimismo, se recomienda multiplicar el valor de la conductividad por 0,33 o bien por 0,1 (10%) para evitar problemas de atascamiento por acumulación de lodos, raíces y otros (Terzaghi, K. & Ralph, P., 1973.). En la siguiente tabla se muestra las características principales de los sustratos usados en los humedales.

Tabla N°12. Parámetros del medio soportante

Tipo de Material	Tamaño Efectivo D_{10} (mm)	Conductividad Hidraulica, K_s ($m^3/m^2/d$)	Porosidad, n %
Arena Gruesa	2	100-1000	28-32
Arena Gravosa	8	500-5000	30-35
Grava Fina	16	1000-10000	35-38
Grava media	32	10000-50000	36-40
Roca Gruesa	128	50000-250000	38-45

Fuente: EPA, 1994

2.4. Definición de términos

2.4.1. Aguas residuales

Son las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (CNA, 2004).

2.4.2. Humedales artificiales

Los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen los procesos de eliminación de contaminantes que tienen lugar en los humedales naturales. (Manual de depuración de Aguas Residuales Urbanas, p. 223, 2004).

2.4.3. Macrófitas

Son plantas acuáticas considerados como un indicador biológico. Como indicador biológico, se consideran buenos referentes de la calidad del agua, y proporcionan un valor indicador a medio y largo plazo. Son sensibles a variaciones físico-químicas e hidro morfológicas en las masas de agua, como por ejemplo la concentración salina, la eutrofización, el régimen de inundación, etc. (Santos Cirujano, Ana meco molina & Katia Cezón).

2.4.4. Efluente

El efluente es el término general para designar un líquido que sale de una tecnología, por lo general después de que las aguas negras o el lodo han sido objeto de separación de sólidos o de algún otro tipo de tratamiento. El efluente se origina en una tecnología de recolección y almacenamiento, o bien en un sistema de tratamiento semicentralizado. Dependiendo del tipo de tratamiento, el efluente podrá limpiarse completamente o requerir más tratamiento antes de que pueda ser usado o desechado (Compendio de sistemas y tecnología de saneamiento).

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

El sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial sirve para el tratamiento de aguas residuales en el sector Alto Cunas del centro poblado de Chaquicocha.

2.5.2. Hipótesis específicas

- a) El caudal medio sirve para diseñar el sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, centro poblado Chaquicocha
- b) Los resultados del estudio de mecánica de suelos sirven para analizar la capacidad portante del suelo en el Diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, centro poblado Chaquicocha.
- c) Las dimensiones del humedal artificial de flujo subsuperficial sirven para cubrir la demanda poblacional en el tratamiento de aguas residuales, alto cunas, centro poblado Chaquicocha

2.6. Variables

2.6.1. Definición conceptual de la variable

Variable independiente:

- Sistema de humedal artificial de flujo sub superficial

Los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen los procesos de eliminación de contaminantes que tienen lugar en los humedales naturales. (Manual de depuración de Aguas Residuales Urbanas, p. 223, 2004).

Variable dependiente:

- Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de las aguas residuales consta de un conjunto de operaciones físicas, biológicas y químicas, que persiguen

eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes antes de su vertido, de forma que los niveles de contaminación que queden en los efluentes tratados cumplan los límites legales existentes y puedan ser asimilados de forma natural por los cauces receptores. (Manual de depuración de Aguas Residuales Urbanas, p. 26, 2004).

2.6.2. Definición operacional de la variable

Variable independiente:

- Sistema de humedal artificial de flujo sub superficial

Los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen mecanismos de eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales, que se dan en los humedales naturales mediante procesos físicos, biológicos y químicos.

Variable dependiente:

- Tratamiento de aguas residuales

Consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen la finalidad de depurar los agentes contaminantes disueltos en las aguas residuales, para que cumplan los límites legales existentes y así en un posterior sea reutilizable o puedan ser asimilados de forma natural por un cuerpo receptor.

2.6.3. Operacionalización de la Variable

Tabla 13 – Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</p> <p>SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUB SUPERFICIAL</p>	<p>Los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen los procesos de eliminación de contaminantes que tienen lugar en los humedales naturales. (Manual de depuración de Aguas Residuales Urbanas, p. 223, 2004)</p>	<p>Los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen mecanismos de eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales, que se dan en los humedales naturales mediante procesos físicos, biológicos y químicos</p>	<p>ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.</p> <p>ESTUDIO TOPOGRAFICO.</p> <p>POBLACION DE DISEÑO.</p> <p>CAUDAL DE DISEÑO.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calicatas para los ensayos ▪ Análisis granulométrico por tamizado SUCS ▪ Límite plástico y líquido ▪ Índice de plasticidad ▪ Capacidad Portante ▪ Levantamiento topográfico ▪ Población actual (INEI) ▪ Periodo de vida útil del sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial. ▪ Proyección estadística de población de diseño ▪ Población futura ▪ Caudal de aguas residuales. ▪ Caudal máximo diario. ▪ Caudal máximo horario. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis en laboratorio
<p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</p> <p>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p>	<p>El tratamiento de las aguas residuales consta de un conjunto de operaciones físicas, biológicas y químicas, que persiguen eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes antes de su vertido, de forma que los niveles de contaminación que queden en los efluentes tratados cumplan los límites legales existentes y puedan ser asimilados de forma natural por los cauces receptores. (Manual de depuración de Aguas Residuales Urbanas, p. 26, 2004).</p>	<p>Consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen la finalidad de depurar los agentes contaminantes disueltos en las aguas residuales, para que cumplan los límites legales existentes y así en un posterior sea reutilizable o puedan ser asimilados de forma natural por un cuerpo receptor.</p>	<p>ESTUDIO DE AGUA RESIDUAL.</p> <p>PROCESOS FISICOS, QUIMICOS Y BIOLÓGICOS.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos. ▪ Procesos de decantación ▪ Procesos de coagulación ▪ Procesos de digestión ▪ Procesos de oxigenación ▪ Procesos de verter el agua tratada 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de laboratorio

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El método general de investigación usado fue el científico, puesto que está basado en un conjunto de pasos ordenados que guían la investigación para consecutivamente pueda ser replicados por otros investigadores; este conjunto de pasos inicia con la observación, planteamiento del problema y de la hipótesis.

Asimismo, procura obtener información relevante y fidedigna, con el fin de entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento (Quezada, 2015, pág. 21).

3.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación será Aplicada, puesto que el fin que se persigue en la investigación que se realizará es plantear conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática; está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal, así el uso de los Humedales Artificiales de Flujo Sub superficial obedecen a estándares de tratamiento de las aguas residuales del Centro Poblado de Chaquicocha – Concepción.(Hernández, Fernández y Baptista, 2006).

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación de este trabajo es Explicativo, ya que al proponer los humedales artificiales de flujo sub superficial permite la eficiencia en el tratamiento y reducción de componentes contaminantes de las aguas residuales provenientes del Centro Poblado de Chaquicocha – Concepción. Asimismo, se trata de demostrar que los humedales artificiales de flujo sub superficial brindan un mejor tratamiento específico para aguas residuales

de características similares al del centro poblado de Chaquicocha (Hernández, Fernández y Baptista, 2006).

3.4. Diseño de investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2006), el presente trabajo tiene un diseño No Experimental – transversal, decimos no experimental porque no se manipula las variables para obtener resultados y transversal porque los dato obtenidos para la investigación se realizaron en un momento y tiempo determinado. El cual consistió en proponer el diseño de un tratamiento de aguas residuales en el centro Poblado de Chaquicocha – Concepción, mediante la instalación de humedales artificiales de flujo sub superficial. El diseño de investigación para alcanzar los objetivos estuvo alineado a los siguientes pasos:

- Estimación de la producción (generación) de aguas residuales en el Centro Poblado de Chaquicocha – Concepción y proyección a 20 años.
- Diseño arquitectónico del humedal artificial de flujo superficial.
- Diseño estructural del humedal artificial de flujo sub superficial, de acuerdo a la producción de aguas residuales del centro poblado de Chaquicocha – Concepción.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

En el presente trabajo de investigación la población estuvo constituido por las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales localizadas en todo el sector del alto Cunas, distrito de San José de Quero, las cuales son: Planta de tratamiento del Anexo de Sulcán, C.P. Usibamba, C.P. Chaquicocha, C.P. San Roque de Huarmita, Barrio Unión - San José de Quero y Barrio Independencia – San José de Quero.

3.5.2. Muestra

El tipo de muestreo es el no probabilístico, intencional o conveniencia por lo que se tomó de acuerdo al interés del investigador y la muestra determinada fue la planta de tratamiento

convencional del centro poblado de Chaquicocha, debido a su importancia por su ubicación, características y estado que se encuentra esta planta de tratamiento.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

Para el presente trabajo de investigación se utilizaron las siguientes técnicas de recolección de datos:

- a) Observación directa: a través de una inspección visual se procedió a identificar las características deficientes de la planta de tratamiento de Chaquicocha, con la finalidad de realizar diseño el humedal artificial para el funcionamiento en el tratamiento de las aguas residuales.
- b) Extracción de agua residual in situ: a través de un muestreo simple se procedió a realizar la extracción de unas muestras en dos puntos específicos y por única vez, con la finalidad de realizar el análisis físico – químico del agua residual.
- c) Exploración de suelo in situ: a través de un muestreo simple se procedió a realizar la extracción de muestras es puntos específicos y por única vez, con la finalidad de realizar los ensayos de mecánica de suelos para los parámetros necesarios para el diseño del humedal artificial.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Toma de muestra en calicatas para los ensayos de mecánica de suelos, donde se hará uso de equipos de laboratorio de mecánica de suelos, tamices, taras, moldes, martillo de hule, brochas, cucharones, pala, balanza, etc.
- Toma de muestras del agua residual de la Planta de tratamiento del centro poblado de Chaquicocha.

3.7. Procesamiento de la información

La información fue procesada de la siguiente manera:

- Se realizó la toma de muestras del agua residual de la planta de tratamiento existente en el centro poblado de Chaquicocha, donde se realizó mediante las especificaciones de muestreo de aguas residuales N.T.P 214.042 – 2012.
- Se realizó el muestreo de calicatas en el lugar donde se va diseñar el Sistema de Humedal Artificial de Flujo Sub Superficial, donde se siguió para poder determinar las propiedades mecánicas del suelo, se realizaron según las especificaciones para estudios de mecánica de suelos N.T.P E – 50 suelos y cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (Instituto Nacional de la Construcción y Gerencia, 2006).
- Mediante datos estadísticos del INEI se obtuvo la población total del centro poblado de Chaquicocha, con el cual se calculará la cantidad de agua residual que evacua el centro poblado.
- Con los resultados del análisis de agua residual en relación a parámetros físicos y químicos, se realizó el diseño del Sistema de Humedal Artificial.

3.8. Técnica y análisis de datos

En la investigación se ha considerado las siguientes etapas: Pre campo, campo, laboratorio, gabinete y elaboración del informe final de tesis.

3.8.1. Pre campo

En esta etapa de investigación se realizaron lo siguiente:

- Se definió el planteamiento del problema, los objetivos y se plantearon las hipótesis. La formulación del problema nos permitió realizar la exclusión de información no relevante.
- Además, se realizó la identificación de las fuentes de información nacionales e internacionales relevantes para cumplir con los objetivos de la investigación.

3.8.2. Campo

En esta etapa de investigación se realizaron lo siguiente:

- Se realizó la observación del área de estudio, en el cual se procedió a identificar las características deficientes de la planta de tratamiento existente del centro poblado de Chaquicocha.
- Se realizó la extracción de muestras de suelo, donde se hicieron calicatas en el lugar donde se diseñará el Sistema de Humedal artificial.
- Se realizó la toma de muestras del agua residual en dos puntos específicos de la planta de tratamiento existente del centro poblado de Chaquicocha.

3.8.3. Laboratorio

En esta etapa de investigación se realizaron lo siguiente:

- En el laboratorio de mecánica de suelos se fue participe mediante la observación sobre la elaboración de los ensayos de clasificación de suelos y la capacidad portante del suelo.
- Se envió las muestras del agua residual a un laboratorio para los ensayos físicos y químicos.

3.8.4. Gabinete

En esta etapa de investigación se realizaron lo siguiente:

- Se procesó los datos del estudio de mecánica de suelos realizados en el laboratorio y se analizó respecto a la capacidad portante del suelo para el diseño del humedal artificial.
- Asimismo, con los datos del análisis que agua residual
- al se procedió al diseño del humedal artificial.

3.8.5. Elaboración del informe

La redacción del informe final de tesis consistió en lo siguiente:

- Elaboración del marco teórico.
- Elaboración del marco metodológico.

- Elaboración de los resultados, discusiones de resultados, conclusiones, recomendaciones y anexos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Estimación de la población del centro poblado de Chaquicocha

Para la estimación de la población del centro poblado de Chaquicocha se hizo uso de los datos estadísticas del INEI del año 2007 en el cual nos proporcionó la población al año reportado. Sin embargo, para nuestra investigación se realizó el cálculo con la proyección de 20 años, puesto que el diseño del sistema de humedal artificial tendrá ese periodo de diseño.

Tabla de INEI

Con los datos estadísticos de los años de 1993 y 2007 del INEI, se realizó la el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional.

Tabla N. °. 14 población total según los censos del 1993 y 2007

AÑO	POBLACION
1993	386
2007	403

Fuente: INEI de 1993 y 2007

Del cual se obtuvo que, la tasa de crecimiento poblacional es igual a 0.34%, el cual fue realizado mediante el método aritmético (Rodríguez, 2001). Ahora bien, para el cálculo de la población en 20 años del periodo de diseño se utilizó el método aritmético.

Tabla N. °. 15 Calculo de población futura

POBLACION ACTUAL (Hab)	425
TASA DE CRECIMIENTO (%)	0.34
PERIODO DE DISEÑO (Años)	20.0
POBLACION FUTURA (Hab)	454

Fuente: Propia

4.2. DETERMINACION DEL CAUDAL DEL CENTRO POBLADO DE CHAQUICOCHA

Para la determinación del caudal del centro poblado de Chaquicocha se hizo uso de la dotación de 100 (Lt/Hab/día) que nos establece el Reglamento Naciones de Edificaciones.

Por tanto, para el cálculo de la dotación del caudal del agua residual se debe realizar mediante el coeficiente de retorno 0.8 (Norma O.S. Planta de tratamiento de aguas residuales, 2006). Asimismo, para nuestro diseño se utilizó el caudal máximo para todo el diseño.

Tabla N. °. 16 Determinación del caudal de diseño

Caudal medio (Qm)	0.42037	Lt/seg
Caudal máximo diario (Qmax)	0.54648	Lt/seg
Caudal máximo horario (Qmax.h)	0.84074	Lt/seg

Fuente: Propia

4.3. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL MAXIMA Y MINIMA

Para la determinación de la temperatura ambiental máxima y mínima de la investigación se ha hecho uso de los datos de la Estación San Juan de Jarpa mediante código 112028. A continuación, se muestra las tablas con las temperaturas de los años 2019, 2020 y 2021. Cabe indicar que no se encontraron registros de los meses de: Agosto hasta diciembre del año 2020. Asimismo, de los meses de: Enero hasta octubre del año 2021.

**Tabla N. °. 17 Datos de Temperatura máxima más cercana al C.P.
Chaquicocha**

MES	Tº máxima		
	2019	2020	2021
Enero	15.9	15.7	-
Febrero	15.0	15.0	-
Marzo	15.6	15.2	-
Abril	16.1	15.5	-
Mayo	16.3	15.8	-
Junio	16.1	16.2	-
Julio	15.8	16.5	-
Agosto	16.5	-	-
Setiembre	16.3	-	-
Octubre	16.8	-	17.3
Noviembre	16.2	-	16.6
Diciembre	16.0	-	16.9

Fuente: Estación San Juan de Jarpa

**Tabla N. °. 18 Datos de Temperatura mínima más cercana al C.P.
Chaquicocha**

MES	Tº mínima		
	2019	2020	2021
Enero	5.5	5.2	-
Febrero	6.1	5.3	-
Marzo	6.4	6.0	-
Abril	4.4	3.8	-
Mayo	2.3	2.6	-
Junio	-0.8	-0.1	-
Julio	-0.9	-1.5	-
Agosto	-0.8	-	-
Setiembre	3.4	-	-
Octubre	3.1	-	4.3
Noviembre	5.1	-	4.4
Diciembre	5.7	-	5.1

Fuente: Estación San Juan de Jarpa

Los datos que se representa son de la estación meteorológica de San Juan de Jarpa, la cual es la estación más cercana al Centro Poblado de Chaquicocha en donde se puede observar que la temperatura promedio es de 9.92 °C, la temperatura máxima de 17.3°C y mínima de -0.9°C. La

temperatura mínima será utilizada para el diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial.

4.4. DISEÑO DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL DEL CENTRO POBLADO DE CHAQUICOCHA

Se llegaron a obtener las dimensiones necesarias para la construcción del humedal artificial como son: ancho, largo, área superficial, área transversal, y se calculó el tiempo de retención hidráulico para estimar la reducción de DBO para el humedal artificial superficial de flujo subsuperficial.

4.4.1. Dimensionamiento de la cámara de rejas

El dimensionamiento de la cámara de rejas para nuestro sistema de humedal artificial se muestra a continuación:

Tabla N. °. 19 Dimensiones calculadas de la cámara de rejas

Y altura fondo a pelo agua del colector	0.314	m.
X distancia horizontal del chorro	0.479	m.
X1 distancia horizontal de la grada	0.050	m.
LTR long. Total camara de rejas	1.076	m.
LAR long. Antes de la reja	0.808	m.
LDR long. Despues de la reja	0.268	m.
H1 Altura de la camara antes de la reja	0.700	m.
H2 Altura de camara despues de la reja	0.750	m.
Z, Altura a borde del tubo respecto al fondo	0.120	m.

Fuente: Propia

4.4.2. Dimensionamiento del desarenador

El dimensionamiento del desarenador comprende la altura, longitud y pendiente. Después de haber realizado los cálculo se pudo hallar que la altura hallada será de: 0.021 m. Asimismo, la longitud hallada comprende: 0.211 m y, por último, después del cálculo el pendiente hallado es 0.338%. Los cálculos realizados se pueden observar con mayor detalle en los anexos.

4.4.3. Dimensionamiento del canal Parshall

El dimensionamiento del canal Parshall se muestra con mayor detalle en los anexos adjuntos a la investigación.

4.4.4. Dimensionamiento de tanque Imhoff

El dimensionamiento del tanque Imhoff comprende resultados de diferentes factores hallados. A continuación, se muestra los resultados.

Tabla N. °. 20 Dimensiones calculadas del tanque imhoff

Caudal medio, l/día	36.32	m3/día
Area de sedimentación, m2	1.51	m2
Ancho zona sedimentador (B), m	1.00	m
Largo zona sedimentador (L), m	3.10	m
Prof. zona sedimentador (H), m	2.00	m
Altura del fondo del sedimentador	0.87	m
Altura total sedimentador, m	3.37	m
Volumen de digestión requerido, m3	28.60	m3
Ancho tanque Imhoff (Bim), m	5.40	m
Volumen de lodos en digestor, m3	20.85	m3
Superficie libre, %	74.07	
Altura del fondo del digestor, m	0.98	m
Altura total tanque imhoff, m	6.85	m
Area de lecho de secado, m2	45.40	m2

Fuente: Propia

4.4.5. Dimensionamiento del Humedal artificial de flujo subsuperficial

El dimensionamiento del Humedal artificial de flujo subsuperficial comprende resultados de diferentes factores hallados. A continuación, se muestra los resultados.

Tabla N.º. 21 Dimensiones del humedal artificial

RESUMEN DEL CALCULO				
Variables		Simbologia	Unidad	Valor
DISEÑO BIOLÓGICO				
Caudal medio diario		Q	m ³ /d	36.3
DBO total afluente		Co	mg/l	245.0
DBO total efluente		Ce	mg/l	130.0
Profundidad util del humedal		h	m	0.6
Pendiente del estanque		s	%	0.1
Medio soporte				Grava
Tamaño de grano		mm		
Conductividad hidraulica		Ks	m ³ /m ² *d	16000.0
Porosidad		n		0.35
Constante de velocidad		K20	1/d	1.104
Constante de velocidad		Kt	1/d	0.61
Area superficial		As	m ²	214.8
DISEÑO HIDRAULICO				
Area seccion transversal		As	m ²	6.981
ancho		W	m	11.63
Largo		L	m	18.46
RECALCULANDO, VALORES FINALES				
Area transversal		As	m ²	5.08
Ancho del humedal		W	m	8.46
Largo		L	m	25.38
Tiempo de residencia hidraulico		t	dias	1.24

Fuente: Propia

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Termina la investigación en contraste con los antecedentes nacionales e internacionales, normas y cálculos por lo que se precisa lo siguiente:

5.1. Discusión específicos

- A partir del cálculo de la tasa de crecimiento (%) del centro poblado de Chaquicocha, se obtuvo la población futura en relación a 20 años que se diseñara la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Cabe indicar que, los datos de los censos del INEI del 1993 y 2007 son los únicos actualizados que se cuenta a la fecha.
- A partir de la población futura se realizó el cálculo del caudal de diseño que genera el centro poblado de Chaquicocha, con el mismo se ha realizado los cálculos para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante el humedal de flujo subsuperficial.
- A partir de la obtención de los parámetros hidráulicos se realizó el cálculo del diseño del humedal de flujo subsuperficial (área superficial, longitud y ancho del humedal).

CONCLUSIONES

- A. El presente diseño de humedal artificial de flujo sub superficial tiene como una buena evidencia de su eficacia los resultados obtenidos de los análisis realizados al agua residual del efluente, que pasaron y se trataron en el humedal natural que se encuentra en lugar donde se plantea el sistema y que nos da muestra de un porcentaje eficaz de remoción al pasar el agua residual por este humedal natural. Así este humedal contiene como componente al Fito remediador o vegetal totora (typha) que realiza el tratamiento adecuado comprobando así, que si se realiza el sistema del humedal artificial con los componentes de todo el sistema integral y en especial del tratamiento secundario se obtendrá los resultados esperados de acuerdo a lo Límites Máximos permisibles de los parámetros tratados de esta agua residual mediante nuestro Sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial.
- B. El diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial si será una alternativa óptima. Ya que, de acuerdo a las referencias bibliográficas y tesis de investigación realizadas se ha podido corroborar que es favorable para las poblaciones donde se tiene este tipo de aguas residuales (doméstica - industrial).
- C. El caudal medio de diseño es 36.3 m³/día, el cual se utilizará para el cálculo de la planta de tratamiento, el cual comprende las siguientes etapas: Pretratamiento, tratamiento primario y humedal artificial.
- D. La capacidad portante y demás resultados obtenidos de los estudios de mecánica de suelos, se ha podido cotejar que estos resultados son favorables para el diseño del humedal artificial del flujo subsuperficial.
- E. Las dimensiones del sistema del humedal artificial son: área transversal de 5.08 metros cuadrados, ancho de humedal 8.46 metros y largo 25,38 metros. Cabe indicar que el largo cumple con las 3 veces de la dimensión del ancho de acuerdo a las manuales y tesis de investigación.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda proponer este sistema de tratamiento de aguas residuales en poblaciones donde se tiene la actividad económica de ganadería y netamente doméstica. Asimismo, es poblaciones rurales donde se tiene humedales naturales.
2. Se recomienda que para el cálculo del caudal medio se debe utilizar todos los datos que integren a las aguas residuales que se dirigen a la planta de tratamiento para obtener el caudal más real para el diseño del humedal artificial.
3. Se recomienda realizar los estudios de mecánica de suelos en lugares donde se pueda observar la presencia de nivel freático y a que profundidad se encuentra del nivel de terreno natural, con la finalidad de evitar posibles hundimientos de la estructura del humedal artificial.
4. Se recomienda que para las futuras investigaciones las dimensiones del sistema de humedal artificial deben ser corroboradas en cuanto a la población existente y futura de acuerdo a sus tasas de crecimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Archila, L., Mendez, F., Marquez, J., & Cuesta, T. (2012). Tratamiento de aguas residuales. Caldas - Colombia.
- Autoridad Nacional del Agua. (2011). Autorización de vertido de aguas residuales tratadas. Lima, Perú
- Bedoya, J. C., Ardila, A. N., & Reyes, J. (2014). Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de aguas residuales generadas en la Institución Universidad Mayor de Antioquia, Colombia. Mexico.
- Casquete, A., & Choez, I. (s.f.). Contaminación hídrica por aguas residuales.
- Cooper, P. (1996). Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment. Swindon: WRc.
- De la Mora, C., Saucedo Teran, R., Barrientos Juarez, E., Gomez Rosales, S., Gonzales Acuña, I., & Dominguez Araujo, G. (2014). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcinas.
- Delgadillo, O., Camacho, C., Perez, L., & Andrade, M. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Cochabamba - Bolivia.
- Echarri, L. (2007). Población, ecología y ambiente. Pamplona - España.
- Espirages, M., & Perez, J. (s.f.). Aguas residuales. Granada - España.
- Fernandez, E. (2010). Proyecto ejecutivo de planta de tratamiento de aguas residuales para la localidad de Xochiapa. Garcia, P., Fernandez, R., & Cirujano, S. (2009). Habitantes del agua macrofitos. Gonzáles, C. (2011). La turbidez.
- Gonzales, O., & Deas, G. (2011). Metodología para el diseño de huamedales con flujo subsuperficial horizontal. Revista de Ingeniería hidráulica y ambiental, 61 - 70.
- Guerrero, L. P. (2013). Construcción y puesta en marcha de la PTAR en industrias COR II. Santiago de Queretaro - Mexico.

- Hernández, M. A. (2011). Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para la aldea la Pava y puente vehicular el Tempisque para el municipio de Quesada, departamento de Jutiapa. Guatemala.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2006). Metodología de la Investigación Científica. Mexico: McGRAWHILLIINTERAMERICMA EDITORES, SA DE C.V.
- Jaramillo, M., Agudelo, R., & Puñuelo, G. (2016). Optimización del tratamiento de aguas residuales de cultivo de flores usando humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal. Colombia.
- Jimeno, B. (1993). Análisis de agua y desagüe. Lima: Ingeniería Ambiental.
- Lara, J. A. (1999). Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales. Barcelona, España.
- Lopez, A. (2012). Efecto de cumplimiento a la norma en un aforador Parshall. Mexico:
- Lothar, M. (1981). Tratamientos preliminares. Lima.
- Orellana., J. A. (2005). Características del agua potable. Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO.
- Marsilli, 2005. Tratamiento de aguas residuales.
- (World Health Organization). (1987). Wastewater Stabilization Ponds: Principles of Planning and Practice (Vol. No. 11). Regional Office for the Eastern Mediterranean, Alexandria, Egypt: WHO EMRO Technical Publication.
- Severiche, C. Castillo, B. M. & Acevedo, R. (2013). Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas. Obtenido de Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas
- Vargas García Carmen (1996). Control de calidad del agua en la red de distribución. CEPIS.
- Reed, S.; Crites, R. & Middlebrooks, E., 1995. Análisis de los modelos de diseño de los sistemas naturales de depuración
- Steiner, G. & Watson, J., 1993. Metodología para el diseño de humedales con flujo subsuperficial horizontal.

ANEXOS

ANEXO 01 – Ensayos de mecánica de suelos

ANEXO 02 – Ensayos de aguas residuales del centro poblado de Chaquicocha

ANEXO 03 – Cálculos del Sistema de Humedal Artificial de Flujo
Subsuperficial.

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



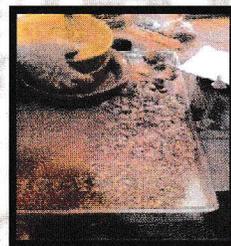
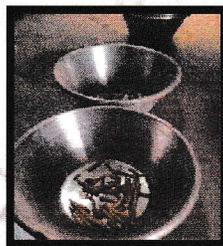
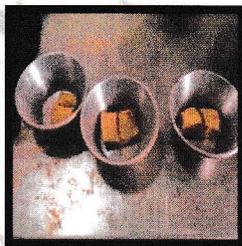
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

**“DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE
FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO
POBLADO CHAQUICOCHA”**

SOLICITA:

Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL



FECHA:

Noviembre 2021



DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

INDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA	3
1.1. GENERALIDADES:.....	3
1.2. OBJETIVO:.....	3
1.3. UBICACIÓN:.....	3
1.4. GEOLOGIA	5
1.4.1. GEOLOGIA LOCAL:.....	5
1.4.2. FACTORES CLIMATOLÓGICOS:.....	9
1.4.3. SISMICIDAD	10
2. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	12
2.1. TRABAJOS DE CAMPO	12
2.2. NIVEL DE NAPA FREÁTICA.....	13
2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	13
2.4. CONDICIONES DEL SUELO DE CIMENTACION.....	13
3. NORMATIVIDAD.....	13
4. PARAMETROS GEOTECNICOS.....	14
5. CONCLUSIONES	15
6. ANEXOS.....	16



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. GENERALIDADES:

El estudio de mecánica de suelos del proyecto: "DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA", es parte del presente estudio.

1.2. OBJETIVO:

Realizar estudios de mecánica de suelos mediante la aplicación de ensayos en laboratorio para el desarrollo del presente proyecto.

Para tal efecto, se ha efectuado un estudio de suelos que incluye trabajos de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir la estratigrafía, características físicas y mecánicas de los suelos.

1.3. UBICACIÓN:

El proyecto se encuentra ubicado en:

- Región : Junín
- Provincia : Concepción
- Distrito : San José de Quero
- Lugar : C.P. Chaquicocha



GEO TEST V. SAC
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO



DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

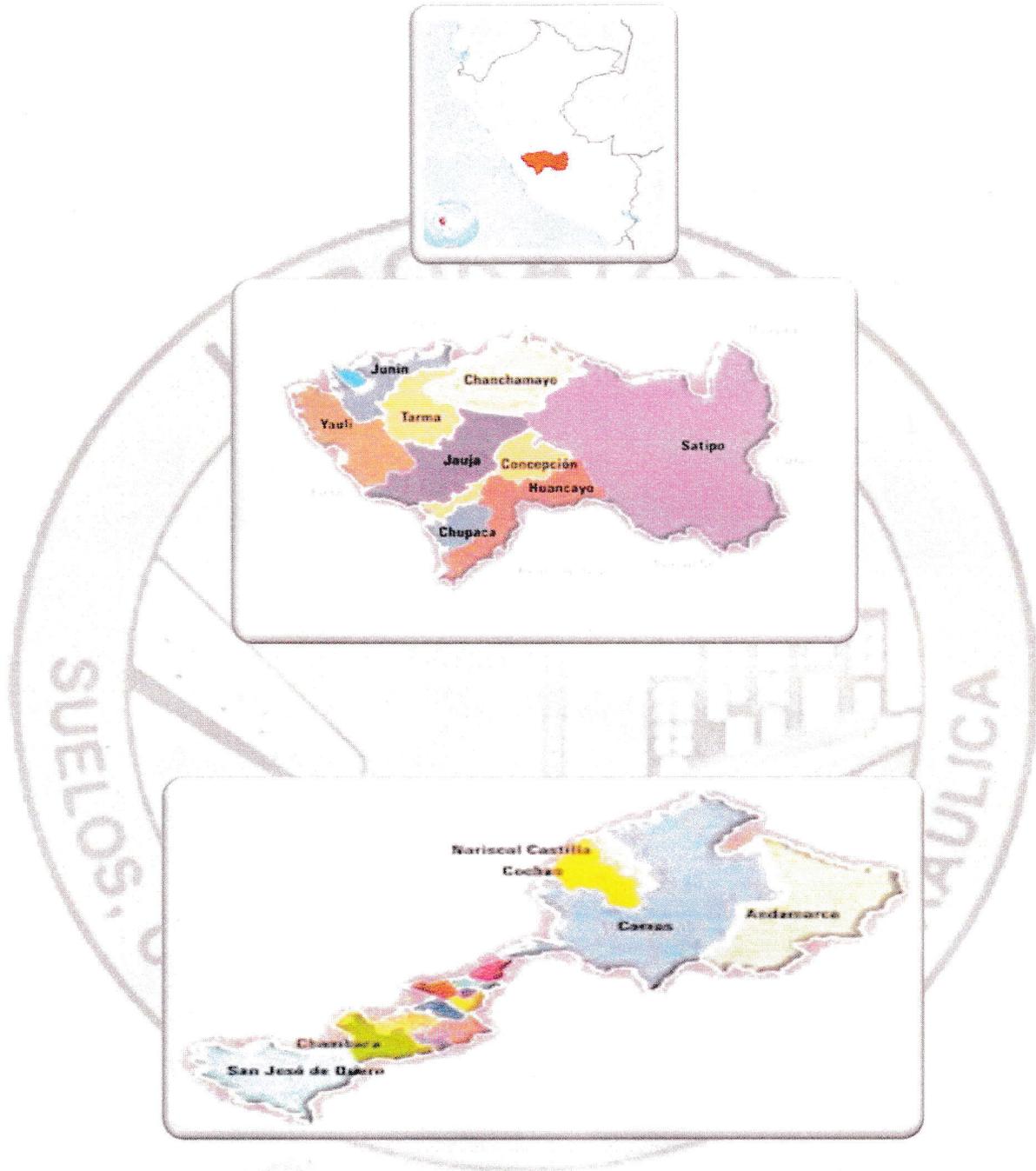
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



Fuente: Macro localización del Proyecto – Nivel Nacional / Ubicación
Regional/Distrital.



GEO TEST V S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO



DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

1.4. GEOLOGIA

1.4.1. GEOLOGIA LOCAL:

➤ Geología:

El Cuadrángulo de Huancayo abarca sectores de las Altas Mesetas Centrales y de la Cordillera Oriental; además, incluye la Depresión de Ingahuasi y la parte sur-oriental de la Depresión de Huancayo-Jauja, que contienen un espeso relleno Cuaternario. Tanto en las Altas Mesetas como en la Cordillera Oriental, (4,000-4,500 m.s.n.m.) se observan restos de la superficie "Puna", la cual fue profundamente erosionada por los glaciares y la escorrentía superficial. La columna estratigráfica se inicia con flyschs Excelsior parcialmente de edad Devónica media. Los flyschs fueron plegados a fines del Devónico y están cubiertos por las capas mayormente continentales del Carbonífero y del Pérmico inferior, las cuales infrayacen con discordancia de erosión a las capas rojas y a los volcánicos del Pérmico superior. A partir del Noriano, cuyos estratos cubren con discordancia de erosión a los del Pérmico superior, se diferenciaron paulatinamente en la región una plataforma sur-occidental y un geanticlinal nor-oriental, disposición paleogeográfica que controló claramente la sedimentación del Liásico superior hasta el Coniaciano. Durante el Triásico y el Liásico, una subsidencia marcada y continua afectó la plataforma y en menor grado el futuro geanticlinal, dando lugar a la deposición de 1,700 m. de calizas en aquella y de una serie calcárea más condensada de 800 m. mínimo en el último. En un mar que ocupaba la parte SW de la hoja se sedimentaron en el lapso Aaleniano-Bajociano las areniscas de la Formación Cercapuquio (750 m. max.) y las calizas de la Formación Chunumayo (250 m. max). Después de una gran Laguna deposicional que abarcó el Batoniano y el Malm se depositaron las areniscas, en partes marinas y en parte continentales, del Neocomiano-Aptiano (Grupo Goyllarisquisga, 700 m.) que no se encuentran sobre el geanticlinal. Luego la plataforma fue

DIRECCIÓN : J.F. GRAU N° 211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo)

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACBOOK : Geo Test V S.A.C.

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



invadida por un mar somero, en el cual se acumuló la sucesión clástica de estratos calcáreos del Cretáceo medio

y superior (formaciones Chulee, Pariatambo y Jumasha); solamente la transgresión Chulee

afectó al geanticlinal. La sedimentación marina se interrumpió definitivamente después del Coniaciano, debido a la emersión general que siguió a los movimientos tardicretáceos, y luego depositáronse en un ambiente continental las areniscas y conglomerados rojos llamados Capas Rojas o formación Casapalca, localmente datados del Eoceno medio, sedimentos que no se encuentran sobre el geanticlinal. Después de un largo período sin sedimentación durante el cual ocurrieron además varias fases de deformación y de erosión, tiene lugar, ya durante el cual ocurrieron además varias fases de deformación y de erosión, tiene lugar, ya en el Terciario superior (Mioceno a Plioceno), exclusivamente en las Atlas Mesetas, un

tenso volcanismo; los productos más antiguos son básicos a intermedios (Volcanicos tobamba), luego aparecen cuerpos hipabisales de composición intermedia (Volcanicos eru) y finalmente volcánicos ácidos en su mayor parte redepositados (Tobas Ingahuasi). Los depósitos cuaternarios son particularmente abundantes; se reconocen depósitos lacustres Pleistocénicos y tres conjuntos sedimentarios más recientes (morrenas, escombros y terrazas) que se relacionan con tres etapas de glaciación. En el aspecto tectónico se reconocen en Huancayo los efectos de varias fases tectónicas. La primera es la tectorogénesis eo-hercínica que plegó intensamente los flyschs Excelsior según direcciones E-W. a NE-SW en un primer tiempo, y NW-SE en un segundo. Los pliegues son isoclinales, están acompañados por esquistosidad y a veces por el desarrollo de un epimetamorfismo. Después de un largo período de **cuasi inactividad**



(Handwritten signature)

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N° 211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo)

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



tectónica tiene lugar la tectorogénesis del Cretáceo tardío que afectó la parte NE de la plataforma y probablemente el geanticlinal. Los movimientos del Terciario inferior fueron intensos en toda la hoja y fueron seguidos por varias fases más débiles en el curso del Terciario medio y superior y hasta el Cuaternario (Neotectónica). Todas las fases mesozoicas y cenozoicas edificaron pliegues. NW-SE bastante abiertos, por lo general acompañadas por fallas inversas de alto ángulo de la misma dirección; en la Cordillera Oriental, una de estas fases dio lugar a un epimetamorfismo. Las fallas normales son frecuentes, en particular las transversales. Las rocas intrusivas ocupan áreas reducidas. En la Cordillera Oriental se encuentran algunos cuerpos hipabisales asociados con los volcánicos del Pérmico superior. En las Altas Mesetas el único intrusivo importante es el stock ácido del C° Huacravilca. Los yacimientos metálicos conocidos son de poca importancia: en la esquina SW del cuadrángulo se encuentra la mina de Cercapuquio con mineralización de zinc con cadmio y el depósito de hierro del C° Huacravilca.

➤ GEOMORFOLOGIA

En la región de Junín, la Cordillera Oriental se caracteriza por una gran uniformidad en la altitud de sus cumbres, estas como en el caso de las Altas Mesetas del lado occidental se relacionan con la "Superficie Puna", aquí también la superficie ha sido destruida en gran parte por la erosión de los glaciares y torrentes.

Más al este, ya en el cuadrángulo de Jauja, la cordillera del Huaytapallana se levanta hasta 5,500 m. de altitud, de sus cumbres nevadas descienden glaciares de valle hasta los 4,700 m. Este accidente topográfico remarcable puede ser también un relieve residual, pero, el límite occidental del macizo es una falla y cabe preguntarse, como Dollfus, si "es un horst o un relieve residual?", o es a la vez "un horst y un relieve residual?". Las microformas del relieve están





DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo)

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

bajo la influencia del hielo y deshielo y en los escasos sinclinales calcáreos se advierten microlenares.

La depresión Jauja-Huancayo es alargada en dirección NW - SE; tiene una longitud aproximada de 70 km. con un ancho que varía entre 3 y 15 km.; en el cuadrángulo de Huancayo su altura varía entre 3, 160 y 3,350 m. El río Mantaro la atraviesa a "grosso modo" siguiendo su eje. El fondo de la cuenca está tapizado por espesas formaciones cuaternarias que constituyen un sistema de terrazas escalonadas, localmente interrumpidas por los conos aluviales de los afluentes del Mantaro; las terrazas más antiguas están afectadas por flexuras y pliegues bien caracterizados.

La depresión no parece ser un graben; la hipótesis más verosímil en cuanto a su génesis es la de una gotera de origen tectónico (Dollfus, 1965), formada a consecuencia de un ondulamiento general con gran radio de curvatura en la Superficie Puna contemporáneo o algo posterior al alzamiento de los Andes

➤ Geodinamica Externa

El área en estudio no presenta ningún riesgo geológico potencial. Según el mapa de geodinámica externa del Perú (INGEMMET 1991), en esta zona no se han producido fenómenos geológicos que pueden poner en peligro la seguridad de obras civiles



GEO TEST V S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO



DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo)

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

1.4.2. FACTORES CLIMATOLÓGICOS:

En Chaquicocha, los veranos son cortos, cómodos y nublados; los inviernos son cortos, fríos y parcialmente nublados y está seco durante todo el año.

Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 5 °C a 20 °C y rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 22 °C.

En base a la puntuación de turismo, la mejor época del año para visitar Chaquicocha para actividades de tiempo caluroso es desde finales de Abril hasta principios de Octubre

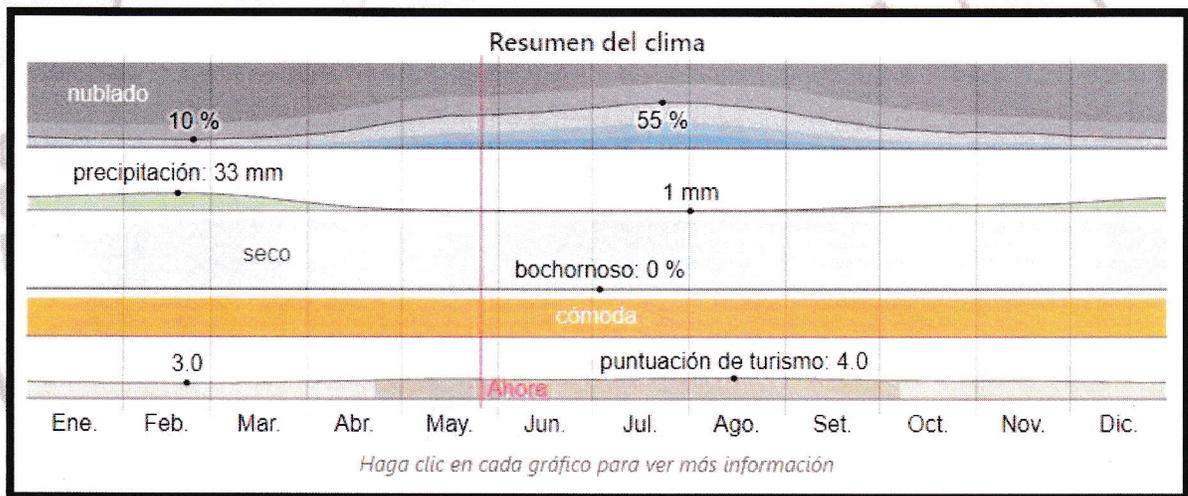


Imagen: Regiones Naturales a nivel Provincial



GEO TEST V.S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
C.F.E. DE LABORATORIO



DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo)

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

a) Temperatura

Se caracteriza por tener un invierno seco templado en el día y frígido en la noche, con una temperatura promedio de 2°C en la parte alta, en la media varía entre los 5° y 10°C, y una temperatura promedio de 24°C en la parte baja.

b) Precipitación Pluvial

Se tiene dos épocas bien definidas; un periodo lluvioso que va de los meses de noviembre a abril, y un período seco durante los meses de mayo a octubre. La precipitación anual oscila entre los 800mm, 900mm, siendo de junio y julio los que registran los menores valores; y los meses de enero, febrero y marzo con registros promedios de 200mm mensuales como valores máximos respectivamente.

c) Vientos

Los vientos alcanzan velocidades de hasta 12km/H durante los primeros meses de junio, disminuyendo progresivamente en el otoño a 3.1 m/s entre los meses de enero y febrero.

1.4.3. SISMICIDAD

- El territorio peruano está establecido en diversas zonas sísmicas, que presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menos ocurrencia de los sismos.
- Según el mapa de zonificación sísmica propuesto por la Norma de Diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones (2019), la investigación "DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA", se encuentra comprendido en la zona 3, clasificada como zona de sismicidad muy alta.



GEO TEST V. SAC.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA


ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO



DIRECCIÓN : J.F. GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo)

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

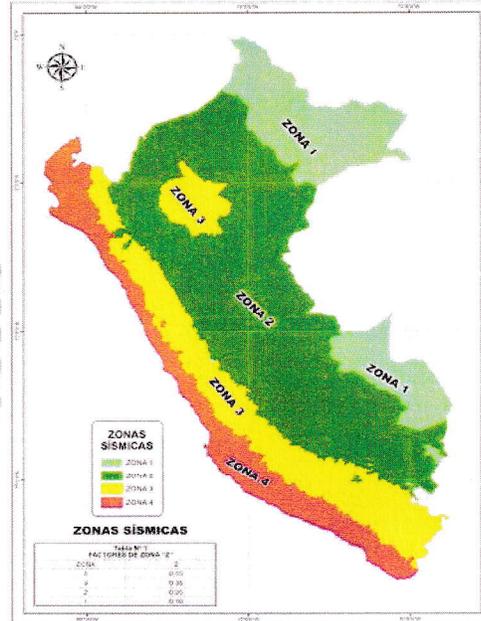


Figura N°1: mapa de zonificación sísmica del Perú, según el reglamento nacional de edificaciones o norma técnica de edificaciones E.030 (diseño sismo resistente)

REGION (OPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	AMBITO	
JUNIN	CONCEPCION	ANDAMARCA	2	CUATRO DISTRITOS	
		COCHAS			
		COMAS			
		MARISCAL CASTILLA			
		ACO			
		CHAMBARA			
		CONCEPCION			
		HEROINAS DE TOLEDO			
		MANZANARES			
		MATAHUASI			
	MITO	3	ONCE DISTRITOS		
	NOVIEMBRE DE JULIO				
	ORCOTUNA				
	SAN JOSE DE QUERO				
	SANTA ROSA DE OCOPA				
	ARIJAC				
	CHONGOS BAJO				
	CHUPACA				
	HUACHAC				
	HUAMANCACA CHICO			3	TODOS LOS DISTRITOS
	SAN JUAN DE JARPA				
	SAN JUAN DE YSCOS				
	TRES DE DICIEMBRE				
	YANACANCHA				
	PARIAHUANCA	2	DOS DISTRITOS		
	SANTO DOMINGO DE ACCOBAMBA				
	CARHUACALLANGA				
	CHACAPAMPA				
	CHICCHE				
	CHILCA				
CHONGOS ALTO					
CHUPURO					
COLCA					
CULLHUAS	3			VEINTISEIS DISTRITOS	
EL TAMBO					
HUACRAPUQUIO					
HUALHUAS					
HUANCAN					
HUANCAYO					
HUASICANCHA					
HUAYUCACHI					
HUAYUCACHI					

Figura N°1 zonificación sísmica del Perú



GEO TEST V. S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO



DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo)

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

Zonificación sísmica	3
Perfil tipo	S3
Aceleración "Z"	0.35
TP (s)	1.0
TL (s)	1.60
S	1.20

2. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

2.1. TRABAJOS DE CAMPO

➤ Exploración:

Para el presente Estudio de Suelos con fines de cimentación de la Cimentación de la edificación, se planteó y ejecutó el siguiente Programa de Investigaciones Geotécnicas de conformidad a lo normado en el reglamento Nacional de Estructuras, TITULO VI: NORMA E 0.50- SUELOS Y CIMENTACIONES. Sobre el particular se define que la Cimentación a construirse será la que recibe cargas mediante las columnas. Analizando su importancia de acuerdo a la Tabla N° 1 Tipo de Construcción, le corresponde la clasificación III.

➤ Muestreo

La calicata descubierta se inspecciono e identifico visualmente los tipos de suelos descubiertos en sus paredes, procediendo al muestreo del suelo representativo a condición de alterado o disturbado, y obtenido de las paredes de la calicata en todo el espesor de la capa identificada.

Se realizó solo una calicata a una profundidad de 3m

➤ Registro de excavaciones

Paralelamente el muestreo se efectuó al registro de la exploración, optando las características de los suelos tales como espesor, color y humedad.



GEO TEST V. SAC
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

Max Jerry Veliz Sulcaray

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312



DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo)

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

2.2. NIVEL DE NAPA FREÁTICA

No se encontró Napa Freática en el punto de investigación.

2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos se efectuaron en el laboratorio de mecánica de suelos, de la empresa GEO TEST V s.a.c. siguiendo las normas adecuadas.

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Corte directo
- Densidad natural del terreno

2.4. CONDICIONES DEL SUELO DE CIMENTACION

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayo de laboratorio y la estratigrafía del subsuelo, se evaluó que el suelo presenta una clasificación arcillosa arenosa, de coloración gris y marron.

CALICATA	SUCS	IP
C-1	CL	9.78
C-2	SC-SM	5.28
C-3	CL- ML	9.47
C-4	CL- ML	13.15
C-5	CL	7.37

3. NORMATIVIDAD

El presente estudio está en concordancia con las siguientes Normas:

E-050 - Suelos y Cimentaciones (Reglamento Nacional de Edificaciones)

E-030 - Diseño Sísmico Resistente (Reglamento Nacional de

Edificaciones) E-020 - Cargas (Reglamento Nacional de Edificaciones)



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY



DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

4. PARAMETROS GEOTECNICOS

Conforme al objetivo del presente estudio, se pasa a definir los parámetros geotécnicos relativos al ángulo de fricción y cohesión, que intervendrán en los cálculos de la capacidad de carga última y admisible; en tal sentido, los resultados obtenidos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos GEO TEST V. Practicado a las muestras de suelos disturbados de la zona en estudio, los parámetros de resistencia obtenidos mediante el ensayo de Corte Directo, conforme a la Norma ASTM 03080 se tiene

CALICATA	COHESION	Ø
C-1	0.009 Kg/cm ²	27.1
C-2	0.000 Kg/cm ²	27
C-3	0.684 Kg/cm ²	13.8
C-4	0.016 Kg/cm ²	26.2
C-5	0.116 Kg/cm ²	25.9

Densidad natural del terreno (gr/cm ³)	
C-1	1.641
C-2	1.648
C-3	1.640
C-4	1.639
C-5	1.644



GEO TEST V S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C.



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

5. CONCLUSIONES

- No se encontró napa freática en la excavación
- La zona estudiada, en su mayoría presenta material arcilloso.
- Siendo una zona arcillosa, favorece a la construcción de humedales, al ser material que no presenta permeabilidad.





DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

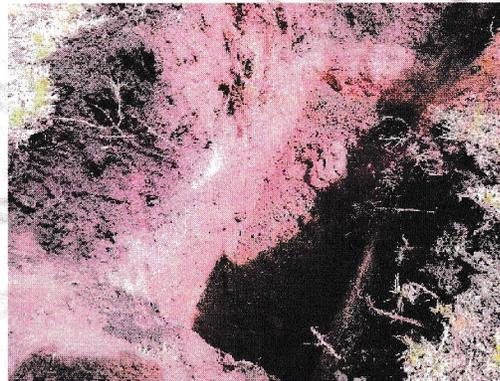
geotest.v@gmail.com

FACBOOK : Geo Test V.S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

6. ANEXOS



GEO TEST V S.A.C.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Puzo

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



GEO TEST V S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

[Handwritten signature]

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO



DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTVD2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEOTEST.V@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C RUC : 20606529229
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: "DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"
 Expediente N° : EXP-26-GEO-TEST-V-2021 Cantera : Calicata 05
 Código de formato : PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-06 N° de muestra : M-1
 Peticionario : Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL Clase de material : ALTERADO
 Ubicación : CHAQUICOCHA-CONCEPCION - JUNIN Norma : NTP-ASTM-MTC
 Estructura : - - Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de recepción : Junio 2021 Fecha de emisión : Noviembre 2021

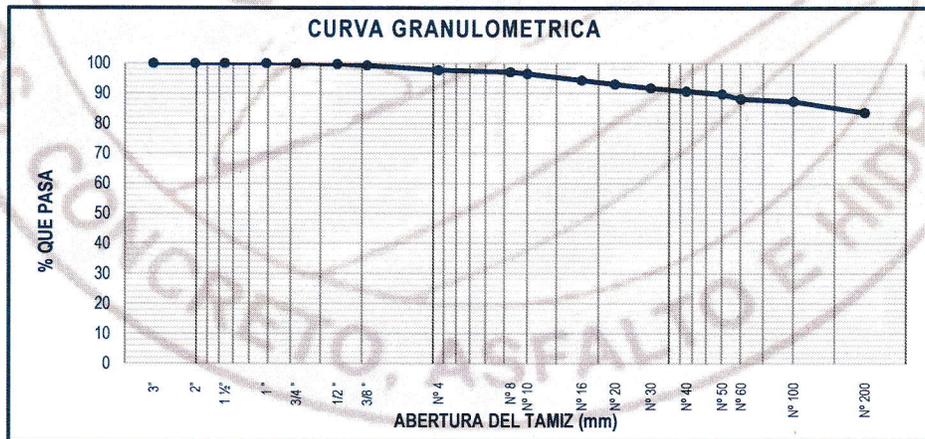
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NTP 339.128 (1999)-ASTM D 422-MTC E 107

Hoja: 01 de 02

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	14.00	0.25	0.25	99.75
3/8"	9.53	25.00	0.44	0.69	99.31
N° 4	4.76	88.00	1.56	2.26	97.74
N° 8	2.36	35.60	0.63	2.89	97.11
N° 10	2.00	32.01	0.57	3.46	96.54
N° 16	1.18	120.04	2.13	5.59	94.41
N° 20	0.85	78.03	1.39	6.98	93.02
N° 30	0.60	72.03	1.28	8.26	91.74
N° 40	0.43	60.02	1.07	9.33	90.67
N° 50	0.30	54.02	0.96	10.29	89.71
N° 60	0.25	88.03	1.57	11.85	88.15
N° 100	0.15	40.01	0.71	12.57	87.43
N° 200	0.075	213.00	3.79	16.35	83.65
FONDO		4705.00	83.65	100.00	0.00
TOTAL		5624.79	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	2.26 %
ARENA	14.09 %
FINO	83.65 %
TOTAL	100.00 %

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127)	
Código de recipiente	-
Masa de recipiente (g)	49.00 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	362.09 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	315.75 g
Masa de agua (g)	46.34 g
Masa de suelo seco (g)	266.75 g
Contenido de humedad %	17.37 %



Simbolo del grupo (SUCS) = CL
 Nombre del grupo (SUCS) = ARCILLA LIGERA DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA
 AASHTO = A-4 (0)



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-CHILCA E-MAIL : LABGEOESTVD2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEOTEST.V@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: ""DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA""

Expediente N° : EXP-26-GEO-TEST-V-2021 **Cantera** : Calicata 05

Codigo de formato : PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-06 **N° de muestra** : M-1

Peticionario : Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL **Clase de material** : ALTERADO

Ubicación : CHAQUICOCHA-CONCEPCION - JUNIN **Norma** : NTP-ASTM-MTC

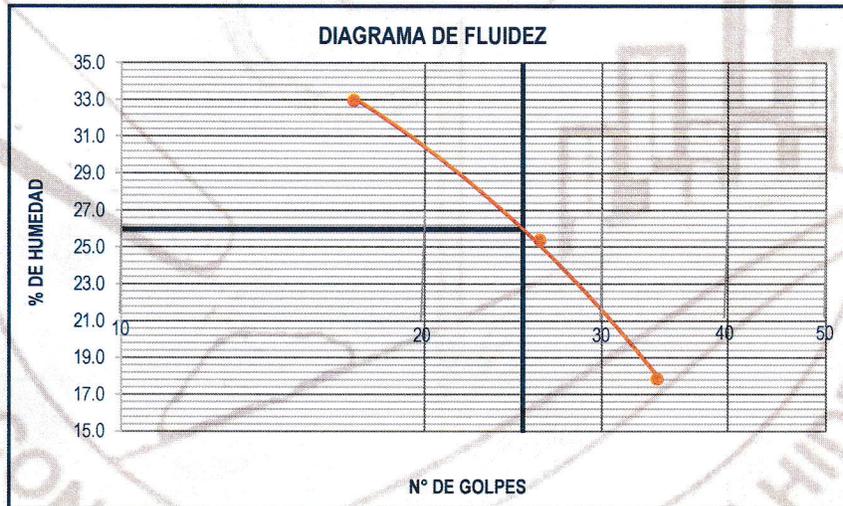
Estructura : - - **Ensayado por** : A.Y.G.

Fecha de recepción : Junio 2021 **Fecha de emisión** : Noviembre 2021

Hoja: 02 de 02

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129 (2014)-ASTM D 4318-MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	-	-	-	-	-
Nro. De cápsula	-	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo humedo (g)	75.20	52.00	44.00	23.00	24.00
Masa cápsula + Suelo seco (g)	60.50	43.90	39.20	22.00	23.00
Masa cápsula (g)	15.90	12.00	12.30	17.00	17.20
Masa del agua (g)	14.70	8.10	4.80	1.00	1.00
Masa del suelo seco (g)	44.60	31.90	26.90	5.00	5.80
Contenido de humedad %	32.96 %	25.39 %	17.84 %	20.00 %	17.24 %
Nro. De golpes	17	26	34	I	II



LÍMITE LIQUIDO	
LL. :	25.99

LÍMITE PLÁSTICO	
LP. :	18.62

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP. :	7.37

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT:ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



[Handwritten signature]



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-CHILCA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEOEST.V@GMAIL.COM
 CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: "DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"
 Expediente N° : EXP-26-GEO-TEST-V-2021 Cantera : Calicata 04
 Codigo de formato : PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-06 N° de muestra : M-1
 Peticionario : Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL Clase de material : ALTERADO
 Ubicación : CHAQUICOCHA-CONCEPCION - JUNIN Norma : NTP-ASTM-MTC
 Estructura : - - Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de recepción : Junio 2021 Fecha de emisión : Noviembre 2021

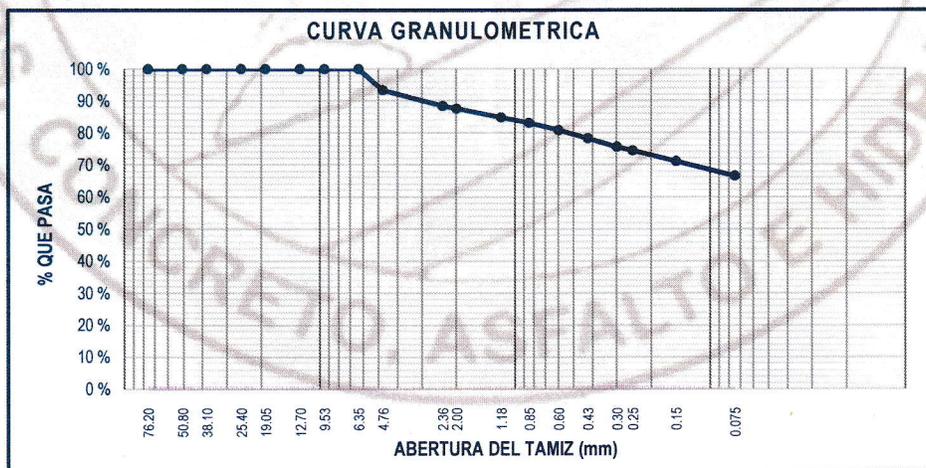
ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
NTP 339.128 (1999)-ASTM D 422-MTC E 107

Hoja: 01 de 02

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4 "	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.76	143.90	6.63	6.63	93.37
N° 8	2.36	107.90	4.97	11.60	88.40
N° 10	2.00	17.00	0.78	12.39	87.61
N° 16	1.18	61.20	2.82	15.21	84.79
N° 20	0.85	37.80	1.74	16.95	83.05
N° 30	0.60	49.00	2.26	19.21	80.79
N° 40	0.43	54.90	2.53	21.74	78.26
N° 50	0.30	58.20	2.68	24.42	75.58
N° 60	0.25	24.60	1.13	25.56	74.44
N° 100	0.15	73.10	3.37	28.92	71.08
N° 200	0.075	99.50	4.59	33.51	66.49
FONDO		1442.7	66.49	100.00	0.00
TOTAL		2169.80	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	6.63 %
ARENA	26.88 %
FINO	66.49 %
TOTAL	100.00 %

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127)	
Código de recipiente	-
Masa de recipiente (g)	10.20 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	87.30 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	78.30 g
Masa de agua (g)	9.00 g
Masa de suelo seco (g)	68.10 g
Contenido de humedad %	13.22 %



Simbolo del grupo (SUCS) = CL-ML
 Nombre del grupo (SUCS) = ARCILLA LIMOSA ARENOSA
 AASHTO = A-6 (0)



[Handwritten signature]



DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA

E-MAIL : LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROGARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

GEOTEST.V@GMAIL.COM

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

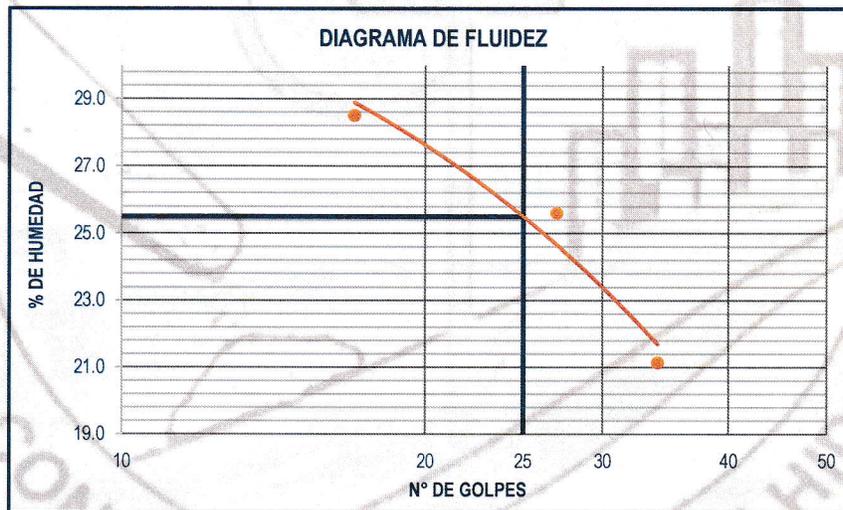
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	TESIS: "DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"		
Expediente N°	: EXP-26-GEO-TEST-V-2021	Cantera	: Calicata 04
Código de formato	: PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-06	N° de muestra	: M-1
Peticionario	: Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL	Clase de material	: ALTERADO
Ubicación	: CHAQUICOCHA-CONCEPCION - JUNIN	Norma	: NTP-ASTM-MTC
Estructura	: - -	Ensayado por	: A.Y.G.
Fecha de recepción	: Junio 2021	Fecha de emisión	: Noviembre 2021

Hoja: 02 de 02

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129 (2014)-ASTM D 4318-MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	-	-	-	-	-
Nro. De cápsula	-	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	43.70	44.00	43.00	25.00	20.00
Masa cápsula + Suelo seco (g)	37.80	38.60	38.50	24.00	19.00
Masa cápsula (g)	17.10	17.50	17.20	15.90	10.90
Masa del agua (g)	5.90	5.40	4.50	1.00	1.00
Masa del suelo seco (g)	20.70	21.10	21.30	8.10	8.10
Contenido de humedad %	28.50 %	25.59 %	21.13 %	12.35 %	12.35 %
Nro. De golpes	17	27	34	I	II



LÍMITE LÍQUIDO	
LL. :	25.50

LÍMITE PLÁSTICO	
LP. :	12.35

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP. :	13.15

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N° 002-98-INDECOPI-CRT:ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



(Handwritten signature)



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-CHILCA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEOEST.V@GMAIL.COM
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: "DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"
 Expediente N° : EXP-26-GEO-TEST-V-2021 Canteras : Calicata 03
 Código de formato : PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-06 N° de muestra : M-1
 Peticionario : Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL Clase de material : ALTERADO
 Ubicación : CHAQUICOCHA-CONCEPCION - JUNIN Norma : NTP-ASTM-MTC
 Estructura : - - Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de recepción : Junio 2021 Fecha de emisión : Noviembre 2021

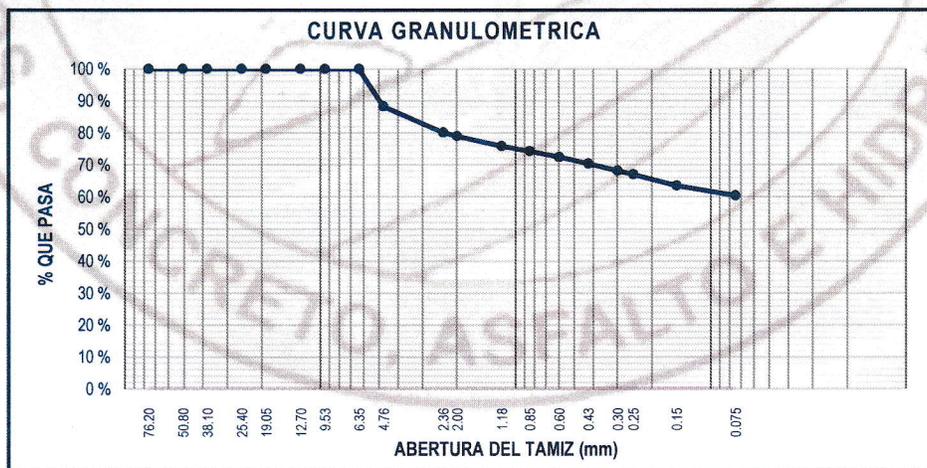
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NTP 339.128 (1999)-ASTM D 422-MTC E 107

Hoja: 01 de 02

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.76	253.60	11.66	11.66	88.34
N° 8	2.36	176.70	8.12	19.79	80.21
N° 10	2.00	24.70	1.14	20.92	79.08
N° 16	1.18	68.50	3.15	24.07	75.93
N° 20	0.85	32.70	1.50	25.57	74.43
N° 30	0.60	41.30	1.90	27.47	72.53
N° 40	0.43	45.20	2.08	29.55	70.45
N° 50	0.30	47.30	2.17	31.73	68.27
N° 60	0.25	24.80	1.14	32.87	67.13
N° 100	0.15	76.50	3.52	36.38	63.62
N° 200	0.075	68.10	3.13	39.52	60.48
FONDO		1315.4	60.48	100.00	0.00
TOTAL		2174.80	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	11.66 %
ARENA	27.86 %
FINO	60.48 %
TOTAL	100.00 %

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127)	
Código de recipiente	-
Masa de recipiente (g)	19.90 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	90.90 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	82.30 g
Masa de agua (g)	8.60 g
Masa de suelo seco (g)	62.40 g
Contenido de humedad %	13.78 %



Simbolo del grupo (SUCS) = CL-ML
 Nombre del grupo (SUCS) = ARCILLA LIMOSA ARENOSA
 AASHTO = A-4 (0)



[Firma manuscrita]



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-CHILDA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONIDO PRADO) GEOTEST.V@GMAIL.COM
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C
 CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: "“DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA”"

Expediente N° : EXP-26-GEO-TEST-V-2021 **Cantera** : Calicata 03

Codigo de formato : PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-06 **N° de muestra** : M-1

Peticionario : Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL **Clase de material** : ALTERADO

Ubicación : CHAQUICOCHA-CONCEPCION - JUNIN **Norma** : NTP-ASTM-MTC

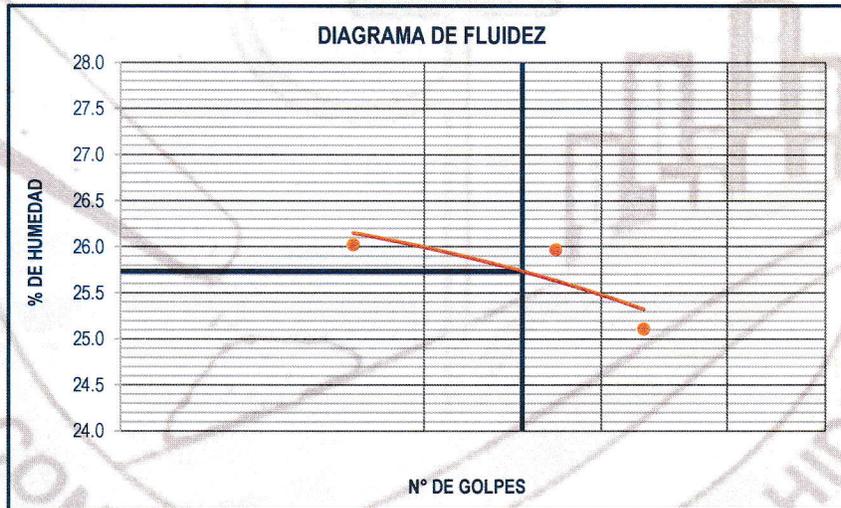
Estructura : - - **Ensayado por** : A.Y.G.

Fecha de recepción : Junio 2021 **Fecha de emisión** : Noviembre 2021

Hoja: 02 de 02

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129 (2014)-ASTM D 4318-MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	-	-	-	-	-
Nro. De cápsula	-	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo humedo (g)	44.80	44.40	44.90	25.50	20.60
Masa cápsula + Suelo seco (g)	39.10	38.40	39.30	24.20	19.20
Masa cápsula (g)	17.20	15.30	17.00	15.90	10.90
Masa del agua (g)	5.70	6.00	5.60	1.30	1.40
Masa del suelo seco (g)	21.90	23.10	22.30	8.30	8.30
Contenido de humedad %	26.03 %	25.97 %	25.11 %	15.66 %	16.87 %
Nro. De golpes	17	27	33	I	II



LÍMITE LÍQUIDO	
LL. :	25.74

LÍMITE PLÁSTICO	
LP. :	16.27

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP. :	9.47

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT:ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



[Firma manuscrita]



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-CHILCA

E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

GEOEST.V@GMAIL.COM

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	TESIS: "DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"		
Expediente N°	: EXP-26-GEO-TEST-V-2021	Cantera	: Calicata 02
Codigo de formato	: PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-06	N° de muestra	: M-1
Peticionario	: Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL	Clase de material	: ALTERADO
Ubicación	: CHAQUICOCHA-CONCEPCION - JUNIN	Norma	: NTP-ASTM-MTC
Estructura	: - -	Ensayado por	: A.Y.G.
Fecha de recepción	: Junio 2021	Fecha de emisión	: Noviembre 2021

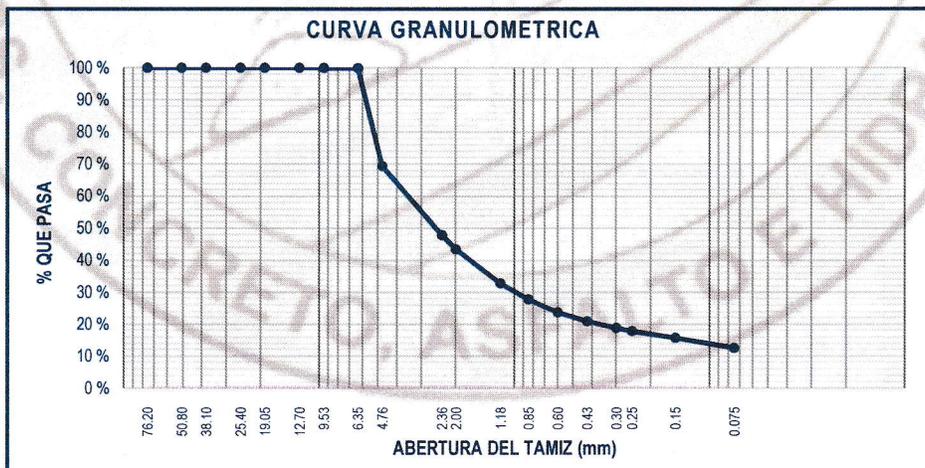
ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
NTP 339.128 (1999)-ASTM D 422-MTC E 107

Hoja: 01 de 02

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.35	2.00	0.07	0.07	99.93
N° 4	4.76	857.60	30.63	30.70	69.30
N° 8	2.36	601.20	21.47	52.18	47.82
N° 10	2.00	122.90	4.39	56.57	43.43
N° 16	1.18	298.10	10.65	67.21	32.79
N° 20	0.85	139.50	4.98	72.20	27.80
N° 30	0.60	115.00	4.11	76.30	23.70
N° 40	0.43	77.30	2.76	79.07	20.93
N° 50	0.30	59.90	2.14	81.21	18.79
N° 60	0.25	26.40	0.94	82.15	17.85
N° 100	0.15	59.00	2.11	84.26	15.74
N° 200	0.075	89.30	3.19	87.45	12.55
FONDO		351.50	12.55	100.00	0.00
TOTAL		2799.70	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	30.70 %
ARENA	56.74 %
FINO	12.55 %
TOTAL	100.00 %

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127)	
Código de recipiente	P-08
Masa de recipiente (g)	135.60 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	1647.90 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	1581.80 g
Masa de agua (g)	66.10 g
Masa de suelo seco (g)	1446.20 g
Contenido de humedad %	4.57 %



Simbolo del grupo (SUCS)	=	SC-SM
Nombre del grupo (SUCS)	=	ARENA LIMOSA ARCILLOSA CON GRAVA
AASHTO	=	A-1-a (0)



Handwritten signature



DIRECCIÓN : JR. BRAU N°211-CHILCA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEOTEST.V@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

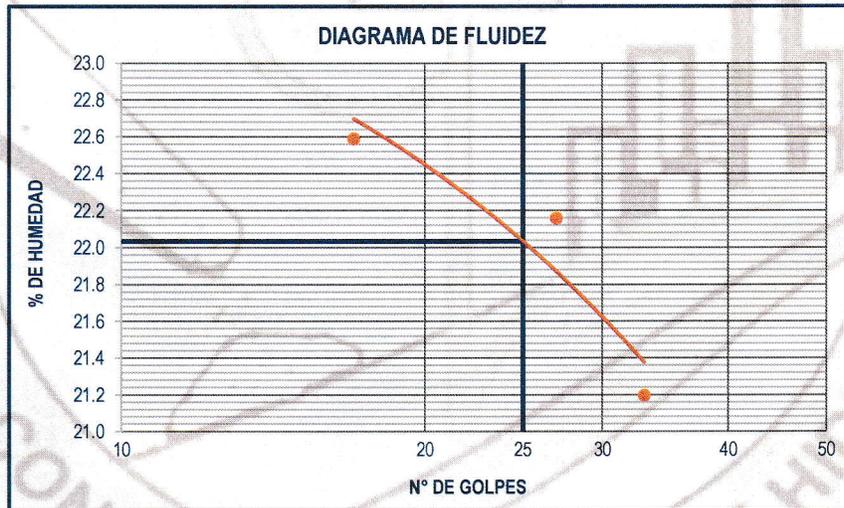
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: "DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"
Expediente N° : EXP-26-GEO-TEST-V-2021 **Cantera** : Calicata 02
Codigo de formato : PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-06 **N° de muestra** : M-1
Peticionario : Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL **Clase de material** : ALTERADO
Ubicación : CHAQUICOCHA-CONCEPCION - JUNIN **Norma** : NTP-ASTM-MTC
Estructura : - - **Ensayado por** : A.Y.G.
Fecha de recepción : Junio 2021 **Fecha de emisión** : Noviembre 2021

Hoja: 02 de 02

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129 (2014)-ASTM D 4318-MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	-	-	-	-	-
Nro. De cápsula	-	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo humedo (g)	58.70	53.20	56.30	21.50	30.80
Masa cápsula + Suelo seco (g)	49.80	45.40	48.50	21.00	28.80
Masa cápsula (g)	10.40	10.20	11.70	17.90	17.30
Masa del agua (g)	8.90	7.80	7.80	0.50	2.00
Masa del suelo seco (g)	39.40	35.20	36.80	3.10	11.50
Contenido de humedad %	22.59 %	22.16 %	21.20 %	16.13 %	17.39
Nro. De golpes	17	27	33	I	II



LÍMITE LÍQUIDO	
LL. :	22.04

LÍMITE PLÁSTICO	
LP. :	16.76

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP. :	5.28

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT:ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



[Firma manuscrita]



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-DHILCA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE DDN AV. LEONCIO PRADO) GEOEST.V@GMAIL.COM
 CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: "DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"
 Expediente N° : EXP-26-GEO-TEST-V-2021 Cantera : Calicata 01
 Codigo de formato : PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-06 N° de muestra : M-1
 Peticionario : Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL Clase de material : ALTERADO
 Ubicación : CHAQUICOCHA-CONCEPCION - JUNIN Norma : NTP-ASTM-MTC
 Estructura : - - Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de recepción : Junio 2021 Fecha de emisión : Noviembre 2021

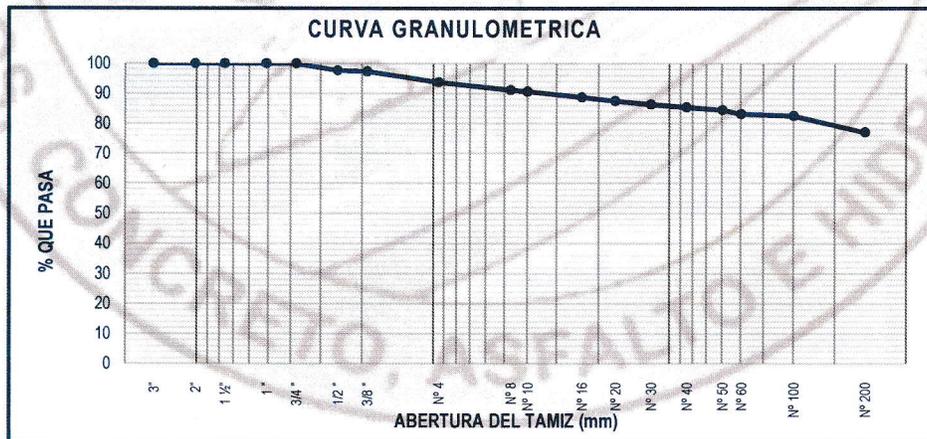
ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
NTP 339.128 (1999)-ASTM D 422-MTC E 107

Hoja: 01 de 02

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	145.00	2.31	2.31	97.69
3/8"	9.53	25.00	0.40	2.71	97.29
N° 4	4.76	219.00	3.49	6.20	93.80
N° 8	2.36	166.06	2.64	8.84	91.16
N° 10	2.00	32.01	0.51	9.35	90.65
N° 16	1.18	120.04	1.91	11.26	88.74
N° 20	0.85	78.03	1.24	12.50	87.50
N° 30	0.60	72.03	1.15	13.65	86.35
N° 40	0.43	60.02	0.96	14.61	85.39
N° 50	0.30	54.02	0.86	15.47	84.53
N° 60	0.25	88.03	1.40	16.87	83.13
N° 100	0.15	40.01	0.64	17.51	82.49
N° 200	0.075	344.00	5.48	22.99	77.01
FONDO		4835.75	77.01	100.00	0.00
TOTAL		6279.00	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	6.20 %
ARENA	16.79 %
FINO	77.01 %
TOTAL	100.00 %

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127)	
Código de recipiente	P-07
Masa de recipiente (g)	49.00 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	362.09 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	315.75 g
Masa de agua (g)	46.34 g
Masa de suelo seco (g)	266.75 g
Contenido de humedad %	17.37 %



Simbolo del grupo (SUCS) = CL
 Nombre del grupo (SUCS) = ARCILLA LIGERA DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA
 AASHTO = A-4 (0)



[Handwritten signature]



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-CHILCA E-MAIL : LABGEOESTVD2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEOTEST.V@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

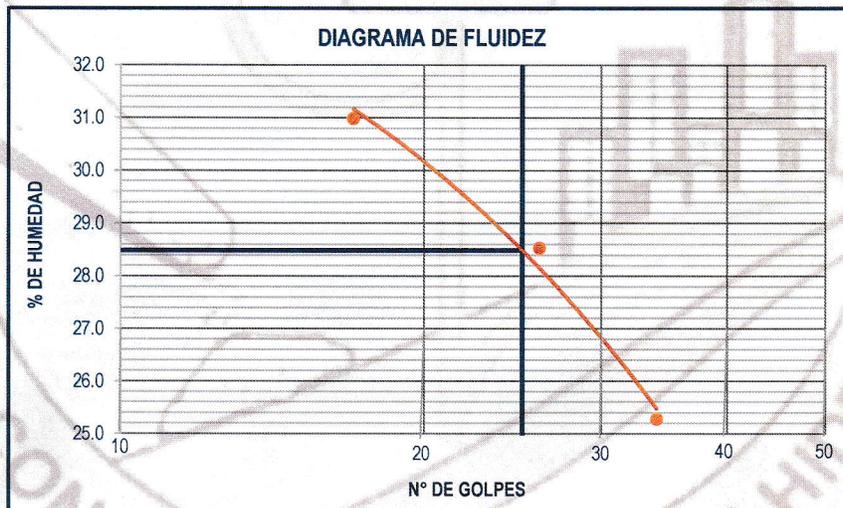
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: "DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"
Expediente N° : EXP-26-GEO-TEST-V-2021 **Cantera** : Calicata 01
Codigo de formato : PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-06 **N° de muestra** : M-1
Peticionario : Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL **Clase de material** : ALTERADO
Ubicación : CHAQUICOCHA-CONCEPCION - JUNIN **Norma** : NTP-ASTM-MTC
Estructura : - - **Ensayado por** : A.Y.G.
Fecha de recepción : Junio 2021 **Fecha de emisión** : Noviembre 2021

Hoja: 02 de 02

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129 (2014)-ASTM D 4318-MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	-	-	-	-	-
Nro. De cápsula	-	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo humedo (g)	74.32	53.00	46.00	22.50	23.80
Masa cápsula + Suelo seco (g)	60.50	43.90	39.20	21.60	22.80
Masa cápsula (g)	15.90	12.00	12.30	17.00	17.20
Masa del agua (g)	13.82	9.10	6.80	0.90	1.00
Masa del suelo seco (g)	44.60	31.90	26.90	4.60	5.60
Contenido de humedad %	30.99 %	28.53 %	25.28 %	19.57 %	17.86 %
Nro. De golpes	17	26	34	I	II



LÍMITE LÍQUIDO
LL. : 28.49

LÍMITE PLÁSTICO
LP. : 18.71

ÍNDICE PLÁSTICO
IP. : 9.78

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT:ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)



Proyecto:	: TESIS-"DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"		
Solicita	: Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL	Codigo de formato	: : PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Ubicación	: Chaquicocha-Concepcion-Junin	Profundidad	: 3.0 m
Calicata	: C1	N° de muestra	: M1
Clase de material	: Muestra de Calicata	Estado	: Disturbado
Progresiva	-	Ensayado por	: A.Y.G
		Fecha de emisión	: Noviembre 2021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)

Hoja: 01 de 02

Esfuerzos	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Esfuerzo Normal (kg/cm2)	0.86	1.73	3.46
Esfuerzo Corte maximo (kg/cm2)	0.46	0.87	1.78
Esfuerzo Corte minimo (kg/cm2)	0.06	0.44	0.71

Resultados	
Cohesión (kg/cm2)	0.009 kg/cm2
Ángulo de fricción (°)	27.1 °

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.06	0.07
0.25	0.10	0.12
0.30	0.16	0.18
0.35	0.22	0.26
0.40	0.26	0.30
0.45	0.30	0.35
0.50	0.32	0.37
0.55	0.35	0.41
0.60	0.37	0.42
0.65	0.38	0.44
0.70	0.40	0.46
0.75	0.41	0.48
0.80	0.42	0.49
0.85	0.44	0.50
0.90	0.44	0.51
0.95	0.45	0.52
1.00	0.46	0.53
1.05	0.46	0.53
1.10	0.46	0.54
1.15	0.46	0.54
1.20	0.46	0.53

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.44	0.25
0.25	0.56	0.32
0.30	0.66	0.38
0.35	0.72	0.42
0.40	0.75	0.44
0.45	0.79	0.46
0.50	0.80	0.46
0.55	0.82	0.48
0.60	0.83	0.48
0.65	0.85	0.49
0.70	0.86	0.50
0.75	0.86	0.50
0.80	0.87	0.51
0.85	0.87	0.50

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.71	0.21
0.25	1.16	0.33
0.30	1.38	0.40
0.35	1.50	0.43
0.40	1.55	0.45
0.45	1.60	0.46
0.50	1.66	0.48
0.55	1.71	0.49
0.60	1.76	0.51
0.65	1.78	0.51
0.70	1.78	0.52
0.75	1.78	0.51



GEO TEST V S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO ASFALTO E HIDRAULICA

[Handwritten Signature]



DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGEO TEST V D 2 @ G M A I L . C O M
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROGARRIL CRUCE CON GEO TEST V @ G M A I L . C O M
 AV. LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 DELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 RUC : 20606529229

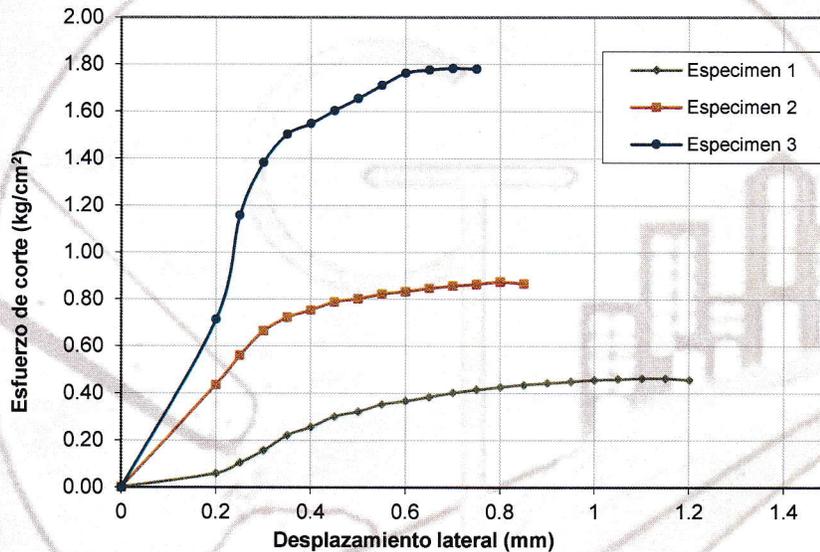
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)

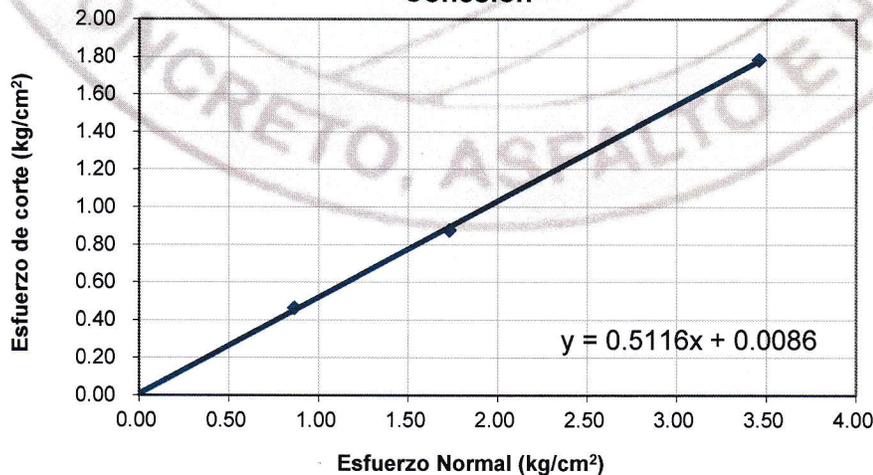
Proyecto:	: TESIS-"DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"		
Solicita	: Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL	Codigo de formato	: PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Ubicación	: Chaquicocha-Concepcion-Junin	Profundidad	: 3.0 m
Calicata	: C1	N° de muestra	: M1
Clase de material	: Muestra de Calicata	Estado	: Disturbado
Progresiva	--	Ensayado por	: A.Y.G
		Fecha de emisión	: Noviembre 2021

Hoja: 02 de 02

Graficos del Ensayo de Corte Directo



Cohesión



[Firma manuscrita]

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)



Proyecto:	: TESIS-"DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"		
Solicita	: Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL	Codigo de formato	: : PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Ubicación	: Chaquicocha-Concepcion-Junin	Profundidad	: 3.0 m
Calicata	: C2	N° de muestra	: M1
Clase de material	: Muestra de Calicata	Estado	: Disturbado
Progresiva	-	Ensayado por	: A.Y.G
		Fecha de emisión	: Noviembre 2021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)

Hoja: 01 de 02

Esfuerzos	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.86	1.73	3.46
Esfuerzo Corte maximo (kg/cm ²)	0.44	0.88	1.76
Esfuerzo Corte minimo (kg/cm ²)	0.07	0.41	0.68

Resultados	
Cohesión (kg/cm ²)	0.000 kg/cm ²
Ángulo de fricción (°)	27.0 °

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.07	0.08
0.25	0.11	0.13
0.30	0.17	0.19
0.35	0.21	0.24
0.40	0.25	0.28
0.45	0.29	0.34
0.50	0.30	0.35
0.55	0.34	0.39
0.60	0.35	0.40
0.65	0.36	0.42
0.70	0.37	0.43
0.75	0.38	0.44
0.80	0.39	0.46
0.85	0.40	0.46
0.90	0.41	0.48
0.95	0.42	0.48
1.00	0.43	0.50
1.05	0.44	0.50
1.10	0.44	0.51
1.15	0.44	0.51
1.20	0.43	0.50

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.41	0.24
0.25	0.55	0.32
0.30	0.65	0.38
0.35	0.73	0.42
0.40	0.76	0.44
0.45	0.79	0.46
0.50	0.80	0.46
0.55	0.81	0.47
0.60	0.83	0.48
0.65	0.85	0.49
0.70	0.87	0.50
0.75	0.88	0.51
0.80	0.88	0.51
0.85	0.88	0.51

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.68	0.20
0.25	1.10	0.32
0.30	1.37	0.40
0.35	1.47	0.43
0.40	1.52	0.44
0.45	1.57	0.45
0.50	1.61	0.46
0.55	1.70	0.49
0.60	1.75	0.51
0.65	1.76	0.51
0.70	1.76	0.51
0.75	1.75	0.51



GEO TEST V S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

[Handwritten Signature]



DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - DHILCA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON GEOEST.V@GMAIL.COM
 AV. LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C.
 DELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

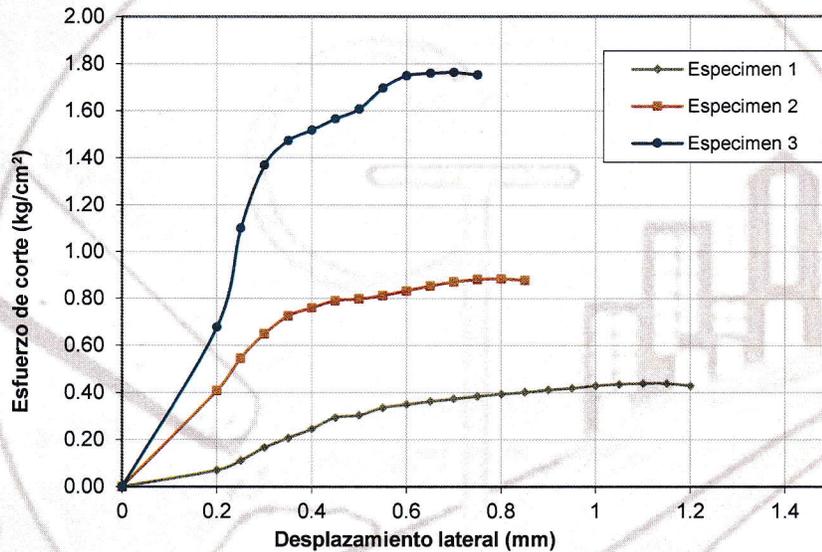
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)

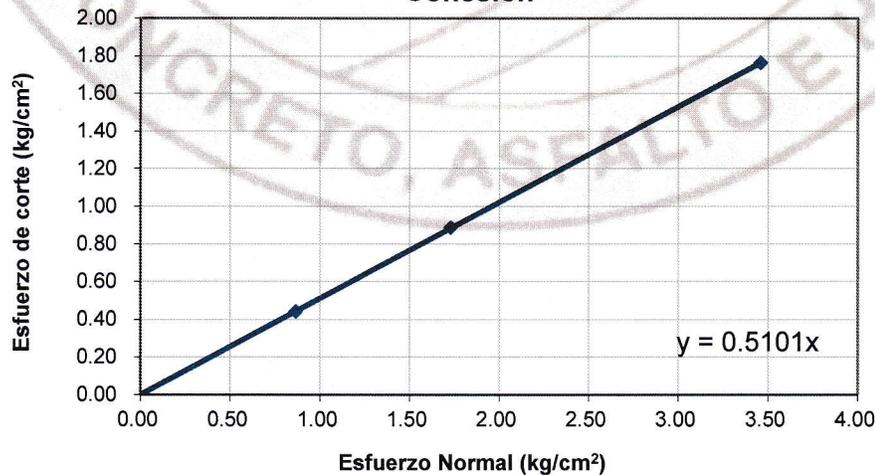
Proyecto:	: TESIS-"DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"		
Solicita	: Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL	Codigo de formato	: PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Ubicación	: Chaquicocha-Concepcion-Junin	Profundidad	: 3.0 m
Calicata	: C2	N° de muestra	: M1
Clase de material	: Muestra de Calicata	Estado	: Disturbado
Progresiva	--	Ensayado por	: A.Y.G
		Fecha de emisión	: Noviembre 2021

Hoja: 02 de 02

Graficos del Ensayo de Corte Directo



Cohesión



[Firma manuscrita]

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)



Proyecto:	: TESIS-"DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"		
Solicita	: Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL	Codigo de formato	: : PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Ubicación	: Chaquicocha-Concepcion-Junin	Profundidad	: 3.0 m
Calicata	: C3	N° de muestra	: M1
Clase de material	: Muestra de Calicata	Estado	: Disturbado
Progresiva	-	Ensayado por	: A.Y.G
		Fecha de emisión	: Noviembre 2021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)

Hoja: 01 de 02

ESPECIMENES	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Volumen del anillo	58.14 cm ³	58.14 cm ³	58.14 cm ³
Masa de la tara	16.13 g	16.43 g	10.49 g
Masa de la tara+ suelo húmedo	121.77 g	135.87 g	131.36 g
Masa de la tara+ suelo seco	105.02 g	119.32 g	117.44 g
contenido de humedad	18.84 %	16.09 %	13.02 %
Densidad seca	1.53 g/cm ³	1.77 g/cm ³	1.84 g/cm ³
Densidad húmeda	1.82 g/cm ³	2.05 g/cm ³	2.08 g/cm ³
Esfuerzos	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.86	1.73	3.46
Esfuerzo Corte maximo (kg/cm ²)	0.82	1.22	1.49
Esfuerzo Corte minimo (kg/cm ²)	0.25	0.46	0.84

Resultados	
Cohesión (kg/cm ²)	0.684 kg/cm ²
Ángulo de fricción (°)	13.8 °

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.25	0.29
0.25	0.42	0.48
0.30	0.48	0.56
0.35	0.52	0.60
0.40	0.55	0.64
0.45	0.57	0.66
0.50	0.59	0.69
0.55	0.62	0.71
0.60	0.64	0.74
0.65	0.65	0.76
0.70	0.66	0.76
0.75	0.67	0.78
0.80	0.68	0.78
0.85	0.69	0.80
0.90	0.70	0.82
0.95	0.72	0.84
1.00	0.74	0.85
1.05	0.74	0.86
1.10	0.75	0.87
1.15	0.76	0.88
1.20	0.77	0.89
1.25	0.78	0.90
1.30	0.79	0.91
1.35	0.79	0.92
1.40	0.81	0.93
1.45	0.82	0.95

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.46	0.26
0.25	0.73	0.42
0.30	0.86	0.50
0.35	0.94	0.55
0.40	1.01	0.58
0.45	1.06	0.61
0.50	1.10	0.64
0.55	1.13	0.66
0.60	1.16	0.67
0.65	1.18	0.68
0.70	1.20	0.69
0.75	1.21	0.70
0.80	1.22	0.70
0.85	1.22	0.70
0.90	1.22	0.71
0.95	1.22	0.71

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.84	0.24
0.25	1.14	0.33
0.30	1.27	0.37
0.35	1.36	0.39
0.40	1.43	0.41
0.45	1.46	0.42
0.50	1.48	0.43
0.55	1.49	0.43
0.60	1.49	0.43



GEO TEST V S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

[Handwritten Signature]



DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERRODARRIL CRUCE CON GEOEST.V@GMAIL.COM
 AV. LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C.
 CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

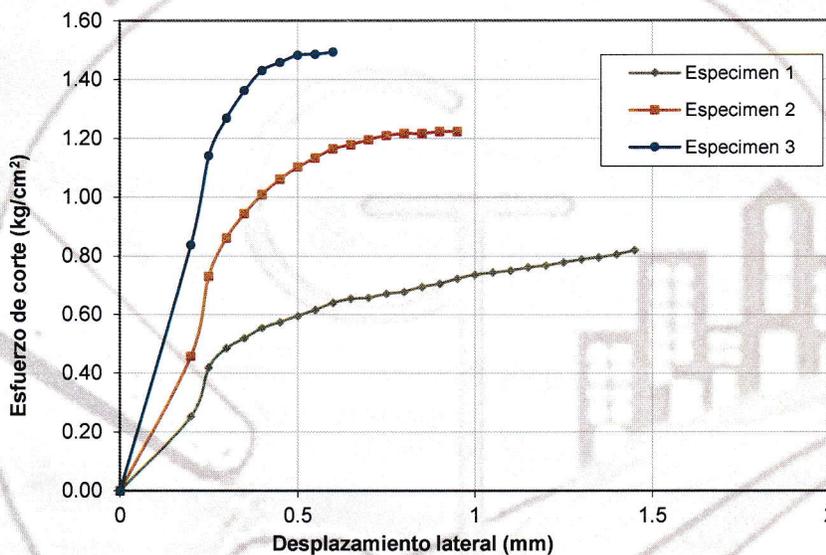
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)

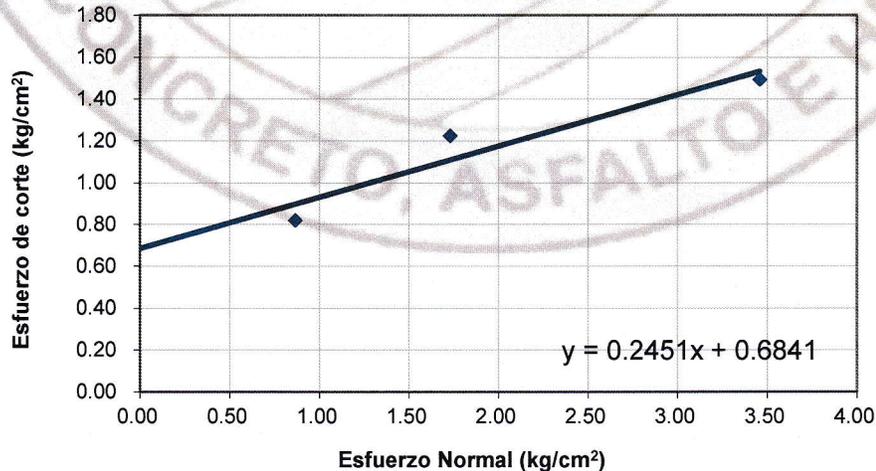
Proyecto:	: TESIS-"DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, AL		
Solicita	: Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL	Codigo de formato	: PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Ubicación	: Chaquicocha-Concepcion-Junin	Profundidad	: 3.0 m
Calicata	: C3	N° de muestra	: M1
Clase de material	: Muestra de Calicata	Estado	: Disturbado
Progresiva	--	Ensayado por	: A.Y.G
		Fecha de emisión	: Noviembre 2021

Hoja: 02 de 02

Graficos del Ensayo de Corte Directo



Cohesión



[Handwritten signature]

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)



Proyecto:	: TESIS-"DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"		
Solicita	: Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL	Codigo de formato	: : PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Ubicación	: Chaquicocha-Concepcion-Junin	Profundidad	: 3.0 m
Calicata	: C4	N° de muestra	: M1
Clase de material	: Muestra de Calicata	Estado	: Disturbado
Progresiva	-	Ensayado por	: A.Y.G
		Fecha de emisión	: Noviembre 2021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)

Hoja: 01 de 02

Esfuerzos	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.86	1.73	3.46
Esfuerzo Corte maximo (kg/cm ²)	0.44	0.87	1.72
Esfuerzo Corte minimo (kg/cm ²)	0.07	0.42	0.61

Resultados	
Cohesión (kg/cm ²)	0.016 kg/cm ²
Angulo de fricción (°)	26.2 °

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.07	0.08
0.25	0.09	0.10
0.30	0.17	0.19
0.35	0.20	0.24
0.40	0.25	0.29
0.45	0.28	0.32
0.50	0.30	0.34
0.55	0.32	0.37
0.60	0.34	0.39
0.65	0.35	0.40
0.70	0.36	0.41
0.75	0.37	0.43
0.80	0.38	0.44
0.85	0.39	0.45
0.90	0.40	0.46
0.95	0.41	0.48
1.00	0.42	0.48
1.05	0.42	0.49
1.10	0.43	0.50
1.15	0.44	0.51
1.20	0.43	0.50

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.42	0.24
0.25	0.54	0.31
0.30	0.66	0.38
0.35	0.74	0.43
0.40	0.78	0.45
0.45	0.79	0.46
0.50	0.80	0.46
0.55	0.81	0.47
0.60	0.83	0.48
0.65	0.85	0.49
0.70	0.86	0.50
0.75	0.86	0.50
0.80	0.87	0.50
0.85	0.86	0.50

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.61	0.18
0.25	1.12	0.32
0.30	1.40	0.40
0.35	1.56	0.45
0.40	1.62	0.47
0.45	1.68	0.48
0.50	1.70	0.49
0.55	1.71	0.49
0.60	1.71	0.50
0.65	1.72	0.50
0.70	1.72	0.50
0.75	1.71	0.50



GEO TEST V S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

[Handwritten Signature]



DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - DHILCA E-MAIL : LABGEOTESTVD2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON GEOTEST.V@GMAIL.COM
 AV. LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 DELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

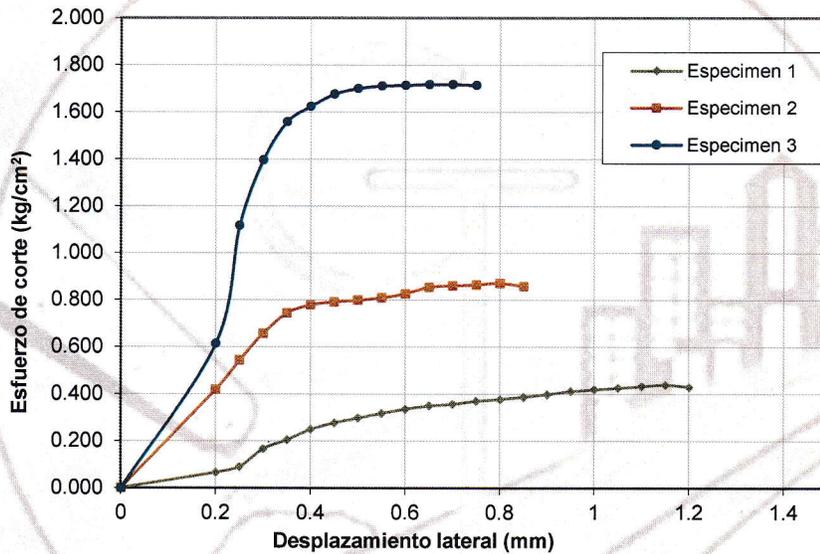
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)

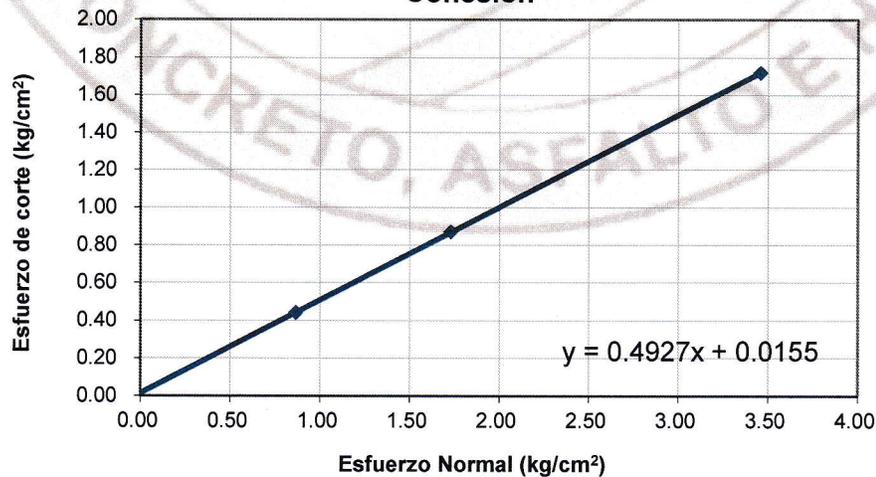
Proyecto:	: TESIS-"DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"		
Solicita	: Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL	Codigo de formato	: PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Ubicación	: Chaquicocha-Concepcion-Junin	Profundidad	: 3.0 m
Calicata	: C4	N° de muestra	: M3
Clase de material	: Muestra de Calicata	Estado	: Disturbado
Progresiva	--	Ensayado por	: A.Y.G
		Fecha de emisión	: Noviembre 2021

Hoja: 02 de 02

Graficos del Ensayo de Corte Directo



Cohesión



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)



Proyecto:	: TESIS-"DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"		
Solicita	: Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL	Codigo de formato	: : PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Ubicación	: Chaquicocha-Concepcion-Junin	Profundidad	: 3.0 m
Calicata	: C5	N° de muestra	: M1
Clase de material	: Muestra de Calicata	Estado	: Disturbado
Progresiva	-	Ensayado por	: A.Y.G
		Fecha de emisión	: Noviembre 2021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)

Hoja: 01 de 02

Esfuerzos	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.86	1.73	3.46
Esfuerzo Corte maximo (kg/cm ²)	0.49	1.02	1.77
Esfuerzo Corte minimo (kg/cm ²)	0.08	0.41	0.68

Resultados	
Cohesión (kg/cm ²)	0.116 kg/cm ²
Angulo de fricción (°)	25.9 °

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.08	0.09
0.25	0.11	0.13
0.30	0.17	0.19
0.35	0.21	0.24
0.40	0.25	0.28
0.45	0.29	0.34
0.50	0.30	0.35
0.55	0.34	0.39
0.60	0.35	0.40
0.65	0.36	0.42
0.70	0.38	0.44
0.75	0.38	0.44
0.80	0.40	0.47
0.85	0.40	0.46
0.90	0.47	0.54
0.95	0.49	0.57

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.41	0.24
0.25	0.55	0.32
0.30	0.65	0.38
0.35	0.73	0.42
0.40	0.76	0.44
0.45	0.79	0.46
0.50	0.80	0.46
0.55	0.81	0.47
0.60	0.84	0.48
0.65	0.85	0.49
0.70	0.87	0.51
0.75	0.88	0.51
0.80	0.90	0.52
0.85	0.91	0.53
0.90	0.93	0.54
0.95	1.02	0.59

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.68	0.20
0.25	1.10	0.32
0.30	1.37	0.40
0.35	1.47	0.43
0.40	1.52	0.44
0.45	1.57	0.45
0.50	1.61	0.46
0.55	1.70	0.49
0.60	1.75	0.51
0.65	1.76	0.51
0.70	1.76	0.51
0.75	1.77	0.51



GEO TEST V S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-CHILDA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM
 (REF.A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE GEOEST.V@GMAIL.COM
 PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV.LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 DELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

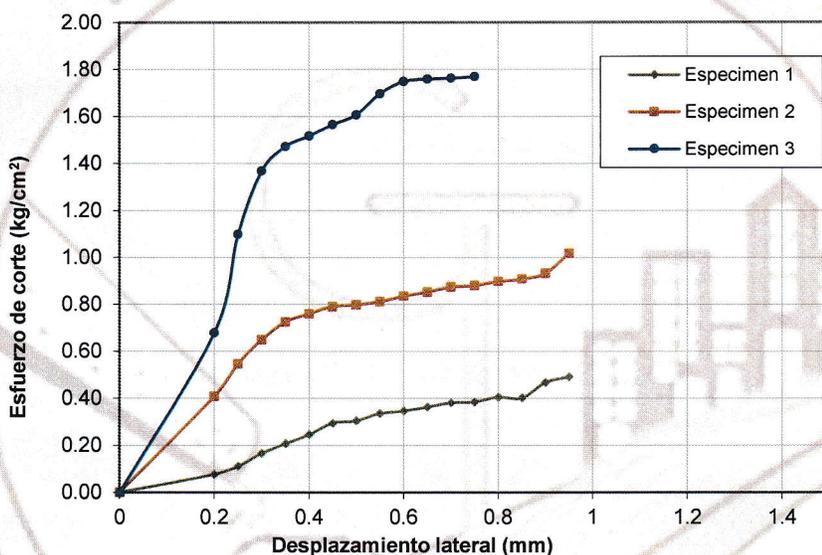
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)

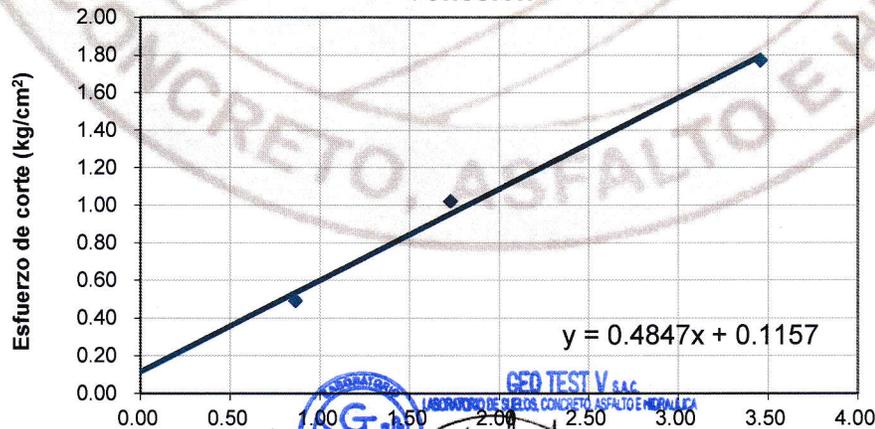
Proyecto:	: TESIS-"DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA"		
Solicita	: Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL	Codigo de formato	: PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Ubicación	: Chaquicocha-Concepcion-Junin	Profundidad	: 3.0 m
Calicata	: C5	N° de muestra	: M3
Clase de material	: Muestra de Calicata	Estado	: Disturbado
Progresiva	--	Ensayado por	: A.Y.G
		Fecha de emisión	: Noviembre 2021

Hoja: 02 de 02

Graficos del Ensayo de Corte Directo



Cohesión



ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-DHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV02@GMAIL.COM
 (REF.A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV.LEONCIO PRADO) GEOTEST.V@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS-“DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA”	
Expediente N°	: PCA-EX-026-2021	Calicata : VARIOS
Codigo de formato	: PCA-EX-04/ REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra : ---
Peticionario	: Bach. MOLINA SALAS, MIGUEL ANGEL	Clase de material : INALTERADO
Ubicación	: CHAQUICOCHA- CONCEPCION-JUNIN	Norma : NTP-ASTM-MTC
Estructura	: -	Ensayado por : A.Y.G
Fecha de recepción	: Junio 2021	Fecha de emisión : Noviembre 2021

DENSIDAD NATURAL DE SUELOS

CALICATA 01

Masa de cubo tallado (3cm * 3cm) (gr) : 44.31
 Volumen de cubo (cm3) : 27.00
 Densidad Natural (gr/cm3) : 1.641

CALICATA 02

Masa de cubo tallado (3cm * 3cm) (gr) : 44.50
 Volumen de cubo (cm3) : 27.00
 Densidad Natural (gr/cm3) : 1.648

CALICATA 03

Masa de cubo tallado (3cm * 3cm) (gr) : 44.28
 Volumen de cubo (cm3) : 27.00
 Densidad Natural (gr/cm3) : 1.640

CALICATA 04

Masa de cubo tallado (3cm * 3cm) (gr) : 44.25
 Volumen de cubo (cm3) : 27.00
 Densidad Natural (gr/cm3) : 1.639

CALICATA 05

Masa de cubo tallado (3cm * 3cm) (gr) : 44.39
 Volumen de cubo (cm3) : 27.00
 Densidad Natural (gr/cm3) : 1.644



GEO TEST V.S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

(Handwritten Signature)
ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR EL pH EN EL AGUA (ASTM D-1293) (MTC E 718)

IDENTIFICACION	RESULTADO (ppm)
ENTRADA AL PTAR – CHAQUICOCHA	8.6

DETERMINAR EL pH EN EL AGUA (ASTM D-1293) (MTC E 718)

IDENTIFICACION	RESULTADO (ppm)
SALIDA DEL PTAR – CHAQUICOCHA	8.0

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS



JAVIER GARCÍA PACHÉRES
Técnico de Laboratorio

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

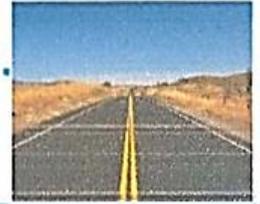
ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos





GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR EL pH EN EL AGUA (ASTM D-1293) (MTC E 718)

IDENTIFICACION	RESULTADO (ppm)
ENTRADA AL PTAR – USIBAMBA	8.9

DETERMINAR EL pH EN EL AGUA (ASTM D-1293) (MTC E 718)

IDENTIFICACION	RESULTADO (ppm)
SALIDA DEL PTAR – USIBAMBA	8.6

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

ING ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

JAVIER GARCÍA PACHERRES
Técnico de Laboratorio



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DB05)

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
ENTRADA AL PTAR – CHAQUICOCHA	245.0

DETERMINAR LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DB05)

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
SALIDA DEL PTAR – CHAQUICOCHA	130.0

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS



JAVIER GARCÍA PACHERRES
Técnico de Laboratorio

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS



ING. ELÍAS CARDENAS OCHOA
C/P. 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos

Av. Villarín Cdra. 8 Dpto. 202
Block B – Oeste Surquillo
REGISTRÓ INDECOPÍ N° 00048729

e-mail: geoproject_ingenieros@hotmail.com
geoservi@hotmail.com



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DB05)

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
ENTRADA AL PTAR – USIBMABA	239.0

DETERMINAR LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DB05)

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
SALIDA DEL PTAR – USIBAMBA	135.0

Av. Villarán Cdra. 8 Dpto. 202
Block B – Oeste Surquillo
REGISTRÓ INDECOPÍ N° 00048729

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

[Signature]

JAVIER GARCÍA PACHERRES
Técnico de Laboratorio

e-mail: geoproject_ingenieros@hotmail.com
geoservi@hotmail.com

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

[Signature]

ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR LA DEMANDA QUIMICA (DQO)

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
ENTRADA AL PTAR – CHAQUICOCHA	420.0

DETERMINAR LA DEMANDA QUIMICA (DQO)

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
SALIDA DEL PTAR – CHAQUICOCHA	235.0

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

[Signature]

JAVIER GARCÍA PACHERRES
Técnico de Laboratorio

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

[Signature]

ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos

Av. Villarán Cdra. 8 Dpto. 202
Block B – Oeste Surquillo
REGISTRÓ INDECOPÍ N° 00048729

e-mail: geoproject_ingenieros@hotmail.com
geoservi@hotmail.com



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR LA DEMANDA QUIMICA (DQO)

IDENTIFICACION	RESULTADO ((mg/litro)
ENTRADA AL PTAR – USIBAMBA	405.0

DETERMINAR LA DEMANDA QUIMICA (DQO)

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
SALIDA DEL PTAR – USIBAMBA	230.0

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

JAVIER GARCÍA PACHERRES
Técnico de Laboratorio

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos

Av. Villarán Cdra. 8 Dpto. 202
Block B – Oeste Surquillo
REGISTRÓ INDECOPI N° 00048729

e-mail: geoproject_ingenieros@hotmail.com
geoservi@hotmail.com



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR EL FOSFORO TOTAL EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
ENTRADA AL PTAR – CHAQUICOCHA	7.0

DETERMINAR EL FOSFORO TOTAL EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
SALIDA DEL PTAR – CHAQUICOCHA	3.9

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

[Handwritten Signature]

JAVIER GARCIA PACHERRES
Técnico de Laboratorio

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

ING. ELIAS GARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos

Av. Villarán Cdra. 8 Dpto. 202
Block B – Oeste Surquillo
REGISTRÓ INDECOPI N° 00048729

e-mail: geoproject_ingenieros@hotmail.com
geoservi@hotmail.com



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR EL FOSFORO TOTAL EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
ENTRADA AL PTAR – USIBAMBA	7.9

DETERMINAR EL FOSFORO TOTAL EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
SALIDA DEL PTAR – USIBAMBA	4.5

Av. Villarán Cdra. 8 Dpto. 202
Block B – Oeste Surquillo
REGISTRÓ INDECOPI N° 00048729

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

[Handwritten Signature]

JAVIER GARCÍA PACHERRES
Técnico de Laboratorio

e-mail: geoproject_ingenieros@hotmail.com
geoservi@hotmail.com

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR EL NITROGENO TOTAL EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
ENTRADA AL PTAR – CHAQUICOCHA	25.0

DETERMINAR EL NITROGENO TOTAL EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
SALIDA DEL PTAR – CHAQUICOCHA	19.4

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

[Handwritten Signature]

JAVIER GARCIA PACHERRES
Técnico de Laboratorio

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos

Av. Villarán Cdra. 8 Dpto. 202
Block B – Oeste Surquillo
REGISTRÓ INDECOPÍ N° 00048729

e-mail: geoproject_ingenieros@hotmail.com
geoservi@hotmail.com



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR EL NITROGENO TOTAL EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro))
ENTRADA AL PTAR – USIBAMBA	24.8

DETERMINAR EL NITROGENO TOTAL EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
SALIDA DEL PTAR – USIBAMBA	18.9

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS



JAVIER GARCÍA PACHÉRRERES
Técnico de Laboratorio

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

ING. ELIAS GARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos

Av. Villarán Cdra. 8 Dpto. 202
Block B – Oeste Surquillo
REGISTRÓ INDECOPI N° 00048729

e-mail: geoproject_ingenieros@hotmail.com
geoservi@hotmail.com



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR ALUMINIO TOTAL EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
ENTRADA AL PTAR – CHAQUICOCHA	0.08

DETERMINAR ALUMINIO TOTAL EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
SALIDA DEL PTAR – CHAQUICOCHA	0.05

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

[Signature]

JAVIER GARCÍA PACHERRES
Técnico de Laboratorio

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR ALUMINIO TOTAL EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
ENTRADA AL PTAR – USIBAMBA	0.07

DETERMINAR ALUMINIO TOTAL EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (mg/litro)
SALIDA DEL PTAR – USIBAMBA	0.04

Av. Villarán Cdra. 8 Dpto. 202
Block B – Oeste Surquillo
REGISTRÓ INDECOPÍ N° 00048729

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS



JAVIER GARCÍA PACHERRES
Técnico de Laboratorio

e-mail: geoproject_ingenieros@hotmail.com
geoservi@hotmail.com

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR GRASAS Y ACEITES EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (ppm)
ENTRADA AL PTAR – CHAQUICOCHA	2.5

DETERMINAR GRASAS Y ACEITES EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (ppm)
SALIDA DEL PTAR – CHAQUICOCHA	1.9

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

[Signature]

JAVIER GARCÍA PACHERRES
Técnico de Laboratorio

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

[Signature]

ING ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR GRASAS Y ACEITES EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (ppm)
ENTRADA AL PTAR – USIBAMBA	2.6

DETERMINAR GRASAS Y ACEITES EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (ppm)
SALIDA DEL PTAR – USIBAMBA	1.8

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

[Signature]

JAVIER GARCÍA PACHERRES
Técnico de Laboratorio

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

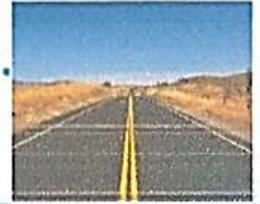
[Signature]

ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
C/P 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR INDICES DE COLIFORMES TOTALES EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (NMP/100 ml)
ENTRADA AL PTAR – CHAQUICOCHA	256.0

DETERMINAR INDICES DE COLIFORMES TOTALES EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (NMP/100 ml)
SALIDA DEL PTAR – CHAQUICOCHA	150.0

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS



JAVIER GARCÍA PACHÉRRÉS
Técnico de Laboratorio

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

ING ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos

Av. Villarán Cdra. 8 Dpto. 202
Block B – Oeste Surquillo
REGISTRÓ INDECOPI N° 00048729

e-mail: geoproject_ingenieros@hotmail.com
geoservi@hotmail.com



GEOPROJECT INGENIEROS S.A.C.

SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS
OBRAS CIVILES – CONSULTORIA – PROYECTOS Y SUPERVISION
995507949 / 988476103



TRABAJO : DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ALTO CUNAS, CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CHAQUICOCHA – CONCEPCION – REGION JUNIN

SOLICITA : MIGUEL ANGEL MOLINA SALAS

FECHA DE MUESTREO : 04/02/2022

FECHA DE ENSAYO : 18/02/2022

MUESTRA : AGUA RESIDUAL

IDENTIFICACION : LA QUE SE INDICA

PRESENTACION : (02) ENVASES PLASTICOS

DETERMINAR INDICES DE COLIFORMES TOTALES EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (NMP/100 ml)
ENTRADA AL PTAR – USIBAMBA	245.0

DETERMINAR INDICES DE COLIFORMES TOTALES EN EL AGUA

IDENTIFICACION	RESULTADO (NMP/100 ml)
SALIDA DEL PTAR – USIBAMBA	139.8

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos

GEOPROJECT INGENIEROS SAC
SERVICIOS GEOTECNICOS E INGENIEROS CONTRATISTAS

JAMIER GARCIA PACHERRES
Técnico de Laboratorio

Av. Villarán Cdra. 8 Dpto. 202
Block B – Oeste Surquillo
REGISTRÓ INDECOPI N° 00048729

e-mail: geoproject_ingenieros@hotmail.com
geoservi@hotmail.com

CALCULO PARA EL CAUDAL RED DE ALCANTARILLADO

A) PARAMETROS DE DISEÑO

01) Poblacion Actual	425	hab
02) Tasa de Crecimiento	0.34	
03) Periodo de Diseño	20	Años
04) Poblacion de Diseño	454.0	hab
05) Dotacion	100.00	lt/(habxdia)
06) Factor de Retorno	0.80	
07) Long. de la red	9,528	m
08) N° Buzones	139.00	
07) Dot. Infiltracion tuberia	20.00	lt/mxdia
08) Dot. Infiltracion buzones	380.00	lt/buzonxdia

B) RESULTADOS

Caudal medio	36.32000	m ³ /dia
	0.00042	m ³ /seg
Caudal maximo diario	0.00055	m ³ /seg
Caudal maximo horario	0.00084	m ³ /seg
Caudal max. horario del max. diario	0.00109	m ³ /seg
Caudal de infiltracion tuberia	190.55988	m ³ /dia
	0.00221	m ³ /seg
Caudal de infiltracion lluvia buzon	52.82000	m ³ /dia
	0.00061	m ³ /seg
QMH _{diseño}	0.00366	m ³ /seg

DISEÑO: CAMARA DE REJAS

Cámara de Rejas

A) CALCULO DEL TIRANTE HIDRAULICO AGUAS ARRIBA DE LA REJA

DATOS DE INGRESO			
Coef. De variacion max. Horaria	$K2=$	2.00	
Coef. De variacion minima	$K3=$	0.50	
Caudal Promedio	$Qp=$	0.00366	m ³ /s
Caudal Máximo Horario	$Qmh=$	0.00732	m ³ /s
Caudal Mínimo	$Qmin=$	0.00183	m ³ /s
Coeficiente de Manning	$n=$	0.01300	
Pendiente del Canal	$S=$	0.00200	m/m.
Separación entre barras	$a=$	0.2	cm.
Ancho de las barras	$e=$	0.8	cm.
Velocidad entre rejas	$V=$	0.75	m/s.
Eficiencia entre las rejas	$E= (a/(e+a))$	0.20	

Según NTP: espaciamento 20-50 mm

Según NTP: espesor 5-15 mm

Eficiencia: 0.60-0.75 recom: 0.75

RESULTADOS			
Area útil (Azr)	$Au=Qmh/V$	0.0098	m ²
Velocidad maxima en el canal	$Vo=V*E$	0.15	m/s.
Area aguas arriba de la reja (Aar)	$Aar=Qmh/Vo$	0.0488	m ²
Ancho sugerido (B)	$B=$	0.30	m.
Tirante para reja limpia (Ymáx)	$Ymáx=Aar/B$	0.163	m.
Hf (Pérdida de carga Metcalf)	$hf=1.143(V^2-Vo^2)/2g$	0.031	m.
Para rejas sucias			
Area obstruida (50%)	$Aob=Aar *1.5$	0.073	m ²
Tirante	$Aob/B=$	0.244	m.
Para Caudal Minimo			
Tirante <i>itere tirantes</i>	$Qp/K3$	0.1540	m.
Caudal		0.02827	m ³ /s.
Velocidad minima		0.04	m/s.

Según NTP: 0.30-0.60 m/s; mayormente C

sewer cad

Según NTP: 0.30-0.60 m/s; mayormente C

B) DISEÑO DE REJAS

N (Número de barras)	$N=$	31	barras
Pérdida de carga en las rejas:			
Veloc.a través de rejas sucias	$v=2*V$	1.50	m/s.
Velocidad aguas arriba	$Vo=$	0.15	m/s.
Pérdida de carga (sucia)	$hf=1.143(v^2-Vo^2)/2g$	0.13	m.

C) CALCULO DE LA LONGITUD DE LA TRANSICION

Caudal máximo horario	$Qmh=$	0.00732	m ³ /s.
Diámetro de la tubería de llegada	$D=$	0.200	m.
Velocidad en la tubería de llegada	$V1=$	1.89	m/s.
Longitud de transición	$L=$	0.23	m.
Pérdida de carga en la transición	$hf=0.1(V1-Vo)/2g$	0.0154	m.

Sewer Cad

Sewer Cad

1

D) CALCULO DE LA VENTANA DE CAPTACION DE LA CANALETA BY PASS

Caudal máximo horario	D=	0.0073	m3/s.
Separación entre barras	a1=	0.20	cm.
Ancho de las barras	e1=	0.60	cm.
Eficiencia entre las rejas	E1=	0.25	
Area obstruida (%)		50.00	
Longitud de la ventana	<i>iterar</i>	0.30	m.
Altura de la ventana	$h_v = (Q_{mh} / ((1 - A/100) * L * E))^{2/3}$	0.30	m.
Velocidad a traves de la ventana	$Q_{mh} / (h_v * L)$	0.08	m/s.
He, Ubicación del by pass respecto al		0.244	m.
N (Número de barras)		37	barras

Según NTP: espaciamiento 20-50
 Según NTP: espesor 5-15 mm
 Eficiencia: 0.60-0.75 recom: 0.75

0.30 Tirante de agua

0.10

E) CALCULO DEL TIRANTE HIDRAULICO AGUAS ABAJO DE LA REJA

P, Altura de la grada		0.050	m.
q Caudal unitario		0.024	m3/s/m
Yc Tirante Critico		0.039	m.
Lm Longitud de aproximación		0.173	m.
Y1 Tirante antes del resalto		0.028	m.
V1 Velocidad antes del resalto		0.859	m.
F Número de Froude		1.629	adim.
Y2 Tirante despues del resalto		0.053	m.
V2 Velocidad despues del resalto		0.463	m/s.
LRH Longitud del resalto hidraulico		0.146	m.
H Carga hidraulica sobre la grada		0.056	m.

F) CALCULO DE LAS DIMENSIONES DE LA CAMARA DE REJAS

Y altura fondo a pelo agua del colector		0.329	m.
X distancia horizontal del chorro		0.490	m.
X1 distancia horizontal de la grada		0.050	m.
LTR long. Total camara de rejas		1.114	m.
LAR long. Antes de la reja		0.836	m.
LDR long. Despues de la reja		0.278	m.
H1 Altura de la camara antes de la reja		0.700	m.
H2 Altura de camara despues de la reja		0.750	m.
Z, Altura a borde del tubo respecto al fondo		0.130	m.

0.3

0.60

0.40

0.50

0.05

G) CANTIDAD DE MATERIAL CRIBADO POR DIA

Material cribado	2.3857 lts/1000m3
Por día	57 lts/día
Por año	20899 lts/año
Area de fosa de 100 cm de profundidad	3 unidades de 6966 m2

1.0 DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

1.1 DESARENADOR

1.1.1 DATOS

Caudal en marcha $Q = 0.00366$ m³/seg

1.1.2 CALCULO DE DIMENSIONES DEL DESARENADOR

Calculo del tirante de agua (H): 0.00139

Formula para el calculo de H:

DONDE:

H: Tirante de agua (m)
Q: Caudal (m³/seg)
Vh: Velocidad horizontal (m/s)
A: Ancho (m)

$$H = \frac{Q}{(V_h \times A)} \dots (m)$$

Asumiendo: Vh : 0.25 m/s
A : 0.65 m

Se tiene H: 0.023 m

1.1.3 CALCULO DE LA LONGITUD DEL DESARENADOR

Formula para el cálculo de la longitud: $L = \left(\frac{V_h}{V_s}\right) \times H \dots (m)$

DONDE:

L: Longitud del canal (m)
Vh: Velocidad horizontal (m/s)
Vs: Velocidad de sedimentación de la partícula (m/s)
A: Tirante de agua (m)

El valor de Vs que se utilizara es para partículas de 0.21 mm de diámetro, su velocidad de

Para efectos de diseño se utilizara el valor 1.25 m/min = 0.019 m/seg.

Sustituyendo tenemos: L : 0.230 m

1.1.4 CALCULO DE LA PENDIENTE DEL CANAL DEL DESARENADOR

De la formula de manning: $V = \frac{1}{n} \times R_h^{(2/3)} \times S^{(1/2)} \dots (m / seg)$

De donde se tiene:

$$S^{1/2} = V \times n \times R_h^{(3/2)} \dots (m / m)$$

DONDE:

V : Velocidad **0.30** m/s
n : Coeficiente de rugosidad **0.014** para canales de concreto
Rh: Radio hidraulico
S : Pediente

Además: Rh =
$$\frac{\text{area mojado}}{\text{Perimetro mojado}}$$

Por lo tanto : Rh = **0.021** m

Entonces tenemos: S = **0.004** m/m

0.358 %

DISEÑO: CANAL PARSHALL

CANAL PARSHALL

a) PARA CAUDAL MAXIMO

1.-	Coeficiente de variación Máx. Horaria	2.00
2.-	Coeficiente de variación Mín.	0.50
3.-	Caudal Promedio	3.65764 lps
4.-	Caudal Máximo Horario	7.31528 lps
5.-	Caudal Mínimo Horario	1.82882 lps

Formula medidor Parshall: $Q = KHa^n$

w	m	k	n	Radio
3"	0.076	0.176	1.547	0.41
6"	0.152	0.381	1.58	0.41
9"	0.229	0.535	1.53	0.41
12"	0.305	0.69	1.522	0.51
1.5'	0.457	1.054	1.538	0.51
2'	0.61	1.426	1.55	0.51
3'	0.915	2.182	1.566	0.51
4'	1.22	2.935	1.578	0.61

Q m³/seg, w m, H m.

Formula aprox. $Q = 2.27 w Ha^{1.522}$

Tomando una garganta

w =	0.076 m
k =	0.176
n =	1.547

Hmax	11.12652 m
Hprom	7.10837 m
Hmin	4.54130 m

Resalto Z $(Q_{max} H_{min} - Q_{min} H_{max}) / (Q_{max} - Q_{min})$ 23.46228 m

Diseno del Parshall para Control de velocidad

Calculo de la diferencia de niveles S entre la solera del canal y la solera del Parshall

$Q_a = Q_{max} / Q_{min}$ 4.000

$Q_r = (Q_a^{1/3} - 1) / (Q_a - 1)$ = 0.196

por : $H_{mmax} = 1.1 H_a$

$H_a = (Q_m h / K)^{1/n}$ 0.13 m

$H_{mmax} =$ 0.14 m

Desnivel al ingreso $S = Q_r * H_{mmax}$ 0.028 m

b) SECCION DE MEDICION Ha

6.-	Dimension de la canaleta D	0.259 m
7.-	Ancho de la seccion de medicion D'	0.20 m
8.-	Velocidad en la seccion de medicion V_o	0.00 m/s
9.-	Caudal especifico en la garganta $q = Q/w$	0.10 m ³ /s/m
10.-	Dimension de la canaleta N	0.057 m
11.-	Gravedad	9.81 m/s ²
12.-	Carga hidraulica disponible E_o	11.18 m
13.-	f_i (constante)	1.5723 rad

c) SECCION DE MEDICION Hb

14.-	Velocidad antes del resalto V1	14.81 m/s
15.-	Tirante antes del resalto Hb	0.006 m
16.-	N froude	58.64
17.-	Altura del resalto h2	0.536 m
18.-	Velocidad en el resalto V2	0.18 m
19.-	Sumergencia S = Hb/Ha	0.00

Tamaño del medidor	Descarga Libre	Con sumersion
w < 0.30 m	S < 0.6	0.60 < S < 0.95
0.30 < w < 2.50 m	S < 0.7	0.70 < S < 0.95
2.50 < w < 15.0 m	S < 0.8	0.80 < S < 0.95

Hmáx 0.49 m
 Z 0.12 m
 Q 180 lps
 H=Hmáx-Z 0.37 m

V 0.3 m/s

b 1.622 m
 tomamos 1.7 m

L = 25 H 9.25 m
 tomamos 9.50 m

Q (m3/s)	H (m)	(H-Z) (m)	S (m)	V (m/s)
0.18	0.49	0.37	0.629	0.29
0.12	0.38	0.26	0.442	0.27
0.06	0.24	0.12	0.204	0.29

A 16.15 m²

Tasa 642.0

DISEÑO HIDRAULICO DEL TANQUE IMHOFF

COMUNIDAD

A PARAMETROS DE DISEÑO

1.- Población actual	425.00	
2.- Tasa de crecimiento (%)	0.34	
3.- Período de diseño (años)	20	
4.- Población futura	454.00	Habitantes
5.- Dotación de agua, l/(habxdía)	100.00	L/(hab x día)
Coeficiente caudal maximo diario(K1)	1.30	
Coeficiente caudal maximo horario(K2)	2.00	
6.- Factor de retorno	0.80	
7.- Altitud promedio, msnm	3898.00	m.s.n.m.
8.- Temperatura mes más frio, en °C	0.90	°C
9.- Tasa de sedimentación, m3/(m2xh)	1.00	m3/(m2 x h)}
10.- Periodo de retención, horas	2.00	horas (1.5 a 2.5)
11.- Borde libre, m	0.50	m
12.- Volumen de digestión, l/hab a 15°C	70.00	L/hab a 15°C
13.- Relación L/B (teorico)	6.20	> a 3
14.- Espaciamiento libre pared digestor al sedimentador, metros	2.00	m 1.0 mínimo
15.- Angulo fondo sedimentador, radianes	60.00	(50° - 60°)
	1.05	radianes
16.- Distancia fondo sedimentador		

Factores de capacidad relativa y tiempo de digestión de lodos

a altura máxima de lodos (zona neutra), m	0.50	m
17.- Factor de capacidad relativa	0.90	
18.- Espesor muros sedimentador, m	0.20	m
19.- Inclimación de tolva en digestor	20.00	(15° - 30°)
	0.35	radianes
20.- Numero de troncos de piramide en el largo	2.00	
21.- Numero de troncos de piramide en el anch	1.00	
22.- Altura del lodos en digestor, m	2.00	m
23.- Requerimiento lecho de secado	0.10	m2/hab.

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

B RESULTADOS

24.- Caudal medio, l/día	36.32	m3/día
25.- Area de sedimentación, m2	1.51	m2
26.- Ancho zona sedimentador (B), m	1.00	m
27.- Largo zona sedimentador (L), m	3.10	m
28.- Prof. zona sedimentador (H), m	2.00	m
29.- Altura del fondo del sedimentador	0.87	m
30.- Altura total sedimentador, m	3.37	m
31.- Volumen de digestión requerido, m3	28.60	m3
32.- Ancho tanque Imhoff (Bim), m	5.40	m
33.- Volumen de lodos en digestor, m3	20.85	m3
34.- Superficie libre, %	74.07	(min. 30%)
35.- Altura del fondo del digestor, m	0.98	m
36.- Altura total tanque imhoff, m	6.85	m
37.- Area de lecho de secado, m2	45.40	m2

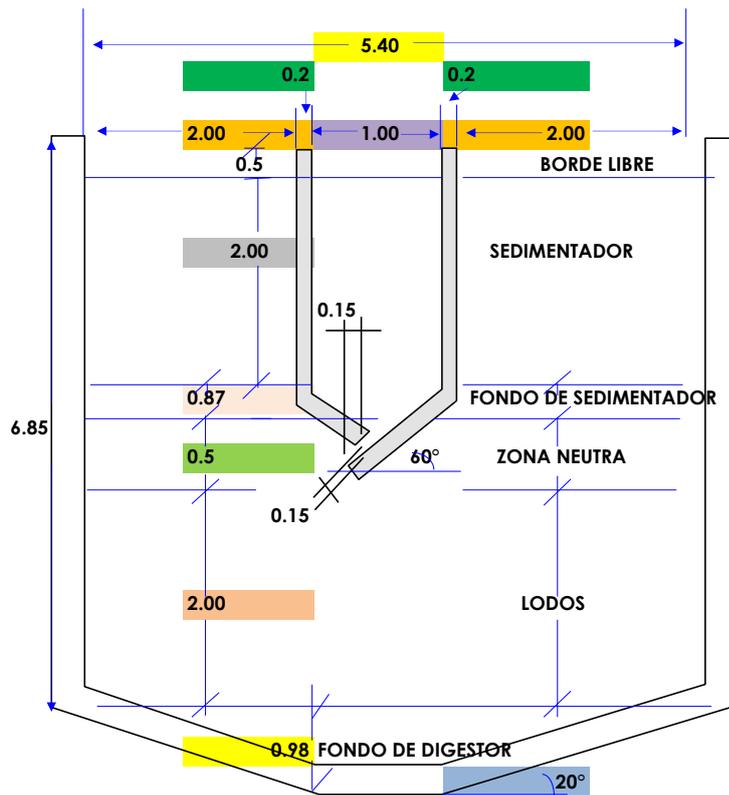
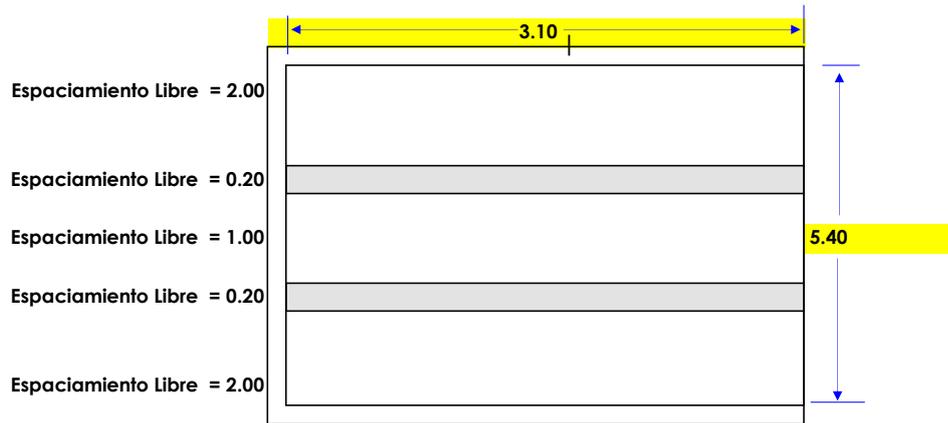
$$L/B = 3.10 \quad (3 \text{ a } 10)$$

Del Proyecista (Sedimentador)	
L = 3.10	L/B = 1.55
B = 2.00	

$$L/Bim = 0.57 \quad \text{debe ser mayor a } 1$$

Se deberá modificar las celdas: Relación L/B (teorico)(fila 13), Espaciamiento libre pared digestor al sedimentador (fila 14) y Altura de lodos en digestor(fila 22) de tal forma que Volumen de lodos en digestor (fila 33) sea > o igual a Volumen de digestión requerido (fila 31).

DISEÑO HIDRAULICO DEL TANQUE IMHOFF



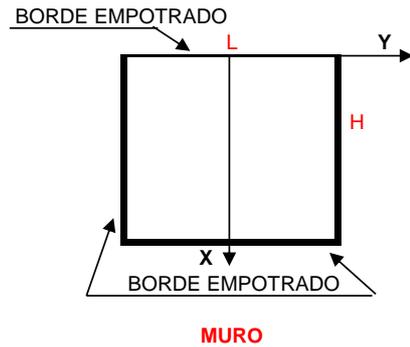
DISEÑO ESTRUCTURAL PARA EL TANQUE IMHOFF

1.- CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

La estructura es de tipo Rectangular:

h	=	6.35	m.	Altura Interior al nivel de agua
hl	=	0.50	m.	Altura de borde libre
H	=	6.85	m.	Altura Total Interior de losa
L	=	3.50	m.	Longitud Largo Muro Interior
L1	=	5.80	m.	Longitud Menor Muro Interior
em	=	0.20	m.	Espesor de muro (parte superior)
emf	=	0.35	m.	Espesor de muro (parte inferior)
ef	=	0.35	m.	Espesor de losa de fondo
w	=	1000.0	kg/m ³	Peso específico del agua
f'c	=	210.0	kg/cm ²	Esfuerzo último de compresión del concreto
fy	=	4200.0	kg/cm ²	Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo
Gs	=	1.50	kg/cm ²	Esfuerzo Admisible del suelo
øf	=	23.00	°C	Característica del Suelo

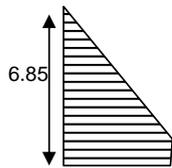
Se diseñara el Muro mas critico, es decir de mayor longitud



2.- DISEÑO DE MUROS

SE EMPLEARA EL METODO DE LOS COEFICIENTES DE LA ASOCIACIÓN CEMENTO PORTLAND

El nivel de agua por fines de diseño se tomara hasta la parte superior



Se sabe que la carga actuante sobre el muro es solo por nivel de agua

Reemplazando :

$$3/8H = 2.57 = 63\%$$

Wu = Peso del elemento
Se diseña con el mas critico

$$Wu = 1000.00 \text{ kg. x m}^2$$

Se sabe que para el empleo de este método se debe identificar :

$$\begin{aligned} a &= 6.85 \text{ m. Profundidad} \\ x &= b = 3.50 \text{ m. Horizontalidad} \end{aligned}$$

Con $x/a = 0.51$ Se ingresa a la tabla III. (x/a , se esta considerando $x/a = 0.75$)

Se presentan datos para el diseño de tanques rectangulares, lo cual las paredes estan bajo presion. Estos coeficientes nos permitiran determinar los momentos en la estructura

x / a	Y = 0		Y = b/4		Y = b/2	
	Mx	My	Mx	My	Mx	My
0.00	0.000	0.004	0.000	0.001	0.000	-0.007
0.25	0.001	0.008	0.000	0.002	-0.002	-0.011
0.50	0.005	0.010	0.002	0.003	-0.003	-0.017
0.75	0.007	0.007	0.003	0.003	-0.003	-0.013
1.00	-0.024	-0.005	-0.015	-0.003	0.000	0.000

Se sabe que el Momento es de :

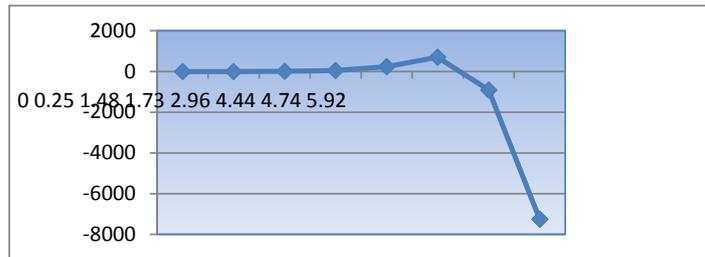
$$M = \text{Coef. x w a}^3$$

* CALCULO DE LA ARMADURA VERTICAL

x / a	x	M(Y = 0)	M(Y=b/4)	M(Y=b/2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	1.71	5.02	0.00	-10.04
0.5	3.43	200.89	80.35	-120.53
0.75	5.14	949.19	406.80	-406.80
1.00	6.85	-7714.06	-4821.29	0.00

DISEÑO ESTRUCTURAL PARA EL TANQUE IMHOFF

X	M
0.00	0.00
0.25	0.73
1.71	5.02
1.96	33.62
3.43	200.89
5.14	949.19
5.44	-568.46
6.85	-7714.06



em. = 0.35 m.

Las características del muro es lo siguiente :

Donde :

ϕ : 0.9 Coeficiente de reducción por flexión
 b : 100 Ancho de la losa de análisis (cm.)
 d : 27 Espesor de losa menos recubrimiento de : 4 cm.
 X : ?? Valor a determinar, resolviendo la ecuación cuadrática

Para: **Mu = 6171.25 kg. x m** (Momento Máximo que se está presentando en el muro)
 80% del Momento máximo, por ser un momento uniforme será la base empotrada

Además por ser una estructura que contendrá agua se tiene que :

$f_y = f_{af} = 4200.0 \text{ kg/cm}^2$ Esfuerzo permisible por flexión del acero, para evitar filtración.

Resolviendo la ecuación y Reemplazando :

$p = 0.0023$ También: $A_{smin.} = 0.0025 b d = 6.81 \text{ cm}^2$

Para dos capas: = 3.41 cm²

$A_s = 6.16 \text{ cm}^2$

> $A_{smin.}$ **Falso** considerar $A_{smin.}$

$A_s = 3.41 \text{ cm}^2$

para dos capas

Para :

$\phi \ 5/8" = 2.00 \text{ cm}^2$

El espaciamiento será: $S = 58.72$

Se usará esta separación por razones constructivas:

Se colocará $\phi \ 5/8"$ a 30 en dos capas, interior

* CALCULO DE LA ARMADURA HORIZONTAL

x/a	x	M(x=0)	M(x=b/4)	M(x=b/2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	1.71	40.18	10.04	-55.24
0.50	3.43	401.77	120.53	-683.02
0.75	5.14	949.19	406.80	-1762.78
1.00	6.85	-1607.10	-964.26	0.00

Las características del muro es lo siguiente :

d : 31 Espesor de losa menos recubrimiento de : 4 cm.

Calculo del Acero Horizontal

Para: **Mu = 1607.10 kg. x m**

DISEÑO ESTRUCTURAL PARA EL TANQUE IMHOFF

Resolviendo al ecuación y Reemplazando :

$$p = 0.0004 \quad \text{También:} \quad \begin{array}{l} \text{Asmin.} = 0.0025 b d \\ \text{Asmin.} = 7.75 \text{ cm}^2 \end{array}$$

Para dos capas $\text{As} = 1.38 \text{ cm}^2 > \text{Asmin. Falso}$ considerar Asmin.
 $\text{As} = 3.88 \text{ cm}^2$

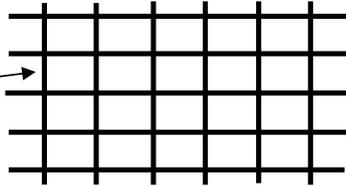
Para :

$$\emptyset 1/2" = 2.00 \text{ cm}^2 \quad \text{El espaciamento será: } S = 51.61 \text{ cm a dos capas}$$

Se usara esta separacion por razones constructivas:

Se colocara $\emptyset 1/2"$ a 30 en dos capas

$\emptyset 5/8"$ a 0.30 mts.
Acero Vertical, En dos capas



$\emptyset 1/2"$ a 0.30 mts.
Acero Horizontal En dos capas

3.- DISEÑO DE LOSA DE FONDO

La estructura de la losa de Fondo segun las carateristicas es de tipo Cuadrado (Verificacion por ml.)

Peso de la Cobertura : $P_c = 0.00 \text{ kg/ml}$

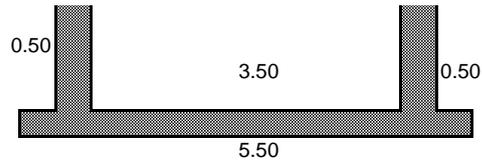
Peso del Muro : $P_m = 4521.00 \text{ kg/ml}$

Peso del Agua : $P_h = 23975.00 \text{ kg/ml}$

Peso losa de Fondo : $P_f = 4620.00 \text{ kg/ml}$

Carga Actuante : $P_t = P_c + P_m + P_h + P_f$

Reemplazando : $P_t = 33116.00 \text{ kg/ml}$



Esfuerzo sobre al área de contacto :

$$\text{As.} = 5.50 \text{ ml} \quad \text{sa} = 0.602 < 1.50 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

* CALCULO DEL ACERO

Esta estructura por estar apoyado sobre el suelo los Momentos que se originaran será minimos.

$$\text{Asmin.} = 0.0025 * b * e_f \quad \text{Asmin.} = 7.75 \text{ cm}^2$$

Para :

Para dos capas $\text{As} = 3.88 \text{ cm}^2$
 $\emptyset 5/8" = 2.00 \text{ cm}^2$

El espaciamento será: $S = 51.61 \text{ cm en dos capas}$

Se usara esta separacion por razones constructivas:

Se colocara $\emptyset 5/8"$ a 30 a/s en dos capas para un mejor Armado y anclajes.

DISEÑO: HUMEDAL ARTIFICIAL SUBSUPERFICIAL

DISEÑO

b) Retencion hidraulica

$$t = \frac{L * W * h * \eta}{Q} \quad (Ec. 11)$$

DATOS		
Tiempo de retencion	t	1.24
Longitud del estanque	L	18.46
Ancho del estanque	W	11.63
Profundida del agua en estanque	h	0.60
Porosidad	n	0.35
Flujo promedio	Q	36.30

c) Flujo promedio

$$Q = \frac{Q_a + Q_e}{2} \quad (Ec. 12)$$

Flujo promedio	Q	36.3
Flujo afluente	Qa	36.3
Flujo efluente	Qe	36.3

d) Area superficial del humedal

$$A_s = \frac{Q * \ln\left(\frac{C_o}{C_e}\right)}{K_t * h * \eta} \quad (Ec. 13)$$

Area superficial	As	214.8
Flujo promedio	Q	36.300
Profundida del agua en estanque	h	0.60
Porosidad	n	0.35
Constante de Cont. Afluente	Co	245.00
Constante de Cont. Efluente	Ce	130.00
Constante de velocidad	Kt	0.51

e) Dimensiones del humedal

$$A_{sp} = \frac{Q_{med,d}}{K_s * s} \quad (Ec. 15)$$

Seccion de humedal perpendicular	Asp	6.98
Caudal medio diario	Qmed.d	36.30
Conductividad hidraulica	Ks	16000.00
Pendiente hidraulico	m	0.01

f) Gradiente hidraulico

$$s = \frac{mh}{L}$$

Gradiente hidraulico	s	0.000325
Pendiente hidraulico	m	0.01
Longitud humedal	h	0.60
Profundidad	L	18.46

g) Ancho del humedal

$$W = \frac{A_{sp}}{h} \quad (Ec. 16)$$

Ancho de humedal	W	11.635
Profundidad	h	0.600
Seccion de humedal perpendicular	Asp	6.981

h) Longitud de humedal

$$L = \frac{A_s}{W} \quad (Ec. 17)$$

Longitud de humedal	L	18.46
Ancho de humedal	W	11.63
Area superficial	As	214.79

i) Area transversal

$$A_c = \frac{Q}{K_s * s}$$

Area transversal	Ac	6.98
Caudal	Q	36.30
Conductividad hidraulica	Ks	16000.00
Gradiente hidraulico	s	0.000325

RESUMEN DEL CALCULO			
VARIABLES	Simbologia	Unidad	Valor
DISEÑO BIOLÓGICO			
Caudal medio diario	Q	m ³ /d	36.3
DBO total afluente	Co	mg/l	245.0
DBO total efluente	Ce	mg/l	130.0
Profundidad util del humedal	h	m	0.6
Pendiente del estanque	s	%	0.1
Medio soporte			Grava
Tamaño de grano	mm		25.0
Conductividad hidraulica	Ks	m ³ /m ² *d	16000.0
Porosidad	n		0.35
Constante de velocidad	K20	1/d	1.104
Constante de velocidad	Kt	1/d	0.61
Area superficial	As	m ²	214.8
DISEÑO HIDRAULICO			
Area seccion transversal	As	m ²	6.981
ancho	W	m	11.63
Largo	L	m	18.46
RECALCULANDO, VALORES FINALES			
Area transversal	As	m ²	5.08
Ancho del humedal	W	m	8.46
Largo	L	m	25.38
Tiempo de residencia hidraulico	t	dias	1.24