

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS CIVIL AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - LIRCAY



TESIS:

**“INFLUENCIA DE LAS DIMENSIONES DE LAS ZANJAS
PARA EL DISEÑO DE INFILTRACIÓN, EN EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS
EN LA LOCALIDAD DE HUAYLLAY GRANDE –
ANGARAES - HUANCABELICA”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

**INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA SANEAMIENTO Y MEDIO
AMBIENTE**

PRESENTADO POR:

BACH. BENITO CANDIOTTI EDER

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCABELICA, PERU- 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
(Creada por Ley N° 25265)
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS CIVIL AMBIENTAL

AV. CENTENARIO N°1200 TELÉF. 952847104
LICENCIADA BAJO RESOLUCIÓN N° 086-2018-SUNEDU/CD
ACTA DE SUSTENTACIÓN



EN LA CIUDAD DE LIRCAY DEL DIA 13 DE OCTUBRE DEL 2020, SIENDO LAS 2:00 P.M; EN CUMPLIMIENTO A LA **DIRECTIVA N° 001-VRAC-UNH**, APROBADO CON **RESOLUCIÓN N° 355-2020-CU-UNH (20/07/2020)**, MEDIANTE LA PLATAFORMA VIRTUAL MEET SE REUNIERON LOS MIEMBROS DEL JURADO DESIGNADO CON **RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD VIRTUAL N° 022 - 2020 - FIMCA - UNH (18/06/2020)** CONFORMADO EN LA SIGUIENTE MANERA

PRESIDENTE : ING. ENRIQUE RIGOBERTO CAMAC OJEDA.
SECRETARIO : ARQ. HUGO CAMILO SALAS TOCASCA
VOCAL : ING. ANDRÉS ZÓSIMO ÑAHUI GASPAR

Y EN CUMPLIMIENTO A LA RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD VIRTUAL N° 066-2020-FIMCA-UNH, DE HORA Y FECHA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS TITULADO: **"INFLUENCIA DE LAS DIMENSIONES DE LAS ZANJAS PARA EL DISEÑO DE INFILTRACIÓN, EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA LOCALIDAD DE HUAYLLAY GRANDE – ANGARAES HUANCAMELICA"**,

CUYO AUTOR EL GRADUADO:

BACHILLER:

BENITO CANDIOTTI EDER

A FIN DE PROCEDER CON LA SUSTENTACION DE LA TESIS FINAL DE INVESTIGACION CIENTIFICA

ACTO SEGUIDO SE INVITA A LOS SUSTENTANTES Y PÚBLICO EN GENERAL ABANDONAR LA PLATAFORMA DEL MEET POR UNOS MINUTOS PARA LA **DELIBERACIÓN DE LOS RESULTADOS**; LUEGO SE INVITÓ A PASAR NUEVAMENTE A LA PLATAFORMA DEL MEET A LOS SUSTENTANTES Y PÚBLICO EN GENERAL, EN LA QUE SE DA EL RESULTADO SIENDO **APROBADO POR MAYORÍA**, CULMINANDO A LAS 3.40 P.M.

BACHILLER: BENITO CANDIOTTI EDER

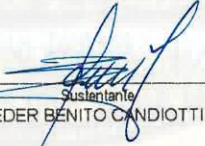
MIEMBROS:	RESULTADO FINAL:
PRESIDENTE	APROBADO POR MAYORÍA
SECRETARIO	
VOCAL	

EN CONFORMIDAD A LO ACTUADO FIRMAMOS AL PIE DEL PRESENTE.


Presidente
ING. ENRIQUE RIGOBERTO CAMAC OJEDA

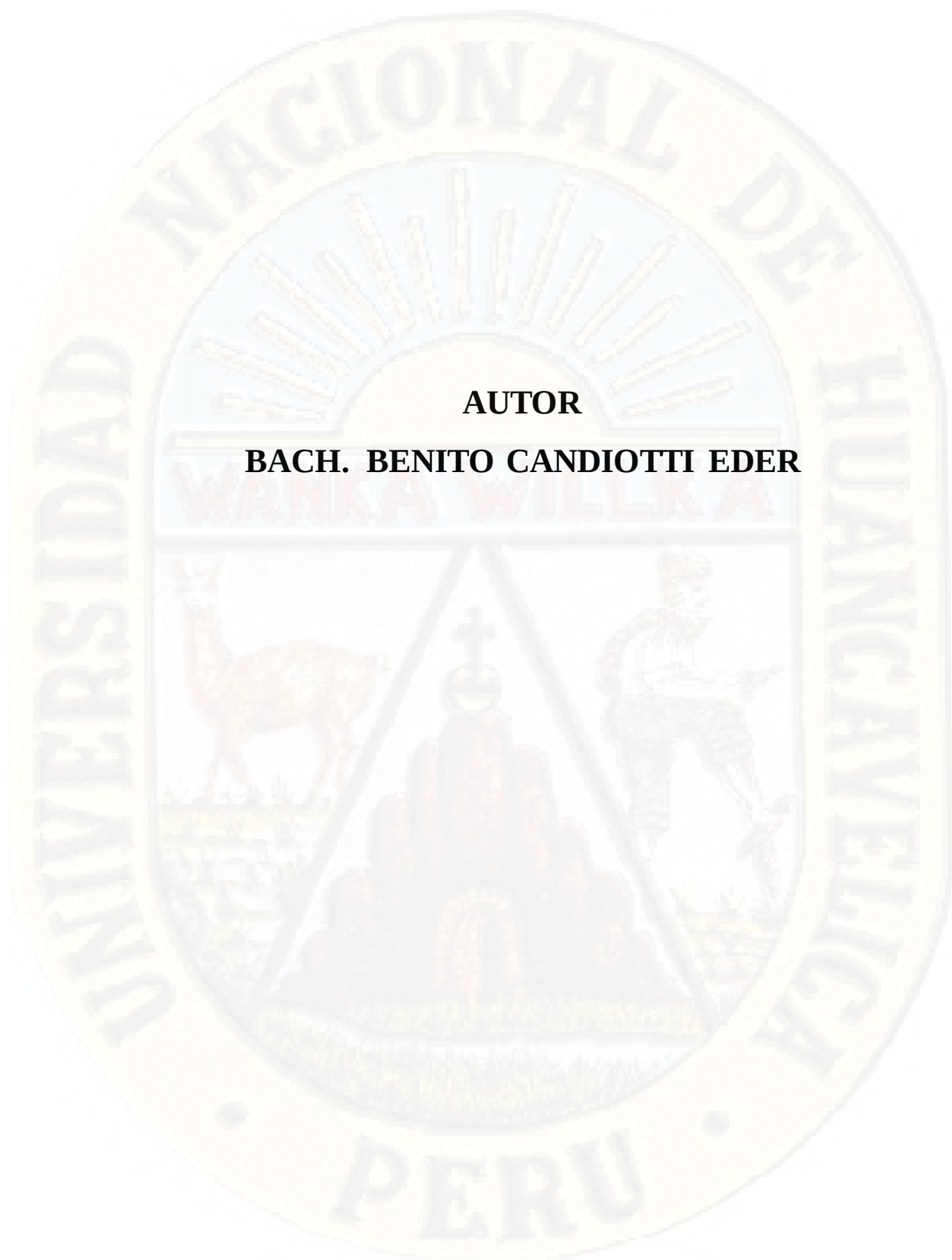

Secretario
ARQ. HUGO CAMILO SALAS TOCASCA


Vocal
ING. ANDRÉS ZÓSIMO ÑAHUI GASPAR


Sustentante
EDER BENITO CANDIOTTI

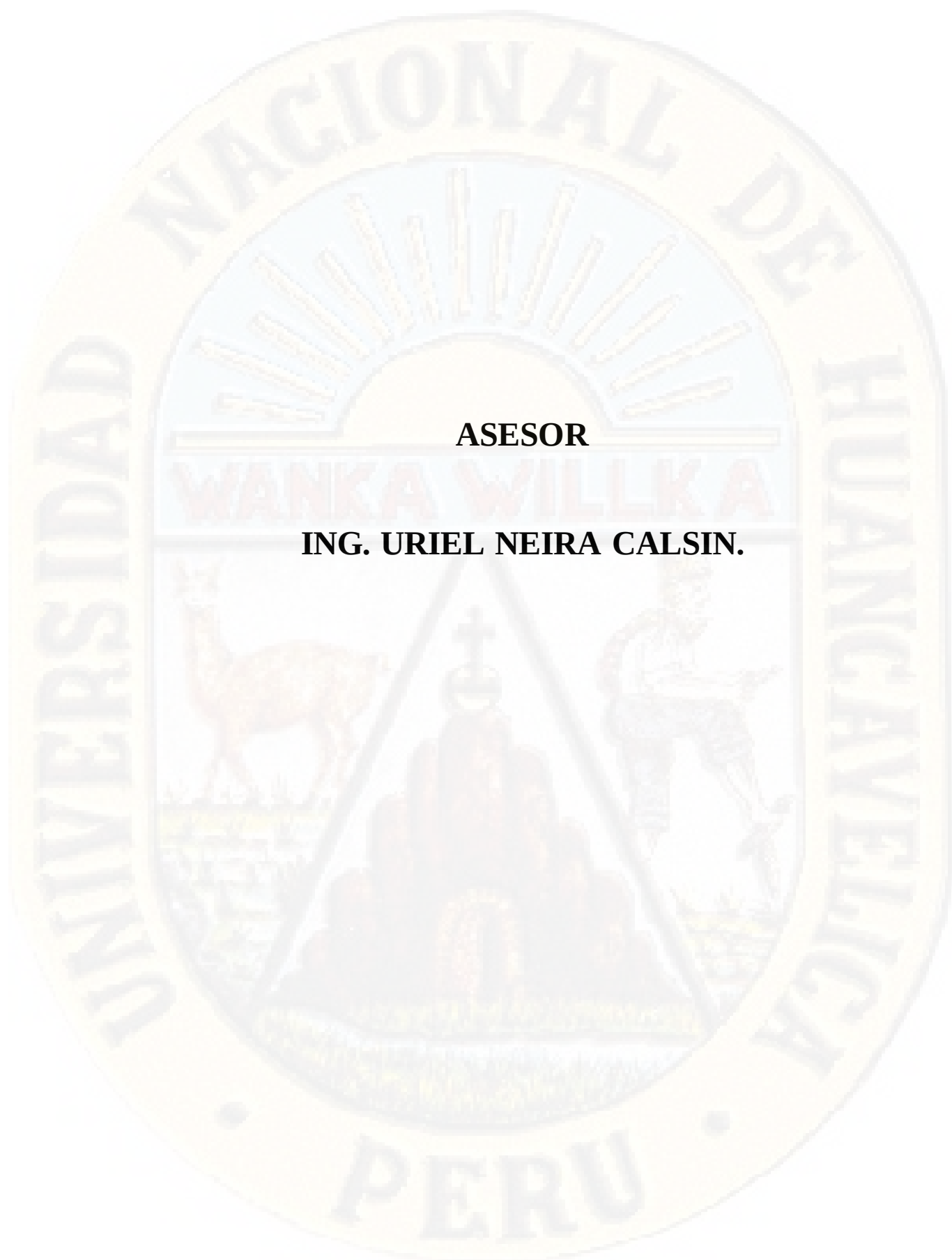
TITULO:

**“INFLUENCIA DE LAS DIMENSIONES DE LAS ZANJAS
PARA EL DISEÑO DE INFILTRACIÓN, EN EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS
EN LA LOCALIDAD DE HUAYLLAY GRANDE –
ANGARAES - HUANCAMELICA”**



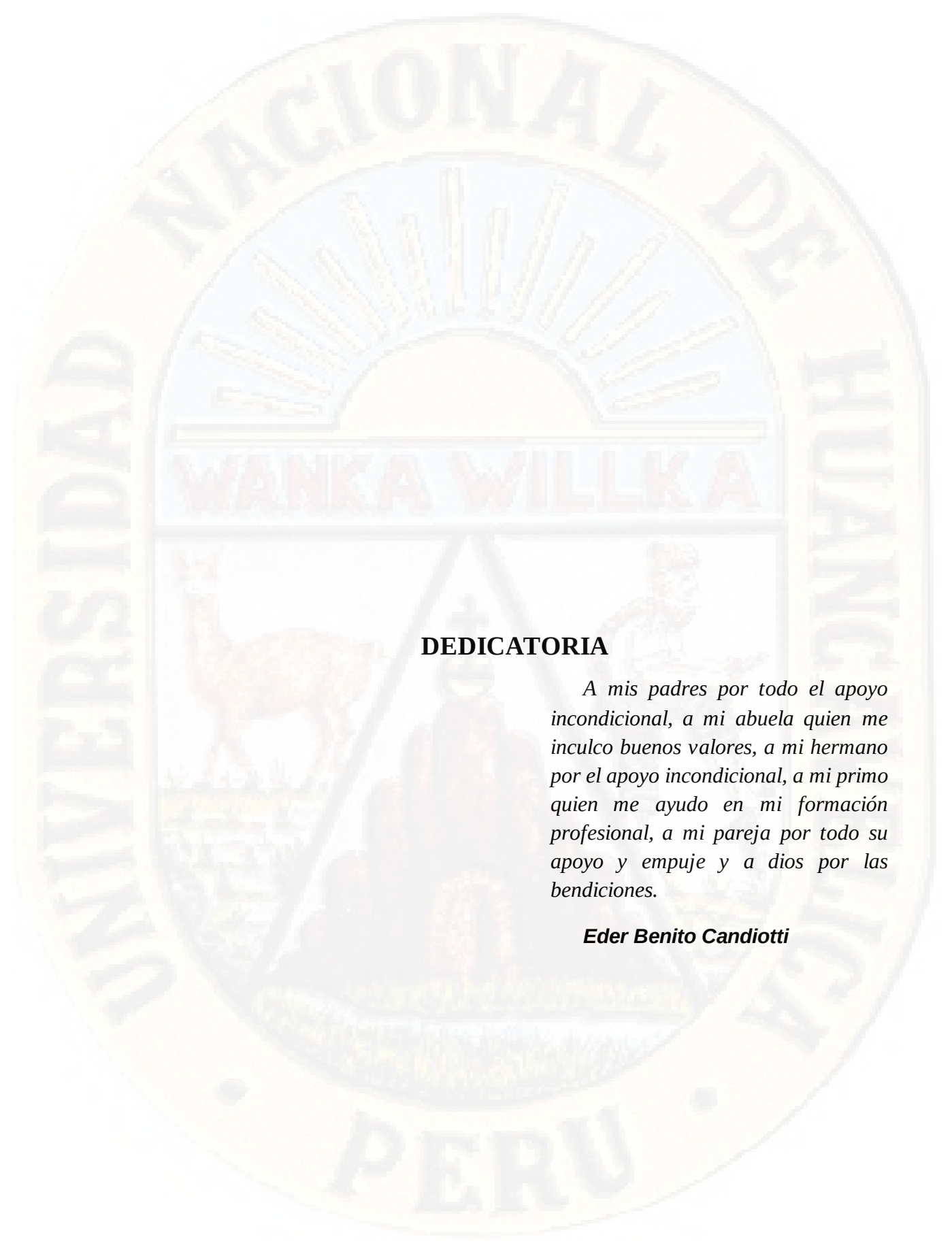
AUTOR

BACH. BENITO CANDIOTTI EDER



ASESOR

ING. URIEL NEIRA CALSIN.



DEDICATORIA

A mis padres por todo el apoyo incondicional, a mi abuela quien me inculco buenos valores, a mi hermano por el apoyo incondicional, a mi primo quien me ayudo en mi formación profesional, a mi pareja por todo su apoyo y empuje y a dios por las bendiciones.

Eder Benito Candiotti

AGRADECIMIENTOS:

Mi agradecimiento a nuestro creador por todas las bendiciones que nos ofrece y brinda.

Mi agradecimiento a mis docentes de la universidad nacional de Huancavelica por su apoyo constante en crecimiento y desarrollo profesional.

Mi agradecimiento también a mis queridos padres por todo su apoyo incondicional durante mi formación profesional.

Al Ing. Enrique Rigoberto, CAMAC OJEDA, docente de la facultad de ingeniería de minas, civil y ambiental, por su invaluable apoyo.

Y finalmente al Señor Asesor Ing. Uriel NEIRA CALSIN, por su tiempo y dedicación en la consecución de la presente investigación.

ÍNDICE

PORTADA.....	I
ACTA DE SUSENTACIÓN.....	II
TITULO	III
AUTORES	IV
ASESOR.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
INDICE	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRAC	XV
INTRODUCCIÓN	XVII

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA:	17
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	18
1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS	18
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.4 JUSTIFICACIÓN:.....	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES	21
2.1.1	A NIVEL INTERNACIONAL	21
2.1.2	A NIVEL NACIONAL	23
2.2	BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN	26
2.3	BASES CONCEPTUALES	51
2.4	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:.....	59
2.5	FORMULACION DE HIPÓTESIS	67
2.6	VARIABLES	67
2.7	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	68

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL	69
3.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN	69
3.3	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	69
3.4	POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO	70
3.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	70
3.6	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS	72

CAPITULO IV

PRESENTACION DE RESULTADOS

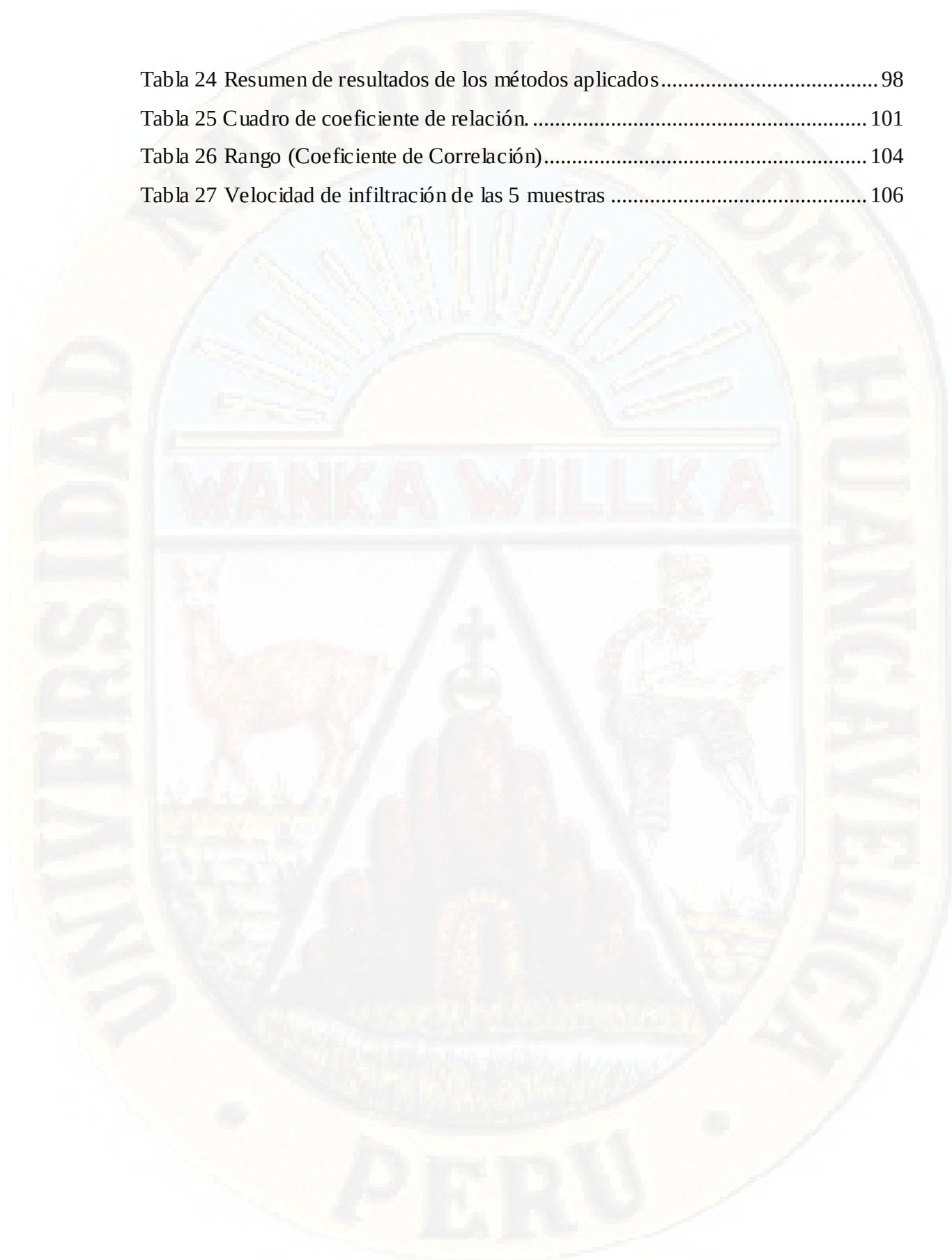
4.1	ANÁLISIS DE LA INFORMACION	87
4.1.1	INFILTRACIÓN DE ACUERDO A LOS TIPOS DE SUELOS	87

4.1.2 ZANJAS DE INFILTRACIÓN, CON EL MÉTODO POR GRAVEDAD PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.....	92
4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS	100
4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	105
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
APÉNDICE	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01	Sistemas locales de disposición y reutilización de aguas residuales.	27
Tabla 2	Componentes Modificadores del Color del Suelo	36
Tabla 3	Diámetro De Partículas En mm de arena, limo, arcilla.	37
Tabla 4	Capacidad de Infiltración en diversos tipos de suelo.	38
Tabla 5	<i>Apariencia y tacto de suelos de diferentes texturas.</i>	40
Tabla 6	<i>Textura, apariencia y sensación de suelos.</i>	41
Tabla 7	Criterios típicos para la selección del emplazamiento de los sistemas y lechos de infiltración.	43
Tabla 8	<i>Coeficientes de permeabilidad aproximados y velocidades de percolación y de asimilación asociadas a los diferentes tipos de suelo.</i>	46
Tabla 9	Rendimiento de tratamiento de los componentes de los sistemas in situ y de los filtros de arena con recirculación o intermitentes	55
Tabla 10	Áreas de absorción requeridas en metros cuadrados por cada mil litros de aguas servidas por día, a disponer en sumideros o en zanjas de absorción de acuerdo con la rata de percolación.	57
Tabla 11	Dimensiones de las Zanjas de Absorción y separación entre ellas.	59
Tabla 12	Tasa de infiltración y coeficiente de infiltración del efluente para pozos de 0,30 m de diámetro.	48
Tabla 13	Tasa de infiltración del suelo pozo 1	87
Tabla 14	Tasa de infiltración del suelo pozo 2	88
Tabla 15	Tasa de infiltración del suelo pozo 3	89
Tabla 16	Tasa de infiltración del suelo pozo 4	90
Tabla 17	Tasa de infiltración del suelo Pozo 5	91
Tabla 18	Zanja de infiltración 1	92
Tabla 19	Zanja de infiltración 2	93
Tabla 20	Zanja de infiltración 3	94
Tabla 21	Calculo de zanja de infiltración 4	95
Tabla 22	Calculo de zanja de infiltración 5	96
Tabla 23	Resumen de zanja de infiltración 1 - 5 según norma técnica I.S._020 del PERÚ	97

Tabla 24 Resumen de resultados de los métodos aplicados.....	98
Tabla 25 Cuadro de coeficiente de relación.	101
Tabla 26 Rango (Coeficiente de Correlación).....	104
Tabla 27 Velocidad de infiltración de las 5 muestras	106



ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Sistema de infiltración de aguas residuales.	33
<i>Figura 2:</i> Horizontes del suelo. Se presenta los perfiles del suelo	38
<i>Figura 3:</i> Apariencia de los suelos arcilla, margo arcilloso y margo arcilloso limos en diferentes condiciones de humedad.	42
<i>Figura 4:</i> Detalle de zanja de infiltración.	53
<i>Figura 5:</i> Grafica Área de Absorción vs. Rata de Percolación	58
<i>Figura 6:</i> Capacidad de absorción del suelo.....	66
<i>Figura 7:</i> El tesista haciendo las pruebas de campo, en la fotografía se evidencia en el punto N° 01 realizando la saturación para la prueba de infiltración.	54
<i>Figura 8:</i> El tesista en la toma de datos de las pruebas de campo.....	72
<i>Figura 9:</i> Esquema del sistema de infiltración según la Gaceta Oficial N° 4.044.....	77
<i>Figura 10:</i> Representación gráfica de las dimensiones obtenidas	78
<i>Figura 11:</i> Representación gráfica de las dimensiones obtenidas	82
<i>Figura 12:</i> Dimensión de las zanjas:.....	84
<i>Figura 13:</i> Dimensión de las zanjas:.....	86
<i>Figura 14:</i> Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 1	88
<i>Figura 15:</i> Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 2	89
<i>Figura 16:</i> Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 3.....	90
<i>Figura 17:</i> Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 4.....	91
<i>Figura 18:</i> Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 5	92
<i>Figura 19:</i> Dimensiones de las zanjas.	93
<i>Figura 20:</i> Dimensiones de las zanjas.....	94
<i>Figura 21:</i> Dimensiones de las zanjas	95
<i>Figura 22:</i> Dimensiones de las zanjas	96
<i>Figura 23:</i> Dimensiones de las zanjas	97
<i>Figura 24:</i> Tasa de infiltración..	101
<i>Figura 25:</i> Coeficiente de infiltración..	102
<i>Figura 26:</i> velocidad de infiltración.	107

RESUMEN

La presente tesis titulada: “Influencia de las dimensiones de las zanjas para el diseño de infiltración, en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande –Angaraes - Huancavelica”.

Se formula mediante el siguiente problema general ¿Cómo influye las dimensiones de las zanjas para el diseño de infiltración, en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes - Huancavelica?; la cual se genera por la falta de un diseño de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Cuyo objetivo general es; Determinar la influencia de las dimensiones de las zanjas para el diseño de infiltración, en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes - Huancavelica.

La hipótesis general es: Las dimensiones para el diseño de zanjas de infiltración, influyen significativamente en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes – Huancavelica, las cuales se determinará por los estudios efectuados.

Esta investigación se fundamenta en el método científico aplicativo, utiliza como procesos lógicos la inducción y la deducción, el nivel es explicativo, con un diseño cuantitativo - correlacional.

La conclusión final es que la influencia del dimensionamiento de las zanjas de infiltración es positiva ya que permitirá reducir la contaminación provocada por las aguas residuales domésticas.

Palabras claves:

Zanjas de infiltración, tipo de suelo, tratamiento de aguas residuales.

ABSTRAC

The present thesis entitled: “Influence of the dimensions of the ditches for the infiltration design, in the treatment of domestic wastewater in the town of Huayllay Grande –Angaraes - Huancavelica”.

It is formulated by means of the following general problem: How does the dimensions of the trenches influence the infiltration design in the treatment of domestic wastewater in the town of Huayllay Grande-Angaraes - Huancavelica ?; which is generated by the lack of a design for domestic wastewater treatment.

Whose general objective is; To determine the influence of the dimensions of the trenches for the infiltration design, in the treatment of domestic residual waters in the locality of Huayllay Grande-Angaraes - Huancavelica.

The general hypothesis is: The dimensions for the design of infiltration ditches significantly influence the treatment of domestic wastewater in the town of Huayllay Grande -Angaraes - Huancavelica, which will be determined by the studies carried out.

This research is based on the scientific application method, using induction and deduction as logical processes, the level is explanatory, with a quantitative-correlational design.

The final conclusion is that the influence of the dimensioning of the infiltration ditches is positive since it will allow to reduce the contamination caused by the domestic residual waters.

Keywords:

Infiltration trenches, soil type, wastewater treatment.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis “Influencia de las dimensiones de las zanjas para el diseño de infiltración, en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande –Angaraes - Huancavelica”; trata sobre el dimensionamiento de zanjas de infiltración en función a la evaluación de la capacidad de infiltración en el suelo y la topografía que presenta el centro poblado.

La velocidad de infiltración permite determinar el movimiento que realiza el agua desde la superficie hacia el interior del suelo por presión atmosférica en función del tiempo; éste fenómeno natural depende principalmente de los siguientes factores: cantidad de agua a infiltrar, tipo de suelo y nivel de saturación del mismo.

Para la determinación de las velocidades de infiltración se realizó el ensayo de test de percolación en pozos previamente excavados y saturados para asemejar a tiempos de precipitaciones pluviales fuertes y dar seguridad en el funcionamiento del sistema. Se realizó ensayos de percolación en un total de seis pozos ubicados y distribuidos en los Anexos del lugar obteniendo datos de campo para ser analizados mediante cálculos si están aptos para la construcción de sistemas de tratamiento realizando el dimensionamiento de zanjas de infiltración y evaluar también mediante la norma técnica I.S.020 tanques sépticos.

Se analizó un total de 05 muestras correspondientes a la localidad de Huayllay Grande, determinándose la existencia de distintos tipos de suelo, los cuales nos dan como resultado distintas velocidades de infiltración.

El trabajo se desarrolla en cuatro capítulos: el primer capítulo comprende la introducción, el segundo el marco teórico, el tercero la metodología, y el cuarto Resultados y discusión de los resultados, conclusiones, recomendaciones y anexos.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

El mal diseño de una infraestructura sanitaria no hace posible el adecuado desarrollo de la región de un país. Este déficit podría generar el lento crecimiento económico de la región, debido a la falta de integración de los mercados locales (centros poblados, distritos y provincias) con los centros económicos más relevantes, como las capitales departamentales.

Este proyecto de investigación servirá para tener en cuenta el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para mejorar en la calidad de vida, evitar los problemas ambientales y en la salud de la población de Huayllay Grande.

Para realizar el diseño de cualquier obra de infraestructura sanitaria, como zanjias de infiltración, pozos ciegos, pozos sépticos, pozos de percolación y otros. Es de suma importancia poseer la información básica del área de estudio, para así dimensionar de forma técnica el área requerida para que el flujo vertido se infiltre en el subsuelo. Los factores que afectan en la evacuación de aguas residuales domesticas son: tipo de suelo y velocidad de infiltración.

La utilización de pozos sépticos u otro sistema de tratamiento no convencional es inevitable en los sectores en donde no existe un sistema de alcantarillado, y esto es generalmente en las áreas de influencia urbana y rural. La implantación de las zanjas debe ser realizada considerando la capacidad de infiltración de los suelos de tal manera que garantice la evacuación de las aguas servidas, en un tiempo razonable y hacia sub estratos del suelo para disminuir los probables efectos en la salud de la población de huayllay grande.

Durante los diseños de una zanja de infiltración, como paso posterior al vertido de aguas residuales domesticas en pozos sépticos y/o tanques sépticos, debe conocerse la velocidad de infiltración asociada a parámetros característicos del suelo como por ejemplo su textura.

En este proyecto de investigación se analizarán algunos de los métodos existentes para el dimensionamiento de zanjas de infiltración para el tratamiento de aguas residuales domésticas, encontrados en la literatura mediante la investigación científica.

1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo influye las dimensiones de las zanjas para el diseño de infiltración, en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes - Huancavelica?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- a) ¿Cuál es la relación de la capacidad de infiltración en el diseño de zanjas con el tipo de suelo en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes - Huancavelica?
- b) ¿Cómo influye el uso del método por gravedad, para el diseño de zanjas de infiltración, en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes - Huancavelica?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de las dimensiones de las zanjas para el diseño de infiltración, en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes - Huancavelica.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Evaluar la capacidad de infiltración en el diseño de zanjas con el tipo de suelo, en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes – Huancavelica.
- b) Determinar la influencia del uso del método por gravedad, para el diseño de zanjas de infiltración, en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes – Huancavelica.

1.4. JUSTIFICACIÓN:

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, es el ente rector del Estado en los asuntos relacionados al sector saneamiento y tiene la funcion de Formular normar, dirigir, coordinar, ejecutar y supervisar, generando las condiciones para el acceso a los servicios de saneamiento en niveles adecuados de calidad y sostenibilidad, asignando los recursos económicos a los gobiernos locales y las EPS para la construcción de obras de saneamiento y otorgar la certificación ambiental a dichos proyectos a través de la DIGESA, como Autoridad Sanitaria en estos temas.

Los gobiernos locales tienen la función de regular y controlar el proceso de disposición final de desechos, sólidos y líquidos y vertimientos de las aguas residuales en el ámbito de su jurisdicción. Por ello, administran o contratan los servicios de una EPS.

Las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) no brindan un servicio adecuado de tratamiento de aguas residuales, sólo se brinda cobertura al 69,65% de la población. La población no cubierta vierte directamente sus

aguas residuales sin tratamiento a los ríos, quebradas o, las emplean para el riego de cultivos.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación es justificable desde el punto de vista social, ya que, con la instalación sistema de zanjas de infiltración, para la disposición final de las aguas residuales domésticas, se reducirá las enfermedades e infecciones que en la actualidad sufren los pobladores en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes.

El presente proyecto de investigación se utiliza diagramas y/o modelos de tomas de datos de campo (pruebas de infiltración, toma de tiempos, aplicación del test de percolación) propios de la investigación que servirán como modelo para la realización de investigaciones y Elaborar una metodología para el dimensionamiento de zanjas de infiltración para el tratamiento de aguas residuales domésticas, basada en el método de cálculo más adecuado. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación es justificable desde el punto de vista Metodológico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los antecedentes de la presente investigación se ubican en las siguientes esferas:

2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Se tiene las siguientes investigaciones:

TESIS: (Villacis, 2011).- “ESTUDIO DE UN SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE RÍO AMBATO Y LOS SECTORES ALEDAÑOS, EN EL SECTOR DE PISOCUCHO, DE LA PARROQUIA IZAMBA, DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA” AMBATO- ECUADOR

CONCLUSIONES:

- Es importante conocer los diferentes métodos de tratamiento o depuración de aguas, para elegir el más adecuado y funcional acorde a la zona donde se va a realizar el proyecto.
- Al implementar un sistema de tratamiento de aguas servidas, se reduce el riesgo de enfermedades para los pobladores de la zona y se reduce la contaminación ambiental.

- Al construirse el sistema de tratamiento de aguas residuales se mejora las condiciones de vida de los habitantes.
- El tiempo considerado para que el sistema de tratamiento de aguas residuales funcione sin que requiera grandes obras complementarias es de 30 años, tiempo estimado de acuerdo con las normas y recomendaciones de ex Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS).
- La lista de indicadores de selección enfocados en los tres aspectos fundamentales (técnico, medio ambiental y económico), la información recogida en cuanto a su análisis confirma la elección de los sistemas, de Filtro Biológico y Tanque de Sedimentación Primaria como los más adecuados para el tratamiento de ARD provenientes de pequeños núcleos.
- El crecimiento de colectividades humanas debe desarrollarse dentro de parámetros de sustentabilidad. Su desarrollo con lleva un aumento en consumo de agua y su evacuación. Estas aguas tienen que ser tratadas para asegurar la no proliferación de agentes patógenos (cólera, disentería y otros).
- La ausencia de sistemas de tratamiento en comunas, significan un peligro para ellas, de forma directa.

TESIS: (Suarez C. , 2010), **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN EL VALLE DEL CAUCA – COLOMBIA.**

CONCLUSIONES:

Analizar el comportamiento de las PTARs y saber si están o estarán sobrecargadas, resulta difícil cuando no se posee un registro de los caudales. Lo anterior conlleva a reflexionar que una actividad tan fundamental aún no se lleve a cabo en las PTARs, requiriendo por lo tanto compromiso de todos los sectores involucrados con el financiamiento y regulación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Los resultados de la investigación evidencian que la acumulación de lodos es un problema muy serio, especialmente en las lagunas anaerobias; esto se debe

entre otros a las condiciones de los municipios del Departamento del Valle del Cauca, donde hay pocos recursos para la operación y el mantenimiento.

Los criterios considerados para la evaluación de los sistemas de tratamiento biológico, permiten concluir que las lagunas de estabilización son capaces de soportar cargas orgánicas significativamente mayores a las normalmente aplicadas, sin desmejorar sustancialmente la eficiencia de reducción de la materia orgánica, objetivo central de su funcionamiento.

Con relación al reactor UASB, debe prestarse especial atención a la distribución homogénea del flujo en el fondo del reactor y a su velocidad ascensional a través del lecho de lodos.

A pesar de las limitaciones halladas con relación al diseño, construcción y actividades de operación y mantenimiento, las tecnologías adoptadas se consideran aceptables para las condiciones ambientales del Departamento, además de que alcanzan un buen de eficiencia. Se presume que otras tecnologías de tratamiento no podrían funcionar con tanto éxito como las lagunas y la configuración de reactor UASB seguido de filtro percolador; no obstante, se precisa mayor atención a la hora de diseñar y mantener las PTARs de manera que se garantice el adecuado desempeño del sistema.

Los resultados obtenidos validan la necesidad de realizar investigaciones posteriores que analicen el desempeño de los sistemas de tratamiento de aguas residuales; el escaso número de datos disponibles, el escaso seguimiento y control hallados en el momento de la investigación, limitaron el efectuar un análisis más profundo del funcionamiento de las PTARs.

2.1.2. A NIVEL NACIONAL

Se tiene las siguientes investigaciones:

TESIS: (Capcha, 2017).- **INFLUENCIA DEL DIMENSIONAMIENTO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL CENTRO POBLADO UCHUBAMBA DISTRITO MASMA - JAUJA**

CONCLUSIONES

1. La influencia del dimensionamiento de las zanjas de infiltración es positivo puesto que permitirá eliminar la contaminación provocada por las aguas residuales domésticas, con un sistema de infiltración en el sub suelo evitando así que la población vierte directamente sus aguas residuales sin tratamiento a los ríos, lagos, quebradas o, las emplean para el riego de cultivos.
2. La longitud de zanja de infiltración para la muestra 6 es de 50 metros lineales la cual guarda relación con el tipo de suelo (A-4, limosos, arenosos) estos suelos tardan mayor tiempo de infiltración ($T_i=5.00$ min/cm) por lo que requiere mayor área para infiltrar las aguas residuales domésticas, provenientes del tanque séptico u otro sistema de tratamiento previo.
3. De las muestras investigadas en el centro poblado Uchubamba se encontraron varios tipos de suelo: (A-2-4) gravas y arenas arcillas limosas, (A-1) limo grava y arenas, (A-4) limosos, arenosos los cuales difieren en el tiempo de infiltración, dato indispensable para el dimensionamiento de las zanjas de infiltración por el método por gravedad según norma técnica I.S._020 del PERÚ.

TESIS: (Rengifo & Safora, 2017) **“PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y/O UNIDADES BÁSICAS DE SANEAMIENTO EN LA LOCALIDAD DE CARHUACocha, DISTRITO DE CHILIA – PATAZ – LA LIBERTAD, 2017”**

CONCLUSIONES:

- Se realizó una propuesta de diseño del sistema de alcantarillado y/o unidades básicas de saneamiento en la localidad de Carhuacocha, considerando los parámetros y reglamentos de diseño, abarcando el total de la población.
- El estudio topográfico determinó que la localidad de Carhuacocha presenta pendientes accidentadas; además, con él se logró determinar la ubicación de las viviendas, el trazo de las redes, la ubicación de los tanques sépticos y las unidades básicas de saneamiento.

- El cálculo poblacional determinó una población futura de 659 habitantes, en un periodo de diseño de 20 años, teniendo como base una población actual de 472 habitantes y una tasa de crecimiento de 1.68%.
- El sistema de alcantarillado sanitario propone que las 32 viviendas consideradas en este sistema, contarán con cuartos de baño (inodoro, área para ducha, lavatorio y lavadero prefabricado de granito fuera de la unidad), que irán conectados directamente a la red de desagüe.
- La propuesta de diseño del sistema de alcantarillado contempla dos redes de desagüe, la primera red: tuberías de PVC de Ø6" con longitud de 542.19 m, nueve (9) buzones de concreto con dimensiones de 1.60 m de diámetro externo, 0.20 m de espesor y 1.20 m de altura; esta red está diseñada para 8 viviendas. La segunda red con tuberías de PVC, con una longitud de 1002.45 m y 150 mm de diámetro; además de 16 buzones con dimensiones de 1.60 m de diámetro externo, 0.20 m de espesor y 1.20 m de altura; esta red está diseñada para 24 viviendas.
- Las propuestas de diseño para los tanques sépticos comprenden para el tramo 1, un tanque de 9 m³ de capacidad y un pozo de absorción de 3.00m de diámetro interno y una profundidad de 3.50m; mientras que para el tramo 2, un tanque de 17 m³ de capacidad y dos pozos de absorción de 3.00m de diámetro interno y 5.25m de profundidad cada uno.
- El sistema de unidades básicas de saneamiento propone que las 86 viviendas que no están consideradas dentro del sistema de alcantarillado, cuenten con su propio sistema de tratamiento y disposición final de aguas residuales.
- La propuesta de diseño del sistema de unidades básicas de saneamiento comprende: un cuarto de baño (inodoro, área para ducha, lavatorio y lavadero prefabricado de granito fuera de la unidad), construido con paredes de ladrillo o bloque de cemento, con dimensiones de 2.00 metros de largo por 1.34 metros de ancho, midiendo entre 1.90 y 2.05 metros de altura; un tanque séptico de 2

m³ de capacidad y un pozo de absorción de 1m de diámetro interno y profundidad de 2.00 m.

- La propuesta de diseño abarca toda la población de la localidad de Carhuacocha para cerrar la brecha de saneamiento.
- Se asegura la funcionalidad de los sistemas propuestos debido a que los caudales ofertados son mayores que los caudales demandados.

2.2 BASES TEÓRICAS:

Sistemas descentralizados para el tratamiento de aguas residuales.

Los sistemas descentralizados para el tratamiento de aguas residuales son usados ampliamente en nuestro país y al alrededor del mundo, en zonas donde es difícil acceder a la red de alcantarillado municipal.

El sistema descentralizado de manejo de las aguas residuales puede definirse como la recolección, tratamiento y vertimiento o reutilización de aguas residuales provenientes de viviendas unifamiliares o multifamiliares, comunidades aisladas, industrias, comercio o instituciones, así como también sectores de comunidades existentes cerca del punto de generación de residuos. (Capcha, 2017)

Por otra parte, los sistemas centralizados están conformados por sistemas alternos o convencionales de recolección de aguas residuales (alcantarillado), plantas centralizadas de tratamiento y vertimiento o reutilización del efluente tratado, comúnmente lejos del punto de origen.

Los sistemas descentralizados mantienen las fracciones sólidas y líquidas de las aguas residuales cerca del origen, aunque pueden ser transportados a plantas centralizadas para un tratamiento adicional y reutilización.

Algunas de las situaciones en las que la gestión descentralizada de aguas residuales debe considerarse o seleccionarse son:

- Cuando la gestión y la operación de los sistemas locales existentes deben ser mejoradas.
- Cuando la comunidad o las instalaciones no tienen acceso a sistemas de alcantarillado.
- Cuando las oportunidades de reutilización son posibles.

- Cuando la densidad residencial es baja.
- Cuando la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales es limitada y no se dispone de financiación para una ampliación. (Capcha, 2017)

La disposición de efluentes provenientes de sistemas descentralizados comprende desde la absorción en el suelo mediante campos convencionales de infiltración por gravedad, hasta la reutilización del agua después de someterla a tratamientos sofisticados como la tecnología de membranas. Estos son llamados sistemas “in situ”, que quiere decir en el lugar.

Estos tratamientos involucran variaciones de la disposición sub superficial de efluentes de tanques sépticos u otro tratamiento primario de aguas residuales, como lo son unidades de tratamiento biológico aerobios, humedales, lagunas, etc. (Capcha, 2017)

Las cuatro categorías principales de sistemas in situ son: (estos se presentan en la tabla 01.)

- Convencionales
- Convencionales modificados
- Alternativos
- Con tratamiento adicional

Tabla 01. Sistemas locales de disposición y reutilización de aguas residuales.

SISTEMA DE DISPOSICIÓN	/ REUTILIZACIÓN	OBSERVACIONES
SISTEMAS CONVENCIONALES	Campo de infiltración por gravedad - zanja convencional Lechos de absorción por gravedad	Sistema más común
SISTEMAS CONVENCIONALES MODIFICADOS	Campo de infiltración por gravedad: - Zanja profunda Tratamiento de suelo mejorado - Zanja poco profunda - Zanja convencional Sitios elevados y poco profundo - Zanja poco profunda Optimizar el uso del área disponible - Aplicación por goteo	Dosificación a presión: Dosificación cuesta arriba
SISTEMAS ALTERNATIVOS	Zanjas rellenas con arena Tratamiento adicional Lechos de capa de piedra	Sistemas rellenos Importación del suelo

		Sistemas de montículo
		Sistemas evapotranspiración Cero
		descarga
	Estanques de evaporación	
	Humedales artificiales	Requiere una descarga
SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN		
	Irrigación por goteo	Requiere tratamiento adicional previo
		Requiere desinfección
		Irrigación por aspersión
		Reutilización de aguas grises
OTROS SISTEMAS		
	Tanques de almacenamiento	Alternativa para estaciones climáticas
	Descarga en aguas superficiales	
		Permitido si se hace uso de un
		tratamiento adicional

Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones

Esta tabla nos muestra las cuatro categorías de sistemas de disposición y reutilización de aguas residuales, características y observaciones de las mismas.

Capacidad de infiltración.

La capacidad de infiltración se denomina a la cantidad máxima de agua que pueda absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que conforma el suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo. Los factores que afectan la capacidad de infiltración son la entrada superficial, transmisión a través del suelo, capacidad de almacenamiento del suelo, características del medio permeable y características del fluido. (Capcha, 2017)

Entrada superficial: La superficie del suelo puede estar cerrada por la acumulación de partículas que impidan, o retrasen la entrada de agua al suelo.

Transmisión a través del suelo: El agua no puede continuar entrando en el suelo con mayor rapidez que la de su transmisión hacia abajo, dependiendo de los distintos estratos.

Acumulación en la capacidad de almacenamiento: El almacenamiento disponible Depende de la porosidad, espesor del horizonte y cantidad de humedad existente.

Características del medio permeable: La capacidad de infiltración está relacionada con el tamaño del poro y su distribución, el tipo de suelo –arenoso, arcilloso- la vegetación, la estructura y capas de suelos.

Características del fluido: La contaminación del agua infiltrada por partículas finas o coloides, la temperatura y viscosidad del fluido, y la cantidad de sales que lleva. (Capcha, 2017)

Los Suelos:

Hasta ahora hemos visto como, tanto la capacidad de retención de agua como la infiltración, dependen de la porosidad del suelo, al ser los microporos los que determinan la retención y los macroporos la infiltración. Si recordamos que las fuerzas de adsorción, que aparecen entre la superficie de las partículas minerales y el agua, eran las responsables de la retención de ésta en los microporos.

Comprenderemos la gran importancia que tendrá el área superficial de estas partículas en el total de agua retenida. (Capcha, 2017)

La propiedad del suelo directamente relacionada con el área superficial de las partículas es la textura o distribución de las partículas minerales según su tamaño.

Conociendo la textura se pueden conocer muchas de las propiedades hídricas de los suelos. Además la textura es una propiedad muy estable en los suelos, mientras que la estructura y la cantidad y tipo de materia orgánica, que también influyen en las propiedades hídricas, son propiedades que pueden variar a corto y medio plazo (lluvias intensas, cambios en la vegetación). (Capcha, 2017)

Se puede generalizar afirmando que:

- Cuanto mayor es el tamaño de las partículas más rápida es la infiltración y menor es el agua retenida por los suelos (los suelos arenosos son más permeables y retienen menos agua que los arcillosos).
- Los suelos con buena estructura tienen mayor velocidad de infiltración que los compactados.
- el mayor contenido en materia orgánica aumenta el agua retenida por el suelo. - como es lógico, a mayor espesor del suelo mayor capacidad de retener agua. - Como hemos comentado antes, la textura y las propiedades hídricas de un suelo están muy relacionadas, por lo que se puede atribuir a cada tipo de textura un determinado comportamiento hídrico.

Tipos de suelos:

Suelos arenosos: En ellos predominan las arenas o partículas minerales mayores de 0,02 mm de diámetro (cuando las partículas son mayores de 0,2 mm se denominan gravas). Son suelos muy permeables (la permeabilidad es la velocidad de infiltración del agua de gravitación), pues en ellos predominan los macroporos. Su capacidad de retención de agua o capacidad de campo es baja.

Como ventajas se puede destacar el que es fáciles de trabajar a la hora de realizar las zanjas de infiltración. (Rengifo & Safora, 2017)

Suelos limosos: En ellos predominan los limos o partículas entre 0,02 y 0,002 mm. En ellos la permeabilidad varía mucho según sea su estructura. Puede ser muy lenta cuando la estructura es masiva (sin formar agregados) o bastante rápida cuando la estructura es grumosa. Son, por tanto, fácilmente apermazables cuando se destruye su estructura, dificultándose mucho la circulación del aire y del agua. Sin embargo son considerados suelos aptos para sistemas de percolación o tratamiento de aguas residuales provenientes de viviendas unifamiliares por lo que está en un rango medio. (Rengifo & Safora, 2017)

Suelos arcillosos: En ellos predominan las arcillas o partículas menores de 0.002 mm. Son muy impermeables (fácilmente enchar cables) y mal aireados, pues en ellos predominan los microporos. Son difíciles de trabajar pues son muy plásticos cuando están húmedos un ejemplo es cuando, (se van pegando a las suelas de los zapatos cada vez más y más,) y compactos cuando están secos.

En ellos las lluvias finas y duraderas aportan más agua al suelo que las intensas y rápidas. Aunque esto ocurre también en la mayoría de los suelos, en el caso de los arcillosos con mucho más motivo. (Capcha, 2017)

Si presentan alto contenido en materia orgánica (o la aportamos nosotros) se corrigen en gran parte estas propiedades desfavorables. Son los suelos que retienen mayor cantidad de agua y aunque una gran parte de ella es retenida con mucha fuerza y no está disponible para sistemas de tratamiento convencionales presentan una gran cantidad de agua disponible o agua útil. Pero realizando un tratamiento agregando materiales con alto grado de permeabilidad (grava, arena hormigón piedras de 1" a 2") y un recalcado a los pozos de percolación se dispondría a realizar un tratamiento en viviendas unifamiliares. (Capcha, 2017)

Suelos francos: En ellos no predomina claramente ninguno de los tres tipos de partículas. Presentan una mezcla de arenas, limos y arcillas en proporciones equilibradas. Estos tipos de suelos también son considerados para realizar sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante pozos de percolación.

Presentan las ventajas de los distintos tipos de partículas, eliminándose sus desventajas. Así son ligeros, aireados y permeables (pero no tanto como los arenosos) y de media-alta capacidad de retención de agua (aunque no retienen tanta como los arcillosos). Para hacernos una idea de la cantidad de agua que pueden retener los distintos tipos de suelos según su textura daremos los siguientes ejemplos:

- Suelo arenoso: 130 litros por m³ de agua retenida a capacidad de campo (13 % en volumen).
- Suelo arcilloso: 400 litros por m³ de agua retenida a capacidad de campo (40 % en volumen).
- Suelo franco: 280 litros por m³ de agua retenida a capacidad de campo (28 % en volumen).

Cuando hablamos de texturas debemos tener en cuenta que en un mismo suelo nos podemos encontrar horizontes con diferentes texturas. En terrenos sin cultivar, poco alterados y con vegetación natural, lo más frecuente es encontrarse con suelos con horizontes superficiales más arenosos y ricos en materia orgánica que los horizontes sub superficiales, que suelen ser más arcillosos. Esto favorece que el agua se infiltre. Es importante que el agua pueda infiltrarse rápidamente para no sufrir saturación y colapso posterior de los pozos.

Se tendrá en cuenta al realizar el recalcu y tratamiento de los pozos percoladores En tiempos cuando las precipitaciones son muy altas porque ahí saldrá el resultado del buen trabajo realizado al no sufrir colapsos o inundaciones de los mismos. (Capcha, 2017)

Disposición de los sistemas de infiltración

Los sistemas de infiltración de aguas residuales son sistemas de aplicación al subsuelo comúnmente usado en viviendas individuales, establecimientos comerciales, lotes de casas móviles y terrenos para acampar en áreas que no cuentan con servicio de alcantarillado. (Capcha, 2017)

Las superficies de infiltración al suelo están expuestas dentro de una excavación que generalmente se llena con un medio poroso. El medio mantiene la estructura de la excavación, permite el flujo libre del agua residual pre tratada a las superficies de infiltración, y permite el almacenamiento del agua residual durante las épocas de mayor caudal. (Capcha, 2017)

El agua residual ingresa al suelo, en donde recibe tratamiento por medio de la infiltración, la adsorción, y las reacciones biológicas que consumen o transforman los diversos contaminantes. En última instancia, el agua residual tratada en el sistema de infiltración, se combina con el agua subterránea local y fluye con la misma. (Capcha, 2017)

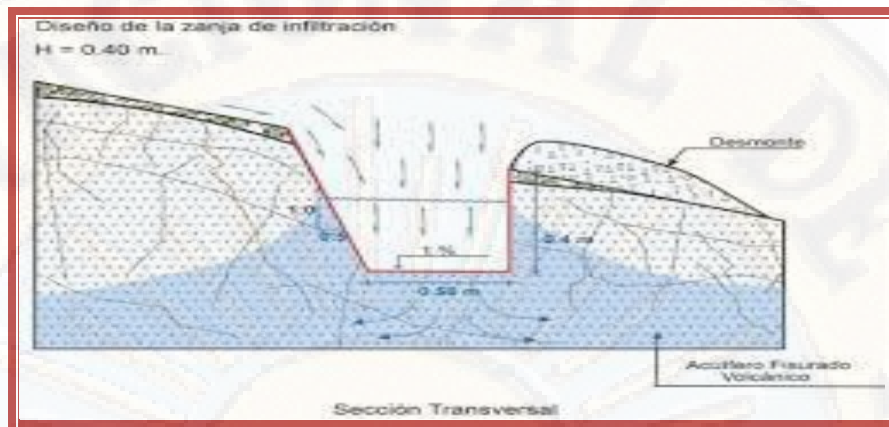
Se han desarrollado diversos diseños de sistemas de infiltración que tienen en cuenta el emplazamiento y las diversas condiciones del terreno. Los diseños se diferencian principalmente en el punto en el cual se ubica la superficie de filtro. La superficie se puede estar expuesta debajo del perfil natural del suelo (tecnología convencional o tecnologías alternativas), o sobre la superficie del suelo natural (sistemas sobre el terreno o de montículo). (Capcha, 2017)

La elevación de la superficie del filtro es importante para proporcionar una profundidad adecuada de suelo no saturado entre la superficie de filtro y la condición límite (por ejemplo, el nivel del lecho de roca o del agua subterránea) para el tratamiento del agua residual aplicada.

En la disposición de los sistemas de infiltración, el aspecto más importante reside en situarlos en el mejor suelo del emplazamiento y en distribuir el caudal abarcando la máxima extensión posible, de modo que se maximicen las posibilidades de tratamiento y asimilación. (Rengifo & Safora, 2017)

Teóricamente, los sistemas de infiltración se deben disponer perpendicularmente a la dirección de flujo del agua subterránea. (En la figura 2), se puede observar cómo está dispuesto el sistema de tratamiento de absorción en el terreno, con respecto a la dirección del flujo subterráneo:

Figura 01. Sistema de infiltración de aguas residuales.



Fuente: Difusión y capacitación para el uso de ecotecnologías aplicadas al tratamiento de efluentes domiciliarios in situ.

En la figura 1.- se observa el sistema, componentes, y funcionamiento de las zanjas de infiltración de aguas residuales domésticas. En los lugares en la que las condiciones del terreno limitan las posibilidades de ubicación de los sistemas de infiltración, es necesario considerar el uso de un sistema de bombeo para optimizar la disposición de los mismos. (Capcha, 2017)

Por esto es importante considerar aspectos importantes para la disposición de los sistemas de infiltración, como los son:

- Evaluación y valoración del terreno.
- Evaluación detallada del emplazamiento.

Evaluación y valoración del terreno

El proceso de selección de un terreno apropiado para un sistema de disposición in situ, involucra una serie de pasos de identificación, reconocimiento y evaluación del lugar. El proceso se inicia con un análisis de las características del suelo, que incluyen:

- **Permeabilidad:** es la capacidad que tiene el suelo para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable. Para ser permeable, el suelo debe ser poroso, es decir, debe contener espacios vacíos o poros que le permitan absorber fluido. A su vez, tales

espacios deben estar interconectados para que el fluido disponga de caminos para pasar a través del suelo. (Capcha, 2017)

- **Textura:** está determinada por la proporción en la que se encuentran en una determinada muestra de suelo las partículas elementales de varias dimensiones que lo conforman. (Capcha, 2017)

- **Estructura:** es el estado del mismo, que resulta de la granulometría de los elementos que lo componen y del modo como se hallan éstos dispuestos. La evolución natural del suelo produce una estructura vertical “estratificada” a la que se conoce como perfil del suelo. Las capas que se observan se llaman horizontes y su diferenciación se debe tanto a su dinámica interna como al transporte vertical. De la estructura del suelo depende la permeabilidad del mismo. (Capcha, 2017)

- **Tamaño de poro:** la porosidad representa el porcentaje total de espacios vacíos que hay entre el material sólido de un suelo. Es un parámetro muy importante porque de él depende el comportamiento del suelo frente a la fase líquida. (Capcha, 2017)

La naturaleza del perfil del suelo y su permeabilidad es de vital importancia en la evaluación y valoración del lugar. Otros aspectos importantes son la profundidad de las aguas subterráneas, la pendiente del terreno, el paisaje y vegetación existentes y las características de drenaje superficial. (Capcha, 2017)

La profundidad de las aguas subterráneas determinará si es posible colocar un sistema de infiltración para el tratamiento de las aguas residuales. Si el nivel de las aguas subterráneas está cerca de la superficie del terreno, es probable que el suelo siempre esté saturado, es decir en su condición más desfavorable, y no permita el buen funcionamiento del sistema de infiltración. (Capcha, 2017)

La pendiente del terreno también es un factor que determina la posible colocación del sistema de infiltración ya que, en terreno con pendientes pronunciadas, el agua tiende a desplazarse rápidamente a la cota más baja acumulándose en un solo punto.

El paisaje, la vegetación y las características del drenaje superficial también son importantes en la evaluación del lugar donde se desee colocar el sistema de tratamiento, ya que estos pueden interferir en la instalación o funcionamiento del mismo.

Luego que se ubica un terreno apropiado, el proceso de evaluación y valoración procede generalmente en dos fases:

- Evaluación preliminar del terreno
- Reglamentación ambiental

Evaluación preliminar del terreno

El paso inicial en el desarrollo de una evaluación preliminar es la determinación del uso actual y propuesto del terreno, caudal y características esperadas del agua residual, y la observación de las características del lugar.

El siguiente paso consiste en recopilar información sobre los siguientes aspectos: profundidad del suelo, permeabilidad del suelo, pendiente, drenaje, existencia de corrientes, cursos de drenaje o humedales, estructuras existentes y propuestas, pozos de agua, zonificación, vegetación y paisaje.

Reglamentación ambiental

Una vez que la información pertinente se ha recolectado, la entidad ambiental local debe ser contactada para determinar los requerimientos normativos vigentes. Los análisis requeridos para la investigación. En Perú los realiza el DIGESA, de acuerdo a las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y vertidos o efluentes líquidos. (Capcha, 2017)

Evaluación detallada del emplazamiento

En la evaluación detallada de un emplazamiento o terreno destinado a la instalación de un sistema de tratamiento individual, los principales factores que hay que tener en cuenta incluyen: identificación de las características del terreno; ensayos de percolación, y caracterización hidrogeológica.

Identificación de las características del suelo La calidad del suelo es la propiedad o naturaleza para distinguir las características de intercambios importantes de masa y energía. El suelo es un sistema heterogéneo trifásico conformado por elementos sólidos (orgánicos e inorgánicos), líquido y gaseoso, caracterizado por propiedades específicas adquiridas durante su evolución. El suelo está constituido por sólidos, agua y aire. El suelo mineral típico tiene un contenido en sólidos cercano al 50% (en volumen) de los que el 90% es materia mineral y el 10% es materia orgánica. (Capcha, 2017)

El restante 50% está formado por cantidades variables de agua 20 a 30% y de aire 20 a 30%.

El éxito de todo sistema de evacuación de agua residual que se base en aplicación al terreno precisa un profundo conocimiento de los suelos. La escasa atención prestada a las condiciones del suelo ha conducido a fallos, que han provocado que los pozos sépticos tengan fama de ser solo una solución temporal para la evacuación de agua residual de residencias individuales. Las propiedades del suelo que se deben considerar para determinar sus propiedades hidráulicas, así como su capacidad para el tratamiento del agua residual incluyen las siguientes:

- Estructura del suelo: indica de qué forma están dispuestas las partículas, y cómo puedan afectar al movimiento del agua.

Es el estado del mismo, que resulta de la granulometría de los elementos que lo componen y del modo como se hallan éstos dispuestos. La evolución natural del suelo produce una estructura vertical “estratificada” a la que se conoce como perfil del suelo. Las capas que se observan se llaman horizontes y su diferenciación se debe tanto a su dinámica interna como al transporte vertical. De la estructura del suelo depende la permeabilidad del mismo.

- **Color:** puede indicar saturación del suelo, o un suelo bien drenado.

Es una característica importante, pues, no solo sirve para reconocer los distintos tipos de terrenos, sino que indica, ciertas propiedades físicas y químicas. El color del suelo es debido: al contenido de humedad, de humus y la naturaleza química de los compuestos de hierro (tabla 3). (Capcha, 2017)

Tabla 02. Componentes Modificadores del Color del Suelo

COLOR	COMPONENTES
Negro y Marrón	Presencia de materia orgánica.
Blanco y Gris	Presencia de cuarzo, yeso y caolín.
Amarillos	Presencia de óxidos de fierro hidratado.
Rojo	Presencia de óxidos de fierro y manganeso.

Fuente: Ecología del Perú.

Nota: tomado en cuenta el informe presentado por ecología del Perú se PNUD 2000 se describe los componentes del suelo de acuerdo al color que presenta.

- **Suelos estacionalmente saturados:** son aquellos donde el suelo permanece saturado por períodos prolongados y están asociados generalmente con una capa de agua freática fluctuante y cercana a la superficie.
- **Localización de estratos impermeables:** importante en la determinación de la profundidad donde se puede realizar el tratamiento.
- **Presencia de arcillas expansivas:** un suelo con arcillas expansivas es susceptible a cambios de volumen, en directa relación con los cambios en la humedad del suelo. Por lo tanto, no es apto para un sistema de tratamiento de infiltración.
- **Textura del suelo:** La textura del suelo depende de la proporción relativa de arena, limo, arcilla y materia orgánica. Eso indica que tan permeable puede ser el suelo en estudio. Por ejemplo, cuando el suelo contiene un alto porcentaje de arena, el mayor espacio poroso permite que agua se infiltre y drene más rápidamente. Para determinar la clase textural de los suelos, se realizan análisis mecánicos de laboratorio y los resultados se interpretan a través del “Triángulo de la textura” o “Triángulo textural”. Las partículas del suelo se clasifican de acuerdo a su tamaño: (tabla 3)

Tabla 03. Diámetro De Partículas En mm de arena, limo, arcilla.

PARTÍCULAS	DIÁMETRO (mm)
Fragmentos Rocosos	> 2.0
Arena	2.0 - 0.05
Limo	0.05-0.002
Arcilla	Menos de 0.002

Fuente: Interpretación de Análisis De Suelos y recomendaciones; J. Guerrero; 1998.

Esta tabla nos detalla los tipos de suelos y su diámetro nominal.

- **Porosidad:** La porosidad es de suma importancia en los suelos, es la responsable de la velocidad de infiltración. Los poros del suelo pueden ser clasificados en: macroporos, comúnmente ocupados por aire y microporos, ocupados por agua, reteniéndola por capilaridad. La condición física de un suelo depende, en gran medida de la porosidad y del tamaño de los poros.

En los suelos de textura fina es mayor la presencia de los microporos y los macroporos en los suelos constituidos por gravas. En ambos casos los poros presentan poca variación en sus dimensiones.

- **Capacidad de Infiltración:** Es una propiedad hidrofísica muy importante del suelo y representa un fenómeno complejo mediante el cual se puede explicar tanto el ingreso del agua en el suelo y su correspondiente movimiento, así como la retención en su interior (tabla 5).

Tabla 04. Capacidad de Infiltración en diversos tipos de suelo

Velocidad de infiltración en cm/min	Calificación
De 0 a 4 minutos	Rápida
De 4 a 8 minutos	Moderada
De 8 a 12 minutos	Lenta

Fuente: Interpretación de Análisis De Suelos y recomendaciones; J. Guerrero.

Nota: tomado en cuenta Capacidad de Infiltración en diversos tipos de suelo. Se describe la velocidad de infiltración en suelos. - Perfil del Suelo: Los componentes del suelo maduro están dispuestos en una serie de zonas denominadas horizontes edáficos o perfil. Estos Horizontes nos indican el grado de desarrollo del suelo, cada uno de ellos tiene distinta textura y composición, que varían en los diferentes tipos de suelo. La mayor parte de los suelos maduros poseen al menos tres de los horizontes posibles, pero algunos suelos nuevos o pocos desarrollados carecen de ellos. Las cuales se evalúan si es favorable para el movimiento del agua. (Figura 2).

Figura 02. Horizontes del suelo. Se presenta los perfiles del suelo (Horizontes O, A, B, C, Roca Madre).

Estratos u horizontes del suelo:



Fuente: Brack y Mendiola, Ecología del Perú, 2000.

El éxito de todo sistema de evacuación de agua residual que se base en aplicación al terreno precisa un profundo conocimiento de los suelos. La escasa atención prestada a las condiciones del suelo ha conducido a fallos, que han provocado que las letrinas con pozos anegados, pozos sépticos tengan fama de ser solo una solución temporal para la evacuación de agua residual de viviendas unifamiliares. Las propiedades del suelo que se deben considerar para determinar sus propiedades hidráulicas así como su capacidad para el tratamiento del agua residual.

En la Tabla 05, se resume la información empleada para la caracterización de un suelo en función de su textura.

Tabla 05. Apariencia y tacto de suelos de diferentes texturas.

Cuadro 2. Suelo húmedo	
Textura	Apariencia y sensación
Arenosa	Forma un molde que se desmenuza al palparlo. No forma cinta cuando se pasa entre el dedo pulgar y el índice.
Franco – arenosa	Forma una masa que permite una manipulación cuidadosa sin romperse. No forma cinta cuando se frota entre los dedos pulgar e índice.
Franco	El molde o bola puede ser manipulado suavemente sin que se desintegre. Tiene ligera tendencia a formar una cinta cuando se frota entre el pulgar y el índice. La superficie que se frota es áspera.
Franco – limosa	El molde puede ser manipulado sin que se rompa. Tiene una tendencia a formar cinta (no continua) cuando se frota entre el pulgar y el índice. Al frotar la superficie tiene una apariencia rizada.
Franco – arcillosa	Un molde de este suelo resiste mucha manipulación sin quebrarse. Cuando se frota entre el pulgar y el índice forma una cinta que se quebrará al sostener su propio peso. El suelo es pegajoso.
Arcillosa	Un molde o bola de este material resiste considerablemente la manipulación sin romperse. Forma una cinta flexible cuando se frota entre el índice y el pulgar y retiene su plasticidad cuando se suprime el esfuerzo. La superficie muestra una sensación de satín, muy suave. Suelo pegajoso.

Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización.

Tabla 06. Textura, apariencia y sensación de suelos.

Textura	Apariencia y sensación	
	Suelo seco	Suelo húmedo
Arenosa	Suelta granos simples que se sienten ásperos. Cuando se aprieta el suelo entre los dedos, la masa se desintegra.	Cuando se comprime entre los dedos, forma una bola que se rompe cuando se toca. No forma cinta cuando se pasa entre el dedo pulgar e índice.
Franco-arenosa (suelos con predominio de arena)	Se rompe fácilmente. Al principio la textura aparece suave, pero a medida que se frota, empieza a dominar una sensación arenosa.	Forma una masa que permite una manipulación cuidadosa sin romperse. No forma cinta cuando se frota entre los dedos pulgar e índice.
Franca (suelos con características de arena, limo y arcilla)	Los agregados se rompen bajo presión moderada. Los terrones pueden ser firmes. Cuando se pulveriza, el suelo franco presenta al tacto una sensación similar a la del terciopelo, que se torna arenosa a medida que se frota. Cuando el suelo franco se moldea, resiste una manipulación cuidadosa.	Un molde o bola de suelo franco puede ser manipulado suavemente sin que se desintegre. Tiene una ligera tendencia a formar cinta cuando se frota entre el pulgar y el índice. La superficie que se frota es áspera.
Franco-limosa (suelo con predominio de limo)	Los agregados son muy firmes, pero se pueden romper bajo presión moderada. Los terrones son de firmes a duros. Cuando el suelo es pulverizado, la sensación al tacto se parece a la de la harina.	Un molde de suelo franco-limoso puede ser manipulado sin que se rompa. Tiene una tendencia a formar cinta cuando se frota entre el pulgar y el índice. Al frotar la superficie, tiene una apariencia rizada.
Franco-arcillosa (suelo con predominio de arcilla)	Agregados muy firmes y duros, muy resistentes a dejarse romper con la mano. Cuando se pulveriza, el suelo presenta una sensación áspera al tacto, debido a los pequeños agregados que persisten.	Un molde de este suelo resiste mucha manipulación sin quebrarse. Cuando se frota entre el pulgar y el índice, forma una cinta cuya superficie se siente algo áspera. El suelo es plástico y pegajoso.
Arcillosa	Agregados muy duros, moldes o bolas del material extremadamente duros y muy resistentes a dejarse romper con la mano. Cuando se pulveriza, muestra una textura aparentemente arenosa, debido a que pueden persistir pequeños agregados.	Un molde o bola de este material resiste considerablemente la manipulación sin romperse. Forma una cinta flexible cuando se frota entre el índice y el pulgar y retiene su plasticidad cuando se suprime el esfuerzo. La superficie muestra una sensación de satén, muy suave, cuando se frota. Pegajoso cuando está húmedo.

Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización.

Nota. Criterios típicos más importantes que se toman en cuenta para la selección del emplazamiento o localización de los sistemas de infiltración.

En la figura 03, se muestran algunas de las texturas mencionadas en la tabla anterior:

Figura 03.- Apariencia de los suelos arcilla, margo arcilloso y margo arcilloso limos en diferentes condiciones de humedad.

Figura 03.- Apariencia de los suelos arcilla, margo arcilloso y margo arcilloso limos en diferentes condiciones de humedad.

Método de Campo Ejemplo para un suelo franco		
		
25-50% agua disponible, levemente húmedo, forma bola débil, una capa suave de granos de arena suelta y agregados quedan en la mano	50-75% agua disponible, húmedo, forma bola débil, una capa suave de granos de arena suelta y agregados quedan en la mano, color oscuro, mancha moderada de agua en los dedos, no forma lulo	75-100% agua disponible, mojado, forma bola débil, quedan granos de arena suelta y agregados en los dedos, color oscuro, manchas gruesas de agua en los dedos, no forma lulo

Fuente: Apariencia de los suelos

A continuación, se resume en la siguiente tabla 7, las propiedades del suelo y criterios típicos más importantes que se toman en cuenta para la selección del emplazamiento o localización de los sistemas de infiltración: (tabla 7).

Tabla 07. Criterios típicos para la selección del emplazamiento de los sistemas y lechos de infiltración.

ELEMENTO CRITERIO	SITUACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO
SITUACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO	Es preferible seleccionar zonas horizontales, bien drenadas, coronación de pendientes, y pendientes convexas.
PENDIENTE	0 a 25 por 100. Se pueden emplear pendientes superiores al 25 por 100, pero pueden dificultar el uso de la maquinaria de construcción. Los lechos de infiltración solo se pueden ubicar en terrenos con pendientes de hasta un 5 por 100.
TEXTURA	Los suelos más indicados son suelos con textura arenosa o margosa. No son tan indicados los suelos gravosos, con poros abiertos, ni los suelos arcillosos de baja permeabilidad.
ESTRUCTURA	Las estructuras indicadas es la estructura granular existente, estructura en bloques, o estructura prismática. Es preferible evitar suelos masivos sin estructura definida y suelos de estructura laminar.
COLOR	Los colores brillantes y uniformes son indicativos de un suelo bien drenado y bien aireado. Los colores indefinidos, grises o moteados indican la saturación continua o estacional del suelo.
ESTRATIFICACIÓN	Los suelos que presenten estratos de diferente estructura o cambios estructurales se deben analizar con detalle para asegurar que no impongan graves restricciones al movimiento del agua.
PROFUNDIDAD DE LA ZONA NO SATURADA	Debe existir una zona de 0.6 a 1.2 m de suelo no saturado entre el fondo del pozo de evacuación y el máximo nivel freático o el estrato rocoso subyacente.

Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización

La ubicación y pendiente del emplazamiento son más restrictivos en el caso de lecho de infiltración debido a la profundidad de la excavación en el lado más elevado.

Las distancias de seguridad varían de un emplazamiento a otro en función de las normas locales, características topográficas, permeabilidad del suelo, gradientes de aguas subterráneas, geología, etc.

Según las Normas, las zanjas deberán ubicarse en un sitio adecuado que no ofrezca riesgo de contaminación en las fuentes de abastecimiento de agua para uso humano, debiendo guardar las distancias mínimas.

Ensayo de percolación

En muchos lugares, se emplean los resultados de los ensayos de percolación para determinar las dimensiones necesarias para el sistema de absorción en el terreno.

Este ensayo se realiza con el propósito de determinar la aceptabilidad o rechazo del sitio escogido como la zona donde se tendrá colocado el subsistema de drenaje, que complementa el proceso de tratamiento de aguas que se realiza en forma individual, por medio de un sistema de tratamiento previo (tanque séptico, laguna, etc.). Con los resultados de esta prueba, es posible saber si el agua que haya pasado por las etapas de tratamiento será absorbida o no, por el terreno.

En el ensayo de percolación, se perforan agujeros de ensayo de diámetro variable en el emplazamiento general en el que se desea ubicar el sistema de infiltración, y se realizan mediciones o lecturas directas en el sitio. Es una prueba con la que se pretende conocer las velocidades en que el agua se infiltra en ese terreno.

El procedimiento por seguir, mide cambios en la profundidad del nivel del agua que se coloca en el agujero de prueba, durante el tiempo especificado para el trabajo que interesa. Con esos valores o datos de campo, se procede a realizar los cálculos matemáticos requeridos, utilizando también en ello referencias técnicas en las que se encuentran caracterizaciones previas efectuadas a diferentes tipos de suelo, de manera tal que con el trabajo de cálculo se inducen y concluyen las características del sitio en estudio.

La carga hidráulica permisible en el sistema de absorción sobre el terreno se determina mediante una curva o tabla que relaciona la velocidad media de percolación con la carga hidráulica admisible.

Capacidad de asimilación de un emplazamiento

La capacidad de asimilación de un emplazamiento se define como la capacidad del terreno para aceptar agua. El agua puede infiltrar en dirección descendente o se

puede transportar lateralmente lejos del emplazamiento, las pueden consumir las plantas o se puede evapotranspirar conforme se reintroduce en el ciclo natural del agua.

La capacidad de asimilación de un terreno que se desea emplear para la evacuación de un efluente depende de la permeabilidad del estrato subyacente, de la situación y pendiente del nivel freático, de la pendiente de la superficie del terreno y de las características hidráulicas del lugar.

El análisis de la capacidad de asimilación de un terreno se puede realizar mediante la Ley de Darcy y los principios que gobierna el flujo subterráneo. La ley de la Darcy es la siguiente:

$$V = K \cdot S$$

Donde:

V: velocidad de flujo, (m/d).

K: coeficiente de permeabilidad, (m/d).

S: gradiente hidráulico, (m/m).

El coeficiente de permeabilidad también se conoce como conductividad hidráulica, permeabilidad efectiva, o coeficiente de percolación. En general, la permeabilidad de un suelo está influenciada por el tamaño de las partículas, la relación de vacíos, la composición, el grado de saturación y la temperatura. El coeficiente de permeabilidad se puede definir en función de las propiedades del flujo y de un tamaño característico del medio poroso.

En la siguiente tabla se presentan los valores típicos del coeficiente de permeabilidad asociados a los tipos de suelos identificados (en la tabla 10, Coeficientes de permeabilidad, velocidades de percolación).

TABLA 08. Coeficientes de permeabilidad aproximados y velocidades de percolación y de asimilación asociadas a los diferentes tipos de suelo.

Coeficientes de permeabilidad (K)		
K m/s	Tipo de suelo - Permeabilidad	K m/s
10	Grava limpia	10
10 ⁻¹		10 ⁻¹
10 ⁻²		10 ⁻²
10 ⁻³		10 ⁻³
10 ⁻⁴	Arenas limpias	10 ⁻⁴
10 ⁻⁵	Arena limpia y mezclas de grava	10 ⁻⁵
10 ⁻⁶	Arenas muy finas Limos orgánicos e inorgánicos	10 ⁻⁶
10 ⁻⁷		10 ⁻⁷
10 ⁻⁸		10 ⁻⁸
10 ⁻⁹		10 ⁻⁹
10 ⁻¹⁰	Mezclas de arena, limo y arcilla	10 ⁻¹⁰
10 ⁻¹¹	Depósitos estratificados de arcilla, etc.	10 ⁻¹¹
	Suelos impermeables, por ejemplo, arcillas homogéneas por debajo de la zona de meteorización	

¹ Prácticamente impermeable.

Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización

Determinación de la capacidad de asimilación hidráulica

Para determinar la capacidad de asimilación hidráulica, se deben utilizar datos obtenidos de un ensayo de percolación: dimensión del pozo o zanja, profundidad del agua en dentro del pozo o zanja y por debajo del fondo de estos, la altura de la zona capilar, grado de saturación, porosidad del suelo, agua aplicada durante el análisis, extensión total del campo de agua.

En primer lugar, se debe determinar el volumen de agua remanente en la zanja, en la zona saturada y el agua en la franja capilar.

El volumen de agua absorbida en m³, será la diferencia entre el agua aplicada y el agua total remanente.

$$A^*a = a^*a$$

La tasa de aceptación del suelo o capacidad de asimilación hidráulica en m/d está dada por:

$$t^*d^*a = a^*t^*a / a_1^*t_1$$

El área será la de la extensión total del campo de agua (m²), y el tiempo será la duración de la prueba en días.

Para maximizar la capacidad de transporte de efluente en un terreno inclinado es necesario disponer el sistema de infiltración en dirección normal a la del movimiento del agua subterránea.

Se han producido muchos fallos en sistemas de absorción sobre el terreno en los que los sistemas de infiltración se situaban en paralelos a la dirección de flujo del agua subterránea.

Se han producido muchos fallos en sistemas de absorción sobre el terreno en los que los sistemas de infiltración se situaban en paralelos a la dirección de flujo del agua subterránea.

En zonas llanas con limitada capacidad de percolación, el caudal que sale de los sistemas de infiltración tiende a distribuirse lateralmente hasta que se disipa. Por ello, la ubicación y orientación de los sistemas de infiltración no es un factor tan importante como en terrenos inclinados.

Procedimiento para realizar ensayo de percolación.

Existen diferentes procedimientos para realizar el ensayo de percolación y obtener la velocidad o rata de infiltración, entre los cuales se encuentran:

a. Método según Gaceta N°4.044 de la República Bolivariana de Venezuela (Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones):

En el artículo 513 de esta norma, nos indica el siguiente procedimiento:

- Se excava un hoyo en el centro geométrico del sistema de disposición de aguas negras a ser usado, con una profundidad promedio de los niveles extremos probables del sistema. Esta profundidad por debajo de la superficie del terreno, no debe ser menor a 1.50 metros cuando se pretenda construir sumideros, o de 0.60 metros en el caso de zanjas de absorción. En el fondo del hoyo se excava otro menor, de sección cuadrada, de 30cm de lado y 45cm de profundidad.
- Se vierte la cantidad necesaria de agua para que el hoyo pequeño se llene completamente, esperando que ésta sea absorbida por el terreno.

- A continuación, se repite el procedimiento anterior, cuidando esta vez de anotar el tiempo de infiltración en minutos. Este valor dividido por 18 dará el promedio del tiempo que demora el terreno en absorber 2.5cm de agua.

b. Método según normas de El Salvador (Guía técnica sanitaria para la instalación y funcionamiento de sistemas de tratamiento individuales de aguas negras y grises), y México (Fosas sépticas prefabricadas – Especificaciones y métodos de prueba):

- Excavar como mínimo seis pozos espaciados uniformemente dentro del área propuesta para el campo de infiltración. Las excavaciones para realizar las pruebas deben tener lados o un diámetro de 0,30 metros, excavados hasta la profundidad del campo de riego o zanja de infiltración propuesta. Las paredes de las excavaciones deben ser raspadas, con el propósito de lograr una absorción natural del suelo, y agregar una capa de arena gruesa o grava fina de 0,05 metros de espesor para proteger el fondo.
- Agregar agua a la excavación de prueba hasta el nivel del terreno por 4 horas. Si el suelo es altamente permeable se debe agregar más agua hasta cumplir las 4 horas para lograr la saturación del mismo. Cuando hayan transcurrido 24 horas, luego de lograr la saturación de la excavación de prueba, se determina la tasa de infiltración de acuerdo a las siguientes consideraciones:
- Agregar nuevamente agua a la excavación de prueba hasta el nivel del terreno.
- En terrenos poco permeables la prueba de infiltración se realiza midiendo el descenso del nivel del agua durante intervalos de 30 minutos en un período de 4 horas.
- El descenso que ocurre durante el período final de 30 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración.
- En terrenos permeables la prueba de infiltración se realiza midiendo el descenso del nivel del agua durante intervalos de 10 minutos en un período de 1 hora.
- El descenso que ocurra en los últimos 10 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración.

C.- Otro procedimiento para la realización de un ensayo de percolación explicado en la referencia (Difusión y capacitación para el uso de ecotecnologías aplicadas al tratamiento de efluentes domiciliarios in situ) es el siguiente:

Paso 1: Cavar 5 pozos:

La capacidad de infiltración del agua en el suelo puede variar mucho en pocos metros de distancia dentro del mismo terreno. Por eso, en el lugar elegido para el tratamiento, se recomienda cavar como mínimo 6 pozos de 30cm de diámetro y de 60 cm de profundidad. Deben estar distribuidos cubriendo el lugar destinado al tratamiento. Una vez hechos los pozos, se raspan sus paredes con un elemento filoso para eliminar la superficie compactada que deja la pala. Luego se saca la tierra suelta y se colocan 5 cm de arena en el fondo. Por último, en la pared del pozo, a 20 cm por encima de la arena, se clava una pequeña cuña de madera que sirva como marca de referencia para las mediciones.

Pasó 2: Saturación del suelo:

Una vez hechos los pozos, se comienza a agregarles agua. Al principio la tierra la absorbe muy rápido y luego cada vez más lentamente. Debemos llenarlos y mantenerlos con agua por encima de la cuña durante 12 horas.

Cuando el agua desplaza el aire y ocupa el espacio entre los granos del suelo, sé que el suelo está saturado.

En condiciones de saturación, el suelo tiene su menor capacidad de infiltración. Por eso el ensayo de infiltración se realiza con el suelo alrededor de los pozos totalmente saturado. Este proceso de saturación puede demorar muchas horas dependiendo del tipo de suelo.

Paso 3: Medición de la capacidad de infiltración del agua en el suelo Después de 12 horas de saturación del suelo, se mide la capacidad de infiltración. Para ello en la boca de cada pozo se arma un pequeño arco con maderas como el de la Figura 14. La varilla horizontal debe quedar bien fija, cruzada sobre la boca del pozo, a unos 35 cm por encima del nivel del terreno y por lo tanto a unos 70 cm por encima de la cuña clavada en la pared del pozo. Los pozos se enumeran y se procede de la siguiente manera:

Se inicia con el pozo número 1:

- Ajustar el nivel de agua hasta la cuña. Para ello se agrega o se saca agua según corresponda.
- Con el agua al nivel de la cuña se mide con una cinta métrica la distancia entre la superficie del agua y la varilla con la mayor precisión posible. Para ello se debe introducir la cinta métrica en forma vertical junto al centro de la varilla, hasta que la punta toque la superficie del agua en el centro del pozo.
- Cuidando que no se mueva la cinta, se toma la medida por encima de la varilla. En una planilla se registra la hora y la medida Inicial del nivel de agua.
- Esperar 30 minutos. Durante este período de espera se repite el procedimiento (pasos 1 y 2) en los otros pozos, en forma sucesiva y ordenada. La medición en cada pozo lleva unos pocos minutos, de manera que se pueden medir todos antes de tener que volver al primero. Cumplidos los 30 minutos se mide nuevamente en el pozo 1 la distancia entre la varilla y la superficie del agua, se anota en la planilla la hora y la medida 2, y se completa el pozo con agua hasta la cuña.
- Repetir los pasos 3 y 4 en el resto de los pozos y continuar hasta realizar seis mediciones en cada pozo y completar la planilla. Si las últimas tres medidas no difieren en más de medio centímetro (5 mm) entre sí (infiltración constante), damos por terminado el ensayo. De lo contrario seguimos midiendo hasta lograr infiltración constante.

Como después de cada medición se completa el nivel de agua hasta la cuña, todas las mediciones del mismo pozo deben ser aproximadamente iguales.

Las diferencias se deben a pequeños cambios en la capacidad de infiltración. Las medidas entre distintos pozos pueden ser muy diferentes. Eso se debe a diferencias del suelo de un lugar a otro.

Paso 4: Cálculo de la capacidad de infiltración del terreno Una vez concluido el ensayo de infiltración, con los datos obtenidos se procede a calcular la capacidad de infiltración del terreno de la siguiente manera:

- Calcular las diferencias de cada medida con la medida inicial y anotarlas en la planilla.
- Calcular el promedio de las tres últimas diferencias.

- Los 30 minutos transcurridos entre las mediciones se dividen por el promedio obtenido en cada pozo. Estos resultados serán el tiempo que tarda el suelo en absorber un cm de agua (min/cm) en cada pozo.
- Finalmente, para obtener la capacidad de infiltración del terreno, se debe promediar los valores obtenidos en todos los pozos. Ese promedio es el resultado el ensayo de infiltración.

2.3. BASES CONCEPTUALES. -

El término **Base conceptual** se utiliza básicamente en el ámbito de la investigación con carácter científico. Por **Base conceptual** se entiende la representación general de toda la información que se maneja en el proceso de investigación.

Capacidad de infiltración

Se denomina a la cantidad máxima de agua que pueda absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que conforma el suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo.

Los factores que afectan la capacidad de infiltración son la entrada superficial transmisión a través del suelo, capacidad de almacenamiento del suelo, características del medio permeable y características del fluido.

UBS – Arrastre Hidráulico

Una unidad básica de saneamiento (UBS) con arrastre hidráulico, es aquella que utiliza agua, en una cantidad suficiente (de 2 a 4 litros) para el arrastre de las excretas hasta un tanque séptico, biodigestor u otro sistema de tratamiento en el cual los desechos orgánicos son sometidos a un proceso de sedimentación y descomposición, y las aguas servidas son dispuestas a pozos o zanjas de infiltración. Según los términos de referencia proporcionados por el PROCOES, indican que la disposición de la unidad básica de saneamiento de arrastre

hidráulico, se distribuye: CASETA + CAJA DE REGISTRO + BIODIGESTOR + ZANJA DE INFILTRACIÓN.

- Arrastre Hidráulico: Fuerza de tracción que produce el agua para la evacuación de las excretas desde el aparato sanitario hasta el hoyo o pozo.

Zanjas de infiltración

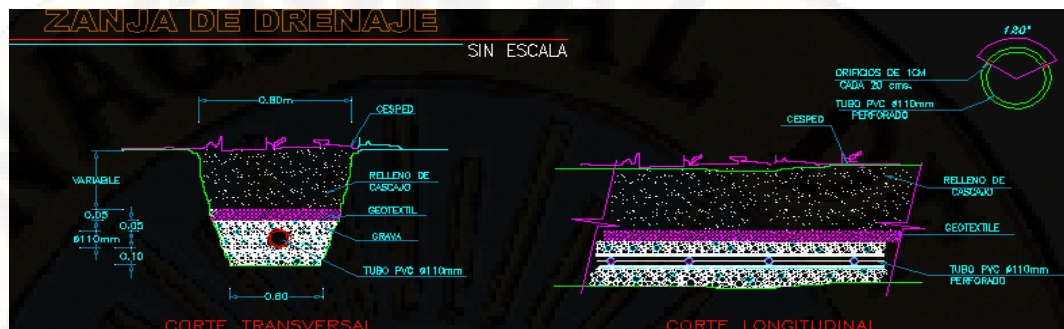
Uno de los sistemas más comunes de disposición in situ de aguas residuales son las zanjas de infiltración, las cuales son usadas desde principios de 1900. Las zanjas de infiltración, llamadas también campos de infiltración o campos de absorción, son un elemento opcional utilizado para descargar el efluente proveniente del tanque séptico u otro sistema de tratamiento previo

Las zanjas de infiltración son sistemas poco profundos de absorción en el suelo, que constan de una serie de zanjas de poca profundidad, llenas de grava. El efluente se dispone a través de las zanjas en el subsuelo, permitiendo su oxidación y disposición. (Capcha, 2017)

Las zanjas de infiltración mejoran el tratamiento químico y biológico del efluente de un tratamiento primario, porque aprovechan la actividad bacteriana del suelo e incrementan la oportunidad de absorción de fósforo, metales y virus. Además de mayores remociones de DBO, sólidos suspendidos totales (SST) y nitrógeno. (Capcha, 2017).

Las zanjas de infiltración están conformadas por una serie de tuberías convenientemente localizadas y son utilizados para recibir directamente el efluente de agua residual proveniente del sistema de tratamiento previo y filtrarla en el terreno circundante (figura 11).

Figura 04: Detalle de zanja de infiltración.



Fuente: Especificaciones técnicas para el diseño de zanjas y pozas de infiltración.

Este tipo de disposición funciona bien en sitios con suelos profundos y permeabilidad relativa, donde se tienen aguas subterráneas profundas y el terreno es relativamente nivelado.

El diseño de las zanjas de infiltración depende de la forma y tamaño del área disponible, de la capacidad requerida, de la topografía del terreno y de la tasa de infiltración del subsuelo. Para la construcción de los campos de absorción se utilizan los siguientes materiales: tubería perforada, grava y geotextil.

El medio poroso se emplea para:

- Mantener la estructura de las zanjas;
- Proporcionar un tratamiento parcial del efluente;
- Distribuir el efluente a las áreas de infiltración en el terreno.

El sistema que se consigue en los sistemas de infiltración se produce mediante las siguientes fases:

- a. Al circular el efluente a través y por encima del medio poroso que se dispone en las zanjas de infiltración.
- b. Al infiltrarse en el terreno el tratamiento en el medio poroso de las zanjas se produce por la combinación de una serie de mecanismos físicos, biológicos y químicos. Si la inundación es permanente, el medio poroso actúa como un filtro anaerobio sumergido, mientras que si la aplicación es periódica, actúa como un filtro percolador aerobio. (Capcha, 2017)

Las zanjas de infiltración no requieren de ningún tipo de mantenimiento y su vida útil dependerá de la granulometría del suelo, de la capacidad de infiltración, de la

altura y variaciones del nivel freático, y del correcto funcionamiento y limpieza del tanque séptico o sistema de aguas residual utilizado como tratamiento previo, que evitará el paso de sólidos a las zanjas de infiltración.

Este sistema de disposición final de las aguas residuales puede utilizarse para el riego del área donde se localizarán los tubos perforados del campo de absorción ya que el terreno absorbe y utiliza el agua que se está desechando. (Capcha, 2017)

Tanquilla de distribución

Este componente tiene por objeto distribuir el agua servida procedente del sistema de tratamiento previo proporcionalmente a cada uno de los ramales del campo de infiltración, para lo cual se colocaran todas las tuberías de salida a la misma altura. (Capcha, 2017)

Según el artículo 508 de la Gaceta Oficial N° 4.044 (M.S.A.S. / MINDUR.), las tanquillas de distribución deben colocarse en un lugar que permita la adecuada alternabilidad en el uso de diversas zonas en que pueda estar dividido el sistema de disposición, de ser necesario, y la uniforme distribución del efluente, así como la limpieza de las mismas.

Las tanquillas de distribución pueden ser de forma rectangular, cuadrada o circular, siempre que la menor dimensión transversal no sea inferior a 0.60m, según el artículo 510 (M.S.A.S. / MINDUR.). (Capcha, 2017)

Superficies de infiltración de las zanjas de infiltración

En las zanjas de infiltración, las superficies de infiltración son las dos paredes laterales y el fondo de la zanja. Sin embargo, antes de que las paredes laterales sean efectivas, es necesario que el desarrollo de la biopelícula en la superficie del fondo sea el suficiente como para provocar el encharcamiento de la zanja.

Esta biopelícula o también llamada capa biológica, se forma mientras que el efluente fluye continuamente hacia el suelo y los microbios digieren los componentes de las aguas negras. La capa biológica suele ser muy efectiva en la eliminación de virus y patógenos. Desde el punto de vista funcional, la biopelícula funciona como un filtro biológico. (Capcha, 2017)

La biopelícula o capa biológica de la superficie de las paredes de la zanja no suele estar tan desarrollada como la del fondo de la zanja dado que los sólidos tienen a

sedimentarse y acumularse en el fondo. Por esto, en muchos métodos de cálculo de zanjas de infiltración sólo toman en cuenta el fondo de la zanja como superficie de infiltración. (Capcha, 2017)

Debido a los valores relativamente elevados de las cargas orgánicas y de sólidos aplicados, el medio suele ser anaerobio. El grosor de la película biológica crece a medida que los microorganismos metabolizan la materia orgánica presente en el efluente de las fosas sépticas. (Capcha, 2017)

Grado de tratamiento

Uno de los objetivos de diseño más importantes de los sistemas de tratamiento individual es el tratamiento efectivo del agua residual, de modo que no provoque condiciones nocivas ni tenga impacto alguno sobre los usos beneficiosos de las aguas subterráneas de la zona. Los sólidos suspendidos, el nitrógeno, el fósforo, las bacterias y los virus son los principales constituyentes a considerar. A una profundidad de 0,9 m por debajo del nivel inferior de las zanjas de infiltración, la concentración de la mayoría de los constituyentes es inferior a los límites menores de detectabilidad como se muestra en la Tabla 12 (Columna 4). Los nitratos y el fósforo constituyen excepciones de este hecho. Los contaminantes prioritarios presentes en el efluente de los tanques sépticos, como los metales, también son importantes, pero la información disponible acerca de la reducción de estos componentes en los sistemas de infiltración es limitada (tabla 09).

Tabla 09-. Rendimiento de tratamiento de los componentes de los sistemas in situ y de los filtros de arena con recirculación o intermitentes.

	Unidades de tratamiento	Eficiencia mínima de remoción de parámetros, porcentaje (%)						
		DBO ₅	DQO	SST	SSRED	Grasas y aceites	Fósforo	Observaciones
Prestatamiento	Cribado o desbaste	0-15	0-10	10-30	0-6	0-80	N/A	Remoción con mallas finas y micro-burbujas
	Desarenadores	0-5	0-3	0-10	N/A	N/A	N/A	
	Trampa de graso	0-3	0-3	10-33	N/A	83-93	N/A	
Tratamiento Primario	Sedimentación primaria	60-80	60-80	50-85	15-85	80-90	80-90	
	Lagunas anaeróbicas	50-70	50-50	50-80	15-85	80-90	80-90	
	Tanques Imhoff	75-80	15-30	50-70	15-85	80-90	80-90	
Tratamiento Secundario	Reactores UASB (GASB)	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	70-80	
	Lagunas fluctuantes	80-90	80-90	80-90	15-85	70-80	80-90	Se ven afectadas con algas
	Lagunas aerobias	80-95	80-90	N/A	N/A	N/A	80-90	Con sedimentación secundaria
	Reactores aerobios RAP	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	70-80	
	Filtros aerobios	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	70-80	
	Lodos activados (convencional)	80-85	70-80	80-90	N/A	N/A	80-90	
	Filtros percoladores de alta tasa, acero	65-80	55-70	60-85	N/A	N/A	80-90	
	De alta tasa, plástico	75-85	60-80	65-85	N/A	N/A	80-90	
Desinfección	Rayos UV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100	
	Cloración	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100	
	Sistema de radiación	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	99-99	

FUENTE: Unidad formadora de placas

Nota: El valor varía desde el nivel inicial hasta el valor indicado. UFP: unidad formadora de placas.

Métodos de cálculo de zanjas de infiltración

Existen diferentes métodos de cálculo para las zanjas de infiltración: por gravedad, y a presión, este último se utiliza cuando el efluente es expulsado del tanque séptico mediante bombas.

Metodología según la gaceta oficial N°4.044 de la República Bolivariana de Venezuela. (M.S.A.S. / MINDUR.).

La capacidad de absorción del suelo se determina mediante una prueba de Percolación.

Al obtener el tiempo de infiltración en minutos de la prueba de absorción, la rata de percolación (tiempo que demora el terreno en absorber 2.5cm de agua), se calcula dividiendo el tiempo de infiltración en minutos por 18, esto viene dado por:

$$\frac{T.M}{P.d\ ho} = \frac{T}{2.5c}$$

Como la profundidad del hoyo en la prueba de absorción según esta norma, descrita, es de 45 cm, por lo tanto, sustituyendo en la ecuación queda:

$$\frac{T.M}{4C} = \frac{T}{2.5c}$$

Despejando el tiempo necesario para que el agua infiltre 2.5 cm, se obtiene la rata de percolación:

$$R.D.P = \frac{T.mT(m)}{1}$$

Luego de haber determinado la rata de percolación, con el valor obtenido, se podrá determinar el área de absorción requerida para la disposición de 1000 litros diarios según la (Tabla 13).

Si la rata de percolación da como resultado un número mayor de 60min no puede ser utilizado el sistema de zanjas de infiltración, en este caso la norma recomienda utilizar zanjas filtrantes. (Capcha, 2017)

$$\frac{T.M}{P.d\ ho} = \frac{T}{2.5c}$$

Tabla 10. Áreas de absorción requeridas en metros cuadrados por cada mil litros de aguas servidas por día, a disponer en sumideros o en zanjas de absorción de acuerdo con la rata de percolación.

RATA DE PERCOLACIÓN (Tiempo en minutos requeridos por el agua para caer 2.5cm)	ÁREAS DE ABSORCIÓN (*) (Requeridas en metros cuadrados por cada 1000 litros por día)
1	4,9
2	7
3	8,5
4	9,8
5	11
10	15,60
15	19,1
20	22
25	24,60
30	26,90
40	31,10
50	34,8
60	38,1

Fuente: Metcalf & Eddy

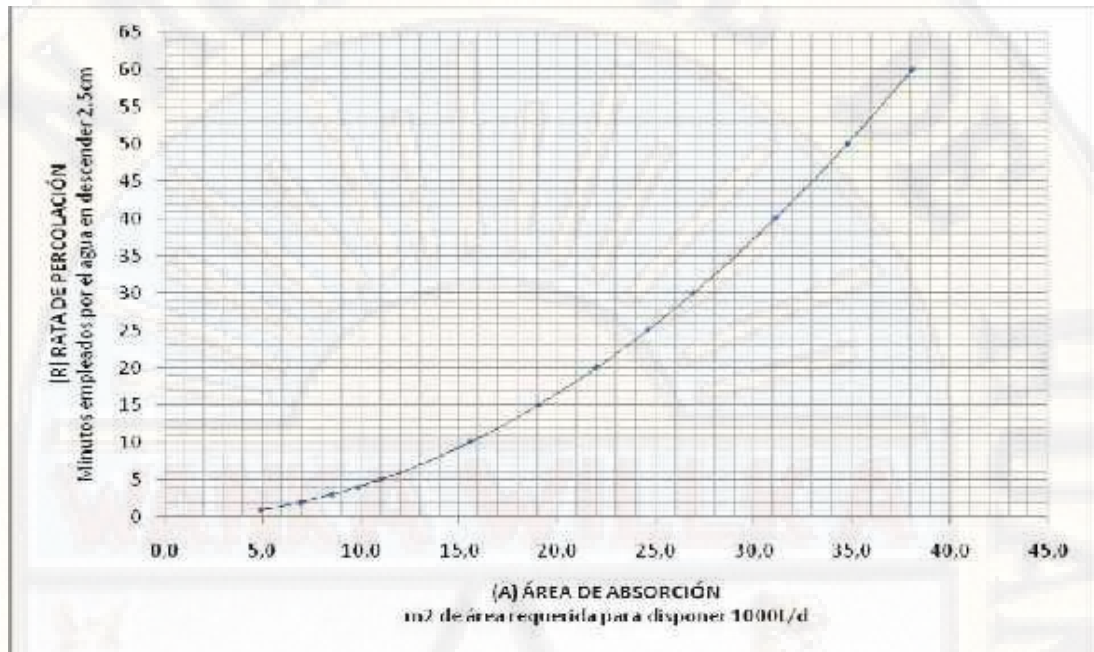
En zanjas de infiltración será el área del fondo de la zanja. Para cifras intermedias a los valores de la rata de percolación de la tabla 14, se podrá utilizar el diagrama de la figura 2, y/o la siguiente ecuación:

$$A = 4.92\sqrt{R}$$

Donde:

R= rata de percolación, (min/cm).

Figura 05. Grafica Área de Absorción vs. Rata de Percolación



Fuente : Lopez, L.

Según el artículo 515 (M.S.A.S. / MINDUR.), con el área de absorción obtenida anteriormente, se calculará el área efectiva requerida, considerando un gasto de agua servida de 250 litros por persona y por día para edificaciones destinadas a viviendas.

Para otros tipos de edificaciones se estimará el gasto de aguas servidas de acuerdo con la dotación de agua correspondiente, incrementándola en un 10% como margen de seguridad.

El área requerida efectiva (A_i), se calcula con la siguiente ecuación:

$$A_i = \frac{A}{1000L/d} * QL/d$$

Donde:

Q: gasto de agua residual generado, (L/d) según el artículo 519 de la gaceta (M.S.A.S. / MINDUR.), las zanjas de los campos de absorción se diseñarán y construirán de acuerdo al área de absorción efectiva requerida, a las siguientes especificaciones y según los modelos descritos en la norma.

a. El material filtrante deberá ser arena lavada, piedra picada o grava limpia de tamaño variable, entre 1 y 5 cm y se extenderá a todo lo ancho de las zanjas, 15 cm por debajo

de las tuberías y 5 cm por encima de ellas. Sobre esta última se colocarán 5 cm de paja seca o material similar. El resto de la zanja se rellenará con tierra compactada.

b. La sección podrá ser rectangular o trapezoidal, recomendándose zanjas rectangulares para terrenos firmes y trapezoidales para terrenos deleznales.

c. Para terrenos permeables se recomiendan zanjas de poco ancho y para terrenos de poca permeabilidad, zanjas de mayor ancho.

d. La longitud máxima de los ramales será de treinta metros.

e. La pendiente máxima uniforme de los ramales será de 0.25%.

f. El tamaño, profundidad y distancia entre las zanjas se establecerá de acuerdo a la siguiente (tabla 11).

TABLA 11. Dimensiones de las Zanjas de Absorción y separación entre ellas.

ANCHO DE FONDO DE LA ZANJA(cm.)	PROFUNDIDAD RECOMENDADA DE LA ZANJA (cm)	DISTANCIA EJE A EJE ENTRE TUBERIAS (m.)
30	45-75	1.8
45	45-75	1.8
60	45-75	1.8
75	45-90	2.3
90	60-90	2.5

Fuente: Metcalf & Eddy.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

Capacidad de infiltración.

La capacidad de infiltración se denomina a la cantidad máxima de agua que pueda absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que conforma el suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo. Los factores que afectan la capacidad de infiltración son la entrada superficial, transmisión a través del suelo, capacidad de almacenamiento del suelo, características del medio permeable y características del fluido. (Capcha, 2017)

Entrada superficial: La superficie del suelo puede estar cerrada por la acumulación de partículas que impidan, o retrasen la entrada de agua al suelo.

Transmisión a través del suelo: El agua no puede continuar entrando en el suelo con mayor rapidez que la de su transmisión hacia abajo, dependiendo de los distintos estratos.

Acumulación en la capacidad de almacenamiento: El almacenamiento disponible depende de la porosidad, espesor del horizonte y cantidad de humedad existente.

Características del medio permeable: La capacidad de infiltración está relacionada con el tamaño del poro y su distribución, el tipo de suelo –arenoso, arcilloso- la vegetación, la estructura y capas de suelos.

Características del fluido: La contaminación del agua infiltrada por partículas finas o coloides, la temperatura y viscosidad del fluido, y la cantidad de sales que lleva.

Los Suelos:

Hasta ahora hemos visto como, tanto la capacidad de retención de agua como la infiltración, dependen de la porosidad del suelo, al ser los microporos los que determinan la retención y los macroporos la infiltración. Si recordamos que las fuerzas de adsorción, que aparecen entre la superficie de las partículas minerales y el agua, eran las responsables de la retención de ésta en los microporos.

Comprenderemos la gran importancia que tendrá el área superficial de estas partículas en el total de agua retenida. (Capcha, 2017)

La propiedad del suelo directamente relacionada con el área superficial de las partículas es la textura o distribución de las partículas minerales según su tamaño.

Conociendo la textura se pueden conocer muchas de las propiedades hídricas de los suelos. Además la textura es una propiedad muy estable en los suelos, mientras que la estructura y la cantidad y tipo de materia orgánica, que también influyen en las propiedades hídricas, son propiedades que pueden variar a corto y medio plazo (lluvias intensas, cambios en la vegetación). (Capcha, 2017)

Se puede generalizar afirmando que:

- Cuanto mayor es el tamaño de las partículas más rápida es la infiltración y menor es el agua retenida por los suelos (los suelos arenosos son más permeables y retienen menos agua que los arcillosos).

- Los suelos con buena estructura tienen mayor velocidad de infiltración que los compactados.
- El mayor contenido en materia orgánica aumenta el agua retenida por el suelo.
 - como es lógico, a mayor espesor del suelo mayor capacidad de retener agua.
 - Como hemos comentado antes, la textura y las propiedades hídricas de un suelo están muy relacionadas, por lo que se puede atribuir a cada tipo de textura un determinado comportamiento hídrico. (Capcha, 2017)

Tipos de suelos:

Suelos arenosos: En ellos predominan las arenas o partículas minerales mayores de 0,02 mm de diámetro (cuando las partículas son mayores de 0,2 mm se denominan gravas). Son suelos muy permeables (la permeabilidad es la velocidad de infiltración del agua de gravitación), pues en ellos predominan los macroporos. Su capacidad de retención de agua o capacidad de campo es baja. (Capcha, 2017)

Como ventajas se puede destacar el que es fáciles de trabajar a la hora de realizar las zanjas de infiltración. (Capcha, 2017)

Suelos limosos: En ellos predominan los limos o partículas entre 0,02 y 0,002 mm. En ellos la permeabilidad varía mucho según sea su estructura. Puede ser muy lenta cuando la estructura es masiva (sin formar agregados) o bastante rápida cuando la estructura es grumosa. Son, por tanto, fácilmente apermazables cuando se destruye su estructura, dificultándose mucho la circulación del aire y del agua. Sin embargo son considerados suelos aptos para sistemas de percolación o tratamiento de aguas residuales provenientes de viviendas unifamiliares por lo que está en un rango medio. (Capcha, 2017)

Suelos arcillosos: En ellos predominan las arcillas o partículas menores de 0.002 mm. Son muy impermeables (fácilmente encharcables) y mal aireados, pues en ellos predominan los microporos. Son difíciles de trabajar pues son muy plásticos cuando están húmedos un ejemplo es cuando, (se van pegando a las suelas de los zapatos cada vez más y más,) y compactos cuando están secos. En ellos las lluvias finas y duraderas aportan más agua al suelo que las intensas y rápidas. Aunque esto ocurre también en la mayoría de los suelos, en el caso de los arcillosos con mucho más motivo. (Capcha, 2017)

Si presentan alto contenido en materia orgánica (o la aportamos nosotros) se corrigen en gran parte estas propiedades desfavorables. Son los suelos que retienen mayor cantidad de agua y aunque una gran parte de ella es retenida con mucha fuerza y no está disponible para sistemas de tratamiento convencionales presentan una gran cantidad de agua disponible o agua útil. Pero realizando un tratamiento agregando materiales con alto grado de permeabilidad (grava, arena hormigón piedras de 1" a 2") y un recalcu a los pozos de percolación se dispondría a realizar un tratamiento en viviendas unifamiliares. (Capcha, 2017)

Suelos francos: En ellos no predomina claramente ninguno de los tres tipos de partículas. Presentan una mezcla de arenas, limos y arcillas en proporciones equilibradas. Estos tipos de suelos también son considerados para realizar sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante pozos de percolación.

Presentan las ventajas de los distintos tipos de partículas, eliminándose sus desventajas. Así son ligeros, aireados y permeables (pero no tanto como los arenosos) y de media-alta capacidad de retención de agua (aunque no retienen tanta como los arcillosos). Para hacernos una idea de la cantidad de agua que pueden retener los distintos tipos de suelos según su textura daremos los siguientes ejemplos:

- Suelo arenoso: 130 litros por m³ de agua retenida a capacidad de campo (13 % en volumen).
- Suelo arcilloso: 400 litros por m³ de agua retenida a capacidad de campo (40 % en volumen).
- Suelo franco: 280 litros por m³ de agua retenida a capacidad de campo (28 % en volumen). (Capcha, 2017)

Cuando hablamos de texturas debemos tener en cuenta que en un mismo suelo nos podemos encontrar horizontes con diferentes texturas. En terrenos sin cultivar, poco alterados y con vegetación natural, lo más frecuente es encontrarse con suelos con horizontes superficiales más arenosos y ricos en materia orgánica que los horizontes sub superficiales, que suelen ser más arcillosos. Esto favorece que el agua se infiltre. Es importante que el agua pueda infiltrarse rápidamente para no sufrir saturación y colapso posterior de los pozos.

Se tendrá en cuenta al realizar el recalcu y tratamiento de los pozos percoladores En tiempos cuando las precipitaciones son muy altas porque ahí saldrá el resultado del

buen trabajo realizado al no sufrir colapsos o inundaciones de los mismos. (Capcha, 2017)

Disposición de los sistemas de infiltración

Los sistemas de infiltración de aguas residuales son sistemas de aplicación al subsuelo comúnmente usado en viviendas individuales, establecimientos comerciales, lotes de casas móviles y terrenos para acampar en áreas que no cuentan con servicio de alcantarillado.

Las superficies de infiltración al suelo están expuestas dentro de una excavación que generalmente se llena con un medio poroso. El medio mantiene la estructura de la excavación, permite el flujo libre del agua residual pre tratada a las superficies de infiltración, y permite el almacenamiento del agua residual durante las épocas de mayor caudal.

El agua residual ingresa al suelo, en donde recibe tratamiento por medio de la infiltración, la adsorción, y las reacciones biológicas que consumen o transforman los diversos contaminantes. En última instancia, el agua residual tratada en el sistema de infiltración, se combina con el agua subterránea local y fluye con la misma.

Se han desarrollado diversos diseños de sistemas de infiltración que tienen en cuenta el emplazamiento y las diversas condiciones del terreno. Los diseños se diferencian principalmente en el punto en el cual se ubica la superficie de filtro. La superficie se puede estar expuesta debajo del perfil natural del suelo (tecnología convencional o tecnologías alternativas), o sobre la superficie del suelo natural (sistemas sobre el terreno o de montículo). (Capcha, 2017)

La elevación de la superficie del filtro es importante para proporcionar una profundidad adecuada de suelo no saturado entre la superficie de filtro y la condición límite (por ejemplo, el nivel del lecho de roca o del agua subterránea) para el tratamiento del agua residual aplicada.

En la disposición de los sistemas de infiltración, el aspecto más importante reside en situarlos en el mejor suelo del emplazamiento y en distribuir el caudal abarcando la máxima extensión posible, de modo que se maximicen las posibilidades de tratamiento y asimilación. (Capcha, 2017)

Zanjas de infiltración

Uno de los sistemas más comunes de disposición in situ de aguas residuales son las zanjas de infiltración, las cuales son usadas desde principios de 1900. Las zanjas de infiltración, llamadas también campos de infiltración o campos de absorción, son un elemento opcional utilizado para descargar el efluente proveniente del tanque séptico u otro sistema de tratamiento previo.

Las zanjas de infiltración son sistemas poco profundos de absorción en el suelo, que constan de una serie de zanjas de poca profundidad, llenas de grava. El efluente se dispone a través de las zanjas en el subsuelo, permitiendo su oxidación y disposición.

Las zanjas de infiltración mejoran el tratamiento químico y biológico del efluente de un tratamiento primario, porque aprovechan la actividad bacteriana del suelo e incrementan la oportunidad de absorción de fósforo, metales y virus. Además de mayores remociones de DBO, sólidos suspendidos totales (SST) y nitrógeno. (Capcha, 2017)

Metodología según normas mexicanas (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca – Comisión Nacional del Agua.) y Normas de El Salvador (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.)

Para el cálculo de zanjas de infiltración, la Norma Mexicana y la Norma de El Salvador, recomiendan la misma metodología, la cual se explica a continuación.

El área de infiltración se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q}{R}$$

Donde:

A= Área de absorción, (m²)

Q= Caudal promedio, efluente del tanque séptico, (L/día)

R= Coeficiente de infiltración, (L/m²/día).

El coeficiente de infiltración proviene de la tasa obtenida en los estudios de percolación realizados, según estas Normas, estos son los indicados en la siguiente (Tabla 2-16).

La profundidad de las zanjas se determinará de acuerdo con la elevación del nivel freático y la tasa de infiltración. La profundidad mínima de las zanjas será de 0,60 m, procurando mantener una separación mínima de 1,2 m entre el fondo de la zanja y el nivel freático.

Tabla 12. Tasa de infiltración y coeficiente de infiltración del efluente para pozos de 0,30 m de diámetro.

TASA DE INFILTRACION (min/cm)	COEFICIENTE DE INFILTRACION R (L/M2/DIA)
0.41	189
0.83	130
1.25	109
1.66	94
2.08	83
4.16	60
6.25	49
12.5	34
18.75	30
25	22

Fuente: El Tesista.

En la tabla se describe velocidades de percolación/infiltración y el coeficiente de infiltración en pozos de 0.30 m de diámetro.

El ancho de la zanja recomendable es de 0.50 m, con un mínimo de 0.25 m para terreno de alta permeabilidad.

El espaciamiento entre los ejes de las zanjas será de 2 m con un mínimo de 1.50 m para terrenos de alta permeabilidad.

El pendiente promedio recomendable es de 0,25%, no debiendo exceder al 0,50%.

Metodología según norma técnica I.S._020 del PERÚ

El área útil de las zanjas de infiltración será el mayor valor entre las áreas del fondo y de las paredes laterales, contabilizándolas desde la tubería hacia abajo. En consecuencia, el área de absorción (A) en m² se estima por medio de la siguiente relación: (figura 2-8).

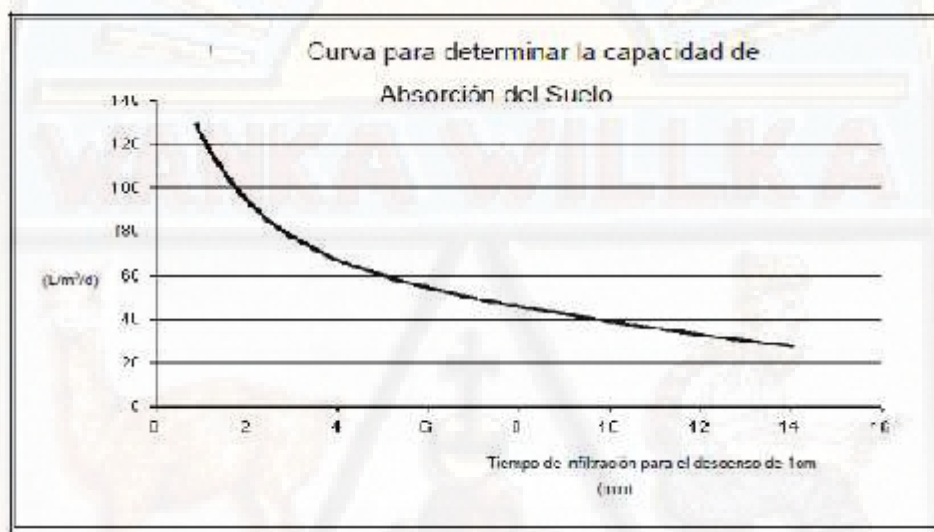
$$A = \frac{Q}{R}$$

Donde:

Q= Caudal promedio del efluente, (L/día)

R= Coeficiente de infiltración, (L/m²/día), el cual se obtiene de la siguiente gráfica: (figura 2-8).

Figura 06. Capacidad de absorción del suelo.



Fuente: norma técnica I.S._020 del PERÚ.

Con la fig. 05 se determina la capacidad de absorción del suelo con el tiempo de infiltración obtenida de los ensayos de percolación realizados previamente.

La profundidad de las zanjas se determinará de acuerdo con la elevación del nivel freático y la tasa de percolación. La profundidad mínima de las zanjas será de 0,60 m, procurando mantener una separación mínima de 2 m entre el fondo de la zanja y el nivel freático.

El ancho de las zanjas estará en función de la capacidad de percolación de los terrenos y podrá variar entre un mínimo de 0,40 m y un máximo de 0,9 m.

La longitud de las zanjas se determinará de acuerdo con la tasa de percolación y el ancho de las zanjas. La configuración de las zanjas podrá tener diferentes diseños

dependiendo del tamaño y la forma de la zona de eliminación disponible, la capacidad requerida y la topografía del área.

La longitud máxima de cada línea de drenes será de 30 m. Todas las líneas de drenaje en lo posible serán de igual longitud.

Todo campo de absorción tendrá como mínimo dos líneas de drenes. El espaciamiento entre los ejes de cada zanja tendrá un valor mínimo de 2 metros.

La pendiente mínima de los drenes será de 1,5 ‰ (1,5 por mil) y un valor máximo de 5 ‰ (5 por mil).

2.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL:

Las dimensiones para el diseño de zanjas de infiltración, influyen significativamente en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes - Huancavelica.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:

- a) El tipo de suelo influye en la capacidad de infiltración en el diseño de zanjas, en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes – Huancavelica.
- b) El uso del método por gravedad, para el diseño de zanjas de infiltración, influye significativamente en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes – Huancavelica.

2.6. VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE

Dimensiones de las zanjas para el diseño de infiltración.

VARIABLE DEPENDIENTE

Tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes - Huancavelica

2.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	Las zanjas de infiltración son un elemento opcional utilizado para descargar el efluente proveniente del tanque séptico u otro sistema de tratamiento previo.	Metros lineales	Longitud de zanja
Dimensiones de las zanjas para el diseño de infiltración		Metros lineales	Profundidad de zanja
		Habitantes/personas	Beneficiarios
VARIABLE DEPENDIENTE	Se denomina a la cantidad máxima de agua que pueda absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo el material que conforma el suelo y la mayor o menor grado de compactación que tiene el mismo.	g/cm ³	Porosidad
Tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes - Huancavelica		H/m	Permeabilidad

FUENTE: PROPIA

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL

El ámbito de la investigación está ubicado en la Provincia de Angaraes en la Localidad de Huayllay Grande.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación de acuerdo al fin que persigue: **APLICADA**; porque ya existe enfoques teóricos a cerca de las variables.

Así como también se utiliza el tipo sustantivo: Descriptivo-explicativo, que nos permitirá describir las variables y por ende nos ayudará a la explicación de dichas variables, para el mejor entendimiento del problema de investigación.

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio de investigación arribo hasta un nivel **DESCRIPTIVO-EXPLICATIVO**, se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales, una realidad. Tiene como objetivo la descripción de los fenómenos a investigar tal como es y cómo se manifiesta en el momento (presente) de realizarse el estudio y utiliza la observación como método descriptivo buscando especificar las propiedades importantes para medir y evaluar aspectos, dimensiones o componentes.

Explicativo, encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas como de los efectos mediante la prueba de hipótesis.

3.4 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

POBLACIÓN

Está formada por las viviendas de la localidad de Huayllay Grande existe viviendas de material rustico y material noble, también se determinó que cada vivienda cuenta con un promedio de entre 5 y 6 personas.,

MUESTRA

La muestra para la siguiente investigación es no probabilística ya que se tomaron las viviendas ubicadas en la progresiva 7+000 de la carretera Huayllay Grande- Callanmarca donde se contabilizo 35 viviendas, de las cuales se tomaron 6 viviendas en forma arbitraria para las pruebas pertinentes de la investigación.

MUESTREO. - No Probabilístico

3.5 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

TÉCNICAS

Las técnicas de recolección de datos serán: observación insitu, la entrevista, levantamiento topográfico, fichas de observación, elaboración de calicatas, evaluación de la columna estratigráfica del suelo, pruebas de infiltración, toma de tiempos. Para la aplicación del test de percolación.

Además, a ello se agrega los datos obtenidos a los resultados del “test de percolación”, para determinar la permeabilidad del suelo de la localidad de Huayllay Grande . Para la aplicación del test de percolación, se ha tomado en cuenta el procedimiento indicado en el anexo 1 de la Norma Técnica IS.020 – Instalaciones Sanitarias.

Se realizó ensayos mediante la medición del tiempo de absorción en un pozo percolador incorporando agua en una altura de 30 cm. Se realizó la medición con una cinta métrica, el tiempo que demora en descender el agua en el sub suelo en t/cm.

La técnica que se utilizó es la observación y medición de los test realizados en los pozos percoladores, se obtuvo datos de los ensayos de campo con los que comprobaremos nuestras hipótesis.

INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Medios de observación

Se empleó una cámara fotográfica para registrar las imágenes fijas en el transcurso de las visitas de campo y evaluaciones, para posteriormente ser descritas durante el proceso de desarrollo de la investigación.

Instrumentos de observación:

Se empleó un, cuestionario de velocidad de infiltración, Cinta métrica para medición de altura, Cubeta de agua, Hormigón, Herramientas manuales (pico, pala). Producto de las evaluaciones en campo, se registró los datos para luego ser procesados y analizados.

Instrumentos de medición

Se empleó un reloj horario y un cronometro para poder tomar los tiempos de infiltración en las pruebas de percolación.

Análisis de datos

Para realizar el análisis y procesamiento de datos se empleó procesos matemáticos y estadísticos, usando software como el Excel.

Figura 07.- El tesista haciendo las pruebas de campo, en la fotografía se evidencia en el punto N° 01 realizando la saturación para la prueba de infiltración.



Fuente: El tesista

Figura 08 .- El tesista en la toma de datos de las pruebas de campo



Fuente: El tesista

3.6. TÉCNICAS Y PROCESAMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

Procesamiento

El análisis estadístico se llevará a cabo a través del Software contenido en el Paquete Estadístico; cuyo procedimiento constará de siete pasos:

1ª Revisión bibliográfica a nivel local, regional, nacional e internacional.

2ª Coordinaciones con los propietarios de los terrenos aledaños a la zona de estudio.

3º Elaboración de los instrumentos y su validación.

4ª Los instrumentos de recolección de datos tanto para la variable Sistemas de administración del potencial humano y planeamiento estratégico, se acondicionará de acuerdo a la realidad. Por consiguiente, se someterá a prueba piloto para la validez de contenido y confiabilidad; este último reflejará una aceptable confiabilidad de nivel alta para su aplicación.

5º Se aplicará los instrumentos con las estrategias diversas como: observación se verificará y registrará los aforos de la evacuación de las aguas residuales domésticas.

6ª La toma de muestras de las aguas residuales realizara en fechas diferentes tanto en condiciones climáticas favorables y desfavorables para poder hacer una comparación entre ellos.

7º Por último se analizará e interpretaran los datos.

Análisis

Para el análisis e interpretación de datos se desarrollará a través de la aplicación de la estadística descriptiva (cuadros y gráficos estadísticos)

Limitaciones

Para el presente trabajo de investigación no se tendrá limitación alguna salvo excepciones.

SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE CÁLCULO

De la revisión bibliográfica se obtuvieron métodos diferentes para el cálculo del área de absorción de las zanjas, por gravedad; y tres 3 para comparar lo referente al ensayo

de percolación, que es el primer paso a considerar para determinar la factibilidad del sistema de disposición de efluentes en estudio.

En cuanto a los ensayos de percolación, se utilizó como referencia el procedimiento establecido por la Norma Peruana (Norma Técnica IS.020 Art. 17 PERÚ.), para ser comparado con los métodos recomendados en las referencias anteriores.

Los mismos fueron comparados a nivel de metodología y cálculo, con los resultados obtenidos en los ensayos de infiltración obtenidos en campo realizado en la localidad de Huayllay grande para este trabajo de grado.

Los métodos para el cálculo de las zanjas de infiltración según las normas de El Salvador (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social), México (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca – Comisión Nacional del Agua) y de la norma técnica I.S._020 del PERÚ (Especificaciones técnicas para el diseño de zanjas y pozas de infiltración), utilizan las mismas variables para el cálculo del área de infiltración: caudal promedio del efluente en L/d y coeficiente de infiltración en L/m²/d. Para las normas de El Salvador y de México, los valores del coeficiente de infiltración se encuentran tabulados; mientras que la norma técnica I.S._020 del PERÚ, lo presenta en forma de diagrama por lo que permite hallar valores intermedios.

El Ingeniero Elías Rosales Escalante, en su publicación (Tanques Sépticos: conceptos teóricos base y aplicaciones) presenta un mayor número de parámetros a considerar al momento de calcular el área de terreno requerido para el campo de absorción; añadiendo factores que toman en cuenta la precipitación en la zona donde se quiere instalar el sistema de tratamiento de efluentes y el cubrimiento sobre el área de infiltración.

DATOS DE DISEÑO PARA LA COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS.

A continuación, se presentan ejemplos de cálculo de zanjas de infiltración según las metodologías anteriormente explicadas.

Para iniciar el cálculo de las zanjas de infiltración, partiremos desde un conocimiento inicial de una rata de percolación de 4 min/cm, obtenida mediante el promedio de pruebas de infiltración; una cantidad de habitantes igual a 6, de la localidad de Huayllay grande; y un aporte de aguas servidas por personas igual a 250L/d.

CÁLCULO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN LA GACETA OFICIAL N°4.044 (M.S.A.S. / MINDUR.)

Con los parámetros asumidos anteriormente, se procede al dimensionamiento

- a. Se calcula el gasto de agua residual generado por la cantidad de habitantes:

n° ha= 6 habitantes

Aguas servidas por personas igual a 250L/d

$$Q = 250 \frac{lt}{d} * n^{\circ}ha$$

Entonces: $Q = 1500 \text{ lt/d}$

- b. Tiempo que tarda en infiltrar 2,5 cm.

La Gaceta Oficial Venezolana N°4.044, establece que la rata de percolación debe estar en función del tiempo que demora el terreno en absorber 2.5 cm de agua, de esta manera se calcula a partir de la rata de percolación conocida, el tiempo en el que los 2.5 cm es absorbida.

Para ello, se debe conocer primero la duración en minutos que le tomo al suelo absorber los 45 cm de agua (profundidad del pozo de la prueba de percolación, establecida por la Gaceta Oficial Venezolana 4.044, al realizar la prueba de percolación.

$$4 \text{ min/cm} = T/45\text{cm.}$$

$$T = 4 \text{ min/cm} * 45\text{cm.}$$

$$T = 180 \text{ min.}$$

Seguidamente se utiliza la ecuación (2.7):

$$R = \frac{T}{18}$$

$$R = \frac{180 \text{ min}}{18}$$

$$R = 10 \text{ min}$$

- c. Área de absorción requerida para la disposición de 1000 litros de agua.

El área de absorción se determinará en base a la rata de percolación y según la tabla 11.

Para un valor de 10 min el área de absorción requerida para la disposición de 1000 litros de agua será de 15.60 m².

También se puede usar el diagrama y/o la ecuación:

Donde:

A= área de absorción requerida.

$$A = 4.92\sqrt{R}$$

Reemplazando valores

$$A = 4.92\sqrt{10}$$

$$A = 15.60 \text{ m}^2$$

d. Área de infiltración efectiva requerida

Como $Q = 1500 \text{ L/d}$, tenemos que, según la ecuación:

Donde:

A_i= área de absorción efectiva requerida.

$$A_i = \frac{A}{1000\text{L/d}} * Q\text{L/d}$$

Reemplazando valores

$$A_i = \frac{A}{1000\text{L/d}} * 1500\text{L/d}$$

$$A_i = 23.40 \text{ m}^2$$

e. Dimensiones de las Zanjas de Absorción y separación entre ellas:

Si asumimos un ancho de fondo de zanja de 50 cm, según la tabla 11, se obtiene mediante la ecuación y una longitud total de zanjas:

donde :

L= longitud total de zanjas.

A_i= área de absorción efectiva requerida.

a= ancho de fondo de zanja.

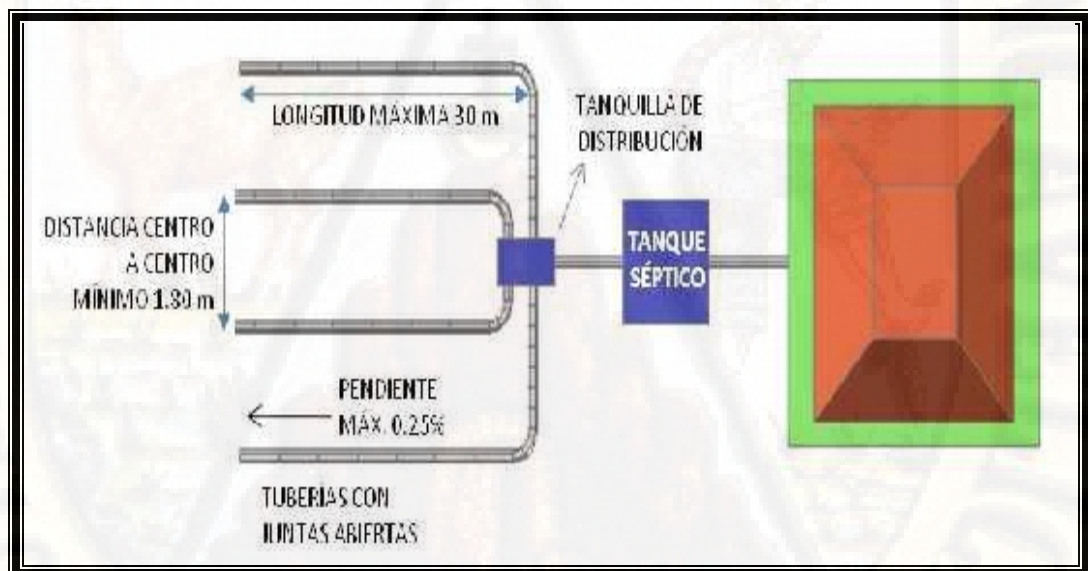
$$L = \frac{A_i}{a}$$

$$L = \frac{23.40 \text{ m}^2}{0.50 \text{ m}}$$

$$L = 46.80 \text{ m.} = \mathbf{47.00 \text{ m.}}$$

Como la longitud máxima permitida es igual a 30m, distribuimos el área efectiva en dos zanjas, entonces, tenemos una longitud de 23.50 m por zanja; y una distancia de centro a centro entre tuberías de 1,80 m.

Figura 09.- Esquema del sistema de infiltración según la Gaceta Oficial N° 4.044



Fuente: El tesista

Area de terreno:

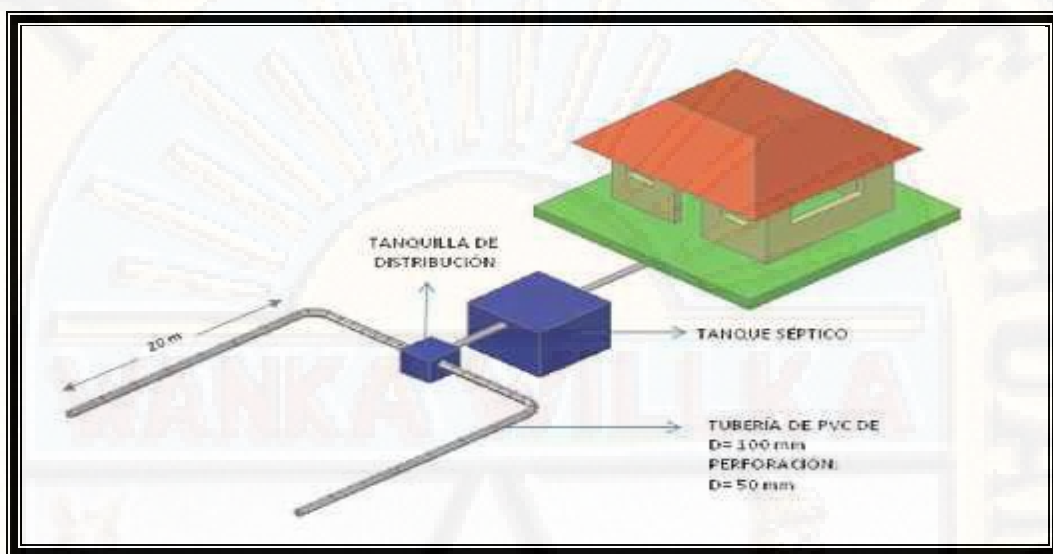
A= área de terreno requerida.

$$A= 20 \text{ m} * 2.40 \text{ m.}$$

$$A = 48.00 \text{ m}^2$$

La profundidad total de cada zanja será de 0.60 m según lo recomendado, para un ancho de zanja asumido igual a 0.50 m (figura 10)

Figura 10.- Representación gráfica de las dimensiones obtenidas:



Fuente: El tesista

CÁLCULO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN GUÍA TÉCNICA: TANQUES SÉPTICOS .

a. Velocidad de infiltración (V_p)

Partiendo de una tasa de infiltración de 4 min/cm, de los ensayos de campo (pruebas de percolación), una velocidad de infiltración de $7,10 \times 10^{-7}$ m/s.

$$V_p = 7,10 \times 10^{-7} \text{ m/s.}$$

b. Caudal o gasto (Q) de agua por días que recibirá el suelo:

Aguas servidas por personas igual a 250L/d

n° ha= 6 habitantes

$$Q = 250 \frac{\text{lt}}{\text{d}} * n^{\circ} \text{ha}$$

$$Q = 250 \frac{\text{lt}}{\text{d}} * 6 \text{ ha}$$

$$Q = 1500 \frac{L}{d}$$

Se hace una conversión de unidades de L/d a m³/s y se obtiene que:

$$Q = 1.736 * 10^{-5} \frac{m^3}{seg}$$

c. Área de infiltración que se requiere en zanjas o pozos, ecuación:

donde :

A= Área de infiltración (m²)

Q= Aporte de aguas residuales (m³/s)

V_p= Velocidad máxima (m/s)

$$A = \frac{Q}{V_p}$$

$$A = \frac{1.736 * 10^{-5} \frac{m^3}{seg}}{7,10 \times 10^{-7} \text{ m/s.}}$$

$$A = 24.45 \text{ m}^2$$

Este valor debe ser afectado por otros factores, siendo los más importantes:

- Precipitación (F_p) (valor entre 1 y 2,5).
- El revestimiento superior (r_c) ("0" con nada cubriendo la superficie del terreno y casi 1, al cubrirse) No puede ser 1, ya que la ecuación se indetermina.

Entonces, utilizando un factor de precipitación de 2,5 como más desfavorable, y suponiendo que no se cubre la superficie, se calcula la superficie del terreno.

d. Superficie del terreno o área verde requerida Con la ecuación:

a= área verde requerida.

A= área

F_p= factor de precipitación 1 a 2.5.

R_c= revestimiento superior.

$$a = \frac{A * Fp}{(1 - Rc)}$$

$$a = \frac{2.40 * 2.5}{(1 - 0)}$$

$$a = 62.00 \text{ m}^2$$

e. Perímetro efectivo

Se asumen las características de la sección transversal:

W= Ancho de fondo de la zanja : 50 cm

D= Distancia de grava bajo el tubo : 15 cm

P= perímetro efectivo.

Entonces, utilizando la ecuación (2.13), tenemos:

$$P = \frac{0.7(W + 5 + 2D)}{(W + 1)}$$

$$P = \frac{0.7(0.5 + 5 + 2 * 0.15)}{(0.50 + 1)}$$

$$P = 0.63 \text{ m.}$$

f. Longitud total de las zanjas

La longitud total de las zanjas se determinará mediante la ecuación:

Donde:

Lz= Longitud total de las zanjas

A= área de infiltración

P= perímetro efectivo.

$$Lz = \frac{A}{P}$$

$$Lz = \frac{24.45}{0.63}$$

$$Lz = 38.80\text{m.} = \mathbf{40.00\text{ m.}}$$

Como el mínimo de zanjas debe ser igual a dos, distribuimos esta longitud quedando cada zanja con una longitud de 20 m.

g. Ancho requerido por la superficie total del campo de infiltración según ecuación:

Donde :

Ls= Ancho requerido por la superficie total del campo de infiltración

A= area requerida

L= Longitud minima de las zanjas

$$Ls = \frac{A}{L}$$

$$Ls = \frac{6.2\text{ m}^2.}{2\text{ m.}}$$

$$Ls = \mathbf{3.10\text{ m.}}$$

h. Separación a centros entre zanjas según ecuación:

donde:

S= Separación a centros entre zanjas

N= numero de zanjas.

W= Ancho de fondo de la zanja

Ls= Ancho requerido por la superficie total del campo de infiltración

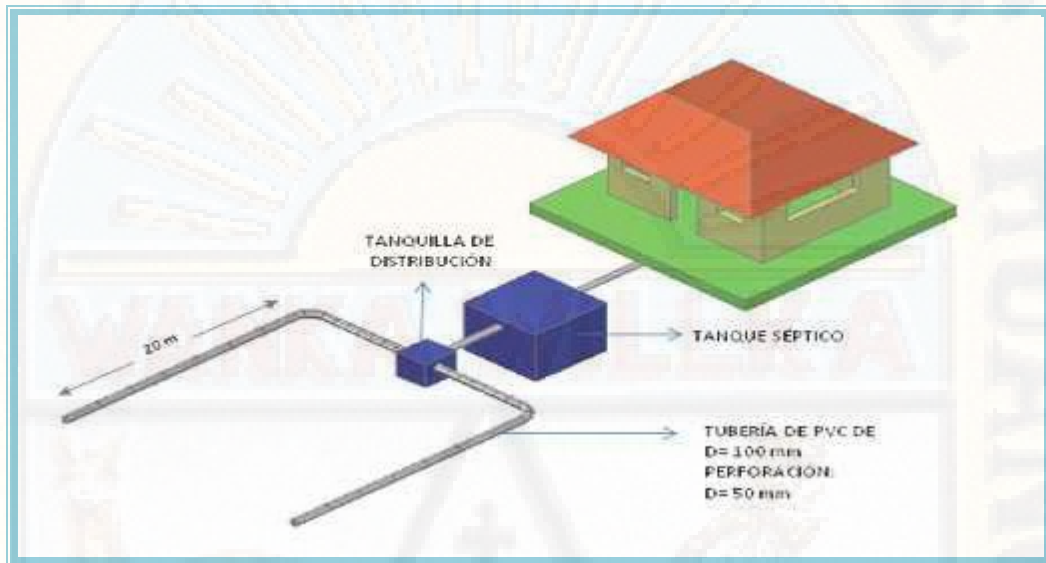
$$S = \frac{Ls - (N * W)}{N - 1} + W$$

$$S = \frac{3.10 - (2 * 0.50)}{2 - 1} + 0.50$$

$$S = \mathbf{2.60\text{ m.}}$$

Representación gráfica de las dimensiones obtenidas En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según guía técnica: tanques sépticos.

Figura 11. Representación gráfica de las dimensiones obtenidas



CÁLCULO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN NORMAS DE MÉXICO (SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA – COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA.) Y EL SALVADOR (MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL).

a. Se calcula el caudal de agua residual generado por la cantidad de habitantes según la ecuación:

$$Q = 250 \frac{lt}{d} * n^{\circ} ha$$

$$Q = 250 \frac{lt}{d} * 6 ha$$

$$Q = 1500 \frac{L}{d}$$

b. Coeficiente de infiltración (R) (L/m²/día).

Haciendo uso de la tabla 12, hallamos un coeficiente de infiltración igual a 60 L/m²/día. Valor, que es el resultado para una tasa de infiltración de 4.16 min/cm. Como la Norma Mexicana solo se basa en esta tabla, lo asumiremos por ser el más desfavorable

c. Cálculo del área de absorción

Haciendo uso de la ecuación, se obtiene que:

A= área de absorción

Q= caudal de agua residual (L/d)

C= coeficiente de infiltración(L/m²/día)

$$A = \frac{Q}{C}$$

$$A = \frac{1500 \text{ L/d}}{60 \frac{\text{L}}{\text{d}}/\text{m}^2}$$

$$A = 25.00 \text{ m}^2$$

d. Longitud de zanjas

Asumiendo un ancho de zanja de 50 cm, tenemos que:

donde:

L= Longitud de zanjas

A= área de absorción

a= ancho de zanja

$$L = \frac{A}{a}$$

$$L = \frac{25.00 \text{ m}^2}{0.50 \text{ m.}}$$

$$L = 50.00 \text{ m.}$$

Como la longitud máxima permitida es igual a 30m, distribuimos el área efectiva en dos zanjas, entonces, tenemos una longitud de 25 m por zanja; se asume una distancia de centro a centro entre tuberías de mínimo 2 m y una profundidad total de la zanja de 60cm.

e. Área de terreno requerida:

donde:

At= área de terreno requerida

A= área de absorción

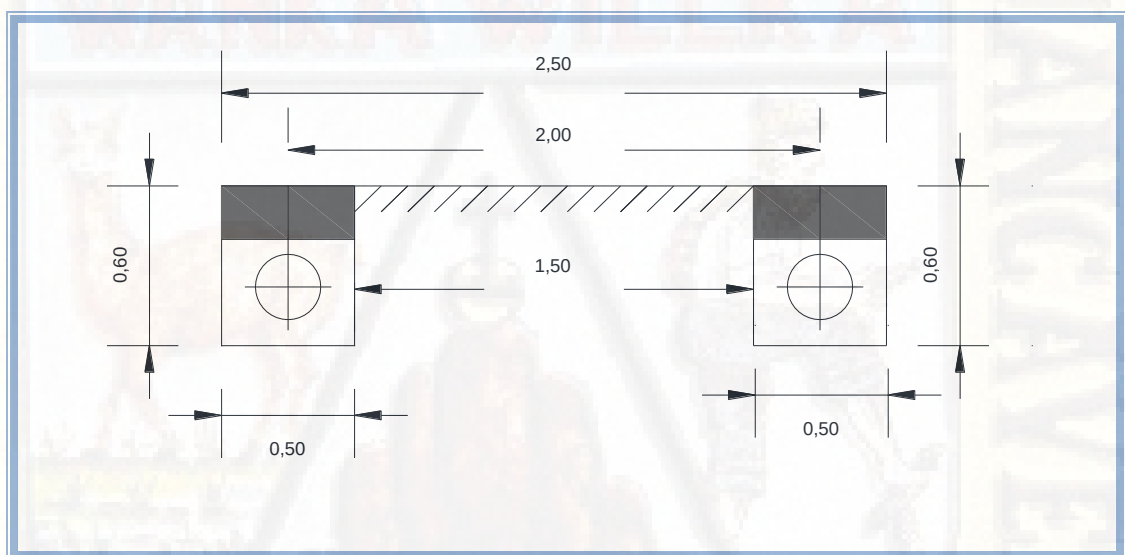
$$At = A * (2 + 0.60)$$

$$At = 25.00 * (2 + 0.60)$$

$$At = 65.00 \text{ m}^2$$

f. Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según normas de México y El Salvador (Figura 12).

Figura 12. Dimensión de las zanjas:



Fuente : El tesista.

CÁLCULO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ

a. Se calculó el caudal de agua residual generado por la cantidad de habitantes según la ecuación :

$$Q = 250 \frac{lt}{d} * n^{\circ} ha$$

$$Q = 250 \frac{lt}{d} * 6 \text{ ha}$$

$$Q = 1500 \frac{L}{d}$$

b. Coeficiente de infiltración (R) (L/m²/día).

Mediante la figura 4 y a partir de la tasa de infiltración conocida 4 min/cm, se obtiene un coeficiente igual a 66 L/m²/día

c. Área de absorción

Haciendo uso de la ecuación , se obtiene que:

A= área de absorción

Q= caudal de agua residual (L/d)

C= coeficiente de infiltración(L/m²/día)

$$A = \frac{Q}{C}$$

$$A = \frac{1500 \text{ L/d}}{66 \frac{\text{L}}{\text{d}}/\text{m}^2}$$

$$A = 22.72 \text{ m}^2 = 23.00 \text{ m}^2$$

d. Longitud de zanjas

Asumiendo un ancho de zanja de 50 cm, tenemos que:

donde:

L= Longitud de zanjas

A= área de absorción

a= ancho de zanja

$$L = \frac{A}{a}$$

$$L = \frac{23.00 \text{ m}^2}{0.50 \text{ m.}}$$

$$L = 46.00 \text{ m.}$$

Como la longitud máxima permitida es igual a 30m, distribuimos el área efectiva en dos zanjas, entonces, tenemos una longitud de 23 m por zanja; y una distancia de centro a centro entre tuberías de mínimo 2 m. Se recomienda que el ancho de la zanja sea como mínimo de 40 cm. y la profundidad mínima de 60cm.

e. Área de terreno requerida:

donde:

At= área de terreno requerida

A= área de absorción

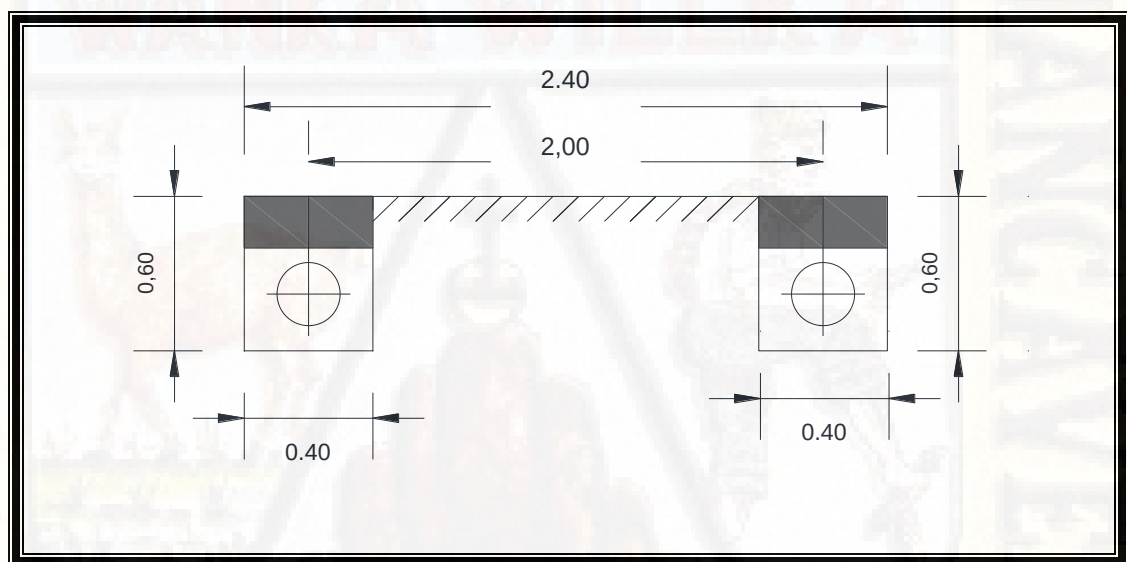
$$At = A * (2 + 0.60)$$

$$At = 23.00 * (2 + 0.60)$$

$$At = 60.00 \text{ m}^2$$

f. Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según norma técnica I.S._020 del PERÚ (figura 13).

Figura 13. Dimensión de las zanjas:



Fuente: El tesista

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

4.1.1. INFILTRACIÓN DE ACUERDO A LOS TIPOS DE SUELOS

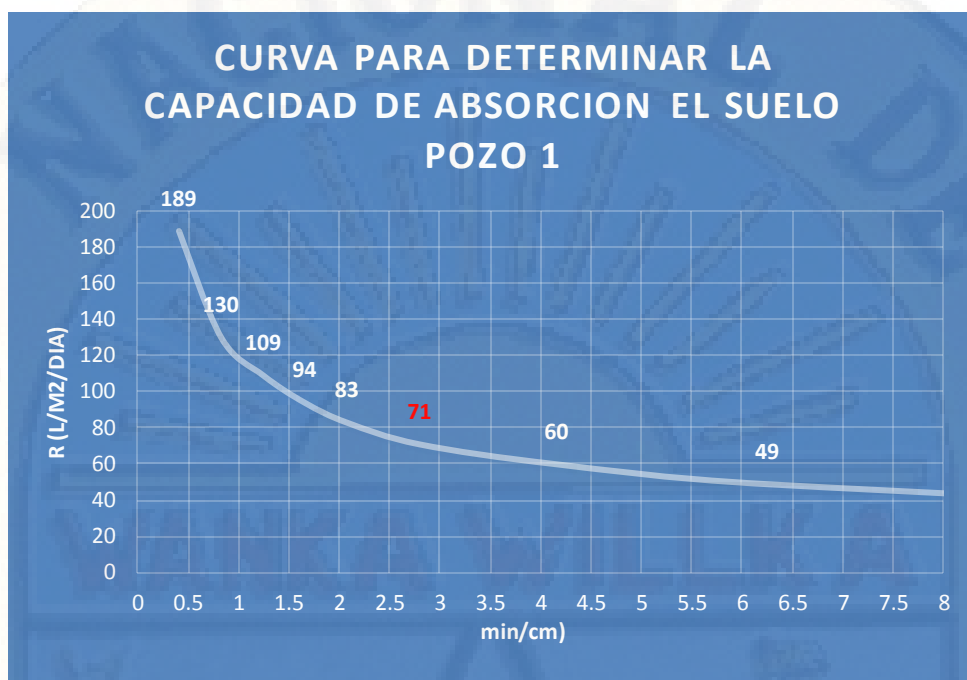
Tasa de infiltración del suelo pozo 1

Tabla 13. Tasa de infiltración del suelo pozo 1

POZO 1 HUAYLLAY GRANDE	
TASA DE INFILTRACION (min/cm)	COEFICIENTE DE INFILTRACION R (L/M2/DIA)
0.41	189
0.83	130
1.25	109
1.66	94
2.08	83
2.8	71
4.16	60
6.25	49
12.5	34
18.75	30
25	22

Fuente: El tesista

Figura 14. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 1



Fuente: El tesista

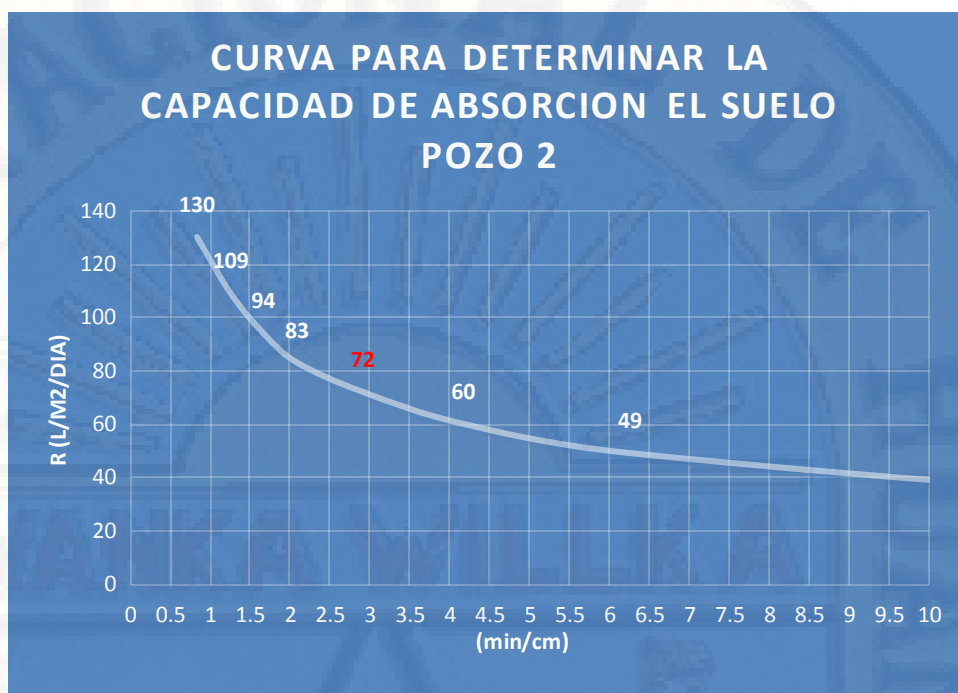
Tasa de infiltración del suelo pozo 2

Tabla 14. Tasa de infiltración del suelo pozo 2

POZO 2 HUAYLLAY GRANDE	
TASA DE INFILTRACION (min/cm)	COEFICIENTE DE INFILTRACION R (L/M2/DIA)
0.83	130
1.25	109
1.66	94
2.08	83
2.9	72
4.16	60
6.25	49
12.5	34
18.75	30
25	22

Fuente: El tesista

Figura 15. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 2



Fuente: El tesista

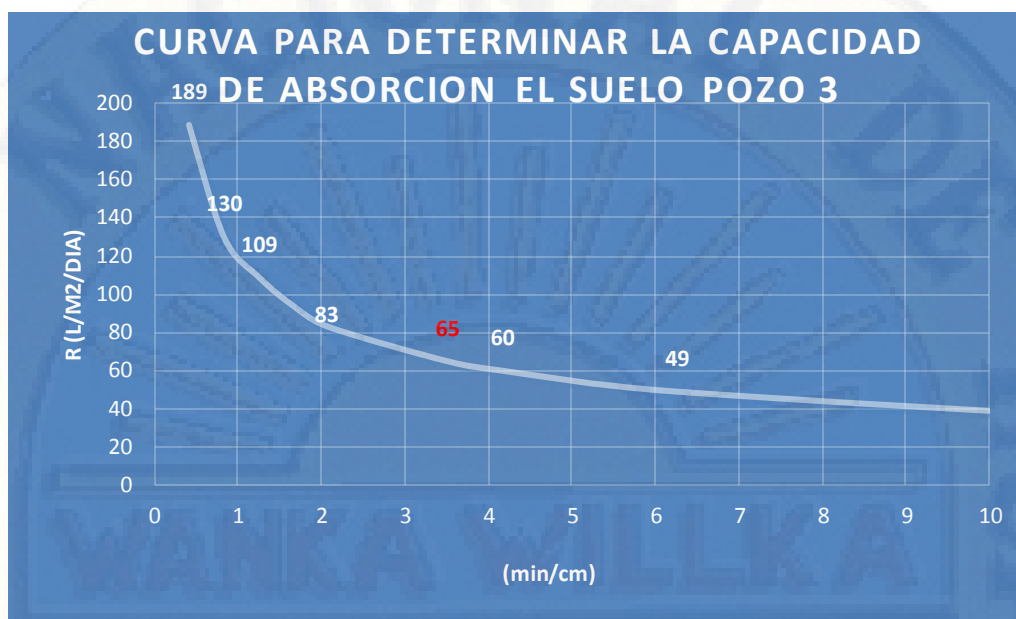
Tasa de infiltración del suelo pozo 3.

Tabla 15. Tasa de infiltración del suelo pozo 3

POZO 3 HUAYLLAY GRANDE	
TASA DE INFILTRACION (min/cm)	COEFICIENTE DE INFILTRACION R (L/M2/DIA)
0.41	189
0.83	130
1.25	109
1.66	94
2.08	83
3.5	65
4.16	60
6.25	49
12.5	34
18.75	30
25	22

Fuente: El tesista

Figura 16. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 3



Fuente: El tesista

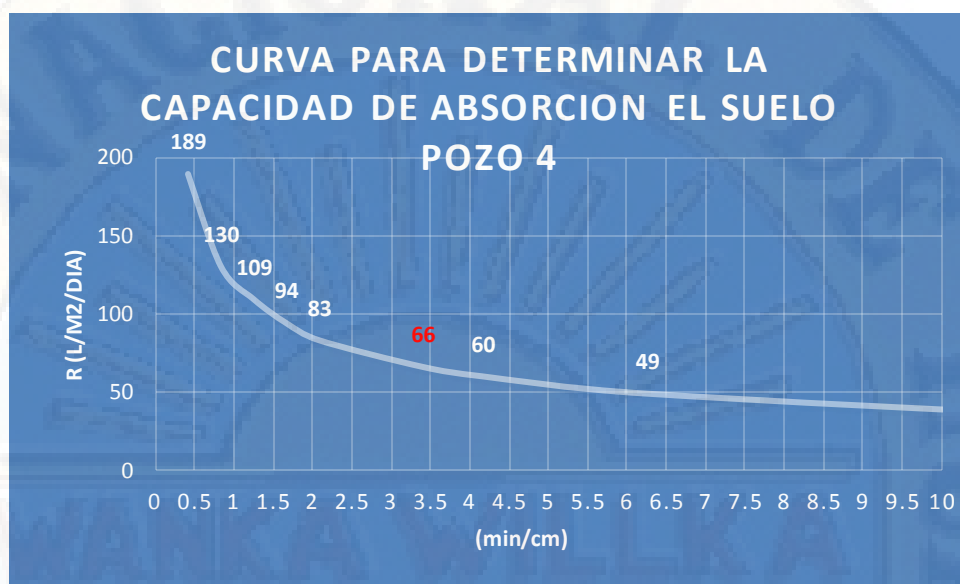
Tasa de infiltración del suelo pozo 4

Tabla 16. Tasa de infiltración del suelo pozo 4

POZO 4 HUAYLLAY GRANDE	
TASA DE INFILTRACION (min/cm)	COEFICIENTE DE INFILTRACION R (L/M2/DIA)
0.41	189
0.83	130
1.25	109
1.66	94
2.08	83
3.4	66
4.16	60
6.25	49
12.5	34
18.75	30
25	22

Fuente: El tesista

Figura 17. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 4



Fuente: El tesista.

Tasa de infiltración del suelo pozo 5

Tabla 17. Tasa de infiltración del suelo Pozo 5

POZO 5 HUAYLLAY GRANDE	
TASA DE INFILTRACION (min/cm)	COEFICIENTE DE INFILTRACION R (L/M2/DIA)
0.83	130
1.25	109
1.66	94
2.08	83
2.9	72
4.16	60
6.25	49
12.5	34
18.75	30
25	22

Fuente: El tesista.

Figura 18. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 5



Fuente: El tesista

4.1.2. ZANJAS DE INFILTRACIÓN, CON EL MÉTODO POR GRAVEDAD PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.

- Zanja de infiltración 1 según norma técnica I.S._020 del PERÚ

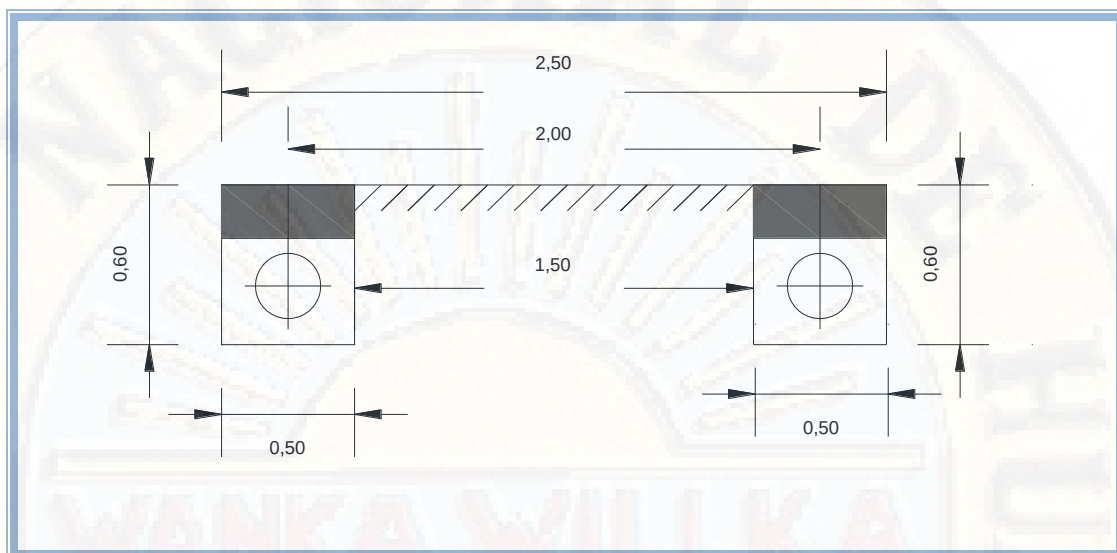
Tabla 18. Zanja de infiltración 1.

CALCULO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN 1 SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ							
POZO N°	CALCULO DEL AGUA RESIDUAL (L/d)	TASA DE INFILTRACION (L/M2/d)	AREA DE ABSORCION (M2)	LONGITUD DE ZANJA /2 (M.)	AREA DE TERRENO REQUERIDA (M2)	ANCHO DE ZANJA (M)	PROFUNDIDAD DE ZANJA (M)
1	1500	71	21.13	42	55	0.50	0.60

Fuente: El tesista

Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según norma técnica I.S._020 del Perú (figura 19).

Figura 19. Dimensiones de las zanjas.



Fuente: El tesista

- Zanja de infiltración 2 según norma técnica I.S._020 del PERÚ

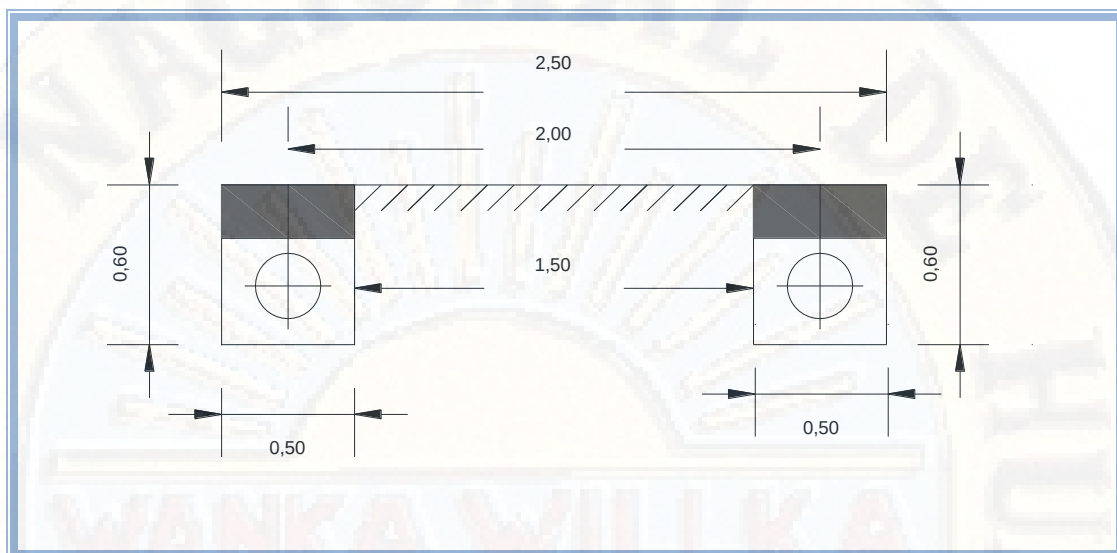
Tabla 19. Zanja de infiltración 2

CALCULO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN 2 SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ							
POZO N°	CALCULO DEL AGUA RESIDUAL (L/d)	TASA DE INFILTRACION (L/M2/d)	AREA DE ABSORCION (M2)	LONGITUD DE ZANJA /2 (M.)	AREA DE TERRENO REQUERIDA (M2)	ANCHO DE ZANJA (M)	PROFUNDIDAD DE ZANJA (M)
2	1500	72	20.83	42	54	0.50	0.60

Fuente: El tesista

Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según norma técnica I.S._020 del PERÚ (figura 20).

Figura 20. Dimensiones de las zanjas



Fuente: El tesista

- Zanja de infiltración 3 según norma técnica I.S._020 del PERÚ

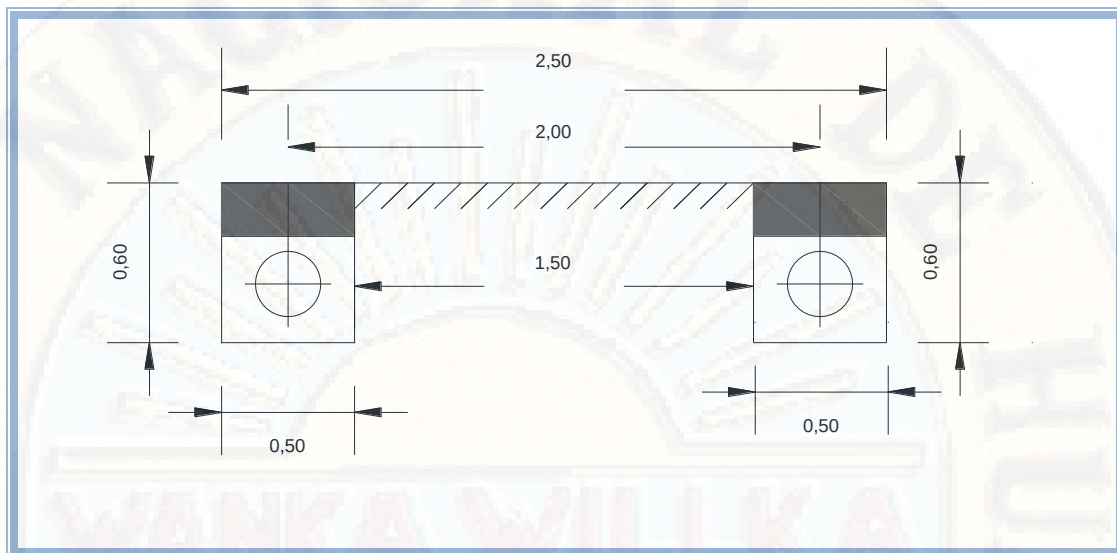
Tabla 20. Zanja de infiltración 3

CALCULO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN 3 SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S. _020 DEL PERÚ							
POZO N°	CALCULO DEL AGUA RESIDUAL (L/d)	TASA DE INFILTRACION (L/M2/d)	AREA DE ABSORCION (M2)	LONGITUD DE ZANJA /2 (M.)	AREA DE TERRENO REQUERIDA (M2)	ANCHO DE ZANJA (M)	PROFUNDIDAD DE ZANJA (M)
3	1500	65	23.08	46	60	0.50	0.60

Fuente: El tesista

Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según norma técnica i.s._020 del Perú (figura 21).

Figura 21. Dimensiones de las zanjas



Fuente: El tesista

- Zanja de infiltración 4 según norma técnica I.S._020 del PERÚ

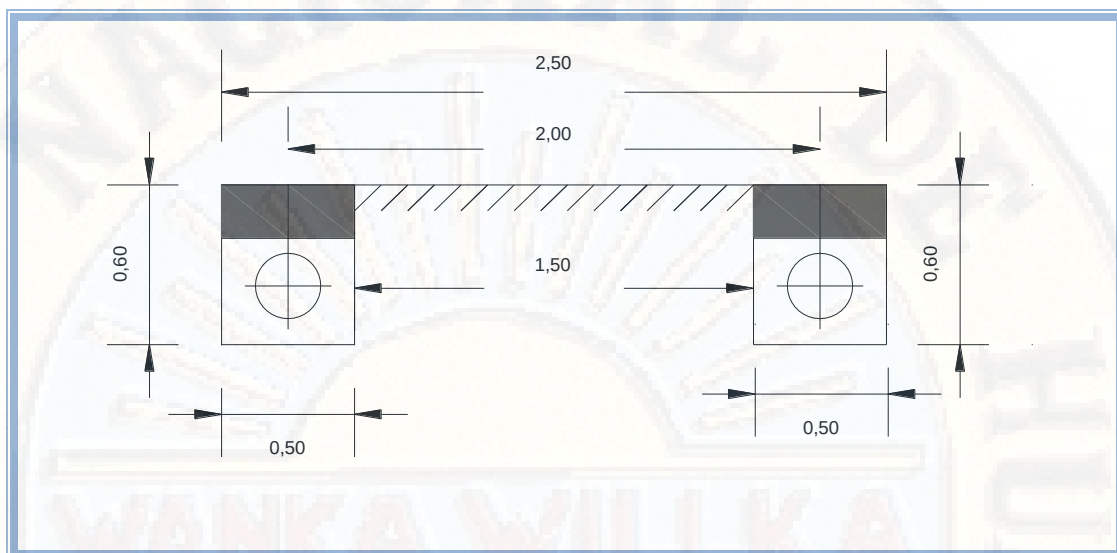
Tabla 21. Calculo de zanja de infiltración 4

CALCULO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN 4 SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ							
POZO N°	CALCULO DEL AGUA RESIDUAL (L/d)	TASA DE INFILTRACION (L/M2/d)	AREA DE ABSORCION (M2)	LONGITUD DE ZANJA /2 (M.)	AREA DE TERRENO REQUERIDA (M2)	ANCHO DE ZANJA (M)	PROFUNDIDAD DE ZANJA (M)
4	1500	66	22.73	45	59	0.50	0.60

Fuente: El tesista

Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según norma técnica i.s._020 del Perú (figura 22).

Figura 22. Dimensiones de las zanjas



Fuente: El tesista

- Zanja de infiltración 5 según norma técnica I.S._020 del PERÚ

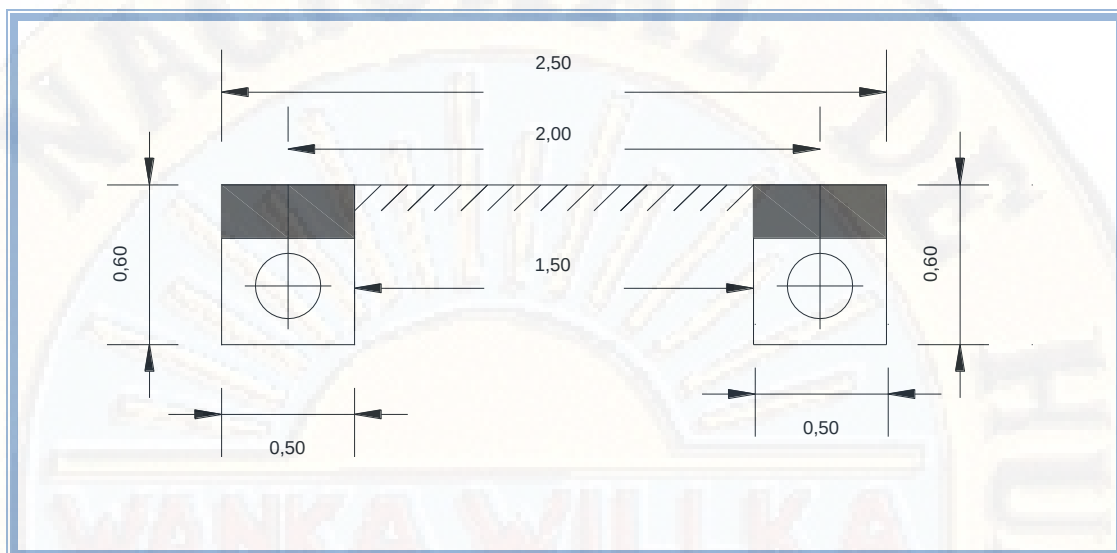
Tabla 22. Calculo de zanja de infiltración 5

CALCULO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN 5 SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ							
POZO N°	CALCULO DEL AGUA RESIDUAL (L/d)	TASA DE INFILTRACION (L/M2/d)	AREA DE ABSORCION (M2)	LONGITUD DE ZANJA /2 (M.)	AREA DE TERRENO REQUERIDA (M2)	ANCHO DE ZANJA (M)	PROFUNDIDAD DE ZANJA (M)
5	1500	72	20.83	42	54	0.50	0.60

Fuente: El tesista

Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según norma técnica I.S._020 del PERÚ (figura 23).

Figura 23. Dimensiones de las zanjas



Fuente: El tesista

➤ **Resumen de zanja de infiltración 1 - 5 según norma técnica I.S._020 del PERÚ**

Tabla 23. Resumen de zanja de infiltración 1 - 5 según norma técnica I.S._020 del PERÚ

RESUMEN DE CALCULO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN 1-5 SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ							
POZO N°	CALCULO DEL AGUA RESIDUAL (L/d)	TASA DE INFILTRACION (L/M2/d)	AREA DE ABSORCION (M2)	LONGITUD DE ZANJA /2 (M.)	AREA DE TERRENO REQUERIDA (M2)	ANCHO DE ZANJA (M)	PROFUNDIDAD DE ZANJA (M)
1	1500	71	21.13	42	55	0.50	0.60
2	1500	72	20.83	42	54	0.50	0.60
3	1500	65	23.08	46	60	0.50	0.60
4	1500	66	22.73	45	59	0.50	0.60
5	1500	72	20.83	42	54	0.50	0.60

Fuente: El tesista

Tabla 24. Resumen de resultados de los métodos aplicados.

PARAMETROS	UNIDADES	GACETA OFICIAL VENEZOLANA	GUIA TECNICA TANQUE SEPTICOS	NORMAS EL SALVADOR Y MEXICO	NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ
Gastode aguas por dia que recibira el suelo (Q)	L/d.	1500	1500	1500	1500
Coeficiente de infiltracion (R)	L/M2/d	-	-	60	66
AREA DE ABSORCION REQUERIDA(Ai)	m2.	23.40	24.45	25.00	23.00
Factor de precipitacion(Fp)	-	-	2.50	-	-
Revestimiento superior (rc)	-	-	-	-	-
Ancho de zanja(W)	cm.	50.00	50.00	50.00	50.00
Distancia de grava bajo el tubo (D)	cm.		15.00		

Perimetro efectivo	m.		0.63		
Longitud total de las zanjaz(Lz)	m.	47.00	40.00	50.00	46.00
Numero de zanjaz	und.	2.00	2.00	2.00	2.00
Longitud de cada zanja	m.	23.50	20.00	25.00	23.00
Ancho requerido por la superficie total del campo de infiltracion(Ls)	m.	2.40	3.10	2.50	2.50
Separacion a centros entre zanjaz (S)	m.	1.80	2.60	2.00	2.00
Area de terreno requerido(At)	m ²	48.00	62.00	65.00	60.00

Fuente: El tesista

4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para el análisis inferencial (Prueba de Hipótesis) se utilizó el diagrama de correlación y el estadígrafo de correlación de r de Pearson, en estadística el coeficiente de correlación de Pearson es una medida lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables.

El coeficiente de correlación de Pearson es un estadígrafo que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables y por la tanto describe la influencia de una variable sobre la otra variable.

Para la prueba de hipótesis de nuestra investigación, se ha utilizado los siguientes datos:

Para el análisis inferencial (Prueba de Hipótesis) se utilizó el diagrama de correlación y el estadígrafo de correlación de r de Pearson, en estadística el coeficiente de correlación de Pearson es una medida lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables.

El coeficiente de correlación de Pearson es un estadígrafo que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables y por la tanto describe la influencia de una variable sobre la otra variable.

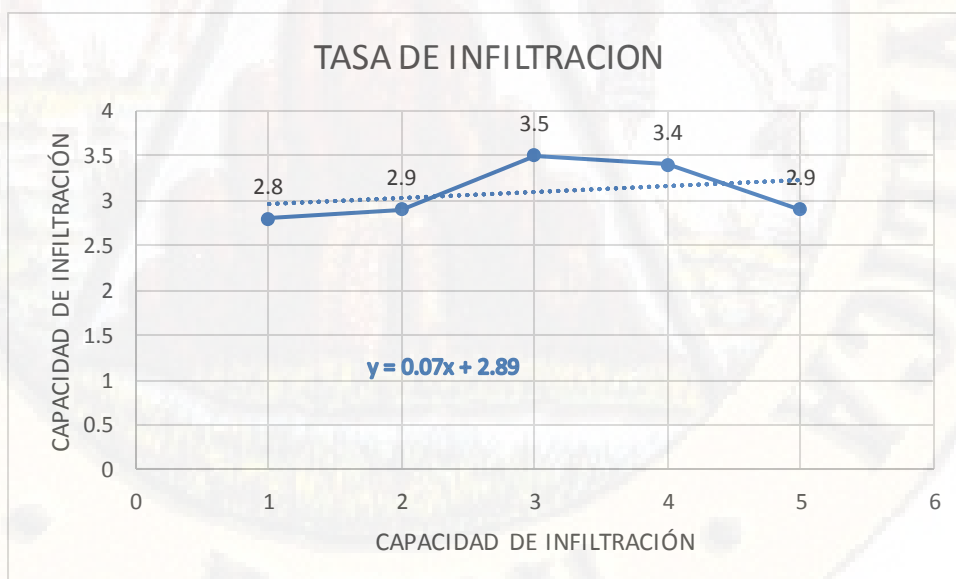
Para la prueba de hipótesis de nuestra investigación, se ha utilizado los siguientes datos:

Tabla 25.-Cuadro de coeficiente de relación.

	TASA DE INFILTRACIÓN min/cm	COEFICIENTE DE INFILTRACION R (L/M2/DIA)
DATOS ESTADISTICOS	2.8	71
	2.9	72
	3.5	65
	3.4	66
	2.9	72
MEDIA ARITMETICA	3.1	69.2
DESVIACION ESTANDAR	0.324	3.42
COEFICIENTE DE CORRELACION	0.72	0.56

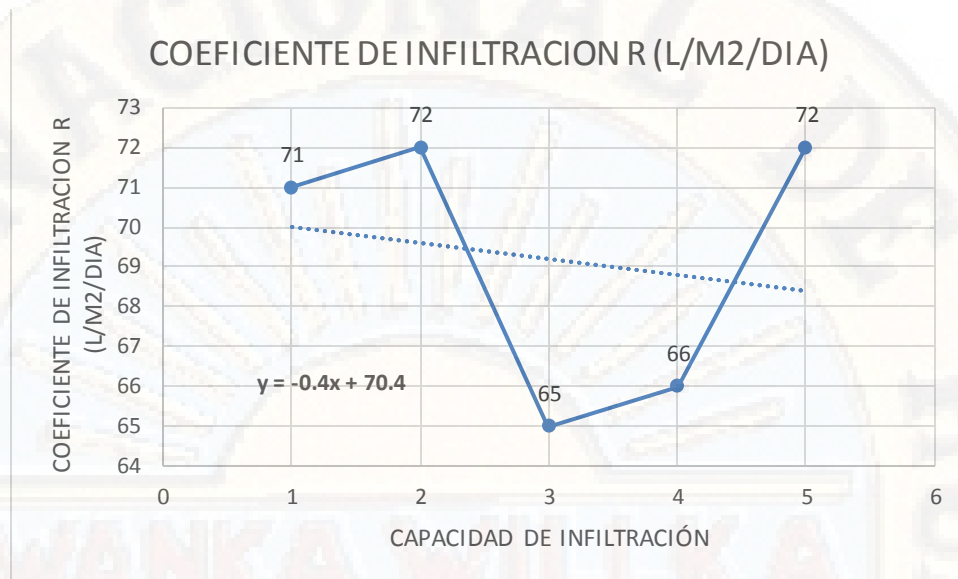
Fuente : El Tesista.

Figura 24.- Tasa de infiltración.



Fuente: El tesista

Figura 25.- Coeficiente de infiltración.



Fuente: El tesista

Utilizando la fórmula de correlación:

La correlación se ha realizado con los datos; para ambos casos la fórmula es la misma,

$$r_{xy} = \frac{\frac{1}{n} \sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sigma_x \sigma_y}$$

Donde:

x = cada valor del grupo 1

y = cada valor del grupo 2

$\bar{x}$ = valor promedio del grupo 1.

$\bar{y}$ = valor promedio del grupo 2.

σ_x = desviación estándar del grupo 1.

σ_y = desviación estándar del grupo 2.

n = tamaño de la muestra para a prueba de hipótesis

Se ha utilizado la r de Pearson para verificar la relación de las dos variables o la relación de dos grupos, para calcular la estadística, debemos calcular las medias de los grupos y desviaciones estándar de los grupos.

Para el caso de la correlación Tasa de infiltración, se tiene que $r = 0.72$

La correlación Coeficiente de infiltración, se tiene que $r = 0.56$

Asimismo, se puede ajustar los puntos dispersos con la ecuación de regresión lineal:

$$y = ax + b$$

Donde:

Y = Dimensiones de las zanjas para el diseño de infiltración.

X = Tratamiento de aguas residuales domesticas

$$a = \text{Coeficiente de correlación } \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$$

b = constante = Media aritmética de la variable Y – a(Media aritmética de la variable X)

Decisión Prueba de hipótesis

El valor del índice de correlación varía en el intervalo $[-1, 1]$, indicando el signo el sentido de la relación.

Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.

Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamadas relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

Si $r = 0$, no existe relación lineal entre las variables.

Tabla 26: Rango (Coeficiente de Correlación)

Rango (Coeficiente de Correlación)		Relación Lineal
$\pm 0,96$	$\pm 1,0$	Perfecta
$\pm 0,85$	$\pm 0,95$	Fuerte
$\pm 0,70$	$\pm 0,84$	Significativa
$\pm 0,50$	$\pm 0,69$	Moderada
$\pm 0,20$	$\pm 0,49$	Débil
$\pm 0,10$	$\pm 0,19$	Muy Débil
$\pm 0,09$	$\pm 0,00$	Nula

Fuente: El tesista

Analizando los resultados obtenidos tenemos:

Para el caso de la correlación Tasa de infiltración, se tiene que $r = 0.72$, la cual cae en el rango de relación positiva y la relación es **significativa**.

Para el caso de la correlación cuando Coeficiente de infiltración, se tiene que $r = 0.56$, la cual cae en el rango de relación positiva y la relación es **moderada**.

Por lo tanto, en ambos casos existe relación positiva.

Contrastación de Hipótesis

Hipótesis Alternativa H_0 : Las dimensiones para el diseño de zanjas de infiltración, influyen significativamente en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes - Huancavelica.

Hipótesis Nula H_1 : Las dimensiones para el diseño de zanjas de infiltración, no influyen significativamente en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes - Huancavelica.

De los análisis previos se determinó que en ambos casos existe relación positiva *significativa a moderada*, entonces si existe relación también existe influencia

de una variable sobre la otra; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En conclusión, Las dimensiones para el diseño de zanjas de infiltración, influyen significativamente en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes - Huancavelica.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.3.1. INFILTRACIÓN DE ACUERDO A LOS TIPOS DE SUELOS.

INFILTRACIÓN EN EL SUELO POZO 1.

El tipo de suelo encontrado es (A-1) fragmentos de roca, grava y arena osas. Este tipo de suelo dio como resultado a las pruebas de infiltración: $T_i = 2.8 \text{ min/cm}$, (tabla 13), y un coeficiente de infiltración $71 \text{ R (L/m}^2\text{/día)}$, (figura 14) con esto se determina que el suelo es favorable para realizar la construcción de una zanja de infiltración, no existirá saturación con el caudal de agua proveniente de la unidad básica de saneamiento. Ya que el tiempo de infiltración está considerada dentro del rango de rápida (Tabla 04).

INFILTRACIÓN EN EL SUELO POZO 2.

El tipo de suelo encontrado (A-2-4) gravas y arenas arcillas limosas. Este tipo de suelo dio como resultado a las pruebas de infiltración: $T_i = 2.9 \text{ min/cm}$, (tabla 14) y un coeficiente de infiltración $72 \text{ R (L/m}^2\text{/día)}$, (figura15), con esto se determina que el suelo es favorable para realizar la construcción de una zanja de infiltración, no existirá saturación con el caudal de agua proveniente de la unidad básica de saneamiento. ya que el tiempo de infiltración está considerada dentro del rango de rápida (tabla 04).

INFILTRACIÓN EN EL SUELO POZO 3.

El tipo de suelo encontrado es (A-2-4) gravas y arenas arcillas limosas. Este tipo de suelo dio como resultado a las pruebas de infiltración: $T_i = 3.5 \text{ min/cm}$, (tabla 15), y un coeficiente de infiltración $65 \text{ R (L/m}^2\text{/día)}$, (figura 16) con esto se determina que

el suelo es favorable para realizar la construcción de una zanja de infiltración, no existirá saturación con el caudal de agua proveniente de la unidad básica de saneamiento. Ya que el tiempo de infiltración está considerada dentro del rango de rápida (Tabla 04).

INFILTRACIÓN EN EL SUELO POZO 4.

El tipo de suelo encontrado es (A-2-4) gravas y arenas arcillas limosas. Este tipo de suelo dio como resultado a las pruebas de infiltración: $T_i = 3.4 \text{ min/cm}$, (tabla 16), y un coeficiente de infiltración 66 R ($\text{L/m}^2/\text{día}$), (figura 17) con esto se determina que el suelo es favorable para realizar la construcción de una zanja de infiltración, no existirá saturación con el caudal de agua proveniente de la unidad básica de saneamiento. Ya que el tiempo de infiltración está considerada dentro del rango de rápida (Tabla 04).

INFILTRACIÓN EN EL SUELO POZO 5.

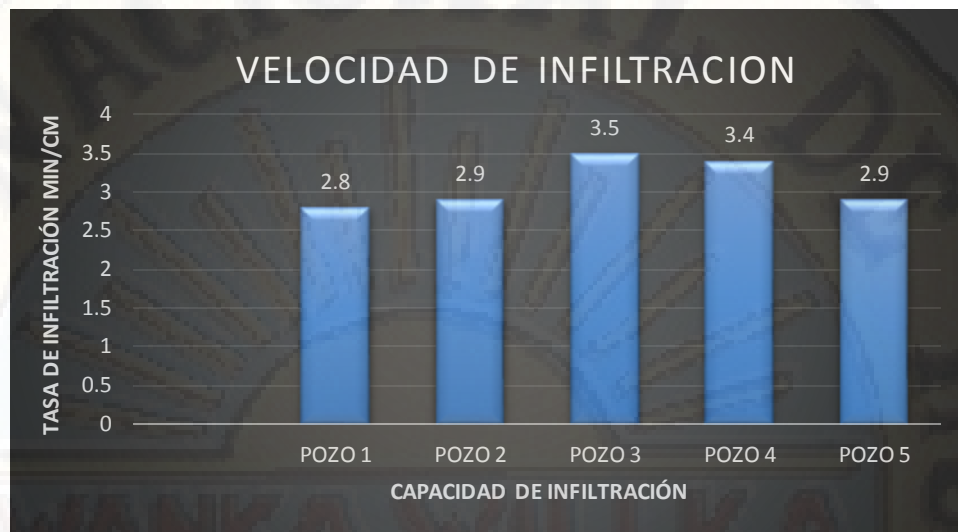
El tipo de suelo encontrado es (A-2-4) gravas y arenas arcillas limosas. Este tipo de suelo dio como resultado a las pruebas de infiltración: $T_i = 2.9 \text{ min/cm}$, (tabla 17) y un coeficiente de infiltración 72 R ($\text{L/m}^2/\text{día}$), (figura 18), con esto se determina que el suelo es favorable para realizar la construcción de una zanja de infiltración, no existirá saturación con el caudal de agua proveniente de la unidad básica de saneamiento. Ya que el tiempo de infiltración está considerada dentro del rango de rápida (Tabla 04)

Tabla 27. Velocidad de infiltración de las 5 muestras

VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN	
CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN	TASA DE INFILTRACIÓN (min/cm)
POZO 1	2.8
POZO 2	2.9
POZO 3	3.5
POZO 4	3.4
POZO 5	2.9

Fuente: El tesista

Figura 26. velocidad de infiltración.



Fuente: El tesista

CONCLUSIONES

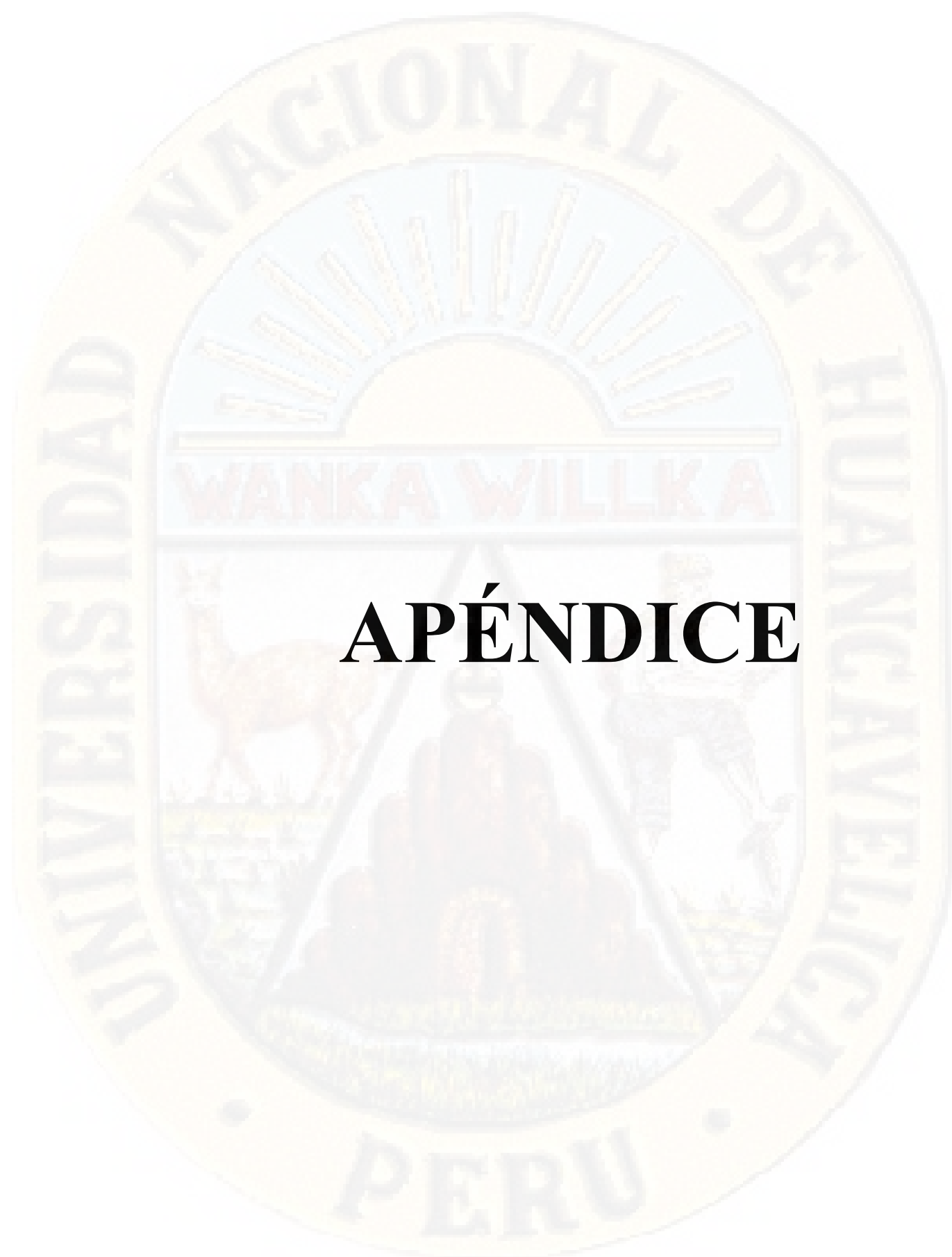
1. La influencia del dimensionamiento de las zanjas de infiltración es Positivo puesto que permitirá eliminar la contaminación provocada por las aguas residuales domésticas, con un sistema de infiltración en el sub suelo evitando así que la población vierte directamente sus aguas residuales sin tratamiento a las quebradas o las emplean para el riego de cultivos.
2. La longitud de zanja de infiltración para la muestra 3 es de 46 metros lineales la cual guarda relación con el tipo de suelo es (A-2-4) gravas y arenas arcillas limosas y estos suelos tardan mayor tiempo de infiltración ($T_i = 3.5.00 \text{ min/cm}$) por lo que requiere mayor área para infiltrar las aguas residuales domésticas, provenientes del tanque séptico u otro sistema de tratamiento previo.
3. De las muestras investigadas en la localidad de Huayllay grande se encontraron varios tipos de suelo: (A-2-4) gravas y arenas arcillas limosas, (A-1) limo grava y arenas, los cuales difieren en el tiempo de infiltración, dato indispensable para el dimensionamiento de las zanjas de infiltración por el método por gravedad según norma técnica I.S._020 del PERÚ.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la instalación de este sistema de zanjas de infiltración en todas las viviendas de la localidad de Huayllay Grande, evitando así que la población vierta directamente sus aguas residuales sin tratamiento a los ríos, lagos, quebradas o, las emplean para el riego de cultivos.
2. Es recomendable, hacer un estudio de suelo completo, para conocer su comportamiento, y saber si realmente este suelo es apto para la colocación de un sistema de zanjas de infiltración para la disposición final de las aguas residuales domésticas.
3. Se recomienda que la población evite verter grasas y/o aceites en los tanques sépticos para evitar que estas grasas el salir con las aguas residuales hacia las zanjas de infiltración estas formen una capa impermeabilizante sobre el terreno provocando la falla del sistema de infiltración en los suelos.
4. Se recomienda la realización de varios pozos para las pruebas de percolación ya que los suelos son indistintos en superficie pequeña por la cual varía su perfil estratigráfico y tipo del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Capcha, J. (2017). Influencia del dimensionamiento de zanjas de infiltracion para el tratamiento de aguas residuales domesticas del Centro Poblado de Uchubamba, Distrito de Masma - Jauja. Huancayo: UPLA.
2. Rengifo, D., & Safora, R. (2017). Propuesta de Diseño de un Sistema alcantarillado y/o unidades de basicas de saneamiento en la localidad de Carhuacocha, Distrito de Chilia - pataz- La Libertad-2017. Trujillo: UPN.
3. Suarez, C. (2010). tratamiento de aguas residuales municipales en el valle del cauca. Santiago de Cali: U.V.
4. Villacis, A. (2011). “Estudio de un Sistema de Depuración de Aguas Residuales para reducir la contaminación de Río Ambato y los sectores aledaños en el sector de Pisocucho, de la parroquia Izamba, del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua”. Ambato- Ecuador: UTA.
5. CRITES R., TCHOBANOGLIOUS G. “Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones”. Editorial McGraw-Hill. Bogotá, Colombia. (2000).
6. CARP/CTMFM. “Difusión y capacitación para el uso de ecotecnologías aplicadas al tratamiento de efluentes domiciliarios insitu”. FREPLATA Editores. Buenos Aires, Argentina (2004).
7. METCALF & EDDY. “Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización”. Vols. I y II. 1era Ed. Editorial McGraw-Hill (1995).
8. norma técnica I.S._020 del PERÚ. “Especificaciones técnicas para el diseño de zanjas y pozas de infiltración”. Lima, Perú. (2003).
9. ROSALES E., E. “Tanques Sépticos: conceptos teóricos base y aplicaciones” Cartago, Costa Rica. (2003).



APÉNDICE

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “INFLUENCIA DE LAS DIMENSIONES DE LAS ZANJAS PARA EL DISEÑO DE INFILTRACIÓN, EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA LOCALIDAD DE HUAYLLAY GRANDE – ANGARAES - HUANCABELICA”

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
Problema general ¿Cómo influye el dimensionamiento de zanjaz de infiltración, para el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes? Problemas específicos: a) ¿Cuál es la relación de la capacidad de infiltración con el tipo de suelo en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes? b) ¿Cómo influye el uso del método por gravedad, para la evacuación de aguas residuales domesticas?	Objetivo general Determinar la influencia del dimensionamiento de zanjaz de infiltración, para el tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes. Objetivos específicos: a) Evaluar la capacidad de infiltración de acuerdo al tipo de suelo, en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes b) Determinar el uso del método por gravedad, para la evacuación de aguas residuales domesticas en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes	Hipótesis general El dimensionamiento de zanjaz de infiltración tiene relación directa con la textura y granulometría del suelo en la localidad de Huayllay Grande- Angaraes influyendo en la velocidad de infiltración de aguas residuales domesticas Hipótesis específicas: a) La capacidad de infiltración tiene relación directa con el tipo de suelo, influyendo para el dimensionamiento de zanjaz de infiltración en la localidad de Huayllay Grande-Angaraes b) Con la evaluación por el método de cálculo por gravedad, se optimizará el cálculo y dimensionamiento de zanjaz de infiltración para el tratamiento de aguas residuales domesticas.	a. Variable Independiente: Diseño del dimensionamiento de zanjaz de infiltración Propuesta de evaluación Indicadores: - Longitud de zanja -profundidad de zanja -Beneficiarios Dimensiones: -ml - ml -Habitantes b. Variable Dependiente: Tratamiento de aguas residuales domesticas	ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL El ámbito de la investigación esta ubicado en la Provincia de Angaraes en localidad de Huayllay Grande - Angaraes Tipo Aplicada, Nivel: Descriptivo -Explicativo. Muestra análisis resultado Población y Muestra: Población Está formada por las viviendas de Huayllay Grande Muestra La muestra que se tomara en la localidad de Huayllay Grande con 06 viviendas, se tomó Aleatoriamente. Muestreo.- No probabilístico Técnicas e Instrumentos: Técnicas: Observación. Medición. Descripción. Instrumentos: Instrumentos de observación. Instrumentos de medición. Instrumentos de descripción. Técnicas de Procesamiento de datos Estadística descriptiva: Estadística inferencial. Análisis de datos.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	MESES 2019					DIC.
	JULI O	AGOST.	SET.	OCT.	NOV.	
Presentación del Proyecto	X					
Aprobación del Proyecto		X				
Recopilación de datos		X				
Análisis y procesamiento de datos		X	X	X	X	
Elaboración de informes final de la tesis						X
Sustentación y Presentación de la tesis para su publicación						X

PRESUPUESTO

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
Pasajes y gastos de transporte	10	65.00	650.00
Otros servicios de terceros			
Internet	100	6.00	600.00
Impresiones	1500	0.10	150.00
Laboratorio de mecánica de suelos	5	500.00	2500.00
Materiales de escritorio			
Cuadernos de apuntes	2	20.00	40.00
Hoja bond A4 de 80 g.	1500	0.10	150.00
Lapiceros	10	0.50	5.00
Calculadora	1	72.00	72.00
Cámara digital	1	500.00	500.00
Laptop	1	4000.00	4000.00
USB	2	60.00	120.00

TOTAL

S/. 9,787.00

PANEL FOTOGRAFICO



EN LA FOTOGRAFÍA SE EVIDENCIA EN EL PUNTO N° 01 REALIZANDO LA SATURACIÓN PARA LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN.



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR AL PERSONAL DE LABORATORIO TOMANDO LAS MEDIDAS DE LA PROFUNDIDAD DEL PUNTO DE PRUEBA



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR AL PERSONAL DE LABORATORIO TOMANDO LAS MEDIDAS DE LA PROFUNDIDAD DEL PUNTO DE PRUEBA



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR AL PERSONAL DE LABORATORIO TOMANDO LAS MEDIDAS DE LA PROFUNDIDAD DEL PUNTO DE PRUEBA



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR AL PERSONAL DE LABORATORIO TOMANDO LAS MEDIDAS DE LA PROFUNDIDAD DEL PUNTO DE PRUEBA



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR LA TOMA DE DATOS DE LAS PRUEBAS



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR EL INICIO DE LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR EL INICIO DE LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR INICIO DE LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN EN EL PUNTO 05



SE OBSERVA LA TOMA DE DATOS EN CAMPO DE LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN EN EL PUNTO 02



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR LAS ENCUESTAS CON LA POBLACIÓN.



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR LAS ENCUESTAS CON LA POBLACIÓN.



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR LAS ENCUESTAS CON LA POBLACIÓN.



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR LAS ENCUESTAS EN LA VIVIENDAS DE LA LOCALIDAD



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR LAS ENCUESTAS CON LA POBLACIÓN.



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR LAS ENCUESTAS CON LA POBLACIÓN.



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR LAS ENCUESTAS CON LA POBLACIÓN.



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR LAS ENCUESTAS CON LA POBLACIÓN.



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR LAS ENCUESTAS CON LA POBLACIÓN.



EN LA FOTOGRAFÍA PODEMOS APRECIAR LAS ENCUESTAS CON LA POBLACIÓN.



DATOS DE PERMEABILIDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
E.P. DE INGENIERIA CIVIL - LIRCAY
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO



PROYECTO : "INFLUENCIA DE LAS DIMENSIONES DE LAS ZANJAS PARA EL DISEÑO DE INFILTRACIÓN, EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA LOCALIDAD DE HUAYLLAY GRANDE - ANGARAES - HUANCAMELICA"

TESISTAS : Bach. BENITO CANDIOTTI, Eder

ENSAYO : PERMEABILIDAD (SUELO fragmentos de roca, grava y arena osas.)

NORMA : ASTM D 2216

Procedencia : Huayllay grande- Angaraes - Lircay

Fecha : Lircay/10-02-2020

Muestreo por :

Revisado por : Laboratorio de Mecánica de Suelos Concreto y Asfalto

PERMEABILIDAD:

$$k = \frac{\left(\frac{D}{2} * \ln\left(\frac{H1}{H2}\right)\right)}{2(T2 - T1)} \text{ (cm/s)}$$

PERMEABILIDAD		Calicata: Estrato: M - 1 tiempo: 600 seg							
k (cm/s)		DIAM	AREA	LONG.	T1	T2	H1	H2	k
		cm	cm ²	cm	seg.	seg.	cm	cm	cm/s
k1	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	19.00	10.00	0.0080
k2	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	18.00	10.00	0.0073
k3	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	16.00	10.00	0.0059
k4	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	15.00	10.00	0.0051
k5	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	13.00	10.00	0.0033
k6	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	12.00	10.00	0.0023
k7	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	11.00	10.00	0.0012
PERMEABILIDAD (cm/s)									0.004723



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
E.P. DE INGENIERIA CIVIL - LIRCAY
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO
Y ASFALTO



PROYECTO : "INFLUENCIA DE LAS DIMENSIONES DE LAS ZANJAS PARA EL DISEÑO DE INFILTRACIÓN, EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA LOCALIDAD DE HUAYLLAY GRANDE – ANGARAES - HUANCAMELICA"

TESISTAS : Bach. BENITO CANDIOTTI, Eder

ENSAYO : PERMEABILIDAD (SUELO gravas y arenas arcillas limosas)

NORMA : ASTM D 2216

Procedencia : Huayllay grande- Angaraes - Lircay

Fecha : Lircay/10-02-2020

Muestreo por :

Revisado por : Laboratorio de Mecánica de Suelos Concreto y Asfalto

PERMEABILIDAD:

$$k = \frac{\left(\frac{D}{2} * \ln\left(\frac{H1}{H2}\right)\right)}{2(T2 - T1)} \text{ (cm/s)}$$

PERMEABILIDAD		Calicata: Estrato: M - 2 tiempo: 600 seg							
k (cm/s)		DIAM	AREA	LONG.	T1	T2	H1	H2	k
		cm	cm ²	cm	seg.	seg.	cm	cm	cm/s
k1	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	20.00	10.00	0.0087
k2	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	18.00	10.00	0.0073
k3	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	16.00	10.00	0.0059
k4	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	15.00	10.00	0.0051
k5	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	14.00	10.00	0.0042
k6	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	11.00	10.00	0.0012
k7	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	11.00	10.00	0.0012
PERMEABILIDAD (cm/s)									0.004792



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
E.P. DE INGENIERIA CIVIL - LIRCAY
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO
Y ASFALTO



PROYECTO : "INFLUENCIA DE LAS DIMENSIONES DE LAS ZANJAS PARA EL DISEÑO DE INFILTRACIÓN, EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA LOCALIDAD DE HUAYLLAY GRANDE - ANGARAES - HUANCAMELICA"

TESISTAS : Bach. BENITO CANDIOTTI, Eder

ENSAYO : PERMEABILIDAD (SUELO gravas y arenas arcillas limosas)

NORMA : ASTM D 2216

Procedencia : Huayllay grande- Angaraes - Lircay

Fecha : Lircay/10-02-2020

Muestreo por :

Revisado por : Laboratorio de Mecánica de Suelos Concreto y Asfalto

PERMEABILIDAD:

$$k = \frac{\left(\frac{D}{2} * \ln\left(\frac{H1}{H2}\right)\right)}{2(T2 - T1)} \text{ (cm/s)}$$

PERMEABILIDAD		Calicata: Estrato: M - 3 tiempo: 600 seg							
k (cm/s)		DIAM	AREA	LONG.	T1	T2	H1	H2	k
		cm	cm ²	cm	seg.	seg.	cm	cm	cm/s
k1	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	21.00	10.00	0.0093
k2	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	20.00	10.00	0.0087
k3	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	20.50	10.00	0.0090
k4	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	16.00	10.00	0.0059
k5	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	13.00	10.00	0.0033
k6	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	12.50	10.00	0.0028
k7	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	12.00	10.00	0.0023
PERMEABILIDAD (cm/s)									0.005876



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

E.P. DE INGENIERIA CIVIL - LIRCAY

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



PROYECTO : "INFLUENCIA DE LAS DIMENSIONES DE LAS ZANJAS PARA EL DISEÑO DE INFILTRACIÓN, EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA LOCALIDAD DE HUAYLLAY GRANDE - ANGARAES - HUANCAMELICA"

TESISTAS : Bach. BENITO CANDIOTTI, Eder

ENSAYO : PERMEABILIDAD (SUELO gravas y arenas arcillas limosas)

NORMA : ASTM D 2216

Procedencia : Huayllay grande -Angaraes - Lircay

Fecha : Lircay/10-02-2020

Muestreo por :

Revisado por : Laboratorio de Mecánica de Suelos Concreto y Asfalto

PERMEABILIDAD:

$$k = \frac{\left(\frac{D}{2} * \ln\left(\frac{H1}{H2}\right)\right)}{2(T2 - T1)} \text{ (cm/s)}$$

PERMEABILIDAD		Calicata: Estrato: M - 4 tiempo: 600 seg							
		DIAM	AREA	LONG.	T1	T2	H1	H2	k
k (cm/s)		cm	cm ²	cm	seg.	seg.	cm	cm	cm/s
k1	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	21.00	10.00	0.0093
k2	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	20.00	10.00	0.0087
k3	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	20.50	10.00	0.0090
k4	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	16.00	10.00	0.0059
k5	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	12.00	10.00	0.0023
k6	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	12.00	10.00	0.0023
k7	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	12.00	10.00	0.0023
PERMEABILIDAD (cm/s)								0.005661	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
E.P. DE INGENIERIA CIVIL - LIRCAY
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO
Y ASFALTO



PROYECTO : "INFLUENCIA DE LAS DIMENSIONES DE LAS ZANJAS PARA EL DISEÑO DE INFILTRACION, EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA LOCALIDAD DE HUAYLLAY GRANDE - ANGARAES - HUANCAMELICA"

TESISTAS : Bach. BENITO CANDIOTTI, Eder

ENSAYO : PERMEABILIDAD (SUELO gravas y arenas arcillas limosas)

NORMA : ASTM D 2216

Procedencia : Huayllay grande- Angaraes - Lircay

Fecha : Lircay/10-02-2020

Muestreo por :

Revisado por : Laboratorio de Mecánica de Suelos Concreto y Asfalto

PERMEABILIDAD:

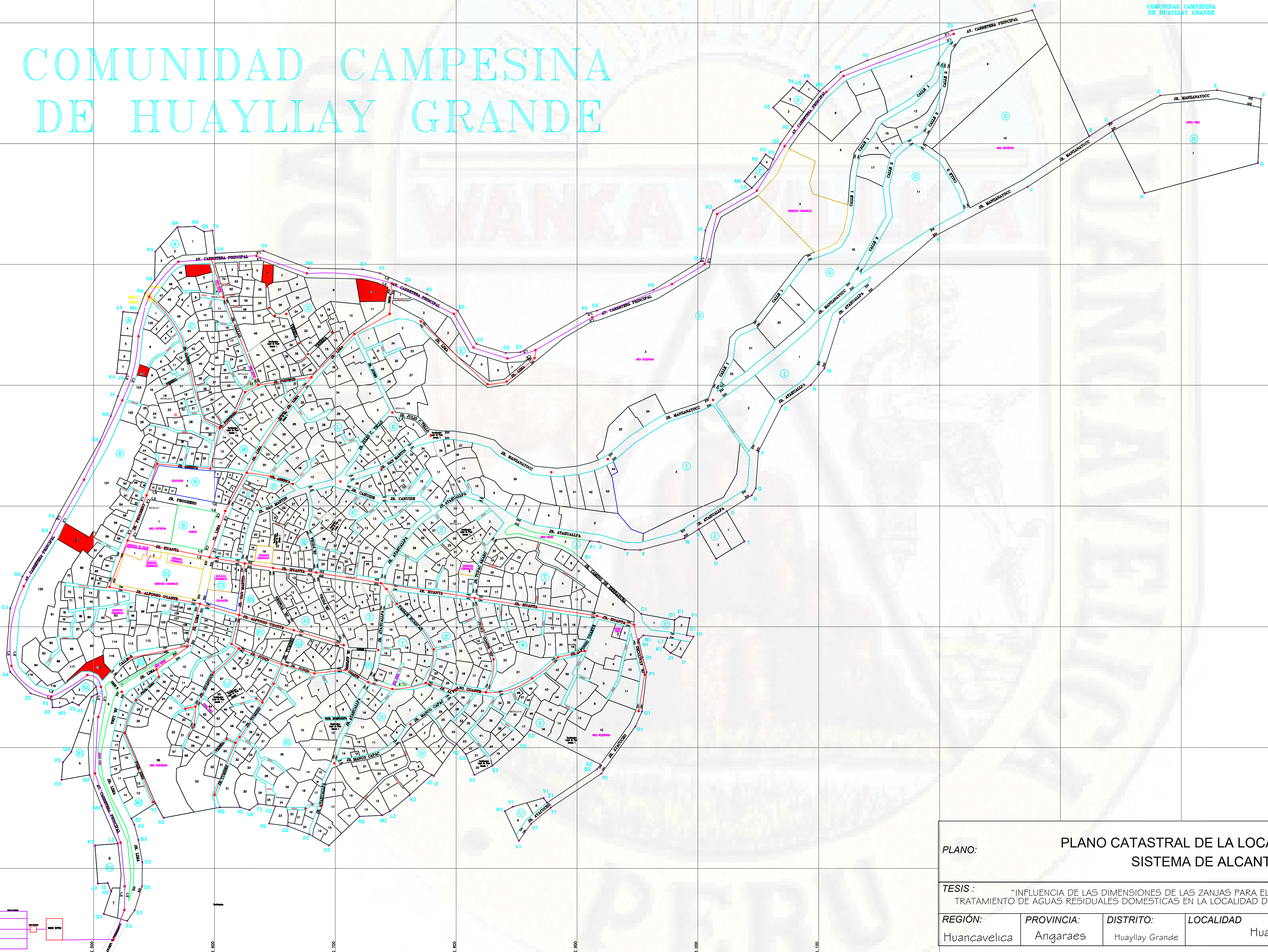
$$k = \frac{\left(\frac{D}{2} * \ln\left(\frac{H1}{H2}\right)\right)}{2(T2 - T1)} \text{ (cm/s)}$$

PERMEABILIDAD		Calicata: Estrato: M - 5 tiempo: 600 seg							
k (cm/s)		DIAM	AREA	LONG.	T1	T2	H1	H2	k
		cm	cm ²	cm	seg.	seg.	cm	cm	cm/s
k1	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	16.00	10.00	0.0059
k2	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	14.00	10.00	0.0042
k3	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	15.50	10.00	0.0055
k4	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	15.00	10.00	0.0051
k5	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	15.00	10.00	0.0051
k6	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	14.00	10.00	0.0042
k7	cm/s	30.00	324.29	60.00	0.00	600.00	14.00	10.00	0.0042
PERMEABILIDAD (cm/s)									0.004873



PLANOS

COMUNIDAD CAMPESINA DE HUAYLLAY GRANDE



PLANO:

PLANOS CATASTRALES DE LA LOCALIDAD DE HUAYLLAY GRANDE
SISTEMA DE ALCANTARILLADO

TESIS :

"INFLUENCIA DE LAS DIMENSIONES DE LAS ZANJAS PARA EL DISEÑO DE INFILTRACIÓN, EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA LOCALIDAD DE HUAYLLAY GRANDE – ANGARAES - HUANCAMELICA"

REGIÓN:

Huancavelica

PROVINCIA:

Angaraes

DISTRITO:

Huayllay Grande

LOCALIDAD

Huayllay Grande

FECHA:

enero 2020

ESCALA:

1/1 000

DIBUJO:

EBC

LAMINA:

PC-1

1 de 2

