

“AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION E IMPUNIDAD”

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS CIVIL AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - LIRCAY



TESIS

**“SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE
HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA
COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA - DISTRITO LIRCAY”**

LINEA DE INVESTIGACION:

INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA SANEAMIENTO Y MEDIO AMBIENTE

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR LOS BACHILLERES:

FLORES LANDEO, Ronald
HUAMÁN SOTO, Marco Antony

ASESOR:

Ing. ÑAHUI GASPAR, Andrés Zósimo

LIRCAY - HUANCVELICA

2018

ACTA DE SUSTENTACION DE LA TESIS FINAL DE INVESTIGACION CIENTIFICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - LIRCAY

EN LA CIUDAD DE LIRCAY, EN EL PARANINFO DE LA FIMCA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA, A LOS 19 DÍAS DEL MES DE DICIEMBRE DEL AÑO 2018 A HORAS 11:00 A.M. SE REUNIERON LOS MIEMBROS DEL JURADO CALIFICADOR, CONFORMADO DE LA SIGUIENTE MANERA:

PRESIDENTE: ING. ENRIQUE RIGOBERTO CAMAC OJEDA

SECRETARIO: ING. URIEL NEIRA CALSIN

VOCAL: MG. FRANKLIN SURICHAQUI GUTIERREZ

RATIFICADOS CON RESOLUCION DE CONSEJO DE FACULTAD N° 353 - 2018 – FIMCA – UNH, DE LA FECHA 17 DE DICIEMBRE DEL 2018, PARA SUSTENTAR LA TESIS TITULADO: "SISTEMA DE DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA – DISTRITO DE LIRCAY"

CUYO AUTORES ES (EL) (LOS) GRADUADOS (S):

BACHILLER (S): FLORES LANDEO RONALD Y MARCO ANTONY HUAMAN SOTO

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

ACTO SEGUIDO SE INVITA A LOS SUSTENTANTES Y PÚBLICO EN GENERAL ABANDONAR EN AUDITORIO POR UNOS MINUTOS PARA LA **DELIBERACIÓN DE LOS RESULTADOS**; LUEGO SE INVITAR A PASAR NUEVAMENTE AL AUDITORIO A LOS SUSTENTANTES Y PÚBLICO EN GENERAL, EN LA QUE SE DA LA LECTURA DEL ACTA DE SUSTENTACIÓN, SIENDO EL RESULTADO **APROBADO POR MAYORÍA**, CULMINANDO A LAS 12:30 P.M. DEL DIA 19 DE DICIEMBRE, Y SE DA POR CONCLUIDO EL ACTO DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.

BACHILLER: FLORES LANDEO, RONALD

PRESIDENTE:	APROBADO
SECRETARIO:	APROBADO
VOCAL:	DESAPROBADO
RESULTADO FINAL:	APROBADO POR MAYORIA

BACHILLER: HUAMAN SOTO, MARCO ANTONY

PRESIDENTE:	APROBADO
SECRETARIO:	APROBADO
VOCAL:	DESAPROBADO
RESULTADO FINAL:	APROBADO POR MAYORIA

EN CONFORMIDAD A LO ACTUADO FIRMAMOS AL PIE, EN SEÑAL DE CONFORMIDAD.


.....
Ing. Enrique Rigoberto Camac Ojeda
Presidente


.....
Ing. Uriel Neira Calsin
Secretario


.....
Mg. Franklin Surichaqui Gutierrez
Vocal


.....
Sustentante


.....
Sustentante

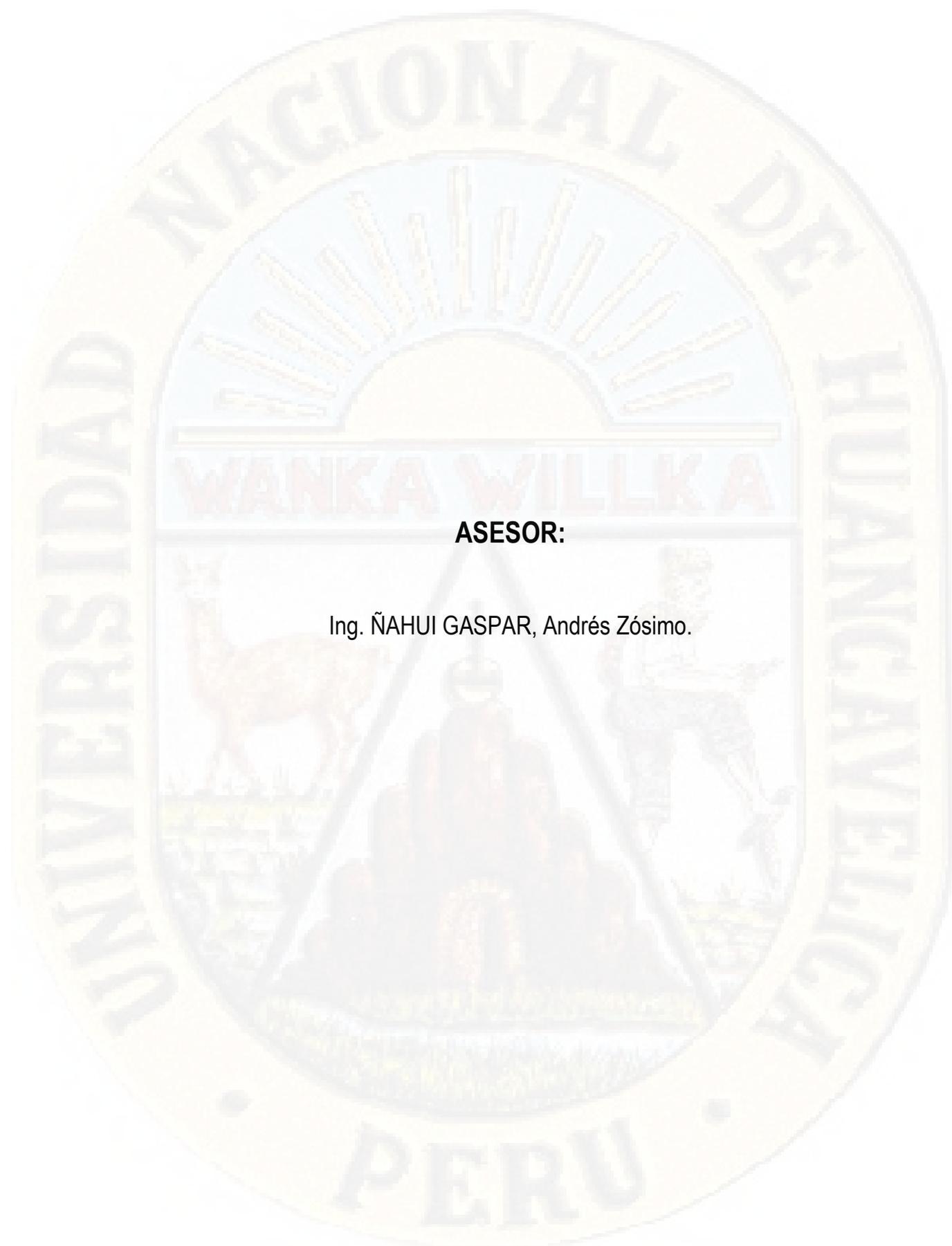
DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles que necesite de ellos, por su motivación, perseverancia, trabajo y dedicación para forjar en mí, un ser humano lleno de cualidades, habilidades, virtudes e inculcarme al buen camino es mi formación personal y profesional.

Flores Landeo, Ronald

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional en los momentos que más necesite de ellos, por su perseverancia, trabajo y dedicación para forjar en mi persona, un ser humano lleno de habilidades y virtudes para emprender nuevos retos y no abdicar en la senda de llegar a alcanzar y hacer realidad mis sueños.

Huamán Soto, Marco Antony



ASESOR:

Ing. ÑAHUI GASPAR, Andrés Zósimo.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: “**SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA - DISTRITO LIRCAY**”, tuvo como objetivo principal diseñar un sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay. La investigación se ubica dentro del tipo Aplicada; nivel Explicativo; diseño no experimental de corte Longitudinal; asimismo, se empleó el método Científico - Deductivo. Se consideró la encuesta, observación y revisión bibliográfica como técnicas para la recolección de datos. Se tomaron 6 muestras compuestas en el afluente y efluente del componente de tratamiento mediante HA para su análisis; obteniendo los siguientes resultados: el tratamiento de HA de flujo subsuperficial redujo en promedio los agentes contaminantes en: 35.32% SST, 27.59% DBO5, 18.68% DQO, 36.91% Aluminio, 37.72% Nitrógeno total, 34.47% Fosforo total, 32.67% Grasas y aceites, 19.59% PH y 34.35% Coliformes totales; de este modo llegaron a las siguientes conclusiones: El sistema de depuración de aguas residuales mediante HA de flujo subsuperficial presenta los siguientes componentes: pre-tratamiento (cámara de rejillas, desarenador, canaleta Parshall, laguna de maduración y cámara de estabilización de sólidos), tratamiento (humedal artificial de flujo subsuperficial) y almacenamiento (reservorio). El tren de componentes permite reducir los agentes patógenos de las aguas servidas eficientemente, debido a que el sistema es adaptable a las condiciones fisicoquímicas, biológicas, climáticas e hidráulicas de la zona.

Palabras clave: Humedal Artificial de Flujo Subsoperficial, Humedales Artificiales, depuración de aguas residuales.

ABSTRACT

The present work of investigation titled: "**SYSTEM OF WASTEWATER DEPURATION THROUGH ARTIFICIAL WETLAND OF SUBSUPERFICIAL FLOW IN THE COMMUNITY CAMPESINA OF OCOPA- LIRCAY DISTRICT**", had as main objective to design a system of purification of residual waters by means of artificial wetland of subsuperficial flow in the Peasant Community of Ocopa - Lircay District. The research is located within the Applied type; Explanatory level; Design does not experience Longitudinal cutting; likewise, the Scientific - Deductive method was used. The survey, observation and bibliographic review were considered as techniques for data collection. Six composite samples were taken in the effluent and effluent of the treatment component by HA for analysis; obtaining the following results: the treatment of subsurface flow HA reduced on average the pollutants in: 35.32% SST, 27.59% BOD5, 18.68% COD, 36.91% Aluminum, 37.72% Total nitrogen, 34.47% Total phosphorus, 32.67% Fats and oils, 19.59% PH and 34.35% Total coliforms; In this way, the following conclusions have been reached: The wastewater treatment system by means of subsurface flow HA has the following components: pre-treatment (grate chamber, sand trap, Parshall gutter, maturation lagoon and solid stabilization chamber), treatment (artificial subsurface flow wetland) and storage (reservoir). The train of components allows to reduce the pathogens of wastewater efficiently, because the system is adaptable to the physicochemical, biological, climatic and hydraulic conditions of the area.

Keywords: Artificial Wetland of Subsurface Flow, Artificial Wetlands, purification of wastewater.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
ASESOR:.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	x
Tablas.....	x
Figuras.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. Descripción del problema	15
1.2. Formulación de problema	20
1.2.1. Problema general	20
1.2.2. Problemas específicos.....	20
1.3. Objetivos: General y específicos	20
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos.....	21
1.4. Justificación	21
CAPÍTULO II.....	23
MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes.....	23
2.1.1. Antecedente internacional	23
2.1.2. Antecedente nacional	27
2.2. Bases teóricas	30
2.2.1. Marco legal.....	30
2.2.2. Humedales	35
2.2.3. Depuración de aguas residuales	48
2.2.4. Parámetros de diseño.....	54

2.2.5.	Modelo general de diseño	55
2.3.	Definición de términos	72
2.4.	Formulación de hipótesis	74
2.5.	Definición operativa de variables e indicadores	74
CAPÍTULO III.....		76
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		76
3.1.	Tipo y nivel de investigación	76
3.1.1.	Tipo de investigación	76
3.1.2.	Nivel de investigación	76
3.2.	Métodos de investigación	77
3.3.	Diseño de investigación.....	77
3.4.	Población y muestra	78
3.4.1.	Población.....	78
3.4.2.	Muestra.....	79
3.4.3.	Muestreo.....	80
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	80
3.5.1.	Técnicas de recolección de datos.....	80
3.5.2.	Instrumentos de recolección de datos	81
3.6.	Técnicas de procesamiento y análisis de resultados.....	81
3.7.	Procedimiento de recolección de datos	82
3.8.	Descripción del área de investigación	83
3.8.1.	Ubicación y Localización.	83
3.8.2.	Ubicación política y cartográfica de la Comunidad Campesina de Ocopa – Lircay – Angaraes.....	84
3.8.3.	Características Socio – Económicas.	84
3.8.4.	Características Climatológicas.....	85
3.8.5.	Características topográficas.	85
3.9.	Desarrollo de la investigación.....	85
3.9.1.	Nivel de contaminación del agua residual evacuado de la Comunidad Campesina de Ocopa	86

3.10. Diseño e implementación del sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay	113
3.10.1. Parámetros iniciales de diseño	113
3.10.2. Diseño de rejillas y canal de aproximación	114
3.10.3. Diseño hidráulico de desarenador	114
3.10.4. Diseño de canaleta Parshall	114
3.10.5. Dimensionamiento e implementación de cámara de estabilización de sólidos	114
3.10.6. Diseño e implementación de laguna de maduración	115
3.10.7. Diseño e implementación de humedal artificial de flujo subsuperficial.....	115
3.10.8. Dimensionamiento e implementación de reservorio	116
CAPÍTULO IV	117
RESULTADOS	117
4.1. Presentación de datos	117
4.2. Análisis de datos.....	118
4.2.1. Intervención de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.	118
4.2.2. Intervención de los parámetros climáticos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo sub superficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.	131
4.2.3. Influencia de parámetros hidráulicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.	132
4.2.4. Diseño de sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay	133
4.3. Discusión de resultados.....	134
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas

Tabla 1: Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola	32
Tabla 2: Límites permisibles para descargar aguas residuales en cuerpos receptores de agua dulce	33
Tabla 3: Parámetros de Depuración de Aguas Residuales.....	42
Tabla 4: Tipos de contaminantes de aguas residuales	53
Tabla 5: Parámetros de diseño	54
Tabla 6: Parámetros de diseño del desarenador	59
Tabla 7: Variables del canal parshall	62
Tabla 8: Medidas estándar de los aforadores Parshall	63
Tabla 9: Ancho W del canal Parshall en función del caudal.....	64
Tabla 10: Coeficientes adimensionales m y n que dependen del ancho de garganta (W) 64	
Tabla 11: Condiciones hidráulicas de entrada	65
Tabla 12: Características del medio para sistemas de flujo subsuperficial	71
Tabla 13: Características típicas del medio para humedales de flujo subsuperficial.....	71
Tabla 14: Operacionalización de variables	75
Tabla 15: Muestra de la investigación.....	80
Tabla 16: ¿Ud. cuántas veces al día se lava las manos?	86
Tabla 17: ¿Ud. al lavarse las manos mantiene el grifo permanentemente abierto?.....	87
Tabla 18: ¿Ud. cuántas veces al día cepilla sus dientes?.....	88
Tabla 19: ¿Ud. cuántas veces al día se lava la cara y las manos?.....	89
Tabla 20: ¿Ud. cuántas veces al mes se afeita?	90
Tabla 21: ¿Ud. al cepillar sus dientes mantiene el grifo permanentemente abierto?	91
Tabla 22: ¿Ud. cuántas veces al día se ducha?.....	92
Tabla 23: ¿Ud. cuantos minutos pasa bajo la ducha?	93
Tabla 24: ¿Ud. al ducharse mantiene la llave de la ducha abierta?.....	94
Tabla 25: ¿Ud. cuántas veces al día utiliza el water?	95
Tabla 26: ¿En cuál de las siguientes actividades utiliza agua del grifo?.....	96
Tabla 27: ¿Ud. al lavar la ropa lo hace a mano o en lavadora?	97
Tabla 28: ¿Cuántas veces a la semana lava la ropa?	98
Tabla 29: ¿Ud. cómo lava las vajillas y los utensilios?.....	99
Tabla 30: ¿Ud. usa algún sistema para el manejo de aguas servidas?	100
Tabla 31: ¿Ud. ha recibido algún tipo de capacitación con respecto a la calidad de agua y manejo de aguas servidas?.....	101
Tabla 32: ¿Ud. considera importante el uso racional del agua?	102

Tabla 33: ¿Ud. realiza alguna actividad para ahorrar el agua?	103
Tabla 34: Parámetros de proyección poblacional de la Comunidad Campesina de Ocopa	104
Tabla 35: Proyección poblacional de la Comunidad Campesina de Ocopa	104
Tabla 36: Cantidad de agua mínima requerida para el uso domestico	105
Tabla 37: Dotación de la Comunidad Campesina de Ocopa	106
Tabla 38: Cantidad de agua residual que genera cada habitante	107
Tabla 39: Calculo del coeficiente de retorno	107
Tabla 40: Calculo del caudal máximo de descarga	108
Tabla 41: Cantidad de horas luz de la Comunidad Campesina de Ocopa	109
Tabla 42: Calculo de la evapotranspiración mediante el método de Thornthwaite	111
Tabla 43: Calculo de aporte por precipitación mediante el método racional	112
Tabla 44: Calculo de caudal máximo de diseño	112
Tabla 45: Parámetros iniciales de diseño	113
Tabla 46: Análisis fisicoquímico y biológico del agua residual - CC.CC. de Ocopa	118
Tabla 47: Resumen de reducción de los agentes contaminantes - Ocopa	130
Tabla 48: Calculo de caudal máximo de diseño	132

Figuras

Figura 1. Localización de la comunidad campesina de Ocopa – Lircay	17
Figura 2. Arrojo de aguas residuales al rio	18
Figura 3. Tipos de Humedales Artificiales	37
Figura 4. Humedales artificiales de flujo superficial	38
Figura 5. Humedales Artificiales de flujo subsuperficial	39
Figura 6. Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal	41
Figura 7. Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical	42
Figura 8. Clasificación de aguas residuales industriales	51
Figura 9. Sistema de tratamiento de microorganismos	53
Figura 10. Vista en planta de Canal y Rejilla	55
Figura 11. Canal de entrada junto a la Rejilla	56
Figura 12. Diseño del desarenador	58
Figura 13. Ilustración de canal Parshall	61
Figura 14. Esquema general de una Canaleta Parshall	62
Figura 15. Corte transversal de laguna de maduración	68
Figura 16. Esquema de Investigación	78
Figura 17. ¿Ud. cuántas veces al día se lava las manos?	86
Figura 18. ¿Ud. al lavarse las manos mantiene el grifo permanentemente abierto?	87

Figura 19. ¿Ud. cuántas veces al día cepilla sus dientes?	88
Figura 20. ¿Ud. cuántas veces al día se lava la cara y las manos?	89
Figura 21. ¿Ud. cuántas veces al mes se afeita?	90
Figura 22. ¿Ud. al cepillar sus dientes mantiene el grifo permanentemente abierto?.....	91
Figura 23. ¿Ud. cuántas veces al día se ducha?	92
Figura 24. ¿Ud. cuantos minutos pasa bajo la ducha?	93
Figura 25. ¿Ud. al ducharse mantiene la llave de la ducha abierta?	94
Figura 26. ¿Ud. cuántas veces al día utiliza el water?	95
Figura 27. ¿En cuál de las siguientes actividades utiliza agua del grifo?	96
Figura 28. ¿Ud. al lavar la ropa lo hace a mano o en lavadora?.....	97
Figura 29. ¿Cuántas veces a la semana lava la ropa?	98
Figura 30. ¿Ud. cómo lava las vajillas y los utensilios?	99
Figura 31. ¿Ud. usa algún sistema para el manejo de aguas servidas?.....	100
Figura 32. ¿Ud. ha recibido algún tipo de capacitación con respecto a la calidad de agua y manejo de aguas servidas?	101
Figura 33. ¿Ud. considera importante el uso racional del agua?	102
Figura 34. ¿Ud. realiza alguna actividad para ahorrar el agua?	103
Figura 35. Proyección poblacional de la Comunidad Campesina de Ocopa	105
Figura 36. Dotación de la Comunidad Campesina de Ocopa	106
Figura 37. Temperatura promedio (°C) estación meteorológica de Acobamba	110
Figura 38. Calculo de precipitación máxima para un periodo de retorno de 20 años	111
Figura 39. Análisis del parámetro físico: solidos suspendidos totales (SST)	119
Figura 40. Análisis del parámetro químico: demanda biologica de oxigeno (DBO5)	121
Figura 41. Análisis del parámetro químico: demanda química de oxigeno (DQO).....	122
Figura 42. Análisis del parámetro químico: Aluminio	123
Figura 43. Análisis del parámetro químico: Nitrógeno total.....	124
Figura 44. Análisis del parámetro químico: Fosforo total	125
Figura 45. Análisis del parámetro químico: grasas y aceites	126
Figura 46. Análisis del parámetro químico: Potencial de Hidrogeno.....	127
Figura 47. Análisis del parámetro biológico: Índice de Coliformes totales	128
Figura 48. Temperatura promedio (°C) estación meteorológica de Acobamba	131

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales son la combinación de aquellas aguas que han sido utilizadas en las industrias, hogares, comercios, instituciones o actividades ganaderas, a las que eventualmente se suman aguas pluviales y subterráneas. También son llamadas aguas negras por el color que adquieren. Estas aguas contienen componentes y elementos contaminantes que hacen necesaria su depuración, ya que son perjudiciales tanto para los seres humanos como para el medio ambiente. En las aguas residuales se suelen encontrar grasas, detergentes, desechos, sustancias tóxicas, materia orgánica, pesticidas, entre otros elementos. Cabe resaltar que aún existen muchos pueblos y ciudades que vierten sus residuos a los ríos y mares sin ser depurados como es el caso de la Comunidad Campesina de Ocopa Lircay, lo que provoca altos niveles de contaminación y, en consecuencia, la muerte de muchos seres vivos. Para lo cual es muy importante realizar la depuración respectiva a las aguas residuales previo a la reutilización en el cultivo o para verter a los ríos, pero muchas veces el construir nuevas plantas de depuración o el conectarse plantas lejanas ya existentes implica un elevado coste; por lo que utilizar los humedales artificiales para este fin, puede ser una alternativa económica y ecológicamente aceptable, ya que este tipo de sistemas son de construcción fácil, bajo costo, mantenimiento reducido y con una depuración confiable, incluso cuando hay altas variaciones en el caudal.

En la actualidad la Comunidad Campesina de Ocopa Lircay no cuenta con un sistema de depuración de aguas residuales, de este modo evacuando a cuerpos receptores de agua dulce sin un debido tratamiento preliminar, he aquí la del meollo del problema, consecuencia que se ve repercutida en la degradación de la flora y fauna acuática de la zona. Es así, que se planteó como problema general de la investigación ¿Cuál es el diseño de un sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay?, por lo que se plantea diseñar un sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay, como una posible alternativa de solución, desde el punto de vista teórico, económico, social, paisajista, operativo y de sustentabilidad, para así contribuir en la conservación del ambiente de la zona, los ríos de cause naturales

de (Distrito de Lircay, La comunidad campesina de Ocopa) y por ende de la Región Huancavelica.

Es así, que la presente investigación se divide en cuatro capítulos: el **Capítulo I** presenta, la descripción del problema respecto a la evacuación de aguas residuales sin tratar a los cuerpos de agua dulce, el planteamiento del problema, el objetivo general y específicos y justificación; el **Capítulo II** expone, el marco teórico respecto al tratamiento de aguas residuales mediante HA de flujo subsuperficial, los antecedentes, las bases teóricas y variables de estudio; el **Capítulo III** presenta, la metodología de la investigación, precisando el tipo, método, nivel y diseño de la investigación; y por último el **Capítulo IV** donde se detallan los resultados de la investigación. Finalmente se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Los Tesistas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Según Paredes (2018), da a conocer que: "el agua es un elemento de la naturaleza, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible".

Asimismo, el agua favorece a la estabilidad del funcionamiento del entorno, los seres y organismos que en él habitan, es, por tanto, un elemento indispensable para la subsistencia de la vida animal y vegetal del planeta. Es decir, que "el agua es un bien de primera necesidad para los seres vivos y un elemento natural imprescindible en la configuración de los sistemas medioambientales". En este aspecto, este líquido vital constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos; además interviene de manera fundamental en el proceso de fotosíntesis de las plantas y es el hábitat de una gran variedad de seres vivos (Paredes, 2018).

La contaminación progresiva del agua y su escasez plantean amenazas para la salud humana y la calidad de vida, pero su incidencia ecológica es más general. El libre flujo de un agua no contaminada resulta clave para el sostenimiento de los ecosistemas que dependen del agua. La escasez de agua de buena calidad perjudica al medio acuático, húmedo y terrestre, sometiendo a una presión todavía mayor a la flora y la fauna, que padecen ya las repercusiones de la urbanización y el cambio climático (Paredes, 2018).

Según los datos estadísticos de OMS a nivel mundial, en 2015, el 71% de la población mundial (5200 millones de personas) se encontraba abastecida por un servicio de suministro de agua potable gestionado de forma segura, es decir, ubicado en el lugar de uso, disponible cuando se necesita y libre de agentes patógenos. El 89% de la población mundial (6500 millones de personas) hacía uso al menos un servicio básico, es decir, una fuente mejorada de suministro de agua potable para acceder a la cual no es necesario un trayecto de ida y vuelta superior a 30 minutos. 844 millones de personas carecen incluso de un servicio básico de suministro de agua potable, cifra que incluye a 159 millones de personas que dependen de aguas superficiales. En todo el mundo, al menos 2000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable que está contaminada por heces.

El agua contaminada puede transmitir enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Se calcula que la contaminación del agua potable provoca más de 502 000 muertes por diarrea al año. De aquí a 2025, la mitad de la población mundial vivirá en zonas con escasez de agua. En los países de ingresos bajos y medios, el 38% de los centros sanitarios carecen de fuentes de agua, el 19% de saneamiento mejorado, y el 35% de agua y jabón para lavarse las manos (OMS, 2018).

Esa es una realidad cada vez más cierta para Latinoamérica donde tres cuartas partes de las aguas fecales o residuales vuelven a los ríos y otras fuentes hídricas, creando un serio problema de salud pública y para el medio ambiente, según advierten expertos del Banco Mundial. El problema es especialmente preocupante en una región como Latinoamericana, donde el 80% de la población vive en ciudades, y una gran parte en asentamientos cercanos a fuentes contaminadas. También hay serias implicaciones ecológicas. Latinoamérica es una de las regiones más biodiversas del mundo y es dueña nada menos que de un tercio de las fuentes de agua del mundo. La contaminación del agua atenta contra ese orden (Banco Mundial, 2018).

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



Figura 1. Localización de la comunidad campesina de Ocopa – Lircay
Fuente: ESCALE - 2018

El distrito de Lircay cuenta con el saneamiento básico dentro del área urbana, las redes del desagüe proveniente de las viviendas van a desembocar al río, porque no cuenta con un área específica para el tratamiento de aguas servidas; asimismo, se puede observar que algunas viviendas presentan instalaciones domiciliarias construidos artesanalmente que conduce el agua residual doméstico directamente al río, esto se debe a la poca difusión de hábitos de higiene y sanidad que tiene el poblador. No presenta un sistema de drenaje pluvial superficial “cunetas” que

evacuen mediante sistemas de alcantarillado y desagüe en épocas de lluvia, por lo que se forman grandes charcos de agua y lodo en las calles perjudicando el tránsito peatonal y creando focos infecciosos (Municipalidad Provincial de Angaraes, 2009).



Figura 2. Arrojo de aguas residuales al río
Fuente: (Municipalidad Provincial de Angaraes, 2009)

El servicio del alcantarillado abastece a un 18.20% de la población mientras que un 47.70% no cuenta este servicio, y el resto emplea pozos ciegos o ríos para el depósito de aguas residuales, por lo que los afluentes líquidos domiciliarios así como vertidos de desagües se derivan directamente a los ríos y riachuelos que discurren por la zona central contaminando cauces y riveras de los ríos Sicra y Opamayo (Municipalidad Provincial de Angaraes, 2009).

Como una medida de evitar estos problemas, llevaron a la práctica nuevos métodos de tratamiento intensivo. De tal manera, se estudió la precipitación química, digestión de fangos, filtración intermitente en arena, filtración en lechos de contacto, aeración de aguas residuales, en 1912 se desarrolló del proceso de lodos y por el año 50 los humedales artificiales. En la actualidad existen numerosas técnicas y métodos, para un adecuado abastecimiento de agua de consumo y eliminación de aguas residuales de las poblaciones, siendo unas más sostenibles que otras y prevaleciendo aquéllas que promuevan la utilización de los recursos naturales, siempre tratando de buscar la relación que existe entre la tecnología, la ingeniería,

el medio ambiente y el concepto de sustentabilidad (Troya, Inchausty, & Pazmiño, 2008).

El proyecto «Adaptación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en la Comunidad Urbana de Lacabamba, Región Ancash, Perú; Usando Tecnologías de Humedales Artificiales» fue seleccionado en la convocatoria 2003 por el Programa Pequeños Fondos Competitivos para Investigación del Secretariado de Manejo del Medio Ambiente para América Latina y Caribe (SEMA / EMS) y del International Development Research Centre, IDRC de Canadá. Este proyecto es un claro ejemplo para desarrollar en nuestra localidad, donde tuvo como objetivo implementar y evaluar un sistema integral de manejo de aguas residuales en la comunidad urbana de Lacabamba mediante el uso de sistemas de humedales artificiales para tratar las aguas servidas y su reutilización en un biohuerto comunal, como una tecnología innovadora y limpia para reducir la contaminación de las fuentes superficiales de agua, proteger la salud de los habitantes y evitar el deterioro del medio ambiente (Lovera, Quipuzco, Laureano, Becerra, & Valencia, 2006).

Este antecedente se plantea aplicar en la comunidad campesina de Ocopa, distrito de Lircay Angaraes, donde el problema se manifiesta en la pésima gestión en la depuración de aguas residuales. Este problema repercute en el incremento de los riesgos de salud por los focos de contaminación y la generación de pasivos ambientales provocados por la evacuación de aguas residuales no tratadas hacia a los afluentes cercanos como se ha visto anteriormente, así como la contaminación de mantos freáticos y suelos, alterando la composición química, situación que va incrementando y volviéndose cada vez más crítica.

Para tal fin, la presente investigación plantea diseñar un sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay, como una posible alternativa de solución, desde el punto de vista teórico, económico, social, paisajista, operativo y de sustentabilidad, para así contribuir en la conservación del ambiente de la zona,

los ríos de cause naturales de (Distrito de Lircay, La comunidad campesina de Ocopa) y por ende de la Región Huancavelica.

1.2. Formulación de problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el diseño de un sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay?

1.2.2. Problemas específicos

¿De qué manera intervienen los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay?

¿De qué manera intervienen los parámetros climáticos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay?

¿Cómo influyen los parámetros hidráulicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la comunidad campesina de Ocopa - Distrito Lircay?

1.3. Objetivos: General y específicos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar la intervención de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.

Determinar la intervención de los parámetros climáticos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo sub superficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.

Determinar la influencia de parámetros hidráulicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.

1.4. Justificación

Las aguas servidas provienen de la combinación de aquellas aguas que han sido utilizadas en las industrias, hogares, comercios, instituciones o actividades ganaderas, a las que eventualmente se suman aguas pluviales y subterráneas. También son llamadas aguas negras por el color que adquieren. Estas aguas presentan componentes y elementos contaminantes que hacen necesaria su tratamiento, ya que son perjudiciales tanto para los seres humanos y degradan el medio ambiente. En las aguas servidas se suelen encontrar aceites, grasas, detergentes, desechos, sustancias tóxicas, materia orgánica, pesticidas entre otros elementos. Cabe resaltar que aún existen muchos pueblos y ciudades que evacuan sus residuos a los ríos y mares sin un tratamiento preliminar como es el caso de la Comunidad Campesina de Ocopa - Lircay, lo que provoca altos niveles de contaminación y, en consecuencia, la muerte de muchos seres acuáticos. Por lo que es de vital importancia realizar el tratamiento de las aguas residuales previo a la reutilización en el cultivo o para verter a los ríos. La implementación de una planta de tratamiento de agua residual o la derivación de las aguas residuales hacia una planta implica un elevado coste; por lo que implementar un sistema de tratamiento mediante humedales artificiales, puede ser una alternativa económica y

ecológicamente aceptable, ya que este tipo de sistemas son de construcción fácil, bajo costo, mantenimiento reducido y con una depuración confiable, incluso cuando hay altas variaciones en el caudal.

En la actualidad la Comunidad Campesina de Ocopa Lircay no cuenta con un sistema de depuración de aguas residuales, de este modo evacuando a cuerpos receptores de agua sin un debido tratamiento preliminar, consecuencia que se ve repercutida en la degradación de la flora y fauna acuática de la zona; por lo que mediante el trabajo de investigación se pretende plantear un modelo de sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial, con el fin de reducir los niveles de agentes contaminantes previa a la evacuación a los cuerpos receptores de agua residual; por lo que permitirá conservar la flora y fauna acuática de la zona y permitirá la conservación de yacimientos de agua subterránea.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

A continuación, se presenta investigaciones realizadas, tanto nacionales e internacionales, relacionadas a la investigación que se desarrolló, las mismas que fueron empleados como referencia para el desarrollo y alineación del presente trabajo de investigación, las cuales son:

2.1.1. Antecedente internacional

Bedoya, Ardila y Reyes (2014), realizaron el trabajo de investigación titulada: **“Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de las aguas residuales generadas en la institución universitaria colegio mayor de Antioquia, Colombia”**, teniendo como objetivo comparar la eficiencia en la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con cada macrófita diferente; *Typha latifolia* y *Cyperus papyrus*. Para cumplir con el objetivo se empleó un tipo de investigación cuantitativa, por lo cual se hace uso de un estudio descriptivo y explicativo a escala de laboratorio; en donde, se realiza una evaluación comparativa sobre la eficiencia de remoción de carga contaminante (DBO, DQO, SST, nitrógeno total, F, Coliformes, Ni, Zn) en dos humedales independientes, cada humedal utilizó una macrófita diferente. Para el análisis de los instrumentos, la muestra utilizada es el agua residual generada en la Institución Universitaria Colegio de Antioquia, su obtención se da en dos fases; la primera, es la jornada de pre muestreo que permite obtener una muestra representativa del agua residual durante un periodo de dos semanas y en el horario de actividades académicas comprendido entre las 6.00 A.M. y las 22:00 P.M.; la segunda fase es la jornada de aforo y

muestreo que permitió calcular el caudal promedio del efluente. El análisis se realizó siguiendo los protocolos presentados en los métodos normalizados y establecidos en las más recientes ediciones de los métodos estándar para el análisis de agua y agua residual de la asociación de salud pública norteamericana (APHA), de la asociación norteamericana de servicios del agua (AWWA) y de la federación para el control de la contaminación del agua (WPCF); teniendo como resultado la posibilidad implementar la tecnología de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales domésticas en municipios de Medellín, de forma económica y ambientalmente responsable. Finalmente se llegó a la conclusión que, la especie *Typha latifolia* mostró un mejor rendimiento que la especie *Cyperus papyrus* en términos de la calidad de agua obtenida en el efluente, cumpliendo con los niveles máximos de remoción establecidos por la normatividad colombiana.

Jaramillo, Agudelo y Puñuelo (2016), han ejecutado un proyecto de investigación que lleva el nombre de: **“Optimización del tratamiento de aguas residuales de cultivos de flores usando humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal”**, teniendo como objetivo optimizar un sistema de tratamiento de aguas residuales de cultivos de flores, con el fin de mejorar la eficiencia en la remoción de los contaminantes, usando humedales construidos de flujo sub superficial horizontal. Para dicha investigación se utilizó la siguiente metodología, se seleccionó un estudio de tipo exploratorio experimental; la cual se efectúa en dos etapas, la primera, consiste en el acondicionamiento fisicoquímico y biológico del sistema de tratamiento; y, la segunda, reside en efectuar el seguimiento de la remoción de los contaminantes durante nueve meses, en tal sentido, se monitoreó la DQO, DBO, ST, SST, pH y oxígeno disuelto. El proyecto de investigación permitió diseñar el sistema de tratamiento con tres humedales, el primer y segundo humedal contenía la especie de *Typha domingensis* y en el último no se plantó ninguna vegetación; de las cuales se obtuvieron muestras tomadas en la entrada y salida del sistema de tratamiento y en el efluente de cada humedal, posteriormente se utilizó la prueba Shapiro-Wilk para analizar los datos obtenidos; asimismo, para determinar las diferencias entre los efluentes de los humedales se aplicaron

pruebas no paramétricas de Friedman y Wilcoxon. Por tanto, el resultado obtenido fue mejorar la eficiencia del sistema de tratamiento en 7,1% para la DBO, 4,1% para la DQO, 56,9% ST y 117,2% SST; llegando a la conclusión que, la especie *Typha domingensis* disminuyó la concentración de DQO y favoreció la eficiencia del sistema de tratamiento.

Bernal F., y otros (2004), realizaron el proyecto de investigación titulado: **“Humedales artificiales para el tratamiento de las aguas residuales en la corporación universitaria de la costa”**, teniendo como objetivo verificar las ventajas del sistema en condiciones climáticas propias del trópico; para ello se construyó un humedal piloto sobre el nivel del suelo, en concreto con una capa interna impermeable, funciona con flujo superficial donde el agua circula a través de él por debajo del nivel del suelo, opera con agua residual municipal que se almacena en un tanque de alimentación, el afluente se distribuye mediante una flauta; se utilizan plantas tolerantes a las condiciones de alta humedad como la *Typha sp* (Totorá). Los datos recogidos fueron durante seis meses, desde que el humedal entro en funcionamiento, para lograr un tamaño de 30 muestras; asimismo, el muestreo se realizó en el afluente y efluente del humedal; se tomaron algunas muestras para observar el comportamiento a lo largo del lecho del humedal. Después de haber analizado los instrumentos, se concluyó que, el humedal artificial piloto es apropiada para las condiciones ambientales de la región Caribe, donde hay disponibilidad de terreno para su implementación; asimismo la planta nativa *Typha sp.* (Totorá) se ha adaptado bien al sistema.

Romero, Colin, Sanchez y Ortiz (2009), realizaron el proyecto de investigación titulada: **“Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica”**, teniendo como objetivo probar la eficiencia de remoción de la carga orgánica, nitrógeno y fosforo de aguas residuales de tipo municipal. Para ello, se diseñó un sistema de tratamiento por humedales artificiales de flujo horizontal con tres módulos, en el primero se integraron organismos de la especie *Phragmites australis*; en el segundo, organismos de la especie *Typha domingensis*; y, por último, en el tercero

se integraron las dos especies. La muestra de agua se recolectó a la salida de la fosa séptica y a la salida de cada módulo a fin de analizar DQO (demanda química de oxígeno), iones de nitrógeno, fósforo total y número de bacterias en el sistema. Los instrumentos de análisis utilizados fueron un digestor (ORION COD125) y un espectrofotómetro; asimismo las técnicas de recolección de datos se utilizaron de acuerdo a lo establecido por el APHA (1992). Después de evaluar el porcentaje de remoción de la carga orgánica de aguas residuales se tuvo como resultado: la disminución del 95.73% de concentración de DQO a su paso por el humedal artificial; asimismo, la remoción de 40.35% de la concentración de fósforo total y eliminación de un 45.46% de nitrógeno. En tal sentido el proyecto de investigación llegó a la conclusión que, el módulo dos presenta la mejor eficiencia de remoción, lo que se sugirió utilizar la especie *Typha domingensis* en humedales artificiales da mejores resultados.

De la Mora, y otros (2014), realizaron un trabajo de investigación, a lo que denominaron con el título de: **“Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcícolas”**, teniendo como objetivo evaluar la eficiencia de la remoción de contaminantes procedentes de aguas residuales de origen porcícola mediante el uso de humedales construidos. La presente investigación tiene la siguiente metodología, es de tipo cuantitativo y utiliza el estudio descriptivo y experimental; para lo cual se instalaron dos humedales, uno de flujo superficial y un humedal en serie (consta de un humedal de flujo superficial conectado a uno de flujo subsuperficial), la planta utilizada es la especie *Typha domingensis*. La muestra se recolectó cada cinco días a lo largo de 20 días, haciendo un total de 4 muestras por cada corrida, obtenidas a la entrada y salida de los humedales, provenientes de aguas residuales de la granja de porcinos Santa María. Posteriormente, durante 10 días de tiempo de retención hidráulica, se evaluó la remoción de los contaminantes (DQO, nitrógeno total y fósforo total), mediante el monitoreo de parámetros en calidad del agua; lo que permitió obtener el siguiente resultado, el primer humedal de flujo superficial presenta un 73.5% de remoción eficiente de DQO, un 71.8% de nitrógeno total, un 92.1% de fósforo total; mientras

que, el humedal en serie tuvo un 74.9% de remoción eficiente de DQO, un 69.8% de nitrógeno total y un 90.2 % de fósforo total. En tal sentido se llega a la conclusión que, el primer humedal de flujo superficial tiene mayor capacidad de remoción, trabaja de forma eficiente juntamente con la especie de *Thypha domingensis*, por lo cual su diseño e implementación es considerado un método relativamente bajo en costo y especialmente amigable con el ambiente.

2.1.2. Antecedente nacional

Núñez (2016), realizó un trabajo de investigación científica de título: **“Tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel familiar, con Humedales Artificiales de flujo subsuperficial Horizontal, mediante la especie macrófita emergente *Cyperus Papyrus* (Papiro)”**, teniendo como objetivo determinar la eficiencia de remoción de las aguas residuales domésticas mediante Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal. Para efectuar la investigación se utilizó el tipo de investigación aplicada y explicativa, un diseño pre-experimental, para la prueba T-Student fue la herramienta estadístico para muestra relacionados. Las dimensiones del humedal fueron obtenidas a partir del caudal de ingreso (0.03 m³/día) con la Demanda Biológica de Oxígeno (285.10 gr/m³), obteniéndose un largo de 1.20 m, un ancho de 0.60, una altura de 0.60 m y una pendiente del 1%. El análisis de los resultados demostró que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) de todos los parámetros físico (Turbidez, pH, conductividad eléctrica, OD, SDT y temperatura), químicos (DBO, DQO, nitrógeno total y fósforo total) y microbiológicos (Coliformes totales y fecales) antes y después. Estos tuvieron una eficiencia de 96% de DBO y DQO, 78% de nitrógeno total, 88% fósforo total, 55% de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, 61% de oxígeno disuelto, 96% de turbidez, 68% de pH y 100% coliformes totales y fecales. A partir de los resultados anteriores se concluyó que existe una eficiencia de remoción de los parámetros físico-químicos y microbiológicos antes de pasar por el sistema de tratamiento mediante humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal, con los parámetros físico-químicos y microbiológicos después de pasar por el sistema de tratamiento, demostrando que dicha agua se encuentran dentro de lo establecido por el Decreto Supremo N° 002-

2008-MINAM y la modificatoria el Decreto Supremo N° 05-2015-MINAM, indicando que el agua residual doméstica es apta para ser utilizada en el regadío de pastizales.

Reyes y Reyes (2008), ejecutaron un trabajo de investigación titulada: **“Depuración de aguas residuales, usando humadales artificiales subsuperficiales en el distrito de Chao”**, teniendo como objetivo tratar las aguas residuales del distrito de Chao – Virú; siendo el tipo de investigación aplicada y explicativa. Para el presente investigación se diseñó y construyó un humedal artificial de flujo subsuperficial a nivel piloto, para depurar los efluentes líquidos residuales, utilizando como vegetación autóctona emergente la *Typha Latifolia*, la cual se transplantó a partir de rizomas y raíces, obtenidos de los alrededores de la planta de tratamiento. El sistema tuvo las siguientes dimensiones: 3.30m de largo, 1.80 m de ancho, 1.10 m de profundidad, material de ladrillo, barrera impermeable de mortero de cemento 0.03 m de espesor, sistema de entrada y salida del humedal con tubería de PVC. Los resultados obtenidos al final del tratamiento que fue verificado tanto en el campo y en el laboratorio de química, llegando a reportar una alta reducción de la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), coliformes Totales, demanda química de Oxígeno, sales en General y la medición de pH; lográndose una remoción del 87% para DBO₅; 99% para el coliformes Totales; utilizando el método Standard Method Multiple – Tube. Los resultados obtenidos reflejan la efectividad de los humadales artificiales en el proceso de la depuración de aguas residuales, lográndose obtener parámetros por debajo de los límites permisibles establecidos en la Ley General de Aguas del Perú; respecto a ello se llegó a la conclusión de que los humadales artificiales subsuperficiales en el distrito de Chao son eficientes en la depuración de aguas residuales.

Villarreal (2005), realizó el proyecto de investigación denominado: **“Tratamiento terciario del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales el cortijo para uso agrícola con humadales construidos de flujo superficial”**, teniendo como objetivo reducir las altas concentraciones de DBO₅, SST, Coliformes fecales

y cromo total; y obtener un vertido líquido que cumpla, con los parámetros de calidad de agua dado por la ley general de aguas para ser usado en el sector agrícola. En el desarrollo del trabajo, se utilizó una investigación del tipo aplicada y explicativa; lo cual permitió recoger datos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales el cortijo y construir un humedal artificial a escala de planta piloto; para ello, se utiliza grava de una pulgada, la que servirá de soporte a las raíces de la especie vegetal emergente, en este caso la vegetación utilizada es la *Typha angustifolia*. El tratamiento de la planta piloto de flujo superficial trajo como resultado la eliminación del 92.49 % de DBO_5 , del 83.33 % de SST, del 99.999 % de coliformes fecales, del 99.998 % de coliformes totales y del 76,52 % de cromo total; y, finalmente se plantea la construcción de un humedal artificial de flujo superficial para mejorar la calidad del agua tratada que elimina la planta El Cortijo. El proyecto de investigación llega a la conclusión que, los humedales superficiales son una tecnología viable para la depuración de agua contaminada, porque sus concentraciones están por debajo de los límites máximos permisibles dado por la ley general de aguas N° 17752.

Minchola y Gonzales (2013), elaboraron el proyecto de investigación titulado: **“Humedales artificiales en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la mina Barrick”**, teniendo como objetivo demostrar la importancia de los Humedales artificiales de flujo superficial en el tratamiento de las aguas residuales domésticas; asimismo, determinar el potencial y la viabilidad de usar un humedal artificial de flujo superficial en el tratamiento de las aguas residuales domésticas como una alternativa. Para ello la ubicación del área de estudio es la minera Barrick; y, el material de estudio está constituido por el afluente de aguas residuales domésticas de la minera Barrick y el efluente del humedal construido de flujo superficial que fue construido a nivel de planta piloto. El proyecto de investigación utilizó los siguientes métodos y técnicas como el humedal, para lo cual utilizó algunas consideraciones para su diseño, en cuanto a la selección de la vegetación, se sembró los rizomas de la *Typha angustifolia* porque es una especie tolerante adaptable a una gran variedad de condiciones ambientales. La información

recolectada, sobre aguas residuales domésticas, tratadas en los humedales artificiales de la minera Barrick, se procesaron en el paquete Excel o SPSS Versión 15.00, teniendo como resultado la disminución de PH, el agua residual de la empresa minera disminuyó a 9,80 mg/l de 36,80 mg/l de DBO_5 , el oxígeno se incrementó a 3,12 mg/l de 0,26 mg/l y la concentración del SST disminuyó 11 mg/l de 69,33 mg/l, en cuanto a las bacterias se encontró la concentración de 670 x104 NMP/100ml de coliformes totales disminuyendo a 96,3 x104 NMP/100ml. En tal sentido, el proyecto de investigación llegó a la conclusión que, los humedales artificiales de flujo superficial resultan ser ecosistemas eficientes en el tratamiento de aguas residuales de una manera segura, confiable, estética y económica; asimismo, permiten una eficiente remoción de contaminantes ya que no requieren de suministro de energía adicional porque su funcionamiento se basa en la actividad combinada de la planta *Typha angustifolia*, microorganismos y sustrato, que en conjunto propician una depuración eficiente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Marco legal.

Tomando en consideración la ley de recursos hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (2011), en la Ley N° 29338, donde detallan al respecto, en lo siguiente:

Artículo 79: vertimiento de agua residual.

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

Artículo 80: Autorización de vertimiento.

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

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

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

Artículo 82: reutilización del agua residual, la Autoridad Nacional, autoriza el reúso del agua residual tratada, con opinión del Consejo de Cuenca (...)

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

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

Artículo 148: Autorización de reúso de aguas residuales tratadas.

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

- a) Sean sometidos a los tratamientos previos y que cumplan con los parámetros de calidad establecidos para los usos sectoriales.

- b) Cuento con la certificación ambiental otorgado por la autoridad ambiental sectorial competente, que considere específicamente la evaluación ambiental de reúso de las aguas.
- c) En ningún caso se autorizará cuando ponga en peligro la salud humana y el normal desarrollo de la flora y fauna o afecte otros usos.

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

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

2.2.1.1. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

Los criterios de calidad admisibles de aguas servidas tratadas para el uso agrícola son tomados de acuerdo a los lineamientos del (Ministerio del Ambiente, 2010).

Tabla 1

Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Aluminio	Al	mg/l	5
arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	1
Berilio	Be	mg/l	0.1
Boro	B	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0.01
Carbonatos totales	concentración total de carbonatos	mg/l	0.1
cianuro total	CN	mg/l	0.2
Cobalto	Co	mg/l	0.05
Cobre	Cu	mg/l	2
chromo hexavalente	Cr	mg/l	0.1
Flúor	F	mg/l	1
Hierro	Fe	mg/l	5
Litio	Li	mg/l	2.5
materia flotante	visible		ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0.2
Molibdeno	Mo	mg/l	0.01

mercurio total	Hg	mg/l	0.001
Níquel	Ni	mg/l	0.2
organofosforados totales	concentración de organofosforados totales	mg/l	0.1
organoclorados totales	concentración de organoclorados totales	mg/l	0.2
Plata	Ag	mg/l	0.05
potencial de hidrogeno	PH		de 6 a 9
Plomo	Pb	mg/l	0.05
Selenio	Sb	mg/l	0.02
solidos disueltos totales		mg/l	3000
transparencia de las aguas medidas con el disco secchi			minimo 2 m
Vanadio	V	mg/l	0.1
aceites y grasas	solubles en hexano	mg/l	0.3
Coliformes totales	Mnp/100 ml		1000
huevos de parásitos		huevos/litro	0
Zinc	Zn	mg/l	2

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2010)

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

Los estándares de calidad de aguas servidas tratadas para descarga en cuerpos receptores de agua dulce son tomados de acuerdo a los lineamientos y límites máximos permisibles de la (OMS, 2006).

Tabla 2

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

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
aceite y grasas	sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
alkil mercurio		mg/l	no detectable
Aldehídos		mg/l	2
Aluminio	Al	mg/l	5
arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
cianuro total	CN	mg/l	0.1
cloro activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	extracto carbon cloroformo	mg/l	0.1

Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes fecales	Nmp/100l		200
Coliformes totales	Nmp/100l		5000
color real	color real	unidades de color	inapreciable en dilución 1:20
compuestos fenólicos	fenol	mg/l	0.2
cromo hexavalente	Cr	mg/l	0.5
demanda biológica de oxígeno	DBO5	mg/l	100
demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	250
Dicloroetileno	dicloroetileno	mg/l	1
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	f	mg/l	5
fosforo total	P	mg/l	10
hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos	TPH	mg/l	20
Petróleo			
manganeso total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	visibles		ausencia
mercurio total	Hg	mg/l	0.05
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitratos + Nitritos	N	mg/l	10
Nitrógeno total Kjendal	N	mg/l	15
organoclorados totales	concentración de organoclorados totales	mg/l	0.05
organofosforados totales	concentración de organofosforados totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2
Potencial de hidrogeno	PH		de 5 a 9
Selenio	Se	mg/l	0.1
solidos sedimentables		ml/l	1
solidos suspendidos totales		mg/l	100
solidos totales		mg/l	1600
Sulfatos	SO4	mg/l	1000
Sulfitos	SO3	mg/l	2
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C		<35
tenso activos	sustancias activas al azul	mg/l	0.5
tetracloruro de carbono	de metileno tetracloruro	mg/l	1

	de carbono tricloroetileno	mg/l	1
Vanadio	V	mg/l	5
Zinc	Zn	mg/l	5

Fuente: (OMS, 2006)

2.2.2. Humedales

De acuerdo a Convenio Ramsar¹, donde definen al humedal como una zona de la superficie terrestre que se encuentra inundada, temporal o de manera permanente, la cual es regulada por condiciones climáticas y en permanente interrelación con los seres vivos que la habitan (IAGUA, 2018).

La misma que define también como: "las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros".

2.2.2.1. Humedales Artificiales

Mientras que los humedales artificiales son zonas intervenidas por el mano del hombre en las que se reproducen, de manera controlada, los procesos físicos, químicos y biológicos de depuración de contaminantes que normalmente se presentan en los humedales naturales.

Los humedales artificiales son también sistemas de fitodepuración de aguas residuales, que consiste en el tratamiento mediante un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de estrato granular impermeabilizado. El trabajo de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente (Cooper, 1996).

¹ La Convención sobre los Humedales, llamada Convención de Ramsar, es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos

Su labor de los sistemas es purificar el agua mediante eliminación del material orgánico (DBO), oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y removiendo fósforo. Estos procesos son complejos e implican la oxidación bacteriana, filtración, sedimentación y precipitación química (Cooper, 1996).

Un humedal artificial es un sistema de depuración de aguas servidas (estanque o cauce) de profundidad reducida, construido por el hombre, en el que se han sembrado las plantas acuáticas, y empleando los procesos naturales para remediar el agua servida. Los wetlands construidos presentan ventajas respecto de los sistemas de tratamiento alternativos, debido a que no es necesario emplear ninguna energía para operar. Si hay suficiente tierra barata disponible cerca de la instalación de los wetlands de cultivo acuático, puede ser una alternativa de costo efectivo. Los wetlands proporcionan el hábitat para la vida silvestre, y son, estéticamente, agradables a la vista (Llagas & Guadalupe, 2006).

2.2.2.2. Tipos de Humedales Artificiales

Existe una diversidad de tipos de humedales artificiales, pero los más importantes de acuerdo al sentido de circulación de flujo de agua son los de flujo superficial comúnmente conocido como humedales inundados y los de flujo sub superficial.

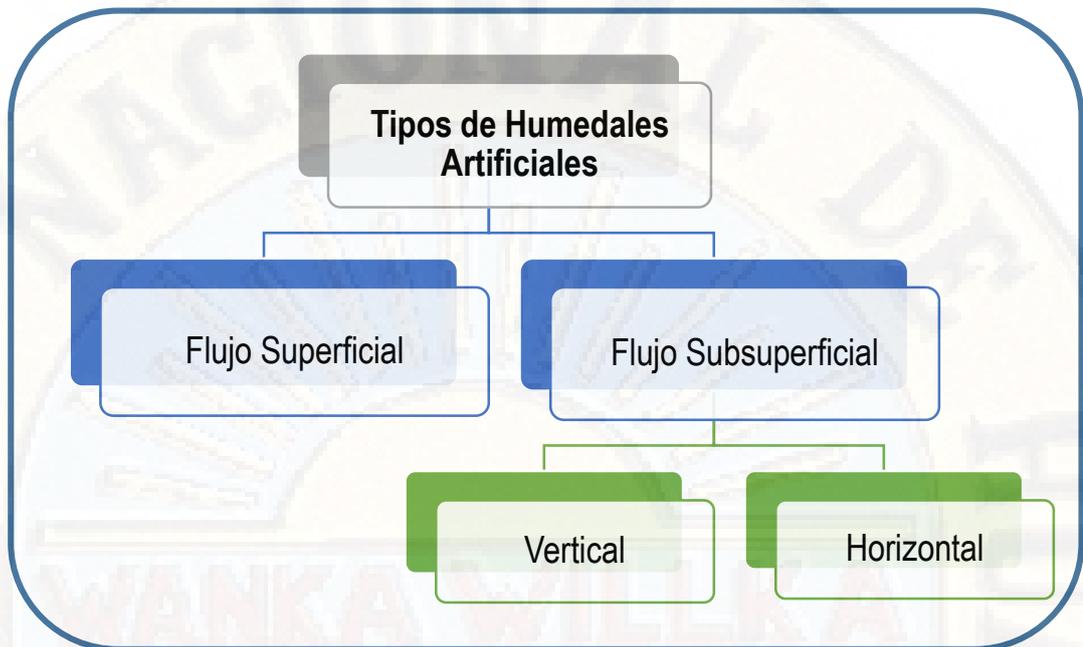


Figura 3. Tipos de Humedales Artificiales

Fuente: (IAGUA, 2018)

2.2.2.2.1. Humedales Artificiales de flujo superficial

Se pueden apreciar en estanques o canales, con alguna clase de barrera subterránea para prevenir la filtración, suelo u otro medio conveniente a fin de soportar la vegetación emergente, y agua en una profundidad relativamente baja (0,1 a 0,6 m) que atraviesa la unidad.

Presentan una profundidad reducida de flujo, la velocidad es reducida, y la presencia de tallos de planta y basura regulan el flujo del agua. Se aplica agua residual pre-tratada a estos sistemas, y el tratamiento ocurre cuando el flujo de agua atraviesa lentamente el tallo y la raíz de la vegetación emergente. El tipo de tratamiento natural se puede apreciar en las riberas de los ríos, donde emergen gran cantidad de plantas que depuran del agua del río por medio del paso de flujo por los tallos y raíces.

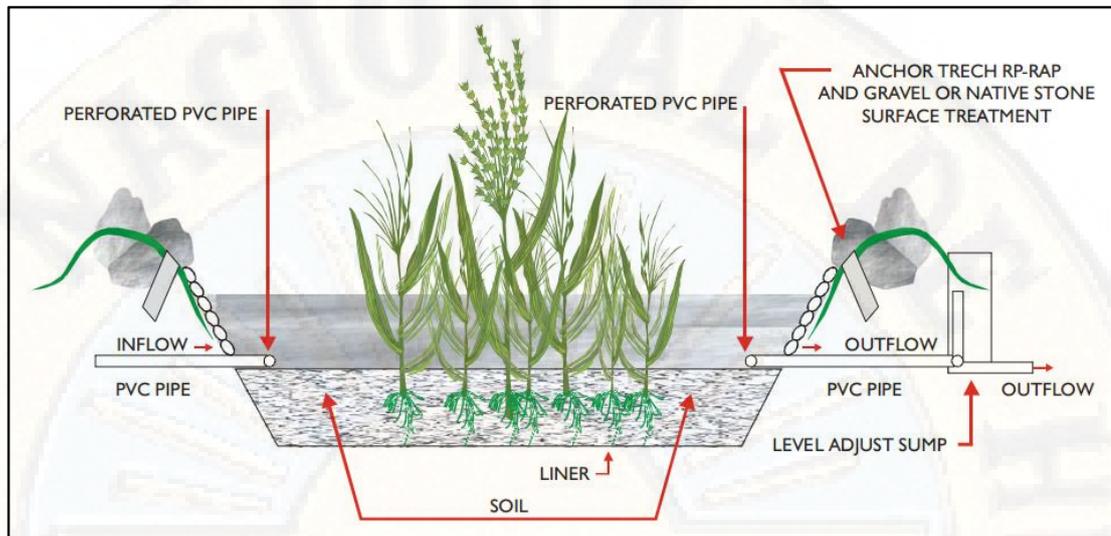


Figura 4. Humedales artificiales de flujo superficial
Fuente: (Llagas & Guadalupe, 2006).

Los humedales de flujo superficial son sistema de depuración natural y son empleados como un tratamiento terciario, que permite eliminar los agentes patógenos perjudiciales para los seres acuáticos de la zona.

Permite mejorar la calidad del efluente que se vierte en afluentes cercanos, con la reducción de sustancias nitrogenadas a partir de la adsorción directa por parte de los Fito remediadores plantados y los microorganismos anaeróbicos asociados, asegurando la eficiencia y adaptabilidad de la vegetación desde el primer momento.

2.2.2.2. Humedales Artificiales de flujo subsuperficial

Los sistemas de flujo subsuperficial (conocidos en inglés como subsurface flow constructed wetlands), se distinguen por que la circulación del flujo se realiza en un estrado granular (subterráneo), con una profundidad de agua no mayor a los 0,6 m. El Fito remediador se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas. Los humedales de flujo subsuperficial pueden ser de dos tipos: (a) en función de la forma de aplicación de agua al sistema: humedales de flujo subsuperficial horizontal y (b) humedales de flujo subsuperficial vertical (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010).

Los humedales de flujo subsuperficial tienen similitud a los filtros horizontales por goteo en las plantas depurados de aguas residuales convencionales. Se distinguen por el crecimiento de plantas emergentes usando como soporte el medio natural suelo, grava o piedras como sustrato de crecimiento en el lecho del canal. Dentro del lecho los microbios facultativos atacan al medio y las raíces de las plantas, contactando de este modo el agua residual que fluye horizontalmente a través del lecho; mientras que el sobrante baja a la superficie del medio (Kadlec, Bastiacens, & Urban, 1993). Estos sistemas de flujo subsuperficial son diseñados con el objetivo de obtener niveles de tratamiento secundarios, son llamados «la zona de raíces» o «filtros de piedras de junco y caña» desarrollado en Alemania Oriental.

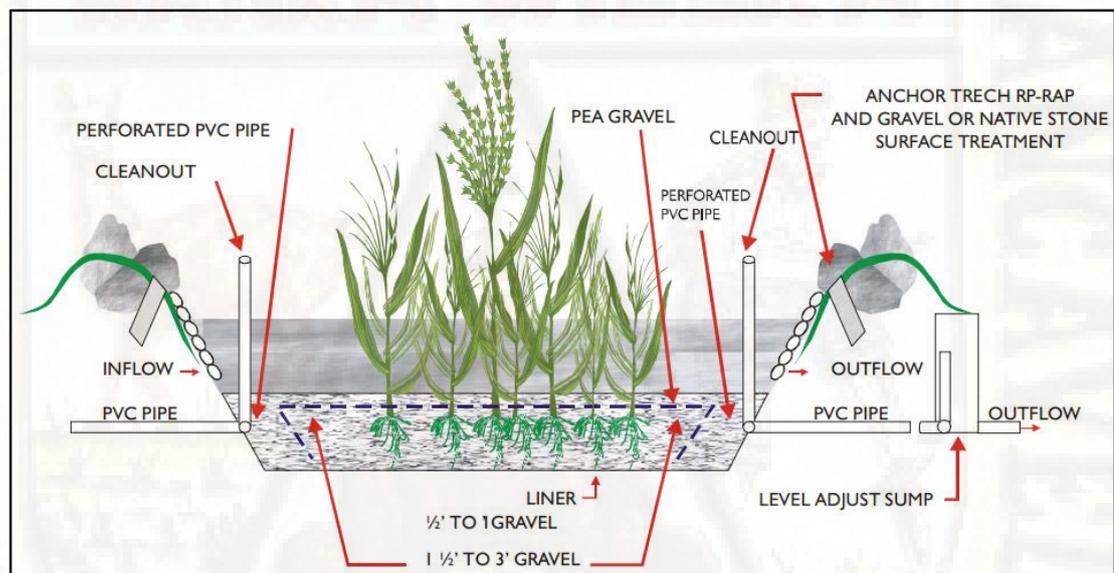


Figura 5. Humedales Artificiales de flujo subsuperficial

Fuente: (Llagas & Guadalupe, 2006)

Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal

Son los sistemas más empleados en el continente viejo y tienen su origen en la investigación de Seidel (1967) y Kickuth (1977). El diseño de este tipo de sistemas de depuración de aguas residuales consiste en una cama, ya sea de tierra o arena y grava, plantada con macrófitas acuáticas, en la mayoría de los casos con la caña común o carrizo (*Phragmites australis*). Toda la cama es

recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo, los cuales perjudicarían los terrenos agrícolas cercanos y la contaminación del agua subterránea por lixiviación (Brix en Kolb, 1998) citado por (Alianza por el agua, 2018).

El fluido ingresa de modo constante. Es vertida en la parte superior de un extremo por una tubería de distribución de flujo y recolectada por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior. El agua servida se depura a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso (flujo pistón). La profundidad del lecho oscila entre 0,45 m a 1 m y tiene una pendiente de entre 0,5 % a 1 %

Figura 6. El agua servida no ingresa directamente al medio granular principal (cuerpo), sino que existe una zona de amortiguación principalmente formada por material granular de mayor tamaño.

El sistema de acopio o recolección está basado en un tubo de drenaje cribado, para evitar el ingreso de material granular de diámetros inferiores se rodea con grava de igual tamaño que la utilizada al inicio. El diámetro de la grava de ingreso y salida oscila entre 50 mm a 100 mm. La zona de plantación está constituida por grava fina de un solo diámetro, en entre 3 mm a 32 mm. Es de vital importancia el uso de material granular de diámetro recomendado para poder asegurar la estabilidad de las plantas y el trabajo eficiente de los tubos colectores de drenaje.

Es importante que el agua servida que ingresa al sistema mantenga un nivel inferior a la superficie (5-10 cm), aquello, con la finalidad de no generar turbulencias en la zona de entrada, lo cual se logra regulando el nivel del dispositivo de salida en función a este requerimiento.

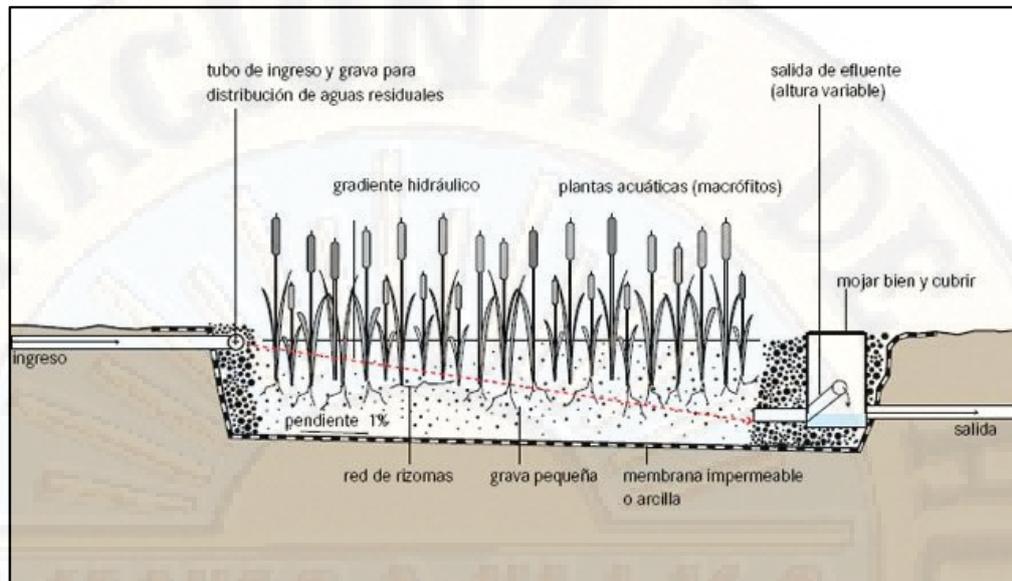


Figura 6. Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal
Fuente: (Alianza por el agua, 2018)

Humedales artificiales de flujo subsuperficial Vertical

Los humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical, son cargados intermitentemente. De esta forma, las condiciones de saturación con agua en la cama matriz son seguidas por períodos de insaturación, estimulando el suministro de oxígeno. Hay muchas posibilidades de variar la distribución de intervalos, la composición de la cama matriz, etcétera, y los resultados que se han obtenido son promisorios (Kolb, 1998).

Este tipo de sistemas son conocidos como filtros intermitentes, este tipo de humedales recogen las aguas servidas en la parte superior y lo evacuan hacia abajo, a través de un sistema de tuberías de aplicación de agua.

Las aguas pasan por el sustrato inerte (arenas, gravas) por infiltración vertical y se recolectan en una red de drenaje localizada en la parte más baja del humedal. La aplicación de agua se efectúa de forma intermitente, para preservar y estimular al máximo las condiciones aerobias. El medio granular es empleado para plantar la vegetación emergente.

Consecuentemente, para ayudar las condiciones aerobias del medio poroso, se coloca un sistema de aeración con chimeneas, que son tuberías cribadas con salidas al exterior. A comparación del humedal subsuperficial de flujo horizontal, el sustrato está compuesto por varias capas granulares, encontrándose las más finas en la parte superior, aumentando el diámetro de la grava hacia abajo. La secuencia de estratos granulares permiten que el flujo en el fondo del humedal presente una mejor conductividad hidráulica.

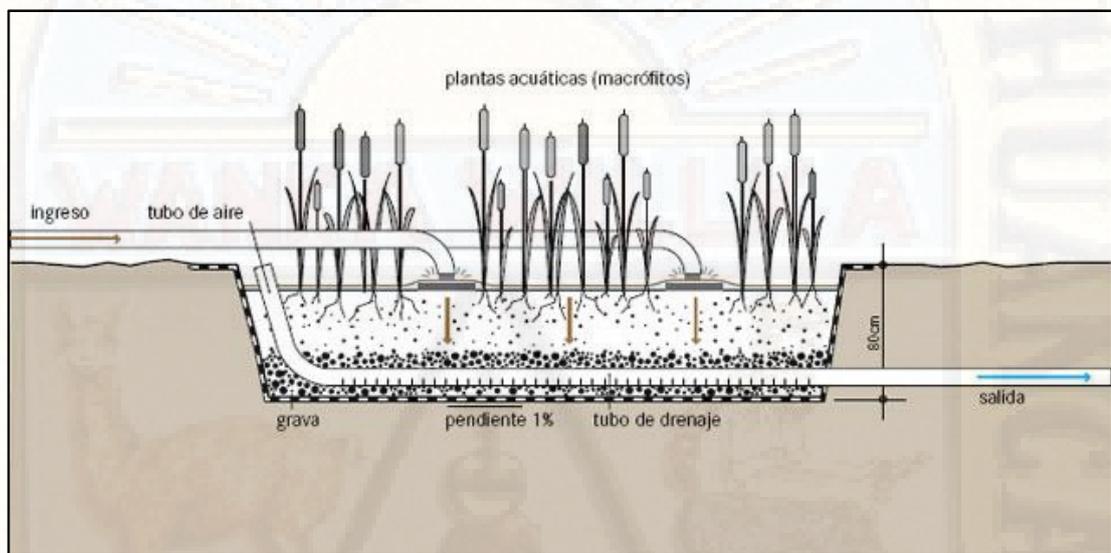


Figura 7. Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical

Fuente: (Alianza por el agua, 2018)

2.2.2.3. Parámetros que intervienen en el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial

Tabla 3

Parámetros de Depuración de Aguas Residuales

PARÁMETROS		
FÍSICOS	Sólidos suspendidos totales (SST)	Constituido por partículas inertes y no inertes que se encuentra suspendidos formando una capa flotante en los lagos, ríos o en los sistemas de tratamiento reduciendo la transferencia de oxígeno y el paso de rayos solares los cuales son primordiales para la actividad fotosintética de la flora y fauna acuática. Los sólidos suspendidos de mayor peso que el agua, caen al fondo por gravedad y pasan a formar parte del suelo acuático provocando descomposición orgánica en ausencia de oxígeno con olores malolientes y gases nauseabundos. Son materiales no apreciables para el ojo humano

		en el agua. Pueden eliminarse por sedimentación o filtración (Marsilli, 2005).
	Turbidez	Según Gonzáles (2011), es una medida que se emplea para poder obtener el grado en el cual pierde el agua su transparencia, fenómeno ocasionado por la presencia de partículas suspendidas (arena, arcillas u otros materiales); este parámetro permite medir la nitidez del agua. La turbidez afecta en el proceso de fotosíntesis de la flora y fauna acuática, ya que impide el paso de luz solar.
	Conductividad eléctrica	Permite medir la cantidad de sales mineras que se encuentran disueltas en el agua servida. Asimismo, dicho parámetro permite cuantificar la cantidad de iones disueltos que permiten la conducción eléctrica, este índice es variable acorde a la cantidad de sales minerales disueltas (Orellana, 2005).
	Color y olor	Las aguas servidas provenientes del uso doméstico presentan un color gris cuando es joven y al envejecer toma un color negro brillante. Características diferentes dan a conocer la presencia de residuos industriales y su color nos puede indicar de qué producto se trata. El color impide el paso de la luz solar, por lo que disminuirá la acción fotosintética de la flora y fauna acuática. El olor de aguas servidas de uso doméstico es indicativo de su vejez, pues cuando es joven es ligeramente fétido, pero cuando es viejo se septiza y produce hidrógeno sulfurado que le confiere un olor nauseabundo (Jimeno, Análisis de agua y desagüe, 1993).
	Residuos sólidos	Según Jimeno (1993), los residuos sólidos: “es el residuo total por evaporación, sólidos fijos y volátiles. Se mide la suma de las sustancias que existen en el líquido cloacal, en suspensión y en solución, estables a 100 °C. También incluye a los sólidos en suspensión, totales, fijos y volátiles, que son retenidos por un filtro de amoníaco”.
QUÍMICOS	Potencial de hidrogeno (PH)	La concentración de ion hidroxilo es un coeficiente adimensional que permite medir la calidad de las aguas naturales como residuales. El agua residual con proporciones de ion-hidroxilo desproporcional presenta deficiencias de tratamiento en los procesos biológicos y el efluente puede variar la concentración de ion hidroxilo en las aguas naturales si ésta no se trata o reduce antes de la evacuación de las aguas. La escala de concentración de iones hidroxilo puede tomar valores entre 0 y 14, siendo el punto intermedio pH =7 el correspondiente a una disolución neutra, esto hace referencia que el fluido no es de carácter ácido ni alcalino. Para valores inferiores de 7 se trata de un fluido de disolución ácida siendo mayor la acidez cuando menor sea el valor de pH determinado. Por otro lado, una

		disolución cuyo pH sea mayor que 7 presentará una disolución alcalina o básica (Marsilli, 2005).
	Oxígeno disuelto	La cantidad de oxígeno disuelto (OD) puede ser un indicio de la presencia de una cierta cantidad de flora y fauna acuática en el área. Cuando se manifiesta una sobrepoblación de bacteria, por ejemplo, esta puede causar una reducción significativa de OD y conllevaría a que la materia que se encuentra en el fondo comience a descomponerse, manifestándose mediante olores nauseabundos (World Health Organization, 1987)
	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	<p>Considerada como la calidad de oxígeno expresada en mg/l., primordial para la descomposición biológica de la materia orgánica disuelta en el agua. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), es un parámetro que se emplea para la determinación la cantidad de oxígeno que se requiere para la degradación-bioquímica de la materia orgánica que se encuentra disuelta en las aguas municipales, industriales en general servidas. El parámetro de contaminación orgánica de mayor uso, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO5 a 5 días. La determinación del mismo guarda relación con la medición del oxígeno disuelto que requieren los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Es de vital importancia este parámetro ya que permite a los microorganismos disueltos mantenerlos en vida para poder degradar la material orgánica que se encuentra en el agua residual (Jimeno, Análisis de agua y desagüe, 1993).</p> <p>Los resultados de los ensayos de DBO5 se usan para obtener la cantidad aproximada de oxígeno que se empelaran para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente; dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales; medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos (Jimeno, Análisis de agua y desagüe, 1993).</p> <p>Como el proceso de degradación de la materia varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como DBO5. Según las reglamentaciones, se fijan valores de DBO5 máximo que pueden tener las aguas residuales, para poder ser evacuadas a los ríos y otros cuerpos de agua dulce. En relación a estos valores se establece, sí es posible verterlas directamente o si se debe realizar un tratamiento previo. (Jimeno, 1993).</p>

	Demanda química de oxígeno (DQO)	Considerada como la cantidad de oxígeno expresada en mg/l., importante para la descomposición química de la materia orgánica que se encuentra disuelta en las aguas servidas o naturales, se mide en el laboratorio bajo condiciones determinadas. El ensayo de la DQO se utiliza para determinar el contenido tanto de las aguas naturales como de las residuales (Marsilli, 2005). La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO5, siendo esto acorde al mayor de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica (Marsilli, 2005).
	Acidez	Considerada como la capacidad de neutralizar iones oxidrilo (OH ⁻), del mismo modo, se puede definir la acidez del agua natural o residual como la capacidad cuantitativa para responder con una base fuerte hasta un PH requerido (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)
	Fosforo y derivados	El fósforo se presenta en las aguas residuales y naturales como compuestos fosfatados. Entre ellos los más resaltantes son los ortofosfatos, fosfatos condensados y fosfatos enlazados orgánicamente. Se encuentran disueltos en el flujo, en detritus o como parte de la flora y fauna acuática, y pueden provenir de diferentes fuentes (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)
	Nitrógeno y derivados	En nitrógeno se presenta en las aguas residuales y naturales como amoníaco, nitrito y nitratos; asimismo, está presente en forma orgánica e inorgánica. La presencia descontrolada de nitrógeno disuelto en el agua causa eutrofización, que posteriormente se manifiesta por la coloración verdosa y sabor típico a vegetales sumergidos. La cantidad de nitrógeno se determina como NTK (Nitrógeno Total Kendahl) (Echarri, 2007).
	Proteínas	Principalmente son compuestos que vienen integrados en las excretas humanas o en algunos casos en los desechos de productos alimentarios. Son biodegradables, bastante inestables y son los que provocan los olores nauseabundos (Echarri, 2007).
	Carbohidratos	Encontramos una gran variedad de compuestos que componen a la familia de los carbohidratos, entre ellos tenemos a los azúcares, almidones y fibras celulósicas. Estos vienen integrados en las excretas humanas y desperdicios de comidas (Echarri, 2007).
	Aceites y grasas	Presentan principales características como estabilidad, no presentan solubilidad con el agua, provienen de desperdicios alimentarios y actividades industriales, a excepción de los aceites minerales que provienen de otras actividades excepcionales (Echarri, 2007).
BIOLÓGICOS	Bacterias	El agua residual cobija una gran cantidad de bacterias entre ellos la más común es la Salmonella, aquella es un endoparásito del ser humano y se acobia en la flora intestinal como también en animales domésticos y silvestres. La infección bacteriana generalizada del

		hombre es la fiebre paratifoidea y los agentes que causan esta infección son: Salmonella paratyphi, A, B, C patógeno natural del hombre (Vargas, 1996).
	Hongos	El agua residual cobija una gran cantidad de hongos, sobre todo en levaduras y hongos levaduriformes, aquellos procedentes de los vertidos de industrias alimentarias del tipo de cervezas y lácticas, siendo los géneros más frecuentes Sacharimices Candida y Rhodotodula. Galvin (2003) citado por (Archila, Mendez, Marquez, & Cuesta, 2012).
	Algas	En las aguas residual es un medio eco sistémico donde se encuentran una gran cantidad de flora y fauna acuática. Podemos encontrar micro – algas en grandes cantidades, los cuales presentan una actividad metabólica alta y se aclimatan al medio en donde se desarrollan. La mayor cantidad de algas son unicelulares y se encuentran disueltas en el agua y las pluricelulares se implantan en el fondo del lecho o canal (Archila, Mendez, Marquez y Cuesta, 2012).
	Coliformes totales	Son bacterias que se encuentran en las heces de los seres humanos como también en animales domésticos y silvestres; asimismo, pueden encontrarse en el medio ambiente por ejemplo en aguas ricas en nutrientes, suelos, materias vegetales en descomposición (OMS, 2006).
	Coliformes termooestables - fecales	Pueden provenir de aguas orgánicamente enriquecidas como efluentes industriales, de materias vegetales y suelos en descomposición. Comprende a los géneros de Escherichia y en menor grado Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter (OMS, 2006).
CLIMÁTICOS	Temperatura	<p>Dado que el calor específico del agua es mucho mayor que el del aire, las temperaturas registradas de las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año y sólo son menores que ella durante los meses más calurosos del verano (Marsilli, 2005).</p> <p>La temperatura es un parámetro importante en la descomposición biológica de los desechos orgánicos. La temperatura recomendable para el desarrollo de la actividad bacteriana fluctúa entre 20 y 35°C (Organización Mundial de la Salud, 2006).</p> <p>La temperatura puede afectar de manera negativa a la vida acuática, la que se desarrolla en un rango estrecho de variación térmica. Es de vital importancia que la temperatura del curso receptor después de mezclarse con el RL, no varíe más de 3°C. La temperatura guarda relación en otros parámetros tales como la conductividad, solubilidad de gases, (en especial de oxígeno), pH y densidad (Jimeno, 1993).</p> <p>El líquido proveniente directamente del uso sanitario tiene una temperatura superior a comparación del agua suministrada, al</p>

		registrarse líquidos con temperaturas superiores da a conocer que se está produciendo una descarga industrial o comercial. El líquido en tales condiciones produce el deterioro de la red cloacal y en caso de llegar sin variación al punto de desfogue final, provocaría alteraciones en el medio ambiente (Marsilli, 2005).
	Precipitación	Es una forma de hidrometeoro que cae del cielo sobre la superficie de la tierra, en cualquiera de sus estados, estos diversos estados de precipitación son medidos sin efectuar su discriminación por medio de un equivalente en agua. Asimismo, las precipitaciones pluviales son el origen de todas las corrientes de agua tales como son las superficiales y las subterráneas (Segere & Villodas, 2006).
	Humedad relativa	Es la cantidad de agua en estado gaseoso que se encuentra disuelta en el aire, asimismo, es comparada con la cantidad de vapor de agua necesaria para la saturación a la temperatura correspondiente. Dicha proporción indica que tan cerca está el aire de la saturación, se mide en el intervalo de 0 a 100, donde 0% es aire seco y 100% aire saturado (Meruane & Garreaud, 2006).
	Evapotranspiración	Perdida de agua ocasionada por evaporación y transpiración de los vegetales que se encuentran implantados en el suelo (Villón, 2002).
HIDRÁULICOS	Caudal	Cantidad de volumen de agua empleado en una actividad, estas pueden contener compuestos contaminantes de acuerdo en lo fueron empleados. (Orellana, 2005).
	Velocidad	Parámetro hidráulico que permite determinar cuán rápido se desplaza una porción de fluido. La velocidad del fluido dentro del humedal guarda relación con profundidad del agua (tirante), de la pendiente de la superficie del agua y de la densidad de la vegetación. La velocidad del fluido dentro de los humedales permite a que no se decante el material en suspensión que viene disuelto en la descarga de agua residual proveniente de la Comunidad Campesina de Ocopa - Lircay (Mott, 1996).
	Número de Reynolds	Es un número adimensional que permite medir el comportamiento del fluido, este puede ser laminar o turbulento. En número de Reynolds da a conocer si el fluido presenta un comportamiento laminar o turbulento, este parámetro depende de la velocidad, viscosidad cinemática, viscosidad dinámica, temperatura y la conductividad hidráulica. El número de Reynolds guarda relación con en el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial, debido a que permite controlar el comportamiento del fluido con la finalidad de que no se genere arranque hidráulico en las paredes del humedal ni el desacomodo del material granular, desprendimiento de las sistema radicular de la vegetación totora (Typha), el cual ocasionaría la colisión de

		materiales suspendidos con el estrato granular en donde se implanto el vegetal (Mott, 1996).
	Conductividad hidráulica	Parámetro que permite medir la permeabilidad intrínseca de los estratos granulares o también medios porosos. Es una característica de los medios porosos de transferir fluido. Por lo que de acuerdo al humedal planteado la conductividad hidráulica guarda relación de manera positiva, ya que agua residual proveniente de las conexiones domiciliarias con evacuados previo tratamiento preliminar a los humedales, donde el primer contacto se realiza con el estrato granular por donde pasa y se encuentra con microorganismos Fito degradantes y rizomas que se encuentran implantados en el estrato granular, los cuales permiten reducir los agentes patógenos disueltos en el agua residual (Universidad Nacional de Colombia, 2014).
	Viscosidad	Característica de los fluidos que permiten la facilidad de desplazamiento al ser aplicada una fuerza externa o presión, esta guarda relación inversa con la temperatura. Por lo que en el diseño de humedales artificiales guarda relación, porque el agua residual que llega al humedal puede variar de acuerdo a los compuestos y materia orgánica disueltos, de este modo la viscosidad del fluido; asimismo, la viscosidad es un parámetro que guarda relación con la temperatura, ya que al elevar la temperatura la viscosidad del fluido se reduce de este modo facilitando la transferencia de flujo en el estrato granular (Mott, 1996).
	Porosidad	Es la propiedad de suelos granulares y medios porosos que permiten la facilidad de transferencia de fluido. Un suelo granular o medio poroso permite una eficiente transferencia hidráulica, asimismo; la estabilidad del sistema radicular del vegetal Fito remediador (Gonzales & Deas, 2011).

Fuente: (elaboración propia)

2.2.3. Depuración de aguas residuales

La OMS recomienda la calidad microbiológica de las aguas residuales que debe emplearse para un riego igual o menor a 1 de número de huevos de helmintos por litro, mientras que el número de coliformes fecales en 100ml debería ser menor o igual a 1000. No obstante los especialistas indican que es favorable crear una directriz más estricta sobre la calidad de aguas para uso secundario como áreas verdes en contacto con el público, donde deberían considerarse 200 coliformes fecales por 100 ml como límite en efluentes (Galindo & Ruiz, 2007).

Después de eliminar de un 40 a 60% de los sólidos en suspensión y disminuida de un 20 a un 40% la DBO5 mediante tratamientos físicos primarios, la que se dan frecuentemente en pozas de oxidación, ya que el tratamiento secundario minimiza el número de materia orgánica en el agua. En general el desarrollo microbiano utilizados son aeróbicos, es decir, los microorganismos efectúan en presencia de oxígeno disuelto. Mientras que el tratamiento secundario realiza y agiliza los procesos naturales de descartar de los residuos (Reyes & Reyes, 2008).

2.2.3.1. Tipos de aguas residuales

2.2.3.1.1. Aguas blancas

Están formadas principalmente por aguas pluviales, las cuales que son las generadoras de las grandes colaboradoras intermitentes de los caudales. Sin embargo, con el constante crecimiento y desarrollo del urbanismo subterráneo como estacionamientos, centros comerciales, vías de comunicación deprimidas y subterráneas, galerías de servicio (Muñoz, 2008).

Son llamados como aguas residuales municipales, que son aguas usadas que pueden estar combinadas con aguas residuales que provienen del drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial que ya tratadas anticipadamente (OEFA, 2014).

2.2.3.1.2. Aguas negras

Son aguas urbanas que están formados de compuestos químicos las cuales son muchos. Como los microorganismos, urea, proteínas, albumina, los ácidos lácticos y acéticos; bases jabonosas y almidones; aceites: animales, vegetales y minerales; los hidrocarburos; gases: sulfhídrico, metano: sales, fosfatos, nitratos, sulfatos, bicarbonatos (Muñoz, 2008).

Son aguas residuales domesticas de origen residencial y comercial que está compuesto por desechos fisiológicos, y por los provenientes de la actividad humana, donde las cuales deben ser dispuestos adecuadamente (OEFA, 2014).

2.2.3.1.3. Aguas residuales industriales

Son aquellos que provienen de la realización del proceso productivo, adicionando a los originados de la actividad minera, agroindustrial, energética y agrícola (OEFA, 2014).

Son aquellas que se originan de toda actividad o negocio cuyo desarrollo de producción, cambio o manipulación se use el agua. Dichos residuos son variables en su caudal y composición, no solo de una de las industrias sino dentro de aquella se encuentran tipos de industrias. Por lo que estos son los más contaminantes a comparación de las aguas residuales urbanas, siendo su contaminación mucho más difícil de descartar (Muñoz, 2008).

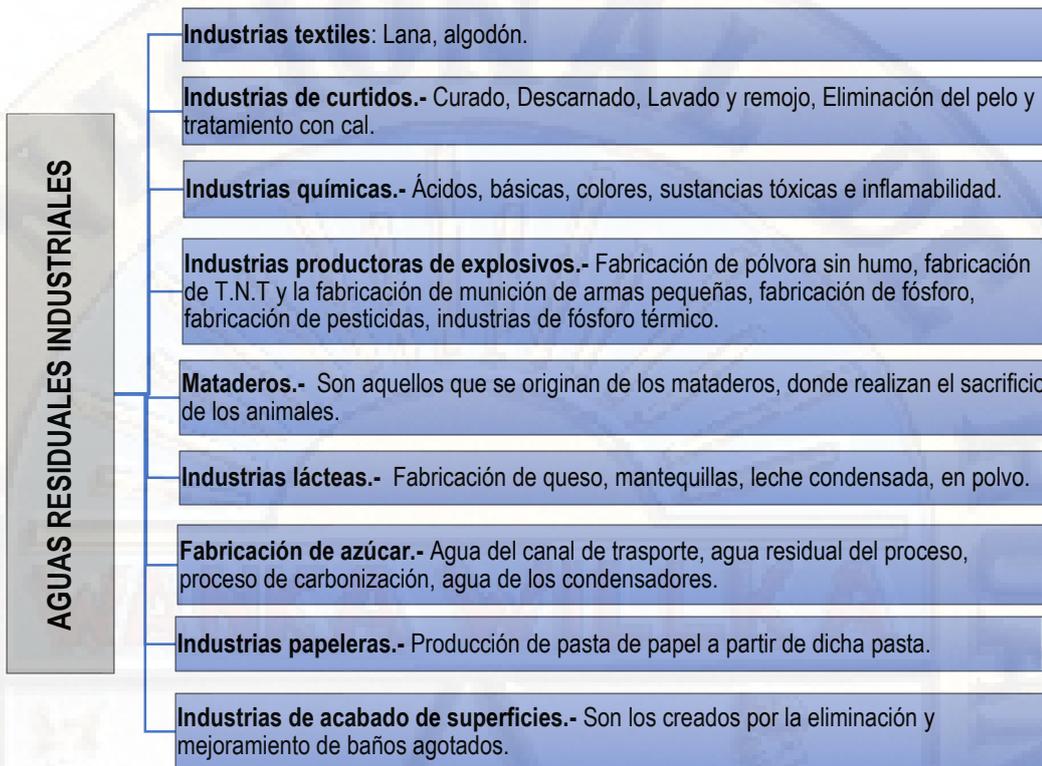


Figura 8. Clasificación de aguas residuales industriales

Fuente: (Muñoz, 2008).

2.2.3.2. **Tipos de depuración de aguas residuales.**

Son usadas como los Humedales Artificiales, se adquiere por medio de procesos fisicoquímicos y biológicos naturales que se desarrollan en el ecosistema suelo – agua - plantas. Estos medios tienen la capacidad de descartar, hasta cierto punto, casi todo lo que compone el agua residual que han sido considerados como contaminantes (Reyes & Reyes, 2008).

2.2.3.2.1. **Sólidos suspendidos**

Aquellos se eliminan por sedimentación, que es potenciada por las reducidas velocidades de circulación y la profundidad, las cuales serán filtrados por los vegetales vivos y por los desechos vegetales. a través de las formas vegetales vivas y de los desechos de los vegetales. Donde en el interface del suelo se desarrolla la eliminación (Reyes & Reyes, 2008).

2.2.3.2.2. Materia Orgánica

La materia degradable se elimina por degradación microbiana ya sea insoluble o soluble por asociación de microbios responsables de dicha degradación, quienes están asociados a películas que se crecen sobre la superficie de las películas de la vegetación, sustrato y desechos vegetales (Reyes & Reyes, 2008).

2.2.3.2.3. Elemento de Traza

Se refiere a la eliminación de metales en menor cantidad por medio de la asimilación de algunos metales por parte de las plantas. Donde los metales son retenidos en el suelo o sustrato, que son los sedimentos de los sistemas acuáticos. Donde la capacidad de la retención de los metales de los sustratos y sedimentos normalmente es elevada, como por ejemplo el PH superiores a 6.5. En condiciones anaerobias y a Ph bajos, por lo que algunos metales son más solubles las cuales pueden ser solubilizados. El rendimiento de la eliminación de los metales se ubican entre el 80% a 99% (Reyes & Reyes, 2008).

2.2.3.2.4. Microorganismos

Para el tratamiento de estos microorganismos como las bacterias, parásitos las cuales son los protozoos y helmintos adicionan la retención, sedimentación, depredación, atrapamiento, radiación, desecación y adsorción. En la que dichos virus son eliminados por adsorción y seguidamente mueren (Reyes & Reyes, 2008).

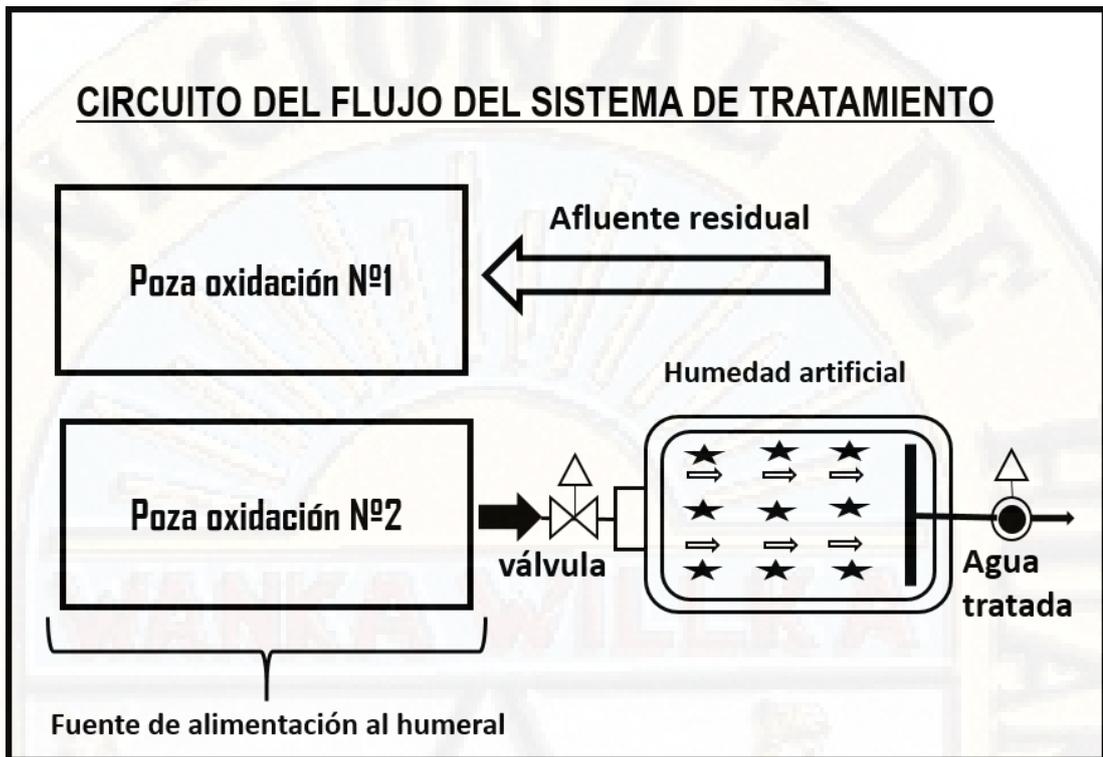


Figura 9. Sistema de tratamiento de microorganismos.
Fuente: Descripción del flujo de tratamiento (Reyes & Reyes, 2008).

2.2.3.3. Tipos de contaminantes de agua

Tabla 4: Tipos de contaminantes de aguas residuales

Tipos de contaminantes de aguas residuales	Contaminantes orgánicos	Proteínas.- Nacen principalmente de las veces humanas o de deshechos de alimentos.
		Carbohidratos.- Proviene de los restos o desperdicios de alimento y de las excreta humana.
		Aceites y grasas.- Son los provenientes de las trabajos realizados en la cocina como desperdicios alimentario.
	Contaminantes inorgánicos	Se encuentran en las aguas residuales, se originan de la existencia mineral que están compuestas por sales, ácidos, óxidos y metales.
	Contaminantes habituales en las aguas residuales	Arenas. - Está compuesto por minerales de tamaños variados, enturbian las masas de aguas residuales.
		Nitrógeno y fósforo.- Son provenientes de las aguas grises, compuestas o detergentes fertilizantes y heces humanas.

	Agentes patógenos.- Son organismos encontrados en aguas residuales, podrían causar enfermedades en la salud humana.
--	---

Fuente: Contaminantes de aguas residuales (Núñez, 2016).

2.2.4. Parámetros de diseño

Los parámetros que se deben tener en cuenta previo al diseño, son los siguientes que se muestran en la tabla:

Tabla 5
Parámetros de diseño

POBLACIÓN	Es el conjunto de beneficiarios para quienes se pretende implementar la planta de tratamiento de aguas residuales y que en un futuro su funcionamiento permitirá mejorar la calidad de vida (Aguero, 2003).
PERIODO DE DISEÑO	Es el tiempo de vida útil que presentará dicha construcción y se encontrará operativa al 100%. El periodo de diseño apropiado para el diseño de estructuras importantes es de 20 años. (Aguero, 2003).
COEFICIENTE DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	Es un coeficiente adimensional que representa el índice de la tasa crecimiento o disminución de una población (Aguero, 2003). El ente encargado de proporcionar este factor es la institución nacional de estadística e informática, el cual es obtenido mediante los censos poblacionales (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2007).
DOTACIÓN	Es la cantidad de agua necesaria que requiere una persona para poder satisfacer sus necesidades de consumo e higiene personal. Este parámetro se encuentra establecido de acuerdo al clima y la zona en donde se encuentre la población, de acuerdo a (Aguero, 2003), para zonas rurales se emplea una dotación de 120 l/hab.día.
COEFICIENTE DE RETORNO	Es un factor adimensional que representa el porcentaje de agua que regresa después la utilización en consumo e higiene personal al sistema de depuración de agua servida (alcantarilla). Este coeficiente varía entre 60% a 80%, según Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2006), el coeficiente de retorno es de 0.8.
CAUDAL DE DISEÑO	Es el máximo caudal evacuado como agua residual de una cierta población, el cual tiene una aproximación de una cantidad de registros que se realizan en un día, este afectado por el coeficiente de retorno (Aguero, 2003).

2.2.5. Modelo general de diseño

2.2.5.1. Modelo de diseño - pre tratamiento del agua residual

2.2.5.1.1. Modelo de diseño hidráulico de rejillas y canal de aproximación

Las rejillas son componentes conformados por varillas metálicas paralelas de igual espaciado entre ellas, las mismas que pueden estar colocados de forma recta o curvadas, estas tienen la finalidad de retener material flotante superior a la abertura de las rejillas para proteger contra obstrucciones en el sistema de conducción (Lothar, 1981).

Mientras que el canal, se refiere a la estructura en la cual evacua la tubería del colector de conducción en la planta. Donde la velocidad de aproximación a las rejillas se encuentra entre 0.30 a 0.60 m/s.

La distribución y la separación entre las rejillas pueden variar de 0.25 mm hasta 100 mm de acuerdo al propósito que se quiere lograr. En muchos casos se presentan deficiencias en la operación y mantenimiento de dichos componentes por lo que se construyen mecánicos. Las barras de acero deben instalarse con una inclinación de 60° a 90° respecto a la horizontal, esto se realiza con el objetivo de agilizar la limpieza.

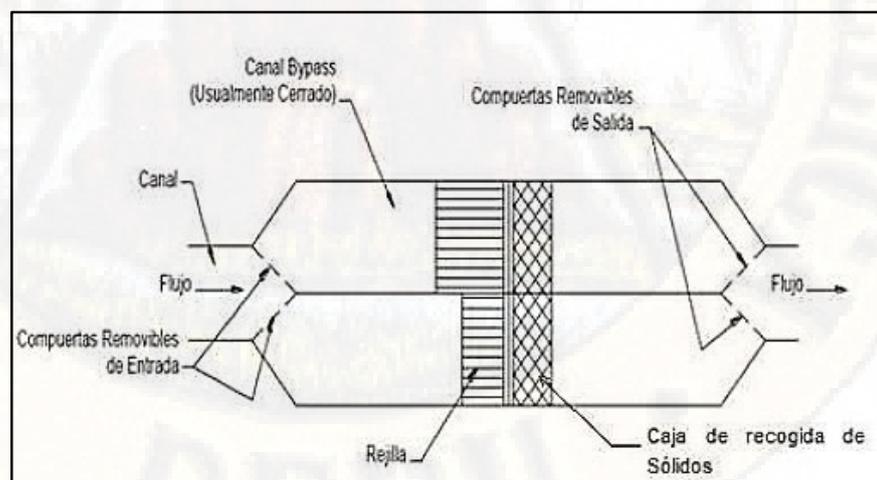


Figura 10. Vista en planta de Canal y Rejilla

Fuente: (Lothar, 1981)

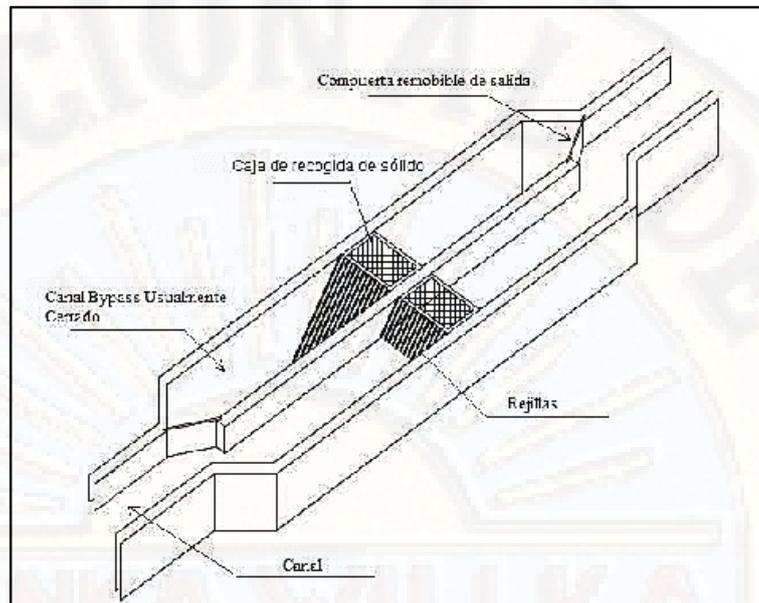


Figura 11. Canal de entrada junto a la Rejilla
Fuente: (Lothar, 1981)

- **Diseño Hidráulico**

La velocidad máxima a considerarse en las rejillas es de 0,6m/s.

Área útil de la rejilla (A_u):

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

Dónde:

Q_{max} : Caudal máximo (m³/s)

V_r : Velocidad en la rejilla (m/s)

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

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

Donde A_u es área útil de la rejilla y E la eficiencia (0.75)

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

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

Donde t es el tiempo de retención hidráulica (t = 0.3 s)

Calculo de la velocidad de aproximación en el canal (V_a):

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

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

Perdida de carga a través de la rejilla (H_f):

$$H_f = \frac{1}{0.7} \frac{(Vr^2 - Va^2)}{2g}$$

Longitud de la rejilla (L_r):

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

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

Numero de barras de la rejilla (n):

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

Donde a_c es el ancho del canal adoptado por cuestiones constructivas.

2.2.5.1.2. Modelo de diseño del desarenador

Es una obra hidráulica proyectado a la remoción de material granular que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación o decantación (OPS, 2005).

Para Lothar (1981), son unidades destinadas a retener la arena y otros detritos minerales inertes y pesados que se encuentren en las aguas residuales. Estos materiales son originados por la operación de lavado, infiltraciones, desechos industriales, etc. (pág. 13).

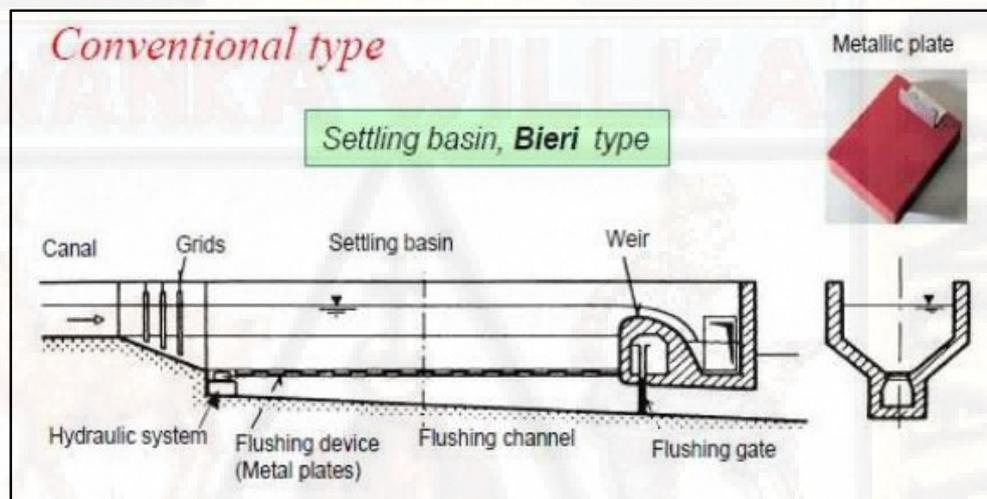


Figura 12. Diseño del desarenador
Fuente: (Lothar, 1981)

- **Diseño Hidráulico**

Para el diseño del desarenador se debe tener en consideración los principales parámetros que a continuación se detalla.

Tabla 6*Parámetros de diseño del desarenador*

PARÁMETROS	
Diámetro de partícula	(ϕ)
Densidad de la arena	(γ_s)
Coefficiente de viscosidad dinámica (μ),	(μ)
Temperatura	(t)
Velocidad de sedimentación	(ω_o)
Peso específico del agua residual	(ρa)
Coefficiente de arrastre	(CD)
Coefficiente gravitacional	(g)
Variación de densidad de la arena	(Δ)
Caudal	(Qmax)

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

$$\Delta = \frac{\gamma_s - \rho a}{\rho a}$$

Calculo de la velocidad de sedimentación (V_s):

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

Calculo de la velocidad de arrastre (V_a):

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

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

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

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

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

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

Calculo del ancho del desarenador (A_d):

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

Calculo de la longitud del desarenador (L):

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

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

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

La longitud del desarenador será (L_d):

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

Longitud de transición (L_t):

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

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

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

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

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

2.2.5.1.3. Modelo de diseño de canal Parshall

Según EMAGISTER (2018), la Canaleta Parshall es construido para servir como estructura de aforo, es decir, permitir registrar el caudal de agua residual que ingresa diariamente a la planta de tratamiento de aguas residuales, con el fin de poder llevar una medición y a su vez un mejor control de los procesos.

La canaleta Parshall está formada por tres partes fundamentales que son: la entrada, la garganta y la salida. La entrada está formada por dos paredes verticales simétricas y convergentes, el fondo es inclinado con pendiente ascendente 4:1.

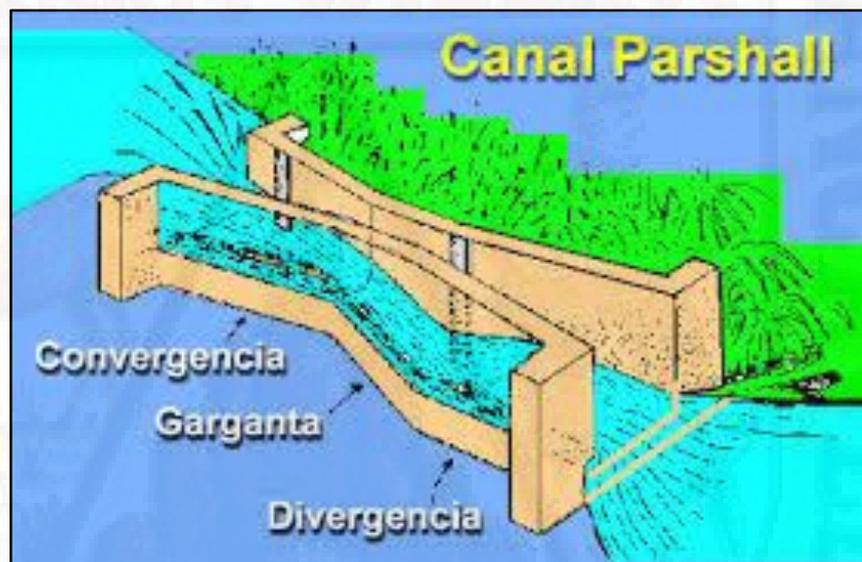


Figura 13. Ilustración de canal Parshall

Fuente: (IMAGISTER, 2018)

La garganta está conformada por dos paredes verticales paralelas, el fondo es inclinado con una pendiente descendente 2,67:1, la distancia de la sección de la garganta determina el tamaño del medidor y se designa por W . La salida está formada por dos paredes verticales divergentes y el fondo es ligeramente inclinado con una pendiente ascendente de 17,9:1

En la canaleta parshall se pueden presentar dos tipos de flujo. Un flujo a descarga libre para lo cual es solo necesario medir la carga E para determinar el caudal; un flujo en que se presenta la sumersión o ahogamiento para el cual se toman las cargas H_a y H_b .

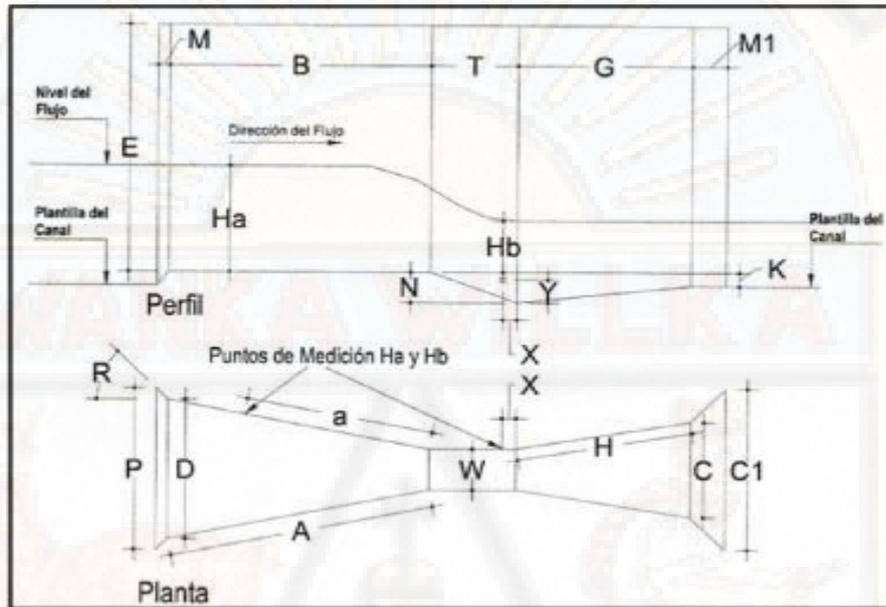


Figura 14. Esquema general de una Canaleta Parshall
Fuente: (IMAGISTER, 2018)

Tabla 7

Variables del canal Parshall

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

R	Radio de curvatura
X	Abscisa del punto de medición Hb
Y	Ordenada del punto de medición

Tabla 8
Medidas estándar de los aforadores Parshall

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

Fuente: Manual de diseño de estructuras de aforo, Leslie Skertchky y Molina, IMTA, 1988 citado por Lopez (2012).

- **Diseño Hidráulico**

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

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

Tabla 9*Ancho W del canal Parshall en función del caudal*

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

Determinación de los coeficientes adimensionales m y n que dependen del ancho de garganta (W) de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 10*Coefficientes adimensionales m y n que dependen del ancho de garganta (W)*

	W		m	n
	(Pulg.)	(cm.)		
1	2.5	0.100	1.400	
2	5	0.11	1.500	
3	7.6	0.18	1.547	
6	15.2	0.38	1.58	
9	22.9	0.54	1.53	
12	30.5	0.69	1.522	
18	45.7	1.05	1.538	
24	61	1.43	1.55	
36	91.4	2.18	1.566	
48	121.9	2.94	1.578	
60	152.4	3.73	1.587	
72	182.8	4.52	1.595	
84	213.4	5.31	1.601	
96	243.8	6.1	1.606	
120	305	7.46	1.6	

Calculo de la altura máxima (Ha):

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

Longitud de la sección Ha (L):

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

Área de la sección Ha (A):

$$A = L * Ha$$

Velocidad de la sección Ha (V):

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

Determinación de las condiciones hidráulicas de entrada:

$$Q = KHa^n$$

Donde k y n son unidades métricas adimensionales para lo cual utilizamos la siguiente tabla:

Tabla 11: Condiciones hidráulicas de entrada

Unidades Métricas		
W	K	n
3"	0.176	1.547
6"	0.381	1.580
9"	0.535	1.530
1'	0.690	1.522
1 1/2'	1.054	1.538
2'	1.426	1.550
3'	2.382	1.566
4'	2.935	1.578
5'	3.728	1.587
6'	4.515	1.595
7'	5.306	1.601
8'	6.101	1.606

2.2.5.1.4. Modelo de diseño de la cámara de estabilización de sólidos

El tratamiento primario tiene por objetivo remover los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga en el tratamiento biológico (Norma OS.090, 2006); ya sea por medios mecánicos o físico; el tratamiento primario aparte de remover materia que incomoda, remueve también carga orgánica como un 25-40% de DBO y 50-65% sólidos suspendidos (Rojas, 2002).

Esta etapa de tratamiento se realiza en los humedales artificiales de flujo subsuperficial en la eliminación de los sedimentos totales en suspensión (SST), para lo cual es necesario el diseño de una cámara de estabilización de sólidos, y luego ser evacuados a un lecho de secado de sólidos (Olivos, 2010).

- **Diseño Hidráulico**

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

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

Ecuación 1: Volumen total de sedimento acumulado durante 20 años

Dónde:

$V_{t=20}$ = Volumen total de sedimento acumulado durante 20 años.

Q_d = Caudal de diseño (m³/día)

SST = Sedimentos totales en suspensión (mg/l)

ρ =Densidad de los sedimentos (kg/m³)

T =Tiempo de retorno

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

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

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

Ecuación 2: Dimensión de la cámara de estabilización de solidos de geometría rectangular.

Dónde:

V_{cam} = Volumen de la cámara de estabilización de solidos (m³)

A_i = Área interna (m²)

H_i = Altura (m)

B_L = Borde libre (m)

Diseño de la tubería de recolección y distribución de flujo.

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

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

D = diámetro de la tubería (cm)

Q = caudal de diseño (m³/da)

V = velocidad del flujo (m/s)

π = coeficiente de conversión 3.1415

2.2.5.1.5. Modelo de diseño de laguna de maduración

En la laguna de maduración, que siempre es la última, el agua está depurada adicionalmente. Con esta laguna se logra un aumento de la purificación de la carga orgánica realizada. Asimismo, dicha laguna tiene la tarea de efectuar la remoción de los Coliformes, que es un grupo de bacterias de las cuales muchas pueden causar enfermedades humanas (Reutelshofer, 2015).

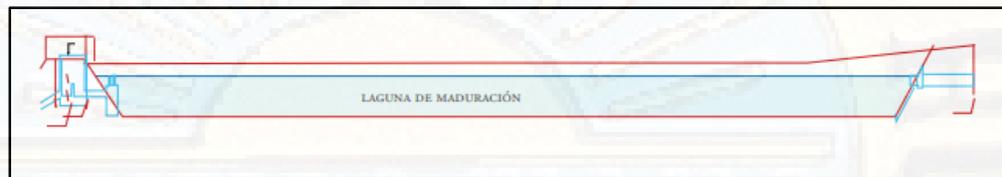


Figura 15. Corte transversal de laguna de maduración
Fuente: Reutelshöfer, T (2015)

- **Diseño hidráulico**

Las lagunas de maduración suelen tener una profundidad de 1 a 1,5 metros, para que tanto el sol, como la radiación ultravioleta puedan entrar hasta el fondo. Así, la radiación ultra violeta incide en toda la profundidad de la laguna y mata microorganismos y bacterias. Esta remoción de los gérmenes es mejor cuando la retención del agua es más grande, puesto que la radiación ultravioleta tiene más tiempo para afectar a los gérmenes. Normalmente se calcula una retención del agua de 8 días en esta última laguna (Reutelshofer, 2015).

2.2.5.2. Modelo de diseño – tratamiento de agua residual

2.2.5.2.1. Modelo de diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial

Estas ecuaciones son las que representan las ecuaciones de diseño para dimensionar la estructura de humedales artificiales de flujo subsuperficial (Espinoza, 2014).

- Área superficial de humedal (m^2), según Reed.

$$A_s = \frac{Q \times \ln x \frac{C_o}{C_e}}{K_T \times h \times n}$$

Donde:

A_s = Área superficial del humedal (m²)

Q = Caudal (m³/d)

C_o = Concentración de DBO en el afluente (mg/L)

C_e = Concentración de DBO en el efluente (mg/L)

K_T = Área de la sección transversal del lecho (m²)

h = Profundidad promedio del sistema (m)

n = e, porosidad promedio del sistema, en fracción decimal

- Área superficial de humedal (m²), según Kadlec.

$$A_s = \frac{Q}{K_A} \times \ln x \frac{C_o - C^*}{C_e - C^*}$$

Donde:

K_A = Constante de primer orden dependiente de la temperatura (d⁻¹)

C^* = Concentración de fondo (g/m³)

- Según EPA. Folleto informativo de tecnología de aguas residuales humedales de flujo subsuperficial.

$$A_s = \frac{Q \times \ln x \frac{C_o}{C_e}}{K_T \times h \times n}$$

Siendo que la ley de Darcy:

$$A_t = \frac{Q}{K_T \times S}, \quad a = \frac{A_t}{h}; \quad l = \frac{A_s}{a}$$

$$t = \frac{V_V}{Q} = \frac{l \times a \times h}{Q}$$

Donde:

a = de humedad (m)

h = Profundidad promedio del sistema

l = Longitud de humedal (m)

V_v = Volumen de vacíos (m³)

- Según Romeo, para hallar la concentración de DBO en el afluente (mg/L), así como el área superficial del humedal (m²).

$$C_e = C_o * e^{K_R * T}, \quad A_s = \frac{V}{y}; \quad V = Q * t$$

$$A_t = \frac{Q}{K_s * S} \text{ ley de Darcy.}$$

$$a = \frac{A_t}{y}; \quad l = \frac{A_s}{a}$$

Donde:

T = Temperatura (°C)

K_s = Conductividad Hidráulica (m/d)

t = Tiempo de retención hidráulico (d)

l = Longitud de humedal (m)

K_R = Constante de remoción (d⁻¹)

S = Pendiente de lecho, (fracción)

y = Profundidad de agua (m)

A_t = Área de la sección transversal del lecho (m²)

V = Volumen del humedal (m³)

Tabla 12*Características del medio para sistemas de flujo subsuperficial*

Tipo de Medio	Tamaño del grano, mm	Porosidad (n)	Conductividad Hidráulica (K_S), m/d	K_{20}
Arena Media	1	0.42	420	1.84
Arena Gruesa	2	0.39	480	1.35
Gravilla Arenosa	8	0.35	500	0.86

Valores de K_R , K_S y n , además de criterios de diseño según Romero:

$$K_R = K_O (37,31 * n^{4.4172})$$

$$K_O = 1.839 d^{-1} \text{ Para aguas residuales municipales}$$

$$K_O = 0.198 d^{-1} \text{ Para aguas residuales industriales con DQO alta}$$

$$C_e = C_O * e^{-K_R * t}$$

Los valores de conductividad hidráulica K_S y la porosidad n ,

Además de algunos criterios de diseño se determinan utilizando siguientes tablas:

Tabla 13*Características típicas del medio para humedales de flujo subsuperficial*

Medio	Tamaño efectivo	Porosidad (n)	Conductividad Hidráulica
Arena media	1	0.30	500
Arena gruesa	2	0.32	1.000
Arena y grava	8	0.35	5.0000
Grava media	32	0.4	10.000
Grava gruesa	128	0.45	100.000

Fuente: Los valores de conductividad hidráulica y la porosidad. (Espinoza, 2014).

2.2.5.3. Modelo de diseño – almacenamiento de agua residual para uso agrícola y vertido a cuerpo de aguas dulces

2.2.5.3.1. Modelo de diseño de reservorio

En esta etapa de depuración del agua residual, se destina el agua para ser usado en el sector agrícola o puede ser vertido a cuerpos de aguas dulces de acuerdo a los parámetros de calidad de agua permisibles según el Ministerio del Medio Ambiente (2010) y la Organización Mundial de la Salud (2006).

En el mejor de los casos se diseña un reservorio para su respectivo almacenamiento del agua residual tratada, para lo cual se va tener en consideración la bibliografía de (Aguero, 2003).

Se toma como propuesta un reservorio de geometría rectangular, debido a que la construcción es menos tediosa.

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

Ecuación 4: Dimensión de reservorio de geometría rectangular.

Dónde:

V_{res} = Volumen de diseño de agua residual (m³)

A_i =Área interna (m²)

H_i =Altura (m)

B_L =Borde libre (m)

2.3. Definición de términos

- **Aguas residuales**

Se trata de agua, donde sus propiedades físicas y químicas han sido perturbadas en el proceso de utilización por la actividad humana, el cual es muy

necesario realizar algún tratamiento previo, antes de ser reutilizado o vertido a cuerpo de agua como ríos, lagos entre otros, esto se debe realizar por la pésima calidad con que cuenta (OEFA, 2014).

- **Humedales artificiales**

Los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen mecanismos de eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales, que se dan en los humedales naturales mediante procesos físicos, biológicos y químicos (Rejia, 2013).

- **Plantas de tratamiento de aguas residuales**

Es una instalación donde a las Aguas Residuales se les retiran los contaminantes, mediante una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano, para hacer de ella un agua sin riesgos a la salud y/o medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural (mar, ríos o lagos) o por su reúso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano (no para ingerir o aseo personal) (SUNASS, 2015).

- **Depuración de aguas residuales**

Se puede considerar como el proceso de tratamiento de aguas residuales, el cual tiene la finalidad de eliminar de manera total o parcial los contaminantes disueltos en las aguas residuales, para que en un posterior sea reutilizado según los parámetros permisibles de calidad de agua (OEFA, 2014).

Las depuradoras de aguas residuales son instalaciones industriales destinadas a la eliminación de la contaminación de las aguas. El agua residual llega a través de colectores, procedentes de núcleos urbanos o polígonos industriales. La composición química de las aguas indica una clara alteración de sus propiedades naturales lo que genera graves daños ambientales en los ríos e

imposibilita su uso para otras actividades como el riego agrícola o de jardines (Nuevo, 2018).

2.4. Formulación de hipótesis

H₁: el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificiales de flujo sub superficial eficientemente, debido a que el sistema es adaptable a las condiciones fisicoquímicas, biológicas, climáticas e hidráulicos de la zona.

H₀: el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificiales de flujo sub superficial no es eficientemente, debido a que el sistema no es adaptable a las condiciones fisicoquímicas, biológicas, climáticas e hidráulicos de la zona.

2.5. Definición operativa de variables e indicadores

Tabla 14

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
VI: HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL	Son mecanismos contruidos por el hombre con la finalidad de eliminar los contaminantes presentes en las aguas residuales, mediante procesos físicos, químicos y biológicos. Es un prototipo que consiste en construir un canal impermeabilizado en donde se implanta vegetales con la finalidad de reducir los contaminantes disueltos en las aguas residuales (Reja, 2013)	Se utilizará como mecanismo para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la Comunidad Campesina de Ocopa-Lircay.	PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Físicos (solidos suspendidos totales, Turbidez, Conductividad Eléctrica, Color, Olor, residuos sólidos) • Químicos (PH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, acidez, fosforo y derivados, nitrógeno y derivados, proteínas, carbohidratos, aceites y grasas) • Biológicos (Bacterias, Hongos, algas, Coliformes totales, Coliformes termoestables - fecales)(**) 	De intervalo - Continua - Continua (**) hace referencia a la escala de medición de intervalo - discreta.
			PARÁMETROS CLIMATICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura. • Precipitación • Humedad Relativa (**) *Evapotranspiración 	
			PARÁMETROS HIDRAULICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Caudal. • Velocidad. • Numero de Reynolds (**) • Conductividad hidráulica (**) • Viscosidad (**) • Porosidad 	
VD: DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	Consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen la finalidad de depurar los agentes contaminantes disueltos en las aguas residuales, para que en un posterior se utilizable por el ser humano (Norma OS.090, 2006)	Para poder plantear un sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial se tomó en consideración las aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas.	AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS	<ul style="list-style-type: none"> I - 1) GRASAS Y ACEITES I - 2) MATERIA ORGANICA I - 3) GERMENES PATOGENOS (**) 	
			AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	<ul style="list-style-type: none"> I - 1) MATERIA ORGANICA I - 2) METALES I - 3) SOLIDOS EN SUSPENSION 	
			AGUAS RESIDUALES AGRICOLAS	<ul style="list-style-type: none"> I - 1) SOLIDOS MACROSCOPICOS I - 2) MATERIAS EN SUSPENSION I - 3) MATERIAS DISUELTAS 	

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se ha establecido para el presente trabajo de investigación es de tipo **aplicada**, porque se va hacer uso de los descubrimientos y aportaciones de la investigación básica, en este caso viene a ser los humedales artificiales de flujo subsuperficial que serán utilizados para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la Comunidad Campesina de Ocopa – Lircay – Angaraes. Asimismo, serán utilizadas teorías y normas para realizar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa – Lircay – Angaraes (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2006).

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación del presente trabajo es **explicativo**, porque van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; por lo que están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales, de la misma forma que al implantar los humedales artificiales de flujo subsuperficial permitirá de manera eficiente la reducción de contaminantes de las aguas residuales provenientes de la Comunidad Campesina de Ocopa – Lircay – Angaraes. También, los humedales artificiales flujo subsuperficial aportará a mejorar la calidad del agua servida, con la finalidad de prevenir la degradación del ecosistema de las aguas cercanos al verter (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2006).

3.2. Métodos de investigación

El método general que se utilizará para el presente trabajo de investigación es **científico**, debido a que se caracteriza por ser reflexiva, sistemática y metódica; tiene por finalidad obtener conociendo y solucionar problemas científicos. Asimismo procura obtener información relevante y fidedigna, con el fin de entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento (Quezada, 2015, pág. 21).

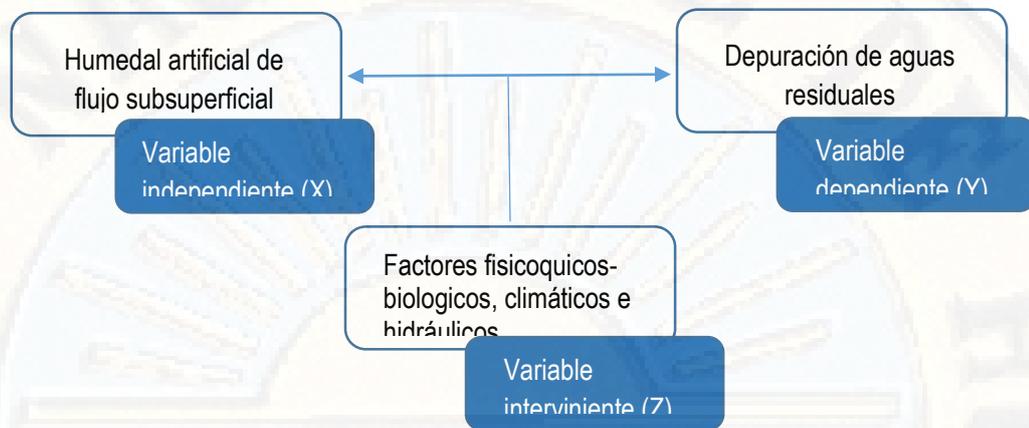
Y como método específico, se utilizará para el presente trabajo de investigación el método **deductivo**, debido a que se analizará la teoría y se implantará en la realidad, partiendo de lo particular a lo general (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2006).

3.3. Diseño de investigación

Según Hernandez, Fernandez y Baptista (2006), el presente trabajo de investigación tiene un **diseño no experimental –Longitudinal**, se determina como no experimental, ya que no se manipula las variables para obtener resultados y longitudinal porque la medición se va realizar en 3 periodos para obtener los resultados esperados. El cual consistirá en diseñar un sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay. El diseño de investigación para alcanzar los objetivos estará alineado a los siguientes pasos:

- i. Estimación de la producción (generación) de aguas residuales de la Comunidad Campesina de Ocopa – Lircay – Angaraes y proyección a 20 años.
- ii. Diseño arquitectónico del humedal artificial de flujo subsuperficial.
- iii. Diseño estructural del humedal artificial de flujo subsuperficial, de acuerdo a la producción de aguas residuales de la Comunidad Campesina de Ocopa – Lircay – Angaraes.

Para el presente trabajo de investigación, se ha determinado el siguiente esquema a seguir:



Donde:

X: variable independiente (Humedal artificial de flujo subsuperficial)

Y: variable dependiente (Depuración de aguas residuales)

Z: variable interviniente (Factores fisicoquímicos - biológicos, climáticos e hidráulicos)

Figura 16. Esquema de Investigación

Fuente: (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 113)

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población es el conjunto de todas unidades de análisis (individuos, eventos, sucesos, objetos entre otros), en los cuales se pretende realizar una investigación de acuerdo a posibles características en común entre ellos, los cuales se encuentran en un determinado tiempo y espacio dado. (Silva, s.f.).

La población para el presente trabajo de investigación, está representada por el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial construido a escala en la Comunidad Campesina de Ocopa.

El sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial presentará un pre-tratamiento que estará compuesto por (rejilla y

canal de aproximación, desarenador, canal Parshall, cámara de estabilización de sólidos y laguna de maduración), un tratamiento mediante humedal artificial de flujo subsuperficial y posteriormente un almacenamiento. Todos los componentes mencionados anteriormente se construirán a escala en la Comunidad Campesina de Ocopa con la finalidad de aprovechar las condiciones climatológicas de la zona.

3.4.2. Muestra.

La muestra es un conjunto representativo de la población, la cual es determinado de acuerdo a la investigación que se realice y tomando ciertos criterios de selección que permitan extraer unidades de estudio representativos. (Silva, s.f.).

La muestra que se considerará para el presente trabajo de investigación será 6 muestras compuestas tomadas en el afluente y efluente del componente de tratamiento mediante humedal artificial de flujo subsuperficial construido a escala en la Comunidad Campesina de Ocopa, realizados en 3 periodos (primer periodo: al transcurrir un mes desde la implantación del vegetal "typha", segundo periodo: al transcurrir dos meses desde la implantación del vegetal "typha" y tercer periodo: al transcurrir tres meses desde la implantación del vegetal "typha").



Dónde:

P_1 : Entrada del humedal artificial

P_3 : Salida del humedal artificial

Tabla 15

Muestra de la investigación

Muestra	Humedad Natural		Cantidad de muestras		
	Lugar	Fito remediador	Afluente	Efluente	Total
M1	Ocopa	Totora (Typha)	1	1	2
M2	Ocopa	Totora (Typha)	1	1	2
M3	Ocopa	Totora (Typha)	1	1	2
TOTAL					6

3.4.3. Muestreo

Se ha considerado el tipo de muestreo por conveniencia, ya que no se aplicó ninguna fórmula probabilística para poder determinar la muestra; asimismo porque la muestra considerada permitirá a cumplir con los objetivos planteados.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

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

- a) **Encuesta:** estará dirigida a los poblados de la Comunidad Campesina de Ocopa con la finalidad de determinar la cantidad total de agua residual que se produce en la zona.
- b) **Observación:** se tomará en consideración la observación directa, debido a que los investigadores tendrán un contacto visual directo con los estudios realizados e información solicitada.
- c) **Revisión bibliográfica:** permitirá recabar información relacionado a la investigación que se está desarrollando.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Para el presente trabajo de investigación se utilizarán los siguientes instrumentos de recolección de datos:

- a) **Cuestionario:** estará constituida por una cierta cantidad de preguntas cerradas con la finalidad de determinar la cantidad de agua que hacen uso los pobladores de la Comunidad Campesina de Ocopa durante todo el día. Los resultados obtenidos permitirán determinar la cantidad total de agua servida que evacua la Comunidad Campesina de Ocopa durante todo el día.
- b) **La ficha de toma de Información:** permitirá a recopilar la información relevante acerca de los parámetros climáticos, geotécnicos, físicoquímicos y biológicos; de cada uno de los estudios realizados como también, de la información solicitada a los entes encargados de facilitar dicha información.
- c) **Ficha de revisión bibliográfica:** permitirá recopilar información relevante relacionado a la investigación que está realizando.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de resultados

- **Técnica:** El procesamiento de los datos se realizará haciendo uso del paquete estadístico IBM SPSS Statistics 23 y MS Excel 2016 apoyado en la utilización de estadísticos descriptivos consignándose tablas y gráficos ilustrativos con el fin de buscar el significado de las respuestas suministradas por la investigación.
- **Procedimiento:** esquema de desarrollo estadístico.
- **Análisis:** El análisis de los resultados obtenidos del ensayo de calidad de agua y estudio de mecánica de suelos, se realizarán tomando en consideración las Normas Técnicas Peruanas vigentes, así como también tomando como referencia las MINAN, RNE, OMS, organización mundial del medio ambiente, ONU.

3.7. Procedimiento de recolección de datos

a) El procedimiento que se utilizará para poder determinar la cantidad de agua residual que evacua la Comunidad Campesina de Ocopa – Lircay – Angaraes fue la siguiente:

- Revisión bibliográfica y literaria sobre el tema en desarrollo.
- Síntesis de la literatura.
- Se presentará una solicitud al Alcalde de la Comunidad Campesina de Ocopa – Lircay – Angaraes, para realizar la visita a la zona para poder aplicar la encuesta
- Elaboración del cuestionario
- Validación y confiabilidad del instrumento.
- Viaje a la zona y aplicación del instrumento.

El procedimiento que se siguió para poder determinar la calidad del agua residual proveniente de la Comunidad Campesina de Ocopa – Lircay – Angaraes, se realizará mediante las especificaciones de muestreo de aguas residuales N.T.P 214.042 – 2012.

b) Procedimiento que se realizará para poder determinar los parámetros climatológicos.

- Se solicitará los datos climatológicos de la estación meteorológica “MAP ACOBAMBA” ya que se encuentra más cercana a la zona de estudio con la finalidad de presentar datos certificados por la Autoridad Nacional del Agua.

c) Procedimiento que se realizará para poder determinar los parámetros geotécnicos.

- Se realizará una visita a la zona y mediante un pozo de exploración insitu “calicata” de 2.00m de profundidad se extraerá una muestra de suelo alterada, posteriormente será transportado a un laboratorio de mecánica de suelos reconocido con la finalidad de obtener las propiedades geotécnicas de la zona.

d) Procedimiento que se realizará para poder determinar los parámetros fisicoquímicos y biológicos.

Al transcurrir el primer mes desde la implantación del Fito remediador “totora”, se realizará una visita a la zona con la finalidad de obtener muestras compuestas en el afluente y efluente del humedal artificial de flujo subsuperficial construido a escala en la zona para poder determinar los parámetros fisicoquímicos y biológicos de la muestra “agua residual tratada”. La cual será realizada de acuerdo a los lineamientos de muestreo de agua residual de DIRESA, que posteriormente serán transportados a un laboratorio reconocido para el análisis correspondiente.

3.8. Descripción del área de investigación

3.8.1. Ubicación y Localización.

El presente trabajo de investigación se realizará en el departamento y provincia de Huancavelica, distrito de Lircay, específicamente en la Comunidad Campesina de Ocopa.

DEPARTAMENTO	: Huancavelica
PROVINCIA	: Huancavelica
DISTRITO	: Lircay
COMUNIDAD CAMPESINA	: Ocopa
ZONA	: 18L
COORDENADA ESTE	: 530792 m E

COORDENADA SUR

: 8568561 m S

3.8.2. Ubicación política y cartográfica de la Comunidad Campesina de Ocopa – Lircay – Angaraes.

La Comunidad Campesina de Ocopa está ubicado a (3217 m.s.n.m), dentro de la Regional Natural Quechua. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2007).

En la visita realizada a la zona se pudo observar que tiene una geográfica accidentada, asimismo cuenta con acceso adecuado.

3.8.3. Características Socio – Económicas.

- La población actual el Distrito de Lircay asciende, según información brindada por el INEI - 2014, a 24,927 habitantes, con un crecimiento de tasa poblacional de 1.55%, siendo considerada como uno de los distritos de con mayor población a nivel de la provincia de Angaraes, lo cual refleja una mayor demanda por parte de los habitantes a servicios de educación, alimentación y servicios básicos que tendrá que ser atendidos por el sector público y privado (MPA, 2016).
- La zona se distingue por la presencia de actividades mineras, debido al complejo de minas de Julcani, que actualmente se encuentra en Ccochaccasa, pero que tradicionalmente ha sido el eje económico de Lircay y en cierto modo explica la ubicación de esta localidad, que desde su rígen ha combinado minería y actividades agrícolas. Otras minas, como la mina Mimosa y Recuperada se ubican en el distrito de Lircay, siendo importantes fuentes de ingreso para los comuneros que optan trabajar en sus operaciones.
- Actualmente Lircay es el centro administrativo y económico de la provincia. Su feria dominical es el centro de atracción de numerosos comerciantes que provienen de Huancavelica y Huancayo.

3.8.4. Características Climatológicas.

- Está caracterizada por la alternada estación que tiene con dos periodos bien marcados:
 - ✓ Periodo de intenso frio (Mayo a Agosto)
 - ✓ Periodo de lluvias (Diciembre a Marzo) El clima frio se caracteriza por ser seco en invierno, con una temperatura media superior a 10° C.
- El clima templado moderado lluvioso, manifiesta un invierno seco templado en el día y frígido en la noche, con una temperatura promedio que varía entre los 12°C y 15°C.

3.8.5. Características topográficas.

En Huancavelica, los Andes están formados por dos conjuntos estructurales: la Cordillera Occidental, que es esencialmente meso cenozoica, cubriendo la mayor parte del departamento y situándose en sus zonas central y occidental, y la Cordillera Oriental, que es principalmente paleozoica, ubicada en la región nor oriental del departamento. Ambos conjuntos se hallan divididos por profundas depresiones interandinas por las que discurren el río Mantaro y sus tributarios. La cadena oriental consta de volúmenes sedimentarios, metamórficos e intrusiones magmáticas, principalmente paleozoicos, los mismos que han pasado por una mayor ocurrencia de hechos geológicos en razón a su antigüedad. La cadena occidental, consta sobre todo de rocas ígneas y sedimentarias, que aunque más recientes, han pasado por períodos de intensa actividad que se reflejan en algunos aspectos de su morfología actual (Municipalidad Provincial de Angaraes, 2009).

3.9. Desarrollo de la investigación

El procedimiento que se empleó para el desarrollo de la presente investigación fue la siguiente:

3.9.1. Nivel de contaminación del agua residual evacuado de la Comunidad Campesina de Ocopa

3.9.1.1. Hábitos de consumo de agua potable

A continuación, presentamos los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los pobladores de la Comunidad Campesina de Ocopa, con la finalidad de obtener la cantidad de agua que hacen uso.

1. ¿Ud. cuántas veces al día se lava las manos?

Tabla 16

¿Ud. cuántas veces al día se lava las manos?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
2	30	81%
3	5	14%
OTROS	2	5%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPIA-DISTRITO LIRCAY"

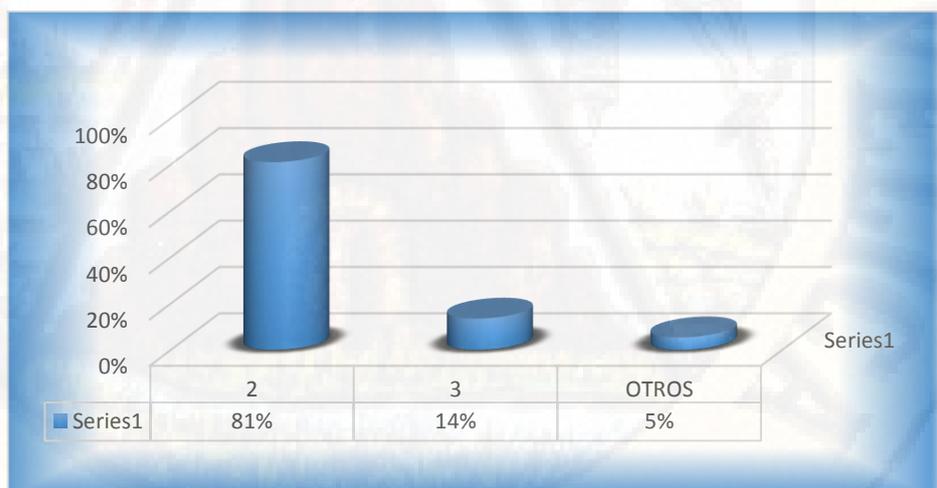


Figura 17. ¿Ud. cuántas veces al día se lava las manos?

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPIA-DISTRITO LIRCAY"

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 16 y Figura 17, se encuentra que el 81% de los encuestados manifiestan que se lavan las manos 2 veces al día, el 14% manifiestan que se lavan las manos 3 veces al día y el 5% corresponde a la población que manifiesta lavarse las manos en diferentes cantidades a las anteriores.

2. ¿Ud. al lavarse las manos mantiene el grifo permanentemente abierto?

Tabla 17

¿Ud. al lavarse las manos mantiene el grifo permanentemente abierto?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
SI	37	100%
NO	0	0%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

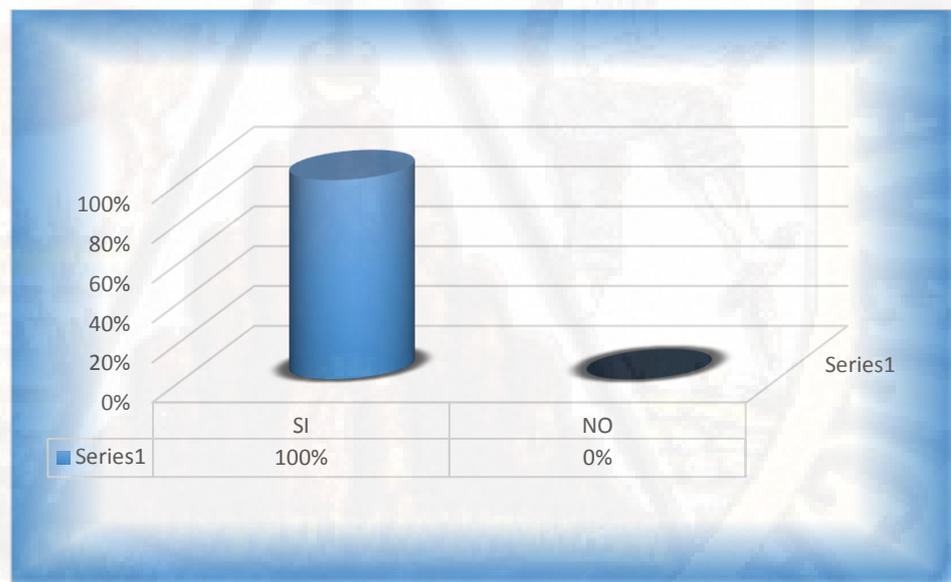


Figura 18. ¿Ud. al lavarse las manos mantiene el grifo permanentemente abierto?

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 17 y Figura 18, se encuentra que el 100% de los encuestados manifiestan que al lavarse las manos mantienen el grifo permanentemente abierto.

3. ¿Ud. cuántas veces al día cepilla sus dientes?

Tabla 18.
¿Ud. cuántas veces al día cepilla sus dientes?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
1	26	70%
2	11	30%
OTROS	0	0%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

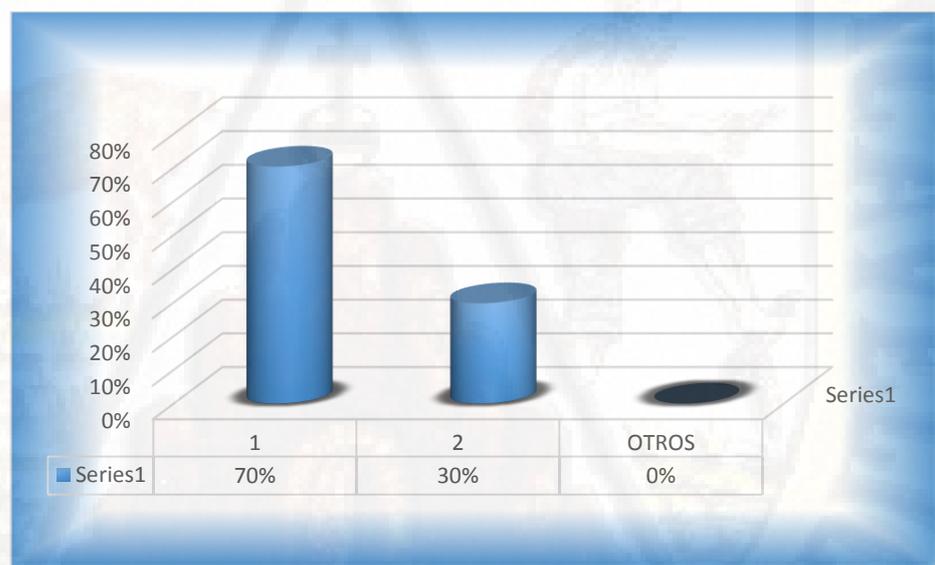


Figura 19. ¿Ud. cuántas veces al día cepilla sus dientes?

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 18 y Figura 19, se encuentra que el 70% de los encuestados manifiestan que se cepillan los

dientes 1 vez al día, el 30% manifiestan que se cepillan los dientes 2 veces al día.

4. ¿Ud. cuántas veces al día se lava la cara y las manos?

Tabla 19
¿Ud. cuántas veces al día se lava la cara y las manos?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
1	31	84%
2	6	16%
OTROS	0	0%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

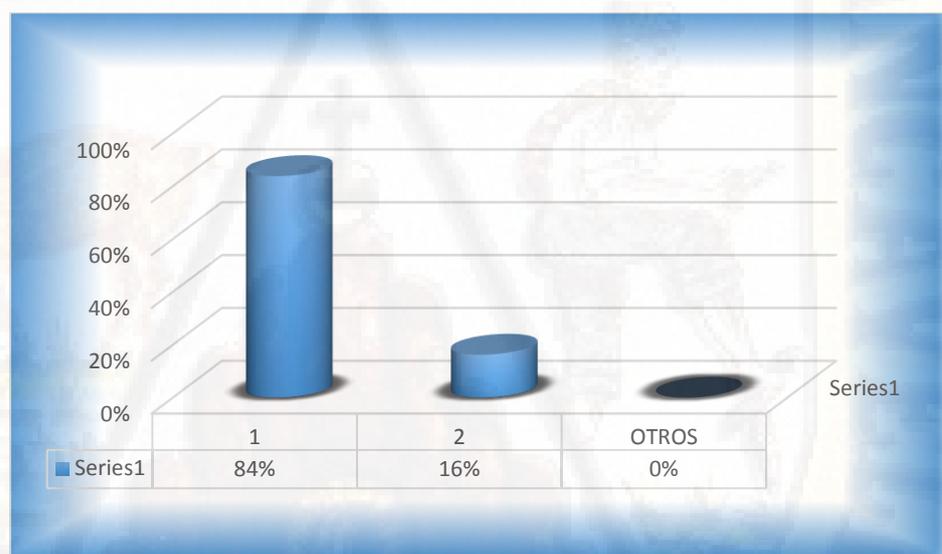


Figura 20. ¿Ud. cuántas veces al día se lava la cara y las manos?

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 19 y Figura 20, se encuentra que el 84% de los encuestados manifiestan que se lavan la cara y

las manos 1 vez al día, el 16% manifiestan que se lavan la cara y las manos 2 veces al día.

5. ¿Ud. cuántas veces al mes se afeita?

Tabla 20
¿Ud. cuántas veces al mes se afeita?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
1	13	35%
2	19	51%
OTROS	5	14%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

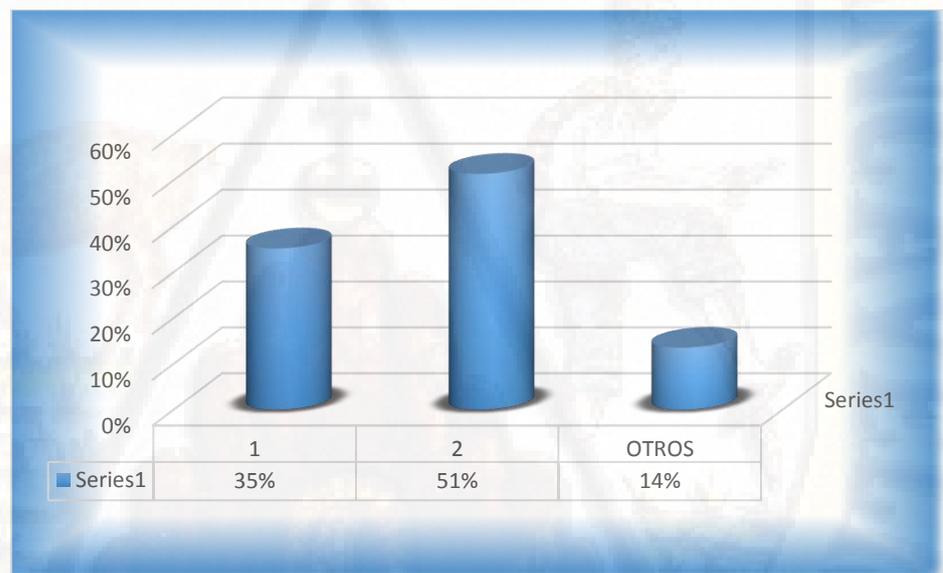


Figura 21. ¿Ud. cuántas veces al mes se afeita?

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 20 y Figura 21, se encuentra que el 35% de los encuestados manifiestan que se afeitan 1 vez al

mes, el 51% manifiestan que se afeitan 2 veces al y el 14% corresponde a la población que manifiesta afeitarse en diferentes cantidades a las anteriores.

6. ¿Ud. al cepillar sus dientes mantiene el grifo permanentemente abierto?

Tabla 21

¿Ud. al cepillar sus dientes mantiene el grifo permanentemente abierto?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
SI	35	95%
NO	2	5%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

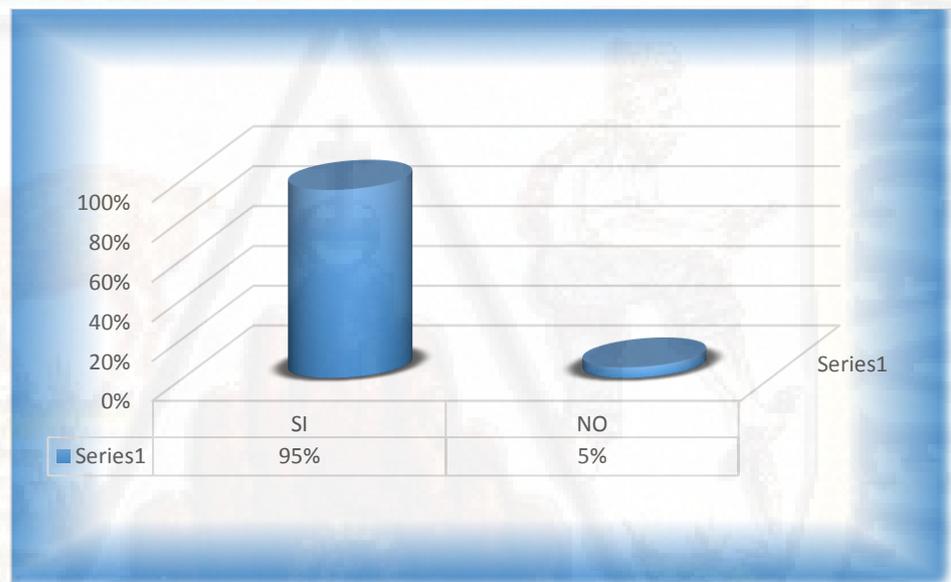


Figura 22. ¿Ud. al cepillar sus dientes mantiene el grifo permanentemente abierto?

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 21 y Figura 22, se encuentra que el 95% de los encuestados manifiestan que al cepillar sus

dientes mantienen el grifo permanentemente abierto y el 5% corresponde a la población que manifiesta lo contrario.

7. ¿Ud. cuántas veces al día se ducha?

Tabla 22
¿Ud. cuántas veces al día se ducha?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
1	33	89%
2	4	11%
OTROS	0	0%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY"

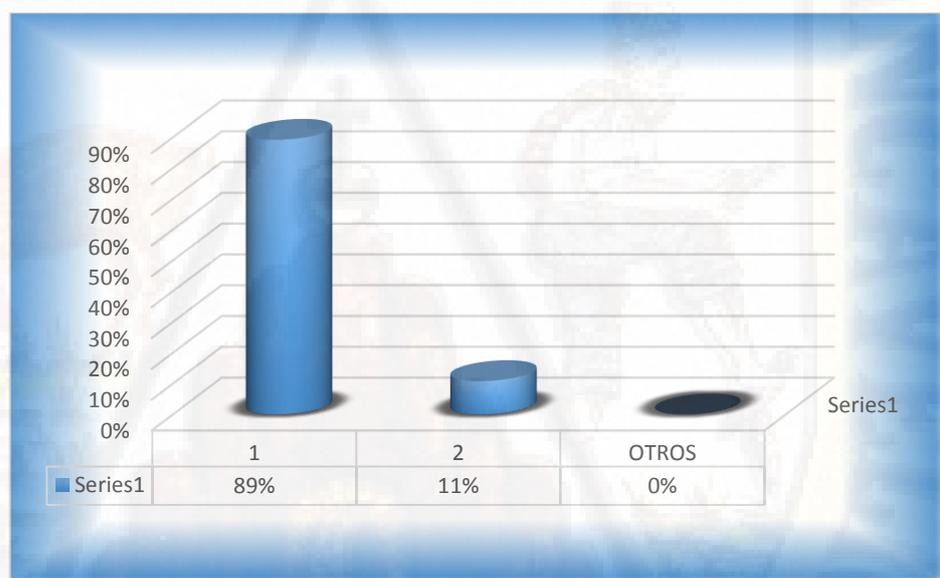


Figura 23. ¿Ud. cuántas veces al día se ducha?

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY"

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 22 y Figura 23, se encuentra que el 89% de los encuestados manifiestan que se duchan 1 vez al día y el 11% manifiestan que se duchan 2 veces al día.

8. ¿Ud. cuantos minutos pasa bajo la ducha?

Tabla 23

¿Ud. cuantos minutos pasa bajo la ducha?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
0-5MIN	23	62%
5-10MIN	14	38%
OTROS	0	0%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY"

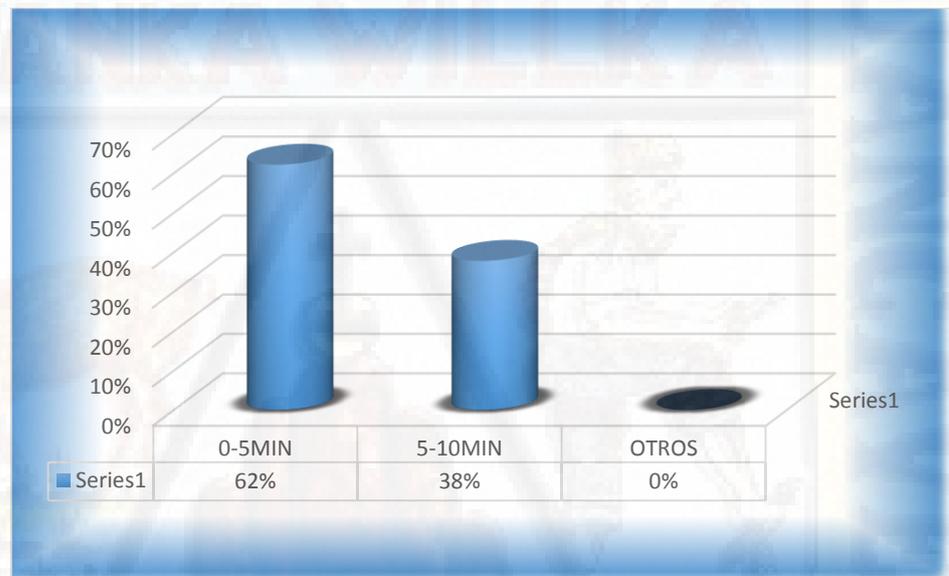


Figura 24. ¿Ud. cuantos minutos pasa bajo la ducha?

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY"

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 23 y Figura 24, se encuentra que el 62% de los encuestados manifiestan que se pasan de 0 – 5min bajo la ducha y el 38% manifiestan que se pasan de 5 – 10min bajo la ducha.

9. ¿Ud. al ducharse mantiene la llave de la ducha abierta?

Tabla 24

¿Ud. al ducharse mantiene la llave de la ducha abierta?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
SI	35	95%
NO	2	5%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY"

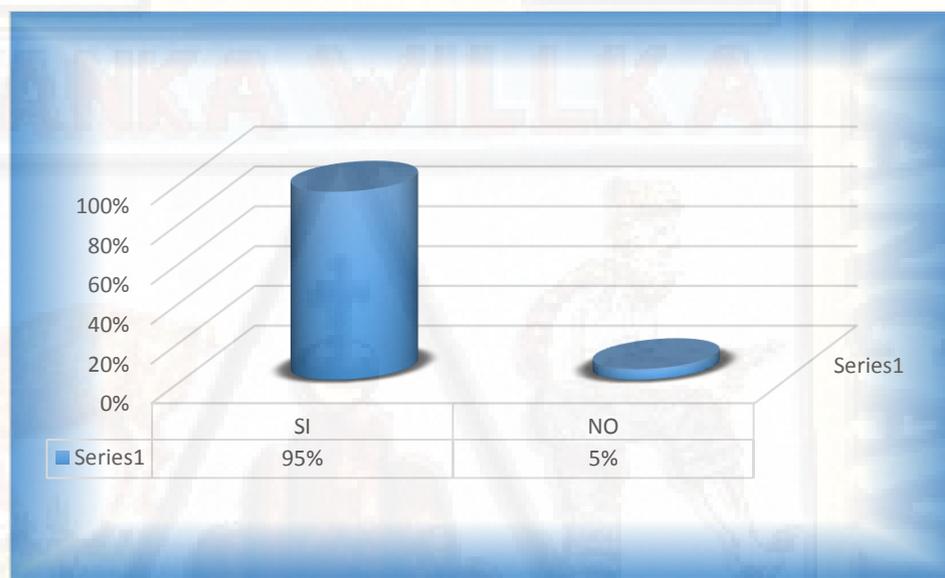


Figura 25. ¿Ud. al ducharse mantiene la llave de la ducha abierta?

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY"

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 24 y Figura 25, se encuentra que el 95% de los encuestados manifiestan que al ducharse mantienen la llave de la ducha abierta y el 5% corresponde a la población que manifiesta lo contrario.

10. ¿Ud. cuántas veces al día utiliza el water?

Tabla 25

¿Ud. cuántas veces al día utiliza el water?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
1	23	62%
2	10	27%
OTROS	4	11%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

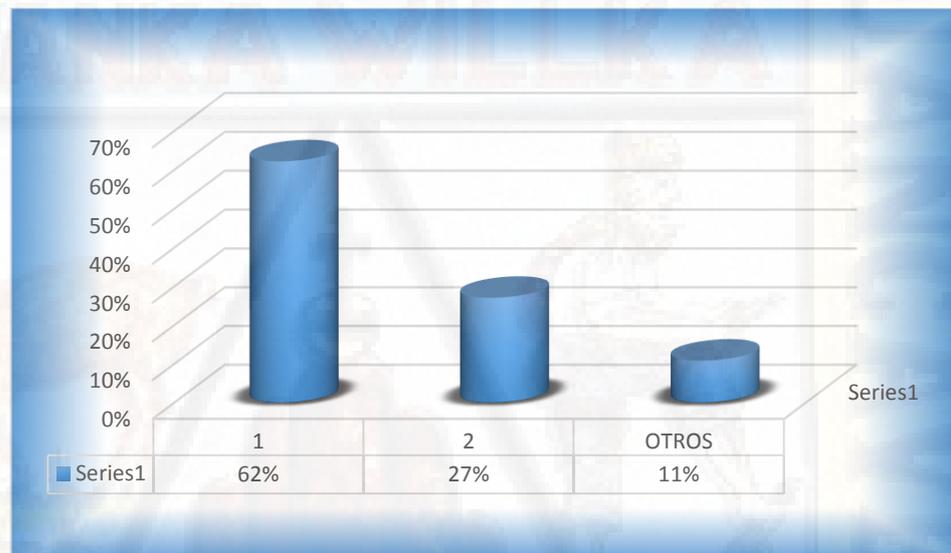


Figura 26. ¿Ud. cuántas veces al día utiliza el water?

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 25 y Figura 26, se encuentra que el 62% de los encuestados manifiestan que utilizan el water 1 vez al día, el 27% manifiestan que utilizan el water 2 veces al día y el 11% corresponde a la población que manifiesta utilizar el water en diferentes cantidades a las anteriores.

11. ¿En cuál de las siguientes actividades utiliza agua del grifo?

Tabla 26

¿En cuál de las siguientes actividades utiliza agua del grifo?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
LAVAR PRENDAS	35	95%
PREPARAR CAFÉ	2	5%
REGAR PLANTAS	0	0%
LAVAR VAJILLAS	0	0%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY"

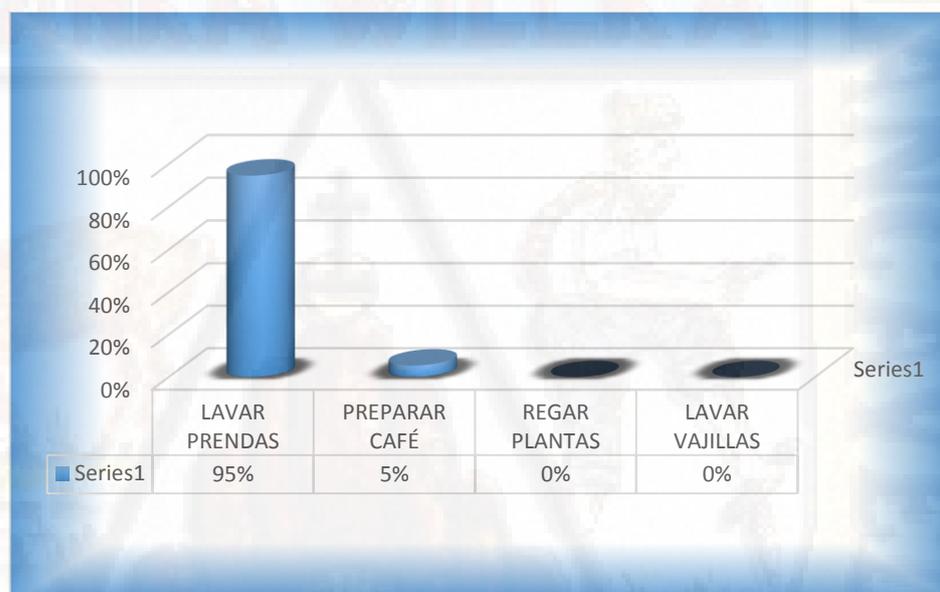


Figura 27. ¿En cuál de las siguientes actividades utiliza agua del grifo?

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY"

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 26 y Figura 27, se encuentra que el 95% de los encuestados manifiestan que utilizan agua del grifo al lavar sus prendas y el 5% manifiestan que utilizan agua del grifo al preparar café.

12. ¿Ud. al lavar la ropa lo hace a mano o en lavadora?

Tabla 27

¿Ud. al lavar la ropa lo hace a mano o en lavadora?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
MANO	37	100%
LAVADORA	0	0%
OTROS	0	0%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

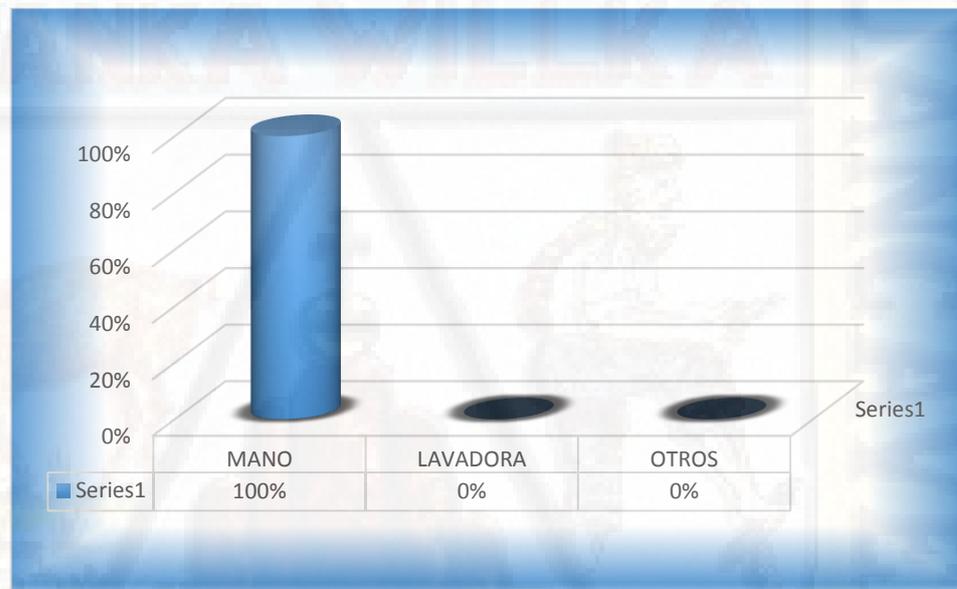


Figura 28. ¿Ud. al lavar la ropa lo hace a mano o en lavadora?

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 27 y Figura 28, se encuentra que el 100% de los encuestados manifiestan que al lavar la ropa lo hacen a mano.

13. ¿Cuántas veces a la semana lava la ropa?

Tabla 28

¿Cuántas veces a la semana lava la ropa?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
1	28	76%
2	9	24%
OTROS	0	0%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

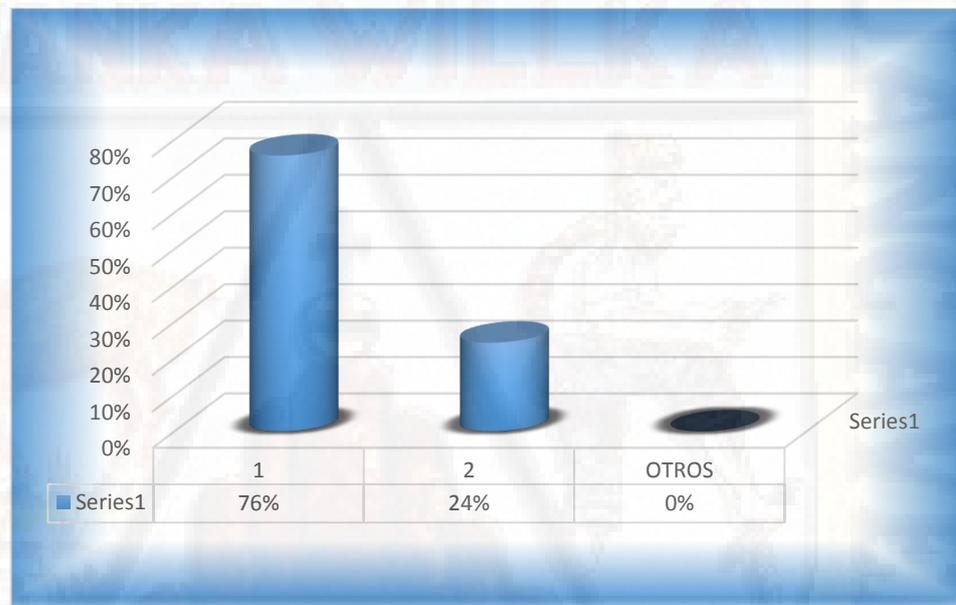


Figura 29. ¿Cuántas veces a la semana lava la ropa?

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 28 y Figura 29, se encuentra que el 76% de los encuestados manifiestan que lavan su ropa 1 vez a la semana y el 24% manifiestan que se lavan su ropa 2 veces a la semana.

14. ¿Ud. cómo lava las vajillas y los utensilios?

Tabla 29

¿Ud. cómo lava las vajillas y los utensilios?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
A MANO CON EN GRIFO	34	92%
A CHORRO	3	8%
OTROS	0	0%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

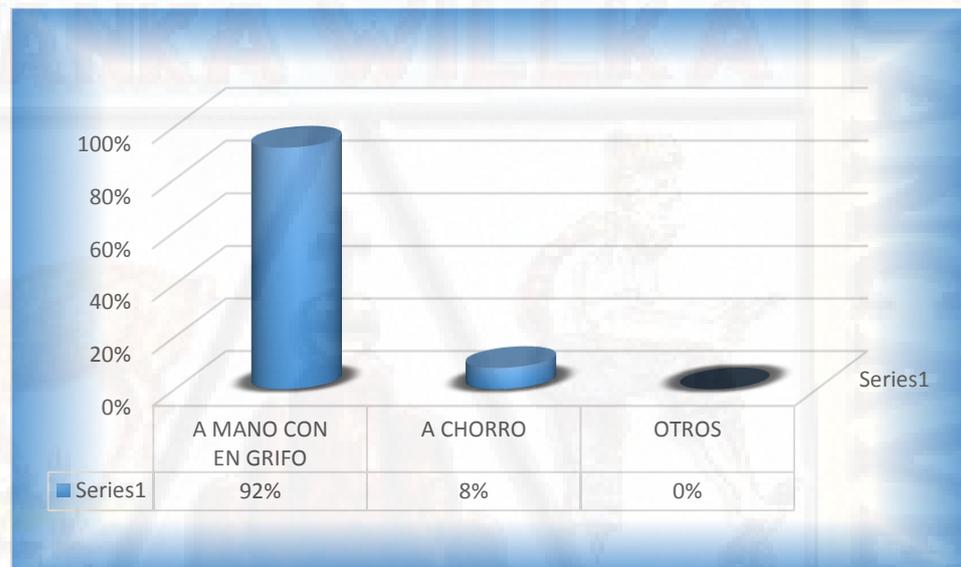


Figura 30. ¿Ud. cómo lava las vajillas y los utensilios?

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 29 y Figura 30, se encuentra que el 92% de los encuestados manifiestan que lavan las vajillas y los utensilios a mano con el grifo y el 8% manifiestan que lavan las vajillas y los utensilios a chorro.

15. ¿Ud. usa algún sistema para el manejo de aguas servidas?

Tabla 30

¿Ud. usa algún sistema para el manejo de aguas servidas?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
SI	1	3%
NO	36	97%
OTROS	0	0%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCA Y”

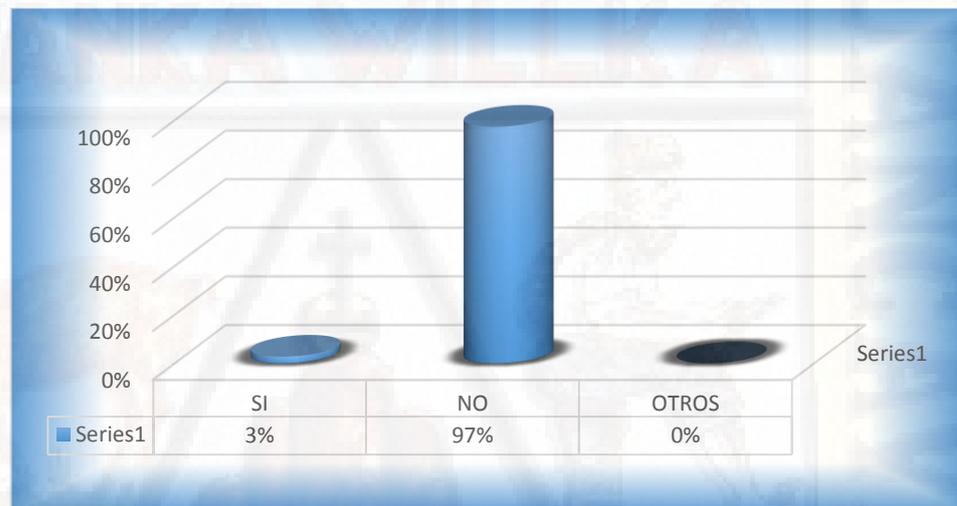


Figura 31. ¿Ud. usa algún sistema para el manejo de aguas servidas?

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCA Y”

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 30 y Figura 31, se encuentra que el 3% de los encuestados manifiestan que usan algún sistema para el manejo de aguas servidas y el 97% corresponde a la población que manifiesta lo contrario.

16. ¿Ud. ha recibido algún tipo de capacitación con respecto a la calidad de agua y manejo de aguas servidas?

Tabla 31

¿Ud. ha recibido algún tipo de capacitación con respecto a la calidad de agua y manejo de aguas servidas?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
SI	0	0%
NO	37	100%
OTROS	0	0%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

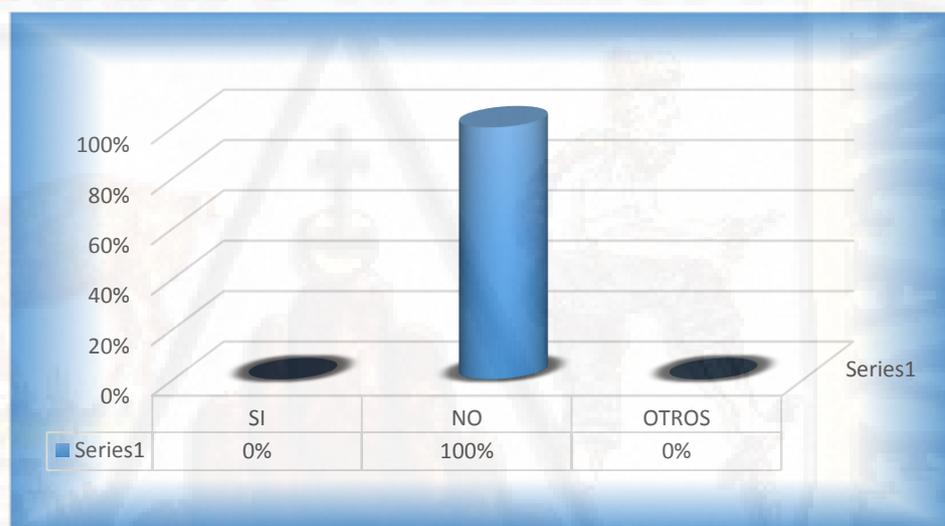


Figura 32. ¿Ud. ha recibido algún tipo de capacitación con respecto a la calidad de agua y manejo de aguas servidas?

Fuente propia: Cuestionario de “SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY”

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 31 y Figura 32, se encuentra que el 100% de los encuestados manifiestan que no han recibido algún tipo de capacitación con respecto a la calidad de agua y manejo de aguas servidas.

17. ¿Ud. considera importante el uso racional del agua?

Tabla 32

¿Ud. considera importante el uso racional del agua?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
SI	35	95%
NO	2	5%
OTROS	0	0%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCA Y"

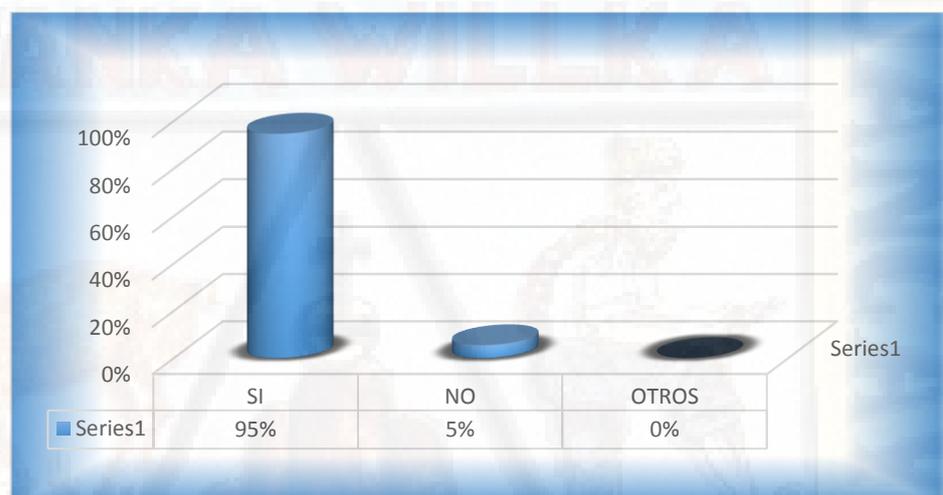


Figura 33. ¿Ud. considera importante el uso racional del agua?

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCA Y"

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 32 y Figura 33, se encuentra que el 95% de los encuestados manifiestan que consideran importante el uso racional del agua y el 5% corresponde a la población que manifiesta lo contrario.

18. ¿Ud. realiza alguna actividad para ahorrar el agua?

Tabla 33

¿Ud. realiza alguna actividad para ahorrar el agua?

	CANTIDAD	PORCENTAJE
SI	1	3%
NO	36	97%
OTROS	0	0%
TOTAL	37	100%

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY"

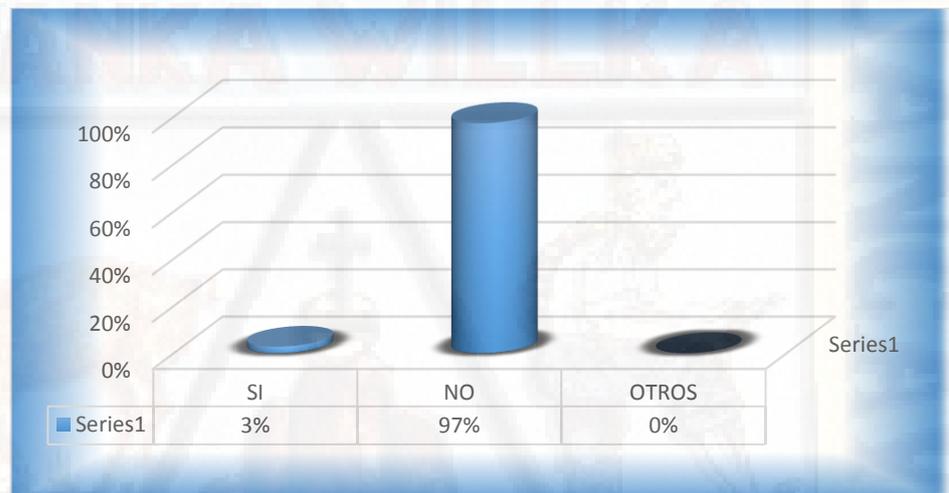


Figura 34. ¿Ud. realiza alguna actividad para ahorrar el agua?

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY"

Con respecto a la información que se observa en la Tabla 33 y Figura 34, se encuentra que el 3% de los encuestados manifiestan que realizan alguna actividad para ahorrar el agua y el 97% corresponde a la población que manifiesta lo contrario.

3.9.1.2. *Evaluación y proyección de la población de la Comunidad Campesina de Ocopa*

Para la evaluación y proyección poblacional de la Comunidad Campesina de Ocopa, se tomó como población actual 148 habitantes obtenidos según la encuesta realizada y 1.55% como tasa de crecimiento poblacional (MPA, 2016). Asimismo, se consideró un periodo de retorno de 20 años. Se determinó mediante el método aritmético.

Tabla 34

Parámetros de proyección poblacional de la Comunidad Campesina de Ocopa

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
POBLACION ACTUAL	148	habitantes
TASA DE CRECIMIENTO (%)	1.55	%
PERIODO DE RETORNO(AÑOS)	20	años

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35

Proyección poblacional de la Comunidad Campesina de Ocopa

N° DE AÑOS	AÑO	T	r(%)	PROYECCIÓN (Pf)
0	2018	0.00	1.55	148
1	2019	1.00	1.55	150
2	2020	2.00	1.55	153
3	2021	3.00	1.55	155
4	2022	4.00	1.55	157
5	2023	5.00	1.55	159
6	2024	6.00	1.55	162
7	2025	7.00	1.55	164
8	2026	8.00	1.55	166
9	2027	9.00	1.55	169
10	2028	10.00	1.55	171
11	2029	11.00	1.55	173
12	2030	12.00	1.55	176
13	2031	13.00	1.55	178
14	2032	14.00	1.55	180
15	2033	15.00	1.55	182
16	2034	16.00	1.55	185
17	2035	17.00	1.55	187
18	2036	18.00	1.55	189
19	2037	19.00	1.55	192
20	2038	20.00	1.55	194

Fuente: Elaboración propia

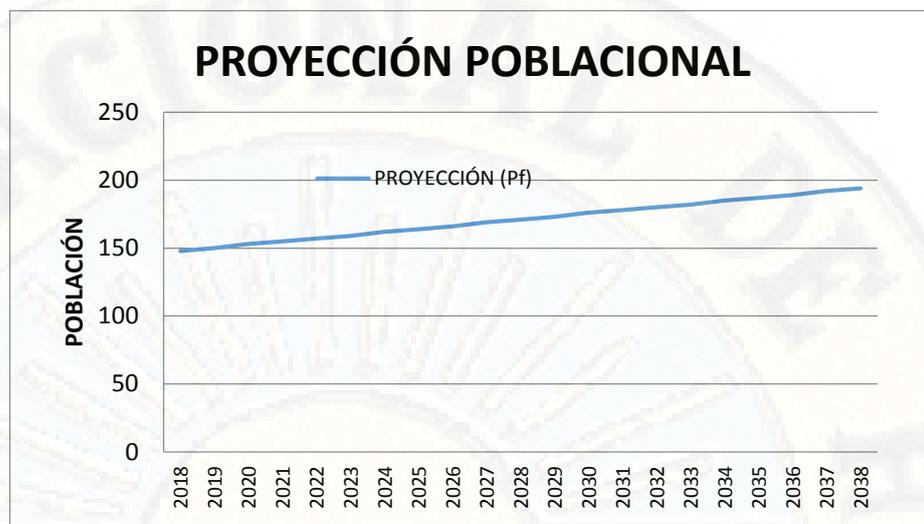


Figura 35. Proyección poblacional de la Comunidad Campesina de Ocopa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos la población de la Comunidad Campesina de Ocopa, en 20 años será de 194 habitantes.

3.9.1.3. *Calculo de dotación de la Comunidad Campesina de Ocopa*

El cálculo de dotación de la Comunidad Campesina de Ocopa fue determinado mediante la encuesta de “**hábitos de consumo de agua potable**”, tomando como referencia la publicación del Organismo Mundial de la Salud (2006), sobre la cantidad de agua mínima requerida para el uso doméstico.

Tabla 36
Cantidad de agua mínima requerida para el uso domestico

USO	CANTIDAD DE AGUA NECESARIA (Litros)
Lavarse las manos	5
Cepillarse los dientes	5
Lavarse las manos y la cara	5
Afeitarse	5
Ducharse	30
Utilizar el inodoro	8
Lavar ropa	40

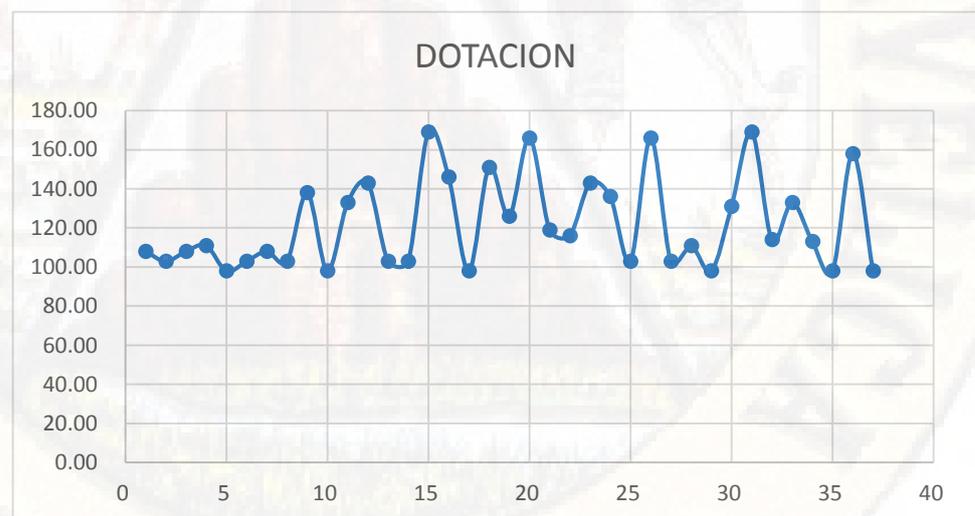
Fuente: Organismo Mundial de la Salud (2006)

Tabla 37*Dotación de la Comunidad Campesina de Ocopa*

DOTACIÓN DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA					
HABITANTE	DOTACION	HABITANTE	DOTACION	HABITANTE	DOTACION
1	108.00	14	103.00	27	103.00
2	103.00	15	169.00	28	111.00
3	108.00	16	146.00	29	98.00
4	111.00	17	98.00	30	131.00
5	98.00	18	151.00	31	169.00
6	103.00	19	126.00	32	114.00
7	108.00	20	166.00	33	133.00
8	103.00	21	119.00	34	113.00
9	138.00	22	116.00	35	98.00
10	98.00	23	143.00	36	158.00
11	133.00	24	136.00	37	98.00
12	143.00	25	103.00		
13	103.00	26	166.00		

DOTACIÓN PROMEDIO (L/hab.día)**122.30**

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY"

**Figura 36.** Dotación de la Comunidad Campesina de Ocopa

Fuente propia: Cuestionario de "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY"

SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY"

De acuerdo a la encuesta realizada a los pobladores de la Comunidad Campesina de Ocopa, se obtuvo una dotación promedio de 122.30 L/hab.día y de acuerdo Agüero (2003), la dotación en zonas templadas es de 120 L/hab.día. al hacer una comparación ambos resultados, podemos afirmar que no existe diferencia relevante, por lo que, para el presente trabajo de investigación se utilizó 120 L/hab. día como dotación.

3.9.1.4. *Calculo del coeficiente de retorno de la Comunidad Campesina de Ocopa*

De acuerdo a la encuesta realizada a los Pobladores de la Comunidad Campesina de Ocopa, se determinó que la cantidad de agua que retorna como agua servida corresponde a los siguientes usos.

Tabla 38
Cantidad de agua residual que genera cada habitante

USO	CANTIDAD DE AGUA NECESARIA (Litros)
Lavarse las manos	5
Cepillarse los dientes	5
Lavarse las manos y la cara	5
Afeitarse	5
Ducharse	30
Utilizar el inodoro	8
Lavar ropa	40
TOTAL AGUA RESIDUAL	98

Fuente: Organismo Mundial de la Salud (2006)

Tabla 39
Calculo del coeficiente de retorno

COEFICIENTE DE RETORNO	
TOTAL AGUA RESIDUAL (L/hab. día)	98
DOTACIÓN (L/hab. día)	120
COEFICIENTE DE RETORNO $C=AR/DOT$	0.81666667

De acuerdo a la encuesta realizada a los pobladores de la Comunidad Campesina de Ocopa, se obtuvo 0.816 de coeficiente de retorno y de acuerdo Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2006), el coeficiente de retorno es 0.8. al hacer una comparación ambos resultados, podemos afirmar que no existe diferencia relevante, por lo que, para el presente trabajo de investigación se utilizó 0.8 coeficiente de retorno.

3.9.1.5. *Calculo del caudal máximo de descarga de agua residual de la Comunidad Campesina de Ocopa*

El cálculo del caudal máximo de descarga se realizó tomando en consideración la ecuación propuesta por (Norma OS.090, 2006).

Tabla 40

Calculo del caudal máximo de descarga

CAUDAL MAXIMO DE DESCARGA	
Poblacion futura (hab)	194.00
Dotación (L/dia.hab)	120
Coeficiente de retorno (C.)	0.8
$Q_{max}=(P \cdot D \cdot C)/86400$ (m3/dia)	18.624

De acuerdo a los cálculos realizados se obtuvo un caudal máximo de descarga de 18.624 m3/día de agua residual que evacua la Comunidad Campesina de Ocopa. El presente dato fue utilizado para el dimensionamiento y diseño de todos los componentes de la planta de tratamiento de agua residual mediante humedal artificial de flujo subsuperficial.

3.9.1.6. *Obtención de la temperatura máxima y mínima de la Comunidad Campesina de Ocopa*

Los datos de temperatura máxima y mínima para la Comunidad Campesina de Ocopa fueron tomados de la estación meteorológica de Acobamba, ya que, dicha estación se encuentra más cercana a la zona de estudio. Obteniendo una temperatura máxima promedio de 21.65 °C y temperatura mínima promedio de 3.23 °C, dicho valor fue empleado para el diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial (**VER ANEXO 07**).

3.9.1.7. *Calculo de perdida de caudal por evapotranspiración mediante método Thornthwaite*

Se calculó la cantidad de horas luz de la Comunidad Campesina de Ocopa, tomando en consideración su Latitud 12.943154.

Tabla 41
Cantidad de horas luz de la Comunidad Campesina de Ocopa

L. SUR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	8.5	7.66	8.49	8.21	8.5	8.22	8.5	8.49	8.21	8.5	8.22	8.5
	8.5	7.66	8.49	8.21	8.5	8.22	8.5	8.49	8.21	8.5	8.22	8.5
5	8.68	7.76	8.51	8.15	8.34	8.05	8.33	8.38	8.19	8.56	8.37	8.68
	8.5	7.65	8.49	8.21	8.5	8.24	8.52	8.49	8.21	8.5	8.21	8.48
10	8.86	7.87	8.53	8.09	8.18	7.86	8.14	8.27	8.17	8.62	8.53	8.88
12.9432	8.97	7.93	8.54	8.05	8.09	7.74	8.03	8.20	8.16	8.66	8.63	9.01
15	9.05	7.98	8.55	8.02	8.02	7.65	7.95	8.15	8.15	8.68	8.7	9.1
	8.48	7.65	8.49	8.2	8.53	8.31	8.52	8.51	8.21	8.44	8.19	8.41
20	9.24	8.09	8.57	7.96	7.85	7.43	7.76	8.03	8.13	8.76	8.87	9.33
	8.36	7.61	8.45	8.04	8.61	8.35	8.64	8.55	8.21	8.36	8.19	8.33
25	9.46	8.21	8.6	7.94	7.66	7.2	7.54	7.9	8.11	8.86	9.04	9.58
	8.26	7.61	8.5	8.99	8.71	8.4	8.69	8.6	8.31	8.31	8.04	8.23
30	9.7	8.33	8.62	7.73	7.45	6.96	7.31	7.76	8.07	8.97	9.24	9.85
	8.05	7.43	8.47	8.33	8.8	8.61	8.81	8.66	-5.28	8.37	7.89	8.2
32	9.81	8.39	8.63	7.69	7.36	6.85	7.21	7.7	8.96	9.01	9.33	9.96
	8.05	7.43	8.47	8.49	8.8	8.61	8.97	8.82	23.52	8.21	7.89	8.04
34	9.92	8.45	8.64	7.64	7.27	6.74	7.1	7.63	8.05	9.06	9.42	10.08
	8.05	7.43	8.47	8.49	8.8	8.78	8.97	8.82	8.22	8.21	7.89	7.87
36	10.03	8.51	8.65	7.59	7.18	6.62	6.99	7.56	8.04	9.11	9.51	10.21
	7.87	7.43	8.47	8.49	8.98	8.78	9.15	8.82	8.22	8.21	7.71	7.87
38	10.15	8.57	8.66	7.54	7.08	6.5	6.87	7.49	8.03	9.16	9.61	10.34
	7.87	7.43	8.47	8.49	9.17	8.97	8.96	9.01	8.22	8.21	7.71	7.49
40	10.27	8.63	8.67	7.49	6.97	6.37	6.76	7.41	8.02	9.21	9.71	10.49
	7.67	7.23	8.47	8.49	9.37	9.17	9.16	9.01	8.22	8.21	7.51	7.49
42	10.4	8.7	8.68	7.44	6.85	6.23	6.64	7.33	8.01	9.26	9.82	10.64
	7.46	7.02	8.47	8.7	9.37	9.38	9.37	9.01	8.43	8.21	7.3	7.28
44	10.54	8.78	8.69	7.38	6.73	6.08	6.51	7.25	7.99	9.31	9.94	10.8
	7.24	7.02	8.47	8.7	9.37	29.4	9.59	9.23	8.65	7.99	7.08	7.06
46	10.69	8.86	8.7	7.32	6.61	5.02	6.37	7.16	7.96	9.37	10.07	10.97

Los resultados presentados de cantidad de horas luz, fueron obtenidos mediante interpolación tomando en consideración la Latitud de la Comunidad Campesina de Ocopa.

Para el cálculo de pérdida de caudal por evapotranspiración del Fito remediator “*Typha*”, se tomó en consideración la temperatura promedio de la estación meteorológica de Acobamba, ya que, es el más cercana a la zona de estudio.

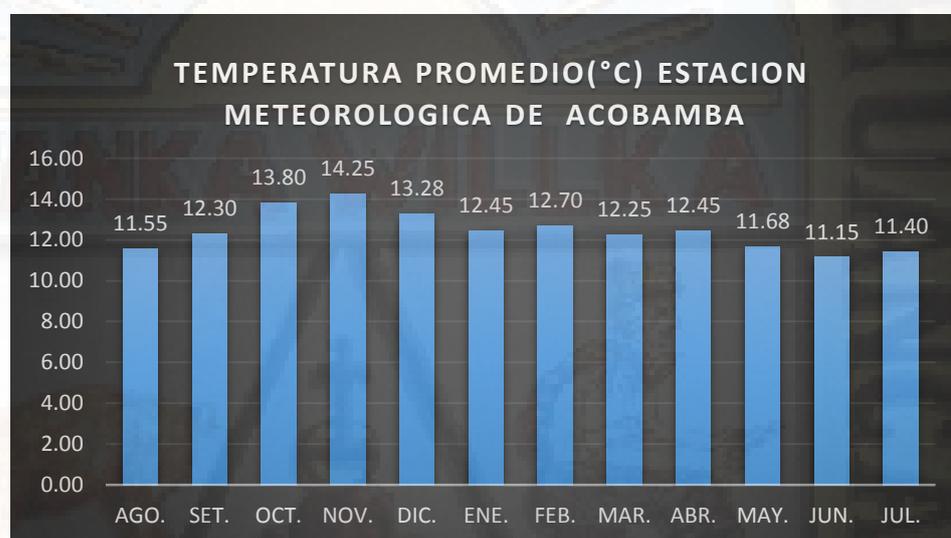


Figura 37. Temperatura promedio (°C) estación meteorológica de Acobamba
Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2017)

Según Delgadillo, Camacho, Perez y Andrade (2010), el Fito remediator “Totorá” presenta una mejor adaptación y desarrollo en el periodo de Agosto - Diciembre, por lo que, ya mayor cantidad de pérdida de caudal por evapotranspiración lo hace en el periodo de desarrollo, por tal motivo, se determinó dicha pérdida de caudal iniciando en el mes de Agosto. Asimismo, se prosiguió a calcular la pérdida de caudal mediante el método de Thornthwaite, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 42

Calculo de la evapotranspiración mediante el método de Thornthwaite

DESCRIPCION	PERIODO DE DESARROLLO - TOTORA (TYPHA)												Total
	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
temperatura promedio	11.55	12.3	13.8	14.25	13.28	12.45	12.7	12.25	12.45	11.68	11.15	11.4	149.25
i	3.55	3.91	4.65	4.88	4.39	3.98	4.10	3.88	3.98	3.61	3.37	3.48	47.78
ETP sin corr	48.1	52.0	60.0	62.4	57.2	52.8	54.1	51.7	52.8	48.7	46.0	47.3	
nº dias mes	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31	365.00
nº horas luz	8.199	8.158	8.655	8.63	9.009	8.972	7.935	8.542	8.049	8.086	7.736	8.028	
ETP corr.	33.9	35.3	44.7	44.9	44.4	40.8	33.4	38.0	35.4	33.9	29.7	32.7	447.1

Fuente: Elaboración propia

Del cálculo realizado se obtuvo una evapotranspiración total a 447.1mm, equivalente a 4471 m³/ha para un periodo de cultivo de un año para el Fito remediador "Totora". La pérdida de caudal por evapotranspiración es de 0.2034m³/día.

3.9.1.8. *Calculo de aporte de caudal por precipitación mediante método racional*

Los datos empleados para el cálculo de precipitación máxima en 24 horas, fue de la estación meteorológica de Acobamba, ya que, se encuentra más cercana a la zona de estudio. Dichos datos fueron procesados mediante la distribución de Gumbel, con un periodo de retorno de 20 años.

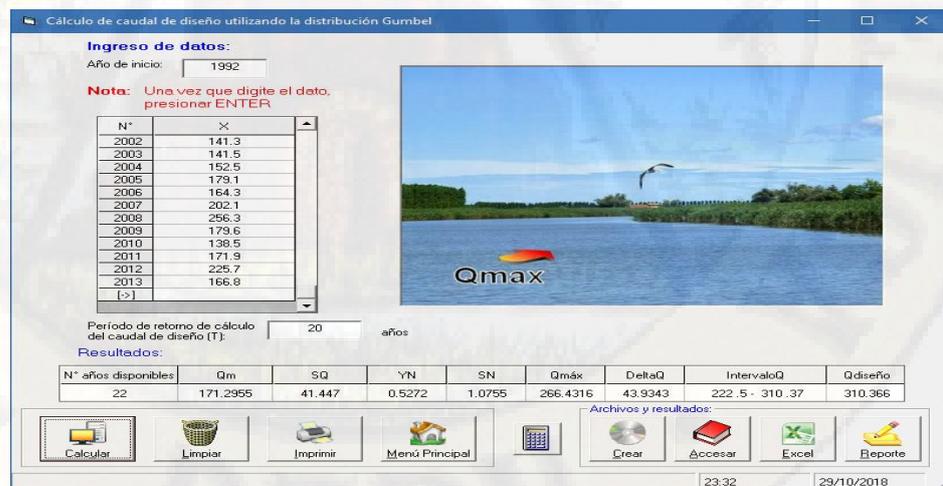


Figura 38. Calculo de precipitación máxima para un periodo de retorno de 20 años

Del cálculo efectuado, se obtuvo una precipitación máxima de 266.4316 mm para un tiempo de concentración de 24 horas y un tiempo de retorno de 20 años.

Para el cálculo de caudal de aporte por precipitación, se consideró un coeficiente de escorrentía de 0.15 de manera conservadora, debido que el humedal artificial tiene similitud a un terreno con vegetación forestal de pendiente 1% y un tipo de textura franco arenosa. Asimismo, se consideró como área de participación de 0.000046 km², área que fue obtenida sin considerar la pérdida por evapotranspiración, ni el aporte por precipitación.

Tabla 43

Calculo de aporte por precipitación mediante el método racional

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
P max=	266.4316	mm
A=	0.000046	km ²
C=	0.15	
t=	24	horas
I=	11.10	mm/horas
	0.0000213	m³/s
Qmax	1.83837804	m³/día

Fuente: Elaboración propia

El caudal de aporte por precipitación es de 1.8384 m³/día para el diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial.

3.9.1.9. *Calculo de caudal máximo para diseño de humedal artificial de flujo subsuperficial*

Tabla 44

Calculo de caudal máximo de diseño

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
Agua residual	18.519	m ³ /día
Evapotranspiración	0.2034	m ³ /día
Precipitación	1.8384	m ³ /día
Total	20.154	m³/día

Fuente: Elaboración propia

El caudal máximo de diseño es de 20.154 m³/día para el diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial.

3.10. Diseño e implementación del sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay

Se realizaron los cálculos correspondientes de las dimensiones de cada uno de los componentes del sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial. Como a continuación presentamos:

3.10.1. Parámetros iniciales de diseño

En la siguiente tabla podemos apreciar los datos iniciales que se tomaron para el diseño.

Tabla 45
Parámetros iniciales de diseño

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
DBO5e	125	mg/l
DBO5s	95	mg/l
solidos suspendidos totales entrada	147	mg/l
Caudal	20.15	m ³ /día
SUELO		
Porosidad N	0.3	
Conductividad hidraulica	2640	m ³ /m ² *día
Profundidad	0.3	m
GRAVA		
Porosidad N	0.3	
Conductividad hidraulica	30000	m ³ /m ² *día
Profundidad	0.3	m
VEGETACIÓN		
profundidad de humedal	0.6	m
T° agua entrada	10	
T° agua critica	3.23	
numero de humedales	1	
profundad de excavacion	1	m

Fuente: Elaboración propia

3.10.2. Diseño de rejillas y canal de aproximación

El diseño de rejillas y canal de aproximación, se realizó tomando en consideración la publicación de tratamiento preliminares (Lothar, 1981). Para poder visualizar los cálculos correspondientes (VER ANEXO 08).

3.10.3. Diseño hidráulico de desarenador

El diseño hidráulico del desarenador, se realizó tomando en consideración la publicación de tratamiento preliminares (Lothar, 1981). Para poder visualizar los cálculos correspondientes (VER ANEXO 09).

3.10.4. Diseño de canaleta Parshall

El diseño de canaleta Parshall, se realizó tomando en consideración la publicación de Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de betulia (SANTANDER) (IMAGISTER, 2018). Para poder visualizar los cálculos correspondientes (VER ANEXO 10).

3.10.5. Dimensionamiento e implementación de cámara de estabilización de sólidos

3.10.5.1. Dimensionamiento de cámara de estabilización de sólidos

$$V_{t=20} = \frac{Q_d * T * SST}{\rho} = \frac{20.154 \left(\frac{m^3}{dia} \right) \left(\frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ año}} \right) (20 \text{ años}) \left(0.147 \frac{kg}{m^3} \right)}{1350 \frac{kg}{m^3}} = 16.02 m^3$$

La cantidad de sedimento que se acumulará durante la vida útil del humedal artificial de flujo subsuperficial es de 16.02 m³ de sólidos suspendidos. El cual es perjudicial para el paso del flujo por el material granular, por tal motivo, se plantea la cámara de estabilización de sólidos como pre-tratamiento del agua residual proveniente de la Comunidad Campesina de Ocopa.

La geométrica que se plantea para la cámara de estabilización de sólidos es cuadrada.

$$V_{cam} = 9 * (1.8 + 0.3) = 18.9m^3$$

3.10.5.2. *Implementación de cámara de estabilización de sólidos*

La cámara de estabilización de sólidos presentará las siguientes dimensiones: área interna 9 m², altura total 2.1 m (1.8m altura requerida y 0.3m de borde libre).

3.10.6. Diseño e implementación de laguna de maduración

3.10.6.1. *Diseño de laguna de maduración*

El diseño de laguna de maduración, se realizó tomando en consideración la publicación de la Guía de Operación y Mantenimiento de Lagunas de Oxidación en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Reutelshofer, 2015). Para poder visualizar los cálculos correspondientes (**VER ANEXO 11**).

3.10.6.2. *Implementación de laguna de maduración*

La laguna de maduración presentará las siguientes dimensiones: longitud 12m, ancho 6m, profundidad 1.5m con un tiempo de retención de 5 días.

3.10.7. Diseño e implementación de humedal artificial de flujo subsuperficial

3.10.7.1. *Diseño de humedal artificial de flujo subsuperficial*

El diseño de humedal artificial de flujo subsuperficial, se realizó tomando en consideración la publicación de Factibilidad del diseño de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales municipales de 30.000 habitantes, (Espinoza, 2014). Para poder visualizar los cálculos correspondientes (**VER ANEXO 12**).

3.10.7.2. *Implementación de humedal artificial de flujo subsuperficial*

El humedal artificial de flujo subsuperficial presentará las siguientes dimensiones: longitud 12m, ancho 4m, profundidad 0.6m con un tiempo de retención de 0.445 días.

3.10.8. Dimensionamiento e implementación de reservorio

3.10.8.1. *Dimensionamiento de reservorio*

La geométrica que se plantea para el reservorio es cuadrada.

$$V_{\text{res}} = 9 * (1.8 + 0.3) = 18.9\text{m}^3$$

3.10.8.2. *Implementación de reservorio*

El reservorio cuadrado presentará las siguientes dimensiones: área interna 9 m², altura total 2.1 m (1.8m altura requerida y 0.3m de borde libre) (**VER ANEXO 13**).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de datos

Los resultados fueron obtenidos del análisis fisicoquímico y biológico del agua residual de la Comunidad Campesina de Ocopa, realizado en tres periodos, cada una de ellas 15 días posteriores al muestreo inicial. El muestreo compuesto se realizó en la entrada y salida del prototipo construido a escala.

En este capítulo se presenta los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y biológico del agua residual proveniente de la Comunidad Campesina de Ocopa, asimismo, de la revisión bibliográfica, para lo cual se empleó el software estadístico SPSS - 23 y la hoja de cálculo Excel - 2016, siendo presentados en tablas y diagramas de barras, donde se analizó y describió cada uno de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua residual tratada mediante humedal artificial de flujo subsuperficial.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos y biológicos, fueron realizados tomando en consideración la Guías para la calidad del agua potable publicada por la Organización Mundial de la Salud (2006), donde da a conocer los límites máximos permisibles de sustancias fisicoquímicas y biológicas, que puede contener el agua residual tratada para su evacuación a cuerpos de agua dulce (ríos cercanos), asimismo, se tomó en consideración el Decreto Supremo N° 003 - 2010 - MINAM (2010), para evacuación de agua tratada a afluentes de agua dulce.

4.2. Análisis de datos

4.2.1. Intervención de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.

Tabla 46: Análisis fisicoquímico y biológico del agua residual - CC.CC. de Ocopa

ANALISIS FISICOQUIMICO Y BIOLOGICO DEL AGUA RESIDUAL - COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA									
DESCRIPCIÓN	PRIMER PERIODO			SEGUNDO PERIODO			TERCER PERIODO		
	ENTRADA	SALIDA	REDUCCION	ENTRADA	SALIDA	REDUCCION	ENTRADA	SALIDA	REDUCCION
Fecha de muestreo	17/09/2018			02/10/2018			17/10/2018		
SST	147	96	34.69 %	143	94	34.27 %	146	92	36.99 %
DBO ₅	125	95	24.00 %	130	92	29.23 %	128	90.2	29.53 %
DQO	290	240	17.24 %	285	235	17.54 %	287	226	21.25 %
Aluminio	7.228	4.85	32.90 %	7.534	4.67	38.01 %	7.512	4.52	39.83 %
Nitrogeno total	23.45	15.2	35.18 %	24.25	14.96	38.31 %	24.32	14.67	39.68 %
Fosforo total	14.342	9.467	33.99 %	14.124	9.324	33.98 %	14.132	9.126	35.42 %
Grasas y aceites	0.46	0.34	26.09 %	0.45	0.29	35.56 %	0.44	0.28	36.36 %
PH	11.3	9.6	15.04 %	11.1	8.9	19.82 %	11.3	8.6	23.89 %
Coliformes totales	7430	4870	34.45 %	7320	4845	33.81 %	7410	4832	34.79 %

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros de análisis fueron tomando de acuerdo la hipótesis planteada, debido a que son los principales contaminantes de importancia en el tratamiento de agua residual. Asimismo, dichos parámetros permiten medir la contaminación de agua residual para luego ser tratada correctamente y posteriormente ser evacuada a cuerpos de agua dulce (Barba, 2012).

La Organización Mundial de la Salud (2006), da conocer que: “los principales contaminantes de las aguas residuales son: los sólidos suspendidos totales, DBO₅, DQO, Aluminio, Nitrógeno, Fosforo, Grasas y Aceites, PH y los Coliformes totales”. Los cuales son muy perjudiciales para las personas que consumen agua con estos contaminantes por encima de los límites máximos permisibles.

En similar línea el Ministerio del Ambiente (2010), da a conocer que: “los principales contaminantes de las aguas residuales son: el Aluminio, Nitrógeno, Fosforo, Grasas Y aceites y PH”. Los cuales degradan los suelos agrícolas en donde se emplea agua residual mal tratada en el riego de sembríos. Asimismo, el Ministerio del Ambiente (s.f.), resalta que los principales parámetros químicos para la medición de contaminantes orgánicos son la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

Respecto a todo lo afirmando podemos decir que as condiciones fisicoquímicas, biológicas, climáticas e hidráulicos de la comunidad campesina de Ocopa son adaptables.

4.2.1.1. *Intervención de los parámetros físicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.*

4.2.1.1.1. Análisis del parámetro físico: solidos suspendidos totales (SST)



Figura 39. Análisis del parámetro físico: solidos suspendidos totales (SST)

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de barras presentado, se puede visualizar que el humedal artificial de flujo subsuperficial en el primer periodo de muestreo redujo en 34.69% la concentración de sólidos suspendidos totales, en el segundo

periodo de muestreo redujo en 34.27% y en el tercer periodo de muestreo redujo en 36,99%. Teniendo como Fito remediador la Totora "Typha".

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y biológico del agua residual tratado mediante humedal artificial de flujo subsuperficial. La concentración de solidos suspendidos totales en el primer periodo fue 96 mg/L, en el segundo periodo 94 mg/L y en el tercer periodo 92 mg/L. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2006), el límite máximo permisible de concentración de solidos suspendidos totales para descarga en fuente de agua dulce es de 100 mg/L y según al Ministerio del Ambiente (2010), el límite máximo permisible de concentración de solidos suspendidos totales para aguas de uso agrícola es de 3000 mg/L. Por lo tanto, la concentración de solidos suspendidos totales en el punto de evacuación del humedal artificial de flujo subsuperficial se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles de la Organización Mundial de la Salud (2006) y el Ministerio del Ambiente (2010), en tal sentido, afirmamos que el tratamiento de aguas servidas mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa es eficiente.

4.2.1.2. *Intervención de los parámetros químicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.*

4.2.1.2.1. Análisis del parámetro químico: demanda biológica de oxígeno (DBO5)



Figura 40. Análisis del parámetro químico: demanda biológica de oxígeno (DBO5)

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de barras presentado, se puede visualizar que el humedal artificial de flujo subsuperficial en el primer periodo de muestreo redujo en 24.00% la concentración de demanda biológica de oxígeno, en el segundo periodo de muestreo redujo en 29.23% y en el tercer periodo de muestreo redujo en 29.53%. Teniendo como Fito remediador la Totora "Typha".

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y biológico del agua residual tratado mediante humedal artificial de flujo subsuperficial. La concentración de demanda biológica de oxígeno en el primer periodo fue 95 mg/L, en el segundo periodo 92 mg/L y en el tercer periodo 90.2 mg/L. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2006), el límite máximo permisible de concentración de demanda biológica de oxígeno para descarga en fuente de agua dulce es de 100 mg/L y según al Ministerio del Ambiente (2010), no especifica el límite máximo permisible de concentración de demanda biológica de oxígeno para aguas de uso agrícola. Por lo tanto, la

concentración de demanda biológica de oxígeno en el punto de evacuación del humedal artificial de flujo subsuperficial se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles de la Organización Mundial de la Salud (2006) y el Ministerio del Ambiente (2010), en tal sentido, afirmamos que el tratamiento de aguas servidas mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa es eficiente.

4.2.1.2.2. Análisis del parámetro químico: demanda química de oxígeno (DQO)

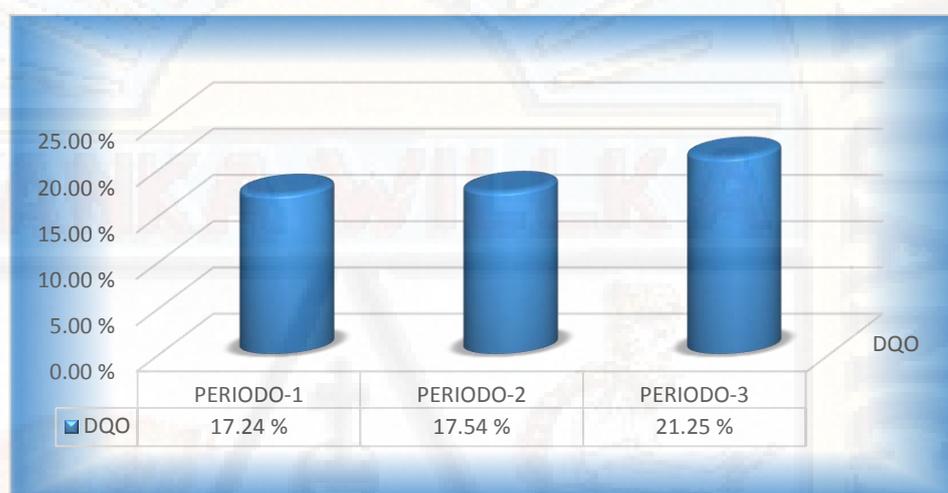


Figura 41. Análisis del parámetro químico: demanda química de oxígeno (DQO)

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de barras presentado, se puede visualizar que el humedal artificial de flujo subsuperficial en el primer periodo de muestreo redujo en 17.24% la concentración de demanda química de oxígeno, en el segundo periodo de muestreo redujo en 17.54% y en el tercer periodo de muestreo redujo en 21.25%. Teniendo como Fito remediador la Totora "Typha".

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y biológico del agua residual tratado mediante humedal artificial de flujo subsuperficial. La concentración de demanda química de oxígeno en el primer periodo fue 240 mg/L, en el segundo periodo 235 mg/L y en el tercer periodo 226 mg/L. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2006), el límite máximo permisible de concentración de demanda química de oxígeno para descarga

en fuente de agua dulce es de 250 mg/L y según al Ministerio del Ambiente (2010), no especifica el límite máximo permisible de concentración de demanda química de oxígeno para aguas de uso agrícola. Por lo tanto, la concentración de demanda química de oxígeno en el punto de evacuación del humedal artificial de flujo subsuperficial se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles de la Organización Mundial de la Salud (2006) y el Ministerio del Ambiente (2010), en tal sentido, afirmamos que el tratamiento de aguas servidas mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa es eficiente.

4.2.1.2.3. Análisis del parámetro químico: Aluminio

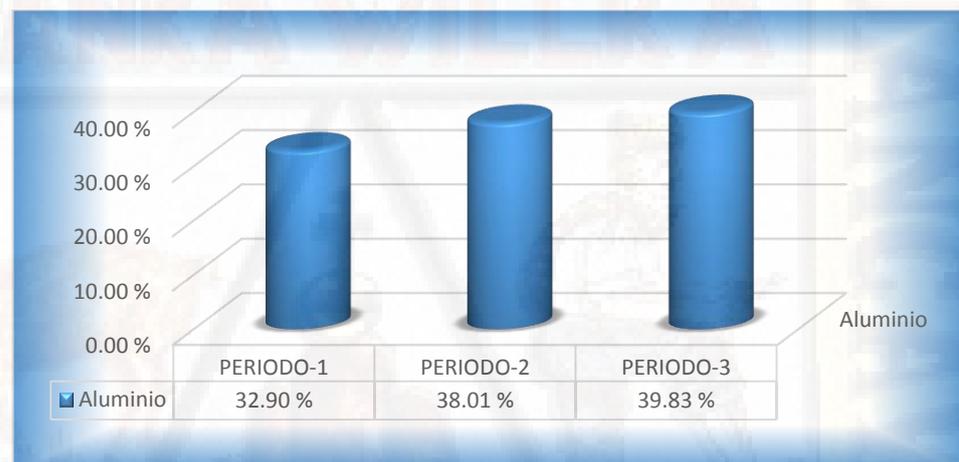


Figura 42. Análisis del parámetro químico: Aluminio

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de barras presentado, se puede visualizar que el humedal artificial de flujo subsuperficial en el primer periodo de muestreo redujo en 32.90% la concentración de aluminio, en el segundo periodo de muestreo redujo en 38.01% y en el tercer periodo de muestreo redujo en 39.83%. Teniendo como Fito remediador la Totora "Typha".

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y biológico del agua residual tratado mediante humedal artificial de flujo subsuperficial. La concentración de aluminio en el primer periodo fue 4.85 mg/L, en el segundo periodo 4.67 mg/L y en el tercer periodo 4.52 mg/L. De acuerdo a la

Organización Mundial de la Salud (2006), el límite máximo permisible de concentración de aluminio para descarga en fuente de agua dulce es de 5 mg/L y según al Ministerio del Ambiente (2010), el límite máximo permisible de concentración de aluminio para aguas de uso agrícola es de 5 mg/L. Por lo tanto, la concentración de aluminio en el punto de evacuación del humedal artificial de flujo subsuperficial se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles de la Organización Mundial de la Salud (2006) y el Ministerio del Ambiente (2010), en tal sentido, afirmamos que el tratamiento de aguas servidas mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa es eficiente.

4.2.1.2.4. Análisis del parámetro químico: Nitrógeno total



Figura 43. Análisis del parámetro químico: Nitrógeno total

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de barras presentado, se puede visualizar que el humedal artificial de flujo subsuperficial en el primer periodo de muestreo redujo en 35.18% la concentración de nitrógeno total, en el segundo periodo de muestreo redujo en 38.31% y en el tercer periodo de muestreo redujo en 39.68%. Teniendo como Fito remediador la Totora "Typha".

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y biológico del agua residual tratado mediante humedal artificial de flujo subsuperficial. La

concentración de nitrógeno total en el primer periodo fue 15.2 mg/L, en el segundo periodo 14.96 mg/L y en el tercer periodo 14.67 mg/L. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2006), el límite máximo permisible de concentración de nitrógeno total para descarga en fuente de agua dulce es de 15 mg/L y según al Ministerio del Ambiente (2010), no especifica el límite máximo permisible de concentración de nitrógeno total para aguas de uso agrícola. Por lo tanto, la concentración de nitrógeno total en el punto de evacuación del humedal artificial de flujo subsuperficial se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles de la Organización Mundial de la Salud (2006) y el Ministerio del Ambiente (2010), en tal sentido, afirmamos que el tratamiento de aguas servidas mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa es eficiente.

4.2.1.2.5. Análisis del parámetro químico: Fosforo total

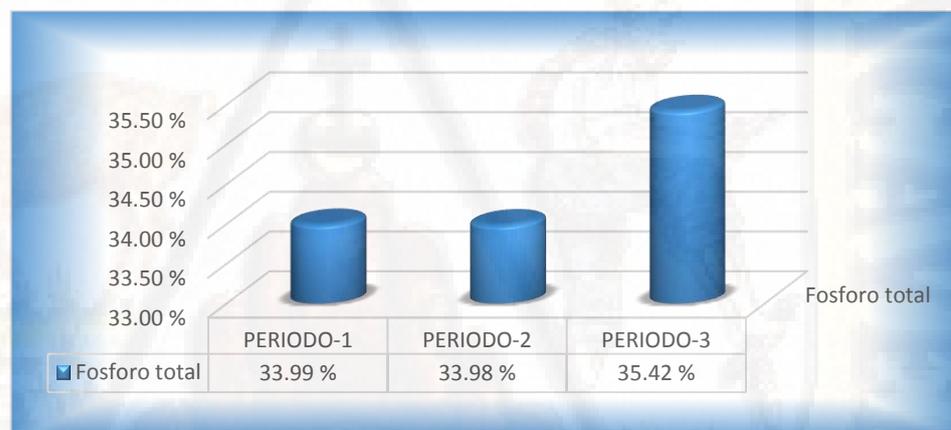


Figura 44. Análisis del parámetro químico: Fosforo total

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de barras presentado, se puede visualizar que el humedal artificial de flujo subsuperficial en el primer periodo de muestreo redujo en 33.99% la concentración de fósforo total, en el segundo periodo de muestreo redujo en 33.98% y en el tercer periodo de muestreo redujo en 35.42%. Teniendo como Fito remediador la Totora "Typha".

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y biológico del agua residual tratado mediante humedal artificial de flujo subsuperficial. La concentración de fósforo total en el primer periodo fue 9.467 mg/L, en el segundo periodo 9.324 mg/L y en el tercer periodo 9.126 mg/L. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2006), el límite máximo permisible de concentración de fósforo total para descarga en fuente de agua dulce es de 10 mg/L y según al Ministerio del Ambiente (2010), no especifica el límite máximo permisible de concentración de fósforo total para aguas de uso agrícola. Por lo tanto, la concentración de fósforo total en el punto de evacuación del humedal artificial de flujo subsuperficial se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles de la Organización Mundial de la Salud (2006) y el Ministerio del Ambiente (2010), en tal sentido, afirmamos que el tratamiento de aguas servidas mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa es eficiente.

4.2.1.2.6. Análisis del parámetro químico: grasas y aceites

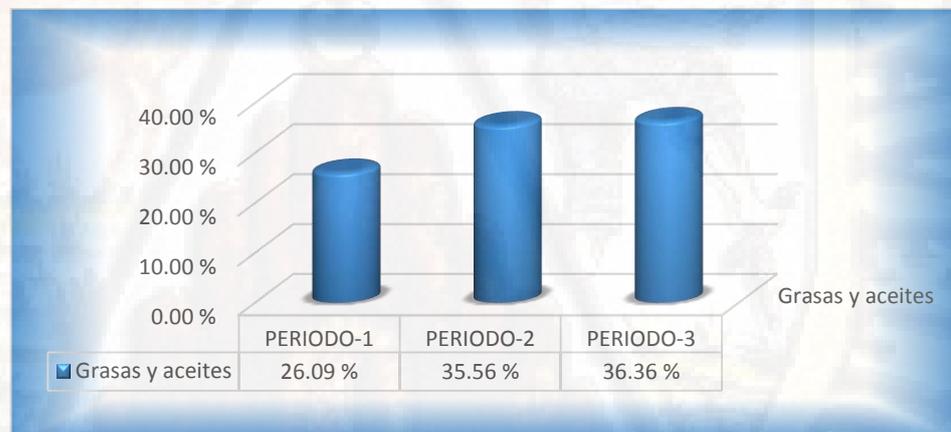


Figura 45. Análisis del parámetro químico: grasas y aceites

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de barras presentado, se puede visualizar que el humedal artificial de flujo subsuperficial en el primer periodo de muestreo redujo en 26.09% la concentración de grasas y aceites, en el segundo periodo de muestreo redujo en 35.56% y en el tercer periodo de muestreo redujo en 36.36%. Teniendo como Fito remediador la Totora "Typha".

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y biológico del agua residual tratado mediante humedal artificial de flujo subsuperficial. La concentración de grasas y aceites en el primer periodo fue 0.34 mg/L, en el segundo periodo 0.29 mg/L y en el tercer periodo 0.28 mg/L. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2006), el límite máximo permisible de concentración de grasas y aceites para descarga en fuente de agua dulce es de 3 mg/L y según al Ministerio del Ambiente (2010), el límite máximo permisible de concentración de grasas y aceites para aguas de uso agrícola es de 3 mg/L. Por lo tanto, la concentración de grasas y aceites en el punto de evacuación del humedal artificial de flujo subsuperficial se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles de la Organización Mundial de la Salud (2006) y el Ministerio del Ambiente (2010), en tal sentido, afirmamos que el tratamiento de aguas servidas mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa es eficiente.

4.2.1.2.7. Análisis del parámetro químico: Potencial de Hidrogeno

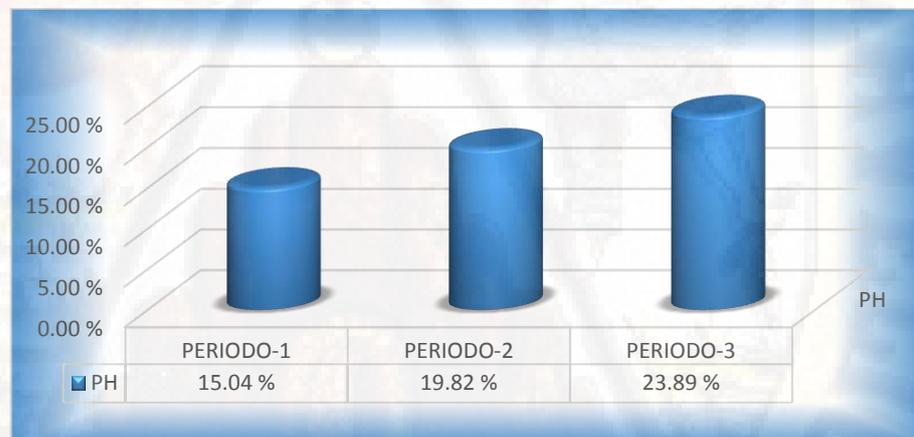


Figura 46. Análisis del parámetro químico: Potencial de Hidrogeno
Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de barras presentado, se puede visualizar que el humedal artificial de flujo subsuperficial en el primer periodo de muestreo redujo en 15.04% la concentración de iones hidrogeno, en el segundo periodo de muestreo redujo en 19.82% y en el tercer periodo de muestreo redujo en 23.89%. Teniendo como Fito remediador la Totora "Typha".

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y biológico del agua residual tratado mediante humedal artificial de flujo subsuperficial. La concentración de iones hidrogeno en el primer periodo fue 9.6, en el segundo periodo 8.9 y en el tercer periodo 8.6. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2006), el límite máximo permisible de concentración de iones hidrogeno para descarga en fuente de agua dulce es de 5 a 9 y según al Ministerio del Ambiente (2010), el límite máximo permisible de concentración de iones hidrogeno para aguas de uso agrícola es de 6 a 9. Por lo tanto, la concentración de iones hidrogeno en el punto de evacuación del humedal artificial de flujo subsuperficial se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles de la Organización Mundial de la Salud (2006) y el Ministerio del Ambiente (2010), en tal sentido, afirmamos que el tratamiento de aguas servidas mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa es eficiente.

4.2.1.3. *Intervención de los parámetros biológicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.*

4.2.1.3.1. Análisis del parámetro biológico: Índice de Coliformes Totales



Figura 47. Análisis del parámetro biológico: Índice de Coliformes totales
Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de barras presentado, se puede visualizar que el humedal artificial de flujo subsuperficial en el primer periodo de muestreo redujo en 34.45% los niveles de contaminación de Coliformes totales, en el segundo periodo de muestreo redujo en 33.81% y en el tercer periodo de muestreo redujo en 34.79%. Teniendo como Fito remediador la Titora "Typha".

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y biológico del agua residual tratado mediante humedal artificial de flujo subsuperficial. El nivel de contaminación de Coliformes totales en el primer periodo fue 4870 Nmp/100ml, en el segundo periodo 4845 Nmp/100ml y en el tercer periodo 4832 Nmp/100ml. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2006), el límite máximo permisible de nivel de contaminación de Coliformes totales para descarga en fuente de agua dulce es de 5000 Nmp/100ml y según al Ministerio del Ambiente (2010), no especifica el límite máximo permisible de nivel de contaminación de Coliformes totales para aguas de uso agrícola. Por lo tanto, el nivel de contaminación de Coliformes totales en el punto de evacuación del humedal artificial de flujo subsuperficial se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles de la Organización Mundial de la Salud (2006) y el Ministerio del Ambiente (2010), en tal sentido, afirmamos que el tratamiento de aguas servidas mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa es eficiente.

Tabla 47*Resumen de reducción de los agentes contaminantes - Ocopa*

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL - COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPIA						
			PRIMER PERIODO	SEGUNDO PERIODO	TERCER PERIODO	
DESCRIPCIÓN	UND	METODO	REDUCCION	REDUCCION	REDUCCION	REDUCCION
Fecha de muestreo	-	-	17/09/2018	02/10/2018	17/10/2018	PROMEDIO
SST	mg/l	APHA 2540 B	34.69 %	34.27 %	36.99 %	35.32 %
DBO5	mg/l	APHA 5210 B	24.00 %	29.23 %	29.53 %	27.59 %
DQO	mg/l	PNE/DPEC/A/SM5220 D	17.24 %	17.54 %	21.25 %	18.68 %
Aluminio	mg/l	APHA 3111 D	32.90 %	38.01 %	39.83 %	36.91 %
Nitrogeno total	mg/l	APHA 4500 Norg C	35.18 %	38.31 %	39.68 %	37.72 %
Fosforo total	mg/l	APHA 4500 PC	33.99 %	33.98 %	35.42 %	34.47 %
Grasas y aceites	mg/l	SOXHLET	26.09 %	35.56 %	36.36 %	32.67 %
PH	-	ANALITICO	15.04 %	19.82 %	23.89 %	19.59 %
Coliformes totales	Nmp/100ml	APHA 9221 B	34.45 %	33.81 %	34.79 %	34.35 %

De acuerdo a los resultados presentados, el tratamiento de aguas residuales provenientes de la Comunidad Campesina de Ocopa mediante sistema de tratamiento de humedales artificiales de flujo subsuperficial redujo en promedio los agentes contaminantes en: 35.32% SST, 27.59% DBO5, 18.68% DQO, 36.91% Aluminio, 37.72% Nitrógeno total, 34.47% Fosforo total, 32.67% Grasas y aceites, 19.59% PH y 34.35% Coliformes totales.

4.2.2. Intervención de los parámetros climáticos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo sub superficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.

4.2.2.1. Análisis del parámetro climático: Temperatura

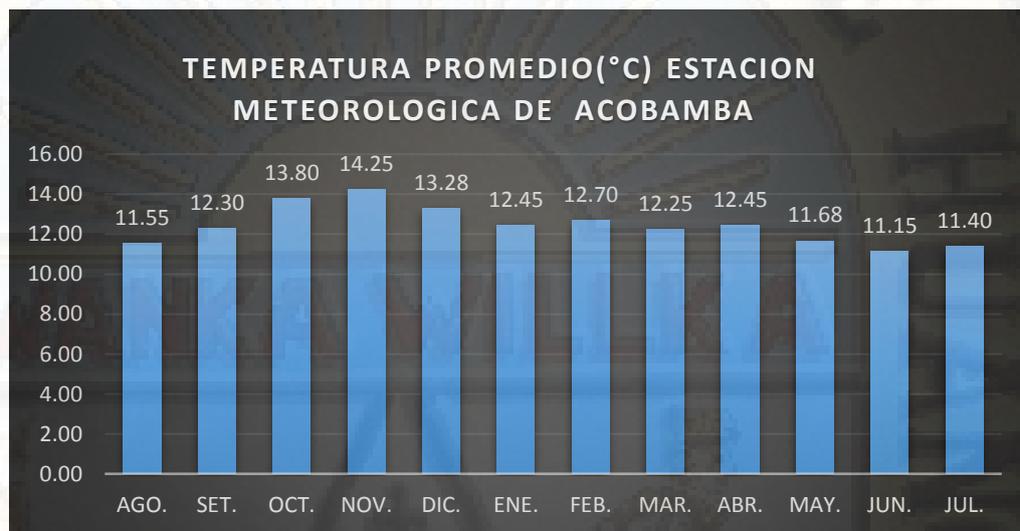


Figura 48. Temperatura promedio (°C) estación meteorológica de Acobamba
Fuente: Elaboración propia

El clima de la Comunidad Campesina de Ocopa es templado moderado lluvioso, manifiesta un invierno seco templado en el día y frígido en la noche, con una temperatura promedio que varía entre los 12°C y 15°C (MPAL, 2009).

De acuerdo a los datos solicitados a la oficina de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2017), se obtuvo una temperatura promedio de 12.44°C. Según Norma OS.090 (2006), la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C) considerándose que el agua residual es industrial. En el caso de la Comunidad Campesina de Ocopa las aguas servidas provienen del uso doméstico, en tanto, baja concentración de contaminantes. Los resultados obtenidos demuestran que el humedal artificial de flujo subsuperficial funciona eficientemente en la reducción de agentes patógenos, en tal sentido,

afirmamos que el tratamiento de aguas servidas mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa es eficiente.

4.2.3. Influencia de parámetros hidráulicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.

4.2.3.1. Análisis del parámetro hidráulico: Caudal

Tabla 48

Calculo de caudal máximo de diseño

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
Agua residual	18.519	m3/dia
Evapotranspiración	0.2034	m3/dia
Precipitación	1.8384	m3/dia
Total	20.154	m3/dia

Fuente: Elaboración propia

El caudal máximo de diseño obtenido fue de 20.154 m³/día para el tratamiento mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa. En la investigación realizada por De la Mora, y otros (2014), realizaron la construcción de humedales artificiales para el tratamiento 30 m³/día de aguas servidas de la granja de cerdos Santa María, obteniendo resultados satisfactorios en la reducción de agentes patógenos.

Reyes y Reyes (2008), construyeron un humedal artificial de flujo subsuperficial a nivel piloto, para el tratamiento de 19.44 m³/día de agua servida proveniente del distrito de Chao - Virú, Región la Libertad, obteniendo resultados satisfactorios en la reducción de agentes patógenos.

Respecto a lo diferido en líneas anteriores, la Comunidad Campesina de Ocopa evacua 20.154 m³/día de agua residual, muy inferior a comparación a la granja de cerdos Santa María y el distrito de Chao - Virú, por lo tanto, afirmamos que es viable realizar el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la Comunidad Campesina de Ocopa.

4.2.4. Diseño de sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay

4.2.4.1. Pre-tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay

Las dimensiones a detalle de los componentes: cámara de rejillas, desarenador y canaleta Parshall se pueden apreciar en la sección de anexos **(VER ANEXO 13)**.

La cámara de estabilización de sólidos presentará las siguientes dimensiones: área interna 9 m², altura total 2.1 m (1.8m altura requerida y 0.3m de borde libre). A mayor detalle se puede apreciar en la sección de anexos **(VER ANEXO 13)**.

La laguna de maduración presentará las siguientes dimensiones: longitud 12m, ancho 6m, profundidad 1.5m con un tiempo de retención de 5 días. A mayor detalle se puede apreciar en la sección de anexos **(VER ANEXO 13)**.

4.2.4.2. Tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay

El humedal artificial de flujo subsuperficial presentará las siguientes dimensiones: longitud 12m, ancho 4m, profundidad 0.6m con un tiempo de retención de 0.445 días. A mayor detalle se puede apreciar en la sección de anexos **(VER ANEXO 13)**.

4.2.4.3. Almacenamiento de aguas residuales tratadas mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay

El reservorio cuadrado presentará las siguientes dimensiones: área interna 9 m², altura total 2.1 m (1.8m altura requerida y 0.3m de borde libre). A mayor detalle se puede apreciar en la sección de anexos **(VER ANEXO 13)**.

4.3. Discusión de resultados

Tras describir y analizar los diferentes resultados obtenidos de las muestras obtenidas previa y posteriormente al paso por el sistema que comprende el humedal artificial, procede ahora realizar unas discusiones que sirvan para consolidar lo obtenido, al tiempo que suponga una futura línea para nuevas investigaciones.

Vamos a centrar la discusión en aquellos aspectos mas relevantes que se han extraído de los resultados obtenidos.

4.3.1. Discusión sobre el diseño del sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo sub superficial en la Comunidad Campesina de Ocopa – Distrito Lircay.

El sistema de depuración de aguas residuales cuenta con los siguientes componentes: Pre – Tratamiento (cámara de rejas, desarenador, canaleta parshal, laguna de maduración y cámara de estabilización de solidos), Tratamiento (humedal artificial de flujo subsuperficial) y almacenamiento (Reservorio). Los cuales han sido diseñados bajo el cumplimiento de ciertos parámetros los cuales aseguran el buen funcionamiento de todos los componentes (Ver Anexo 08 al 13). Esto nos indica que el sistema diseñado cumple con los parámetros para su correcto funcionamiento.

4.3.2. Discusión sobre la intervención de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo sub superficial en la Comunidad Campesina de Ocopa – Distrito Lircay.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y biológico del agua residual tratada mediante humedal artificial de flujo subsuperficial, se redujo en promedio los agentes contaminantes en: 35.32% SST, 27.59% DBO5, 18.68% DQO, 36.91% Aluminio, 37.72% Nitrógeno total, 34.47% Fosforo total, 32.67% Grasas y aceites, 19.59% PH y 34.35% Coliformes totales. La Organización

Mundial de la Salud (2006) nos da a conocer que todos estos son los principales contaminantes y son muy perjudiciales para las personas que consumen agua, por lo tanto, podemos afirmar que la aplicación de nuestro proyecto va a reducir en un porcentaje considerable los contaminantes fisicoquímicos y biológicos del agua que consume la población de la Comunidad Campesina de Ocopa – Distrito Lircay.

4.3.3. Discusión sobre la intervención de los parámetros climáticos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo sub superficial en la Comunidad Campesina de Ocopa – Distrito Lircay.

De acuerdo a los datos solicitados a la Oficina de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología se obtuvo una temperatura promedio de 12.44°C para la Comunidad Campesina de Ocopa. Y, según la norma OS.090 (2006), la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura están generalmente de 5 Días y a 20°C, por lo que para la ubicación de nuestro proyecto que se encuentra con una temperatura promedio (12.44°C) menor a la indicada, afirmamos que el tratamiento de aguas residuales mediante flujo sub superficial funciona eficientemente en la reducción de agentes patógenos.

CONCLUSIONES

En definitiva, del presente Informe de Investigación (Informe Final), al revisar y realizar un estudio minucioso, se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1) Se ha diseñado un sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa – distrito Lircay, lo cual presenta los siguientes componentes: pre-tratamiento (cámara de rejillas, desarenador, canaleta Parshall, laguna de maduración y cámara de estabilización de sólidos), tratamiento (humedal artificial de flujo subsuperficial) y almacenamiento (reservorio).
- 2) Se ha determinado la intervención de los parámetros fisicoquímicos y biológicos, los cuales intervienen de manera eficiente en la depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.
- 3) Se ha determinado la intervención de los parámetros climáticos, para lo cual la temperatura promedio de la Comunidad Campesina de Ocopa es de 12.44°C. condición óptima que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica, por lo que se concluye que intervienen de manera eficiente en la depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.
- 4) Se ha determinado la intervención de los parámetros hidráulicos, para lo cual la Comunidad Campesina de Ocopa evacua 20.154 m³/día de agua residual, muy inferior a comparación a la granja de cerdos Santa María y el distrito de Chao - Virú, por lo tanto, afirmamos que intervienen de manera eficiente y que es viable realizar el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la Comunidad Campesina de Ocopa.
- 5) La implementación de un sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa es

recomendable, debido a que este sistema es adaptable a las condiciones fisicoquímicas, biológicas, climáticas e hidráulicos de la zona.



RECOMENDACIONES

Se hace las siguientes recomendaciones a las entidades que corresponde, sobre la implementación de nuevos sistemas de depuración de aguas residuales para pequeños poblados y zonas rurales:

- 1) Al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, tomar en consideración el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial como una alternativa de solución para proyectos de saneamiento rural, debido a su eficiencia en la depuración de agentes patógenos.
- 2) Al Gobierno Regional de Huancavelica, a desarrollar proyectos de saneamiento rural tomando en consideración el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial.
- 3) A la Gerencia Sub Regional de Angaraes, a desarrollar proyectos de saneamiento rural tomando en consideración el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial.
- 4) A la Municipalidad Distrital de Lircay, a desarrollar proyectos de saneamiento rural tomando en consideración el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial.
- 5) Materialización del sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa, debido a que este sistema es adaptable a las condiciones fisicoquímicas, biológicas, climáticas e hidráulicos de la zona.

REFERENCIAS

- Aguero, R. (2003). *Agua potable para poblaciones rurales*. Lima - Perú.
- Alianza por el agua. (23 de Julio de 2018). *Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento*. Obtenido de Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento: <http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t/t6.html>
- Archila, L., Mendez, F., Marquez, J., & Cuesta, T. (2012). *Tratamiento de aguas residuales*. Caldas - Colombia.
- Autoridad Nacional del Agua. (2011). *Autorización de vertido de aguas residuales tratadas*. Lima, Perú.
- Banco Mundial. (14 de Abril de 2018). Obtenido de <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>
- Barba, L. (2012). *Conceptos basicos de la contaminación del agua y sus parametros de medición*. Santiago de Cali: Universidad del Valle, Area Academica Ingenieria Sanitaria y Ambiental.
- Bedoya, J. C., Ardila, A. N., & Reyes, J. (2014). *Evaluacion de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de aguas residuales generadas en la Institucion Universidad Mayor de Antioquia, Colombia*. Mexico.
- Bernal F., M. D., H., M., D., G., R., G., A., P., & M., S. (2004). *Humedales artificiales para el tratamiento de las aguas residuales de la cooperacion universitaria de la Costa*. Cali - Colombia.
- Cooper, P. (1996). *Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment*. Swindon: WRc.
- De la Mora, C., Saucedo Teran, R., Barrientos Juarez, E., Gomez Rosales, S., Gonzales Acuña, I., & Dominguez Araujo, G. (2014). *Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcícolas*.
- Delgadillo, O., Camacho, C., Perez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba - Bolivia.
- Echarri, L. (2007). *Población, ecología y ambiente*. Pamplona - España.
- Espinoza, O. C. (2014). *Factibilidad del diseño de un humedad de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales municipales de 30.000 habitantes*, . Bogota D.C.: Escuela colombiana de Ingenieria, enfasis en hidraulicos. Maestria en Ingenieria Civil.
- Galindo, V., & Ruiz, V. M. (2007). *Evaluación, diagnostico y mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales de flujo*

subsuperfiales en el AAHH OASIS - Villa el Salvador. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental.

González, C. (2011). *La turbidez*.

Gonzales, O., & Deas, G. (2011). Metodología para el diseño de huamedales con flujo subsuperficial horizontal. *Revista de Ingeniería hidráulica y ambiental*, 61 - 70.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación Científica*. Mexico: McGRAWHILL/INTERAMERICANA EDITORES, SA DE C.V.

IAGUA. (11 de Abril de 2018). *iAgua Magazine 19*. Obtenido de Agua en la economía circular: <https://www.iagua.es/blogs/carolina-miguel/los-humedales-artificiales-componentes-y-tipos>

IMAGISTER. (13 de Abril de 2018). *Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de betulia (SANTANDER)*. Obtenido de https://www.emagister.com/uploads_user_home/Comunidad_Emagister_2621_residuales.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2007). *Censo Nacional 2007 XI de población y VI de vivienda*. Lima - Perú.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2007). *Junin directorio de Centros Poblados y población dispersa*. Junin - Perú.

Jaramillo, M., Agudelo, R., & Puñuelo, G. (2016). *Optimización del tratamiento de aguas residuales de cultivo de flores usando humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal*. Colombia.

Jimeno, B. (1993). *Análisis de agua y desagüe*. Lima - Perú.

Jimeno, B. (1993). *Análisis de agua y desagüe*. Lima: Ingeniería Ambiental.

Kadlec, R., Bastiacens, W., & Urban, D. (1993). Hydrological design of free water surface treatment wetlands. In G. Moshiri (ed). *Constructed wetlands for water quality improvement*; Lewis Publishers, Chelsea, 77-86.

Kolb, P. (1998). *Design of a constructed wetland (pilot plant) for the reclamation of the river Besós*. Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Diplomingenieur, Universität für Bodenkultur.

Llagas, W., & Guadalupe, E. (2006). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 85-96.

- Lothar, M. (1981). *Tratamientos preliminares*. Lima: CEPIS.
- Lovera, D., Quipuzco, L., Laureano, G., Becerra, C., & Valencia, N. (2006). Adaptación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en la Comunidad Urbana de Lacabamba, Región Ancash, Perú, usando tecnologías de humedales artificiales. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG - UNMSM*, 32-43.
- Marsilli, A. (2005). *Tratamiento de aguas residuales*. Medellin - Colombia.
- Meruane, C., & Garreaud, R. (2006). *Determinación de la humedad en la atmósfera*. Chile.
- Minchola, J. L., & Gonzales, F. (2013). *Humedales artificiales en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la mina Barrick*. Trujillo - Perú.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, M. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima - Perú.
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Decreto Supremo N° 003 - 2010 - MINAM*. Lima - Perú.
- Ministerio del Ambiente. (s.f.). *Guía N° 5: Elaboración del reporte anual de gases de efecto invernadero - sector desechos. Categoría: tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas*. Lima, Perú: Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales. Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos.
- Mott, R. L. (1996). *Mecánica de fluidos aplicada*. Mexico: Pearson Educación.
- MPA. (2016). *Plan de desarrollo concertado de la provincia de Angaraes al 2021*. Lircay: Municipalidad Provincial de Angaraes.
- MPAL. (2009). *Plan de desarrollo urbano de Lircay - Huancavelica*. Lircay: Municipalidad provincial de Angaraes- Lircay.
- Municipalidad Provincial de Angaraes. (2009). *Plan de desarrollo urbano de la provincia de Angaraes - Lircay*. Lircay: Municipalidad Provincial de Angaraes - Lircay.
- Muñoz, C. A. (2008). *Caracterización y tratamiento de aguas residuales*. Hidalgo: Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.
- Norma OS.090. (2006). *planta de tratamiento de aguas residuales*. Lima - Perú.
- Nuevo, D. (15 de Abril de 2018). *TECPA*. Obtenido de Los procesos de depuración de aguas residuales: <http://www.tecpa.es/tratamientos-procesos-depuracion-aguas-residuales/>
- Núñez, R. (2016). *Tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel familiar, con Humedales Artificiales de flujo subsuperficial Horizontal, mediante la especie macrófita emergente Cyperus Papyrus (Papiro)*. Lima: Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. E.P. Ingeniería Ambiental.
- OEFA. (2014). *Aguas residuales*. Lima - Perú.

- OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en Aguas Residuales*. Peru, Lima: Ministerio del Ambiente.
- Olivos, O. E. (2010). *Tratamiento Primario*. Lima, Perú.
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable (Primer apéndice)*. Ginebra, Suiza: OMS.
- OMS. (14 de Abril de 2018). *Organización Mundial de Salud*. Obtenido de El Agua:
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>
- OPS. (2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES*. Lima: OMS.
- Orellana, J. (5 de Noviembre de 2005). *Características de los líquidos reesiduales*. Obtenido de Ingeniería Sanitaria:
http://www.firro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_08_Caracteristicas_de_Liquidos_Residuales.pdf.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable (Primer apéndice)*. Ginebra - Suiza.
- Paredes, J. (14 de Abril de 2018). *Importancia del agua*. Obtenido de
<http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>
- Quezada, N. (2015). *Metodología de la investigación*. Lima - Perú: Editorial Macro.
- Rejia, A. (2013). *Humedales artificiales como sistemas naturales de depuración de aguas residuales*.
- Reutelshofer, T. (2015). *Guía de Operación y Mantenimiento de Lagunas de Oxidación en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. La Paz, Bolivia: PERIAGUA.
- Reyes, J., & Reyes, J. (2008). *Depuración de aguas residuales, usando humadales artificiales subsuperficiales en el distrito de Chao*. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agrícola.
- Rojas, R. (2002). *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud.
- Romero, A., Colin, A., Sanchez, E., & Ortiz, L. (2009). *Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de carga orgánica*. Mexico.
- Segere, C., & Villodas, R. (2006). *Hidrología I*. Mendoza - Argentina.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2017). *Parametros climatologicos - estacion meteorologica de Acobamba*. Lima.

Severiche, C. A., Castillo, M. E., & Acevedo, R. L. (2013). *Manual de metodos analiticos para la determinacion de parametros fisicoquimicos basicos en el agua*. Cartagena de Indias - Colombia.

Silva, A. (s.f.). *Determinación de población y muestra*.

SUNASS. (2015). *Diagnostico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ambito de operacion de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. Lima - Perú.

Troya, V., Inchausty, V., & Pazmiño, A. (2008). *Evaluación de mejores prácticas en manejo de agua y biodiversidad*. Proyecto fortalecimiento de capacidades locales para la sustentabilidad en el manejo de agua y biodiversidad en Ecuador y Bolivia. UCIN. Oficina Regional para América del Sur.

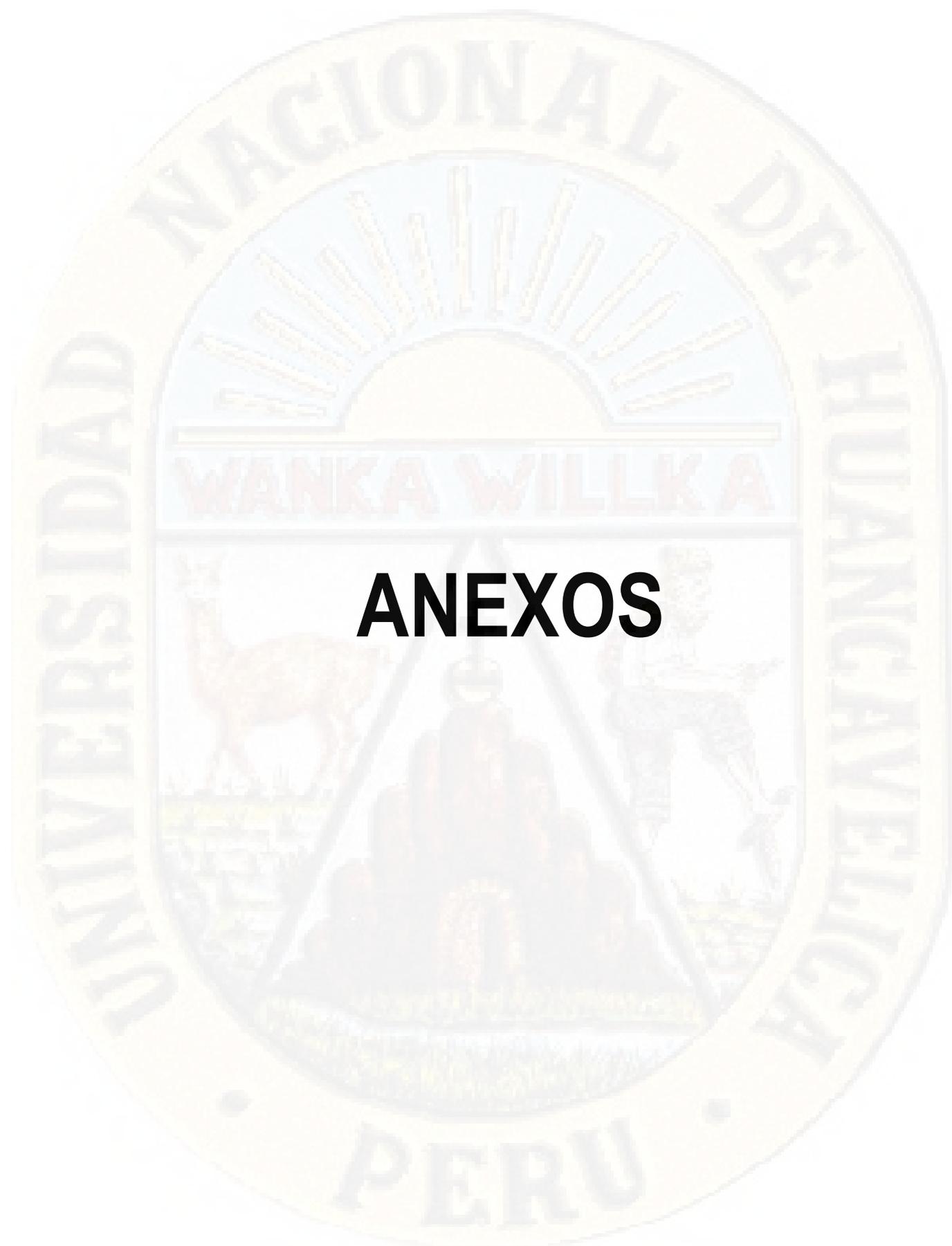
Universidad Nacional de Colombia. (2014). *Modelo de conductividad hidraulica en suelos*. Bogotá - Colombia.

Vargas, C. (1996). *Lagunas de estabilización: Características microbiologicas de las aguas residuales*. Lima - Perú.

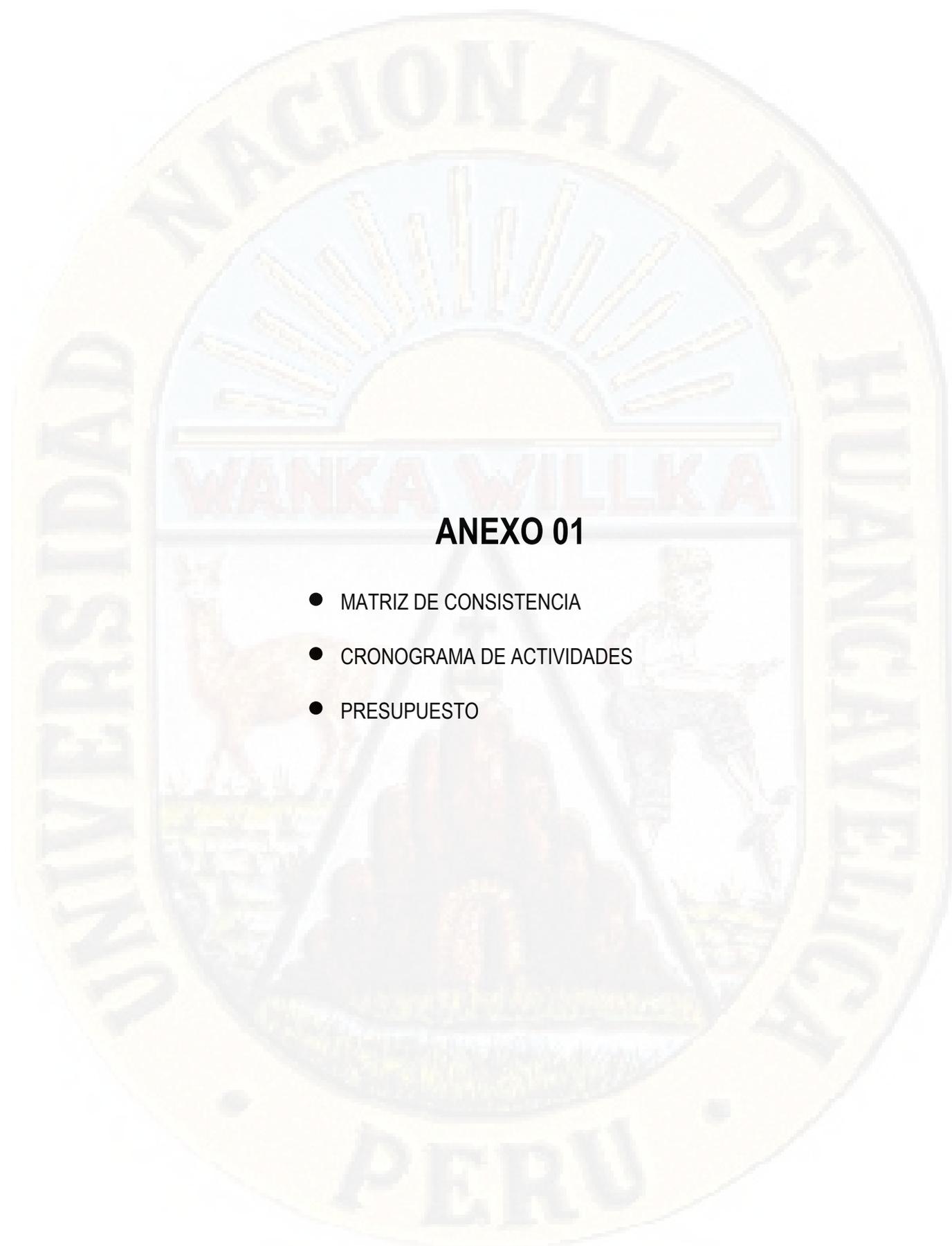
Villarroel, C. (2005). *Tratamiento terciario del alfuente de la planta de tratamiento de aguas residuales el cortijo para uso agricola con humedales construidos de flujo superficial*. Trujillo - Perú: Universidad Nacional de Trujillo.

Villón, M. (2002). *Hidrologia*. Lima - Perú: Editorial Villón.

World Health Organization. (1987). *Wastewater Stabilization Ponds: Principles of Planning and Practica*. Alexandria, Egypt: WHO EMRO Technical Publication.



ANEXOS



ANEXO 01

- **MATRIZ DE CONSISTENCIA**
- **CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**
- **PRESUPUESTO**

TITULO: "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUAS MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA- DISTRITO LIRCAY"					
PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>Problema General</p> <p>¿Cuál es el diseño de un sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay?</p> <p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿De qué manera intervienen los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay? • ¿De qué manera intervienen los parámetros climáticos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay? • ¿Cómo influyen los parámetros hidráulicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la comunidad campesina de Ocopa - Distrito Lircay? 	<p>Objetivo General</p> <p>Diseñar un sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la intervención de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay. • Determinar la intervención de los parámetros climáticos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo sub superficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay. • Determinar la influencia de parámetros hidráulicos en el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito Lircay. 	<p>VI: HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL</p>	<p>PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Físicos • Químicos • Biológicos 	<p>METODO</p> <p>Método Científico – Deductivo</p> <p>TIPO</p> <p>Aplicada</p> <p>NIVEL</p> <p>Explicativo</p> <p>DISEÑO</p> <p>No Experimental - Longitudinal</p> <p>POBLACION</p> <p>Representada por el sistema de depuración de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo subsuperficial construido a escala en la Comunidad Campesina de Ocopa.</p> <p>MUESTRA</p> <p>6 muestras compuestas tomadas en el afluente y efluente del componente de tratamiento mediante humedal artificial de flujo subsuperficial construido a escala en la Comunidad Campesina de Ocopa.</p>
			<p>PARÁMETROS CLIMATICOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura. • Precipitación • Humedad Relativa *Evapotranspiración 	
			<p>PARÁMETROS HIDRAULICOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Caudal. • Velocidad. • Numero de Reynolds • Conductividad hidráulica • Viscosidad • Porosidad 	
			<p>AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grasas y aceites • Materia orgánica • Gérmenes patógenos 	
			<p>AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Materia orgánica • Metales • Sólidos en suspensión 	
			<p>AGUAS RESIDUALES AGRICOLAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos macroscópicos • Materias en suspensión • Materias disueltas 	
		<p>VD: DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</p>			

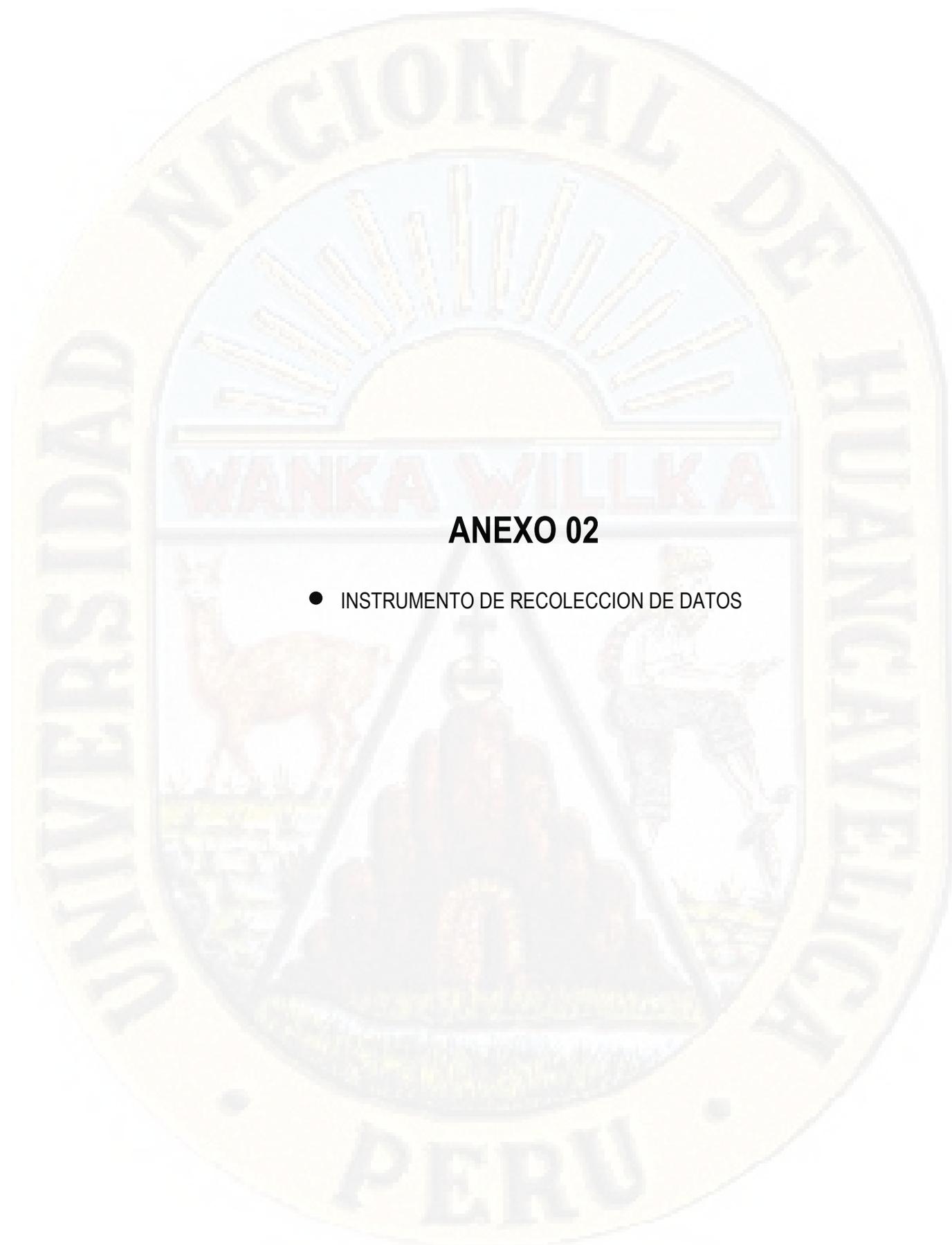
Cronograma de actividades

ACTIVIDAD	2018					
	Jul	Agot	Set	Oct	Nov	Dic
1. Revisión del Reglamento de Grados y Títulos - Esquema del Plan de Tesis	x					
2. Elaboración del plan de tesis	x	x				
3. Presentación del plan de tesis		x				
4. Designación de docente asesor y miembros del jurado para el proyecto de investigación		x				
5. Opinión del proyecto de investigación por los miembros del jurado y asesor		x				
6. Revisión y Aprobación del plan de tesis		x				
7. Ampliación del marco teórico			x			
8. Elaboración de encuesta y recolección de datos			x	x		
9. Procesamiento de la información e interpretación de los resultados				x	x	
10. Presentación del informe de tesis y aprobación por los miembros del jurado					x	x
11. Sustentación de la tesis						x

Fuente: Elaboración Propia

DETALLE	CAN T.	Unidad Medida	PREC. UNIT. (S/.)	SUB TOTAL (S/.)	TOTAL (S/.)
BIENES					1310,00
Textos de Consulta	4	U	125	500	
Papel Bond 80 g	2	Mill	25	50	
Lapiceros	5	U	4	20	
Lápices	5	U	2	10	
Memoria USB	2	U	40	80	
Fólder	10	U	1	10	
Tinta para impresora	2	U	70	140	
Otros				100	
SERVICIOS					3155,00
Alquiler de Internet		GLB		50	
Copias fotostáticas e impresiones		GLB		50	
Viáticos, pasajes y llamadas telefónicas		GLB		200	
Anillados de borradores	3	GLB	15	45	
Encuadernado y empastado	3	GLB	20	60	
Costo de oportunidad (Honorarios)				2 500	
Otros				250	
PRESUPUESTO TOTAL					4865,00

El presupuesto total asciende a S/ 4 865,00 (cuatro mil ochocientos sesenta y cinco y 00/100 soles).



ANEXO 02

- INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

FACULTAD DE INGENIERÍA MINAS CIVIL AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - LIRCAY



ENCUESTA

CODIGO	
---------------	--

I. PRESENTACIÓN:

Buenos días/ Buenas tardes Señor (a), somos estudiantes de la facultad de Ingeniería Minas Civil Ambiental de la Universidad Nacional de Huancavelica y estamos realizando un estudio con el objetivo de recoger información que nos permita conocer sobre **“SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPIA- DISTRITO LIRCAY”**. Esta encuesta es totalmente confidencial, anónima y su uso será solamente con fines de investigación, y le tomará no más de 10 minutos responderlas.

II. INSTRUCCIONES:

Esta sencilla encuesta interactiva permitirá medir el tamaño de tu huella ecológica en relación con el agua, el propósito es el análisis de las aguas residuales mediante un modelo de humedal artificial de Flujo Subsuperficial en la Comunidad Campesina de Ocopa - Distrito de Lircay.

1. ¿Ud. cuántas veces al día se lava las manos?

- a. 2
- b. 3
- c. Otros, especifique:

2. ¿Ud. al lavarse las manos mantiene el grifo permanentemente abierto?

- a. Si
- b. No

3. ¿Ud. cuántas veces al día cepilla sus dientes?

- a. 1
- b. 2
- c. Otros, especifique:

4. ¿Ud. cuántas veces al día se lava la cara y las manos?

- a. 1
- b. 2
- c. Otros, especifique:

5. ¿Ud. cuántas veces al mes se afeita?

- a. 1
- b. 2
- c. Otros, especifique:

6. ¿Ud. al cepillar sus dientes mantiene el grifo permanentemente abierto?

- a. Si
- b. No

7. ¿Ud. cuántas veces al día se ducha?

- a. 1
- b. 2
- c. Otros, especifique:

8. ¿Ud. cuantos minutos pasa bajo la ducha?

- a. 0 – 5 min
- b. 5 – 10 min
- c. Otros, especifique:

9. ¿Ud. al ducharse mantiene la llave de la ducha abierta?

- a. Si
- b. No

10. ¿Ud. cuántas veces al día utiliza el water?

- a. 1
- b. 2
- c. Otros, especifique:

11. ¿En cuál de las siguientes actividades utiliza agua del grifo?

- a. Lavar prendas
- b. Preparar Café
- c. Regar Plantas
- d. Lavar Vajilla

12. ¿Ud. al lavar la ropa lo hace a mano o en lavadora?

- a. Mano
- b. Lavadora
- c. Otros, especifique:

13. ¿Cuántas veces a la semana lava la ropa?

- a. 1
- b. 2
- c. Otros, especifique:

14. ¿Ud. cómo lava las vajillas y los utensilios?

- a. A mano con el grifo
- b. A chorro
- c. Otros, especifique:

15. ¿Ud. usa algún sistema para el manejo de aguas servidas?

- a. Si
- b. No
- c. Otros.....

16. ¿Ud. ha recibido algún tipo de capacitación con respecto a la calidad de agua y manejo de aguas servidas?

- a. Si
- b. No
- c. Otros, especifique:

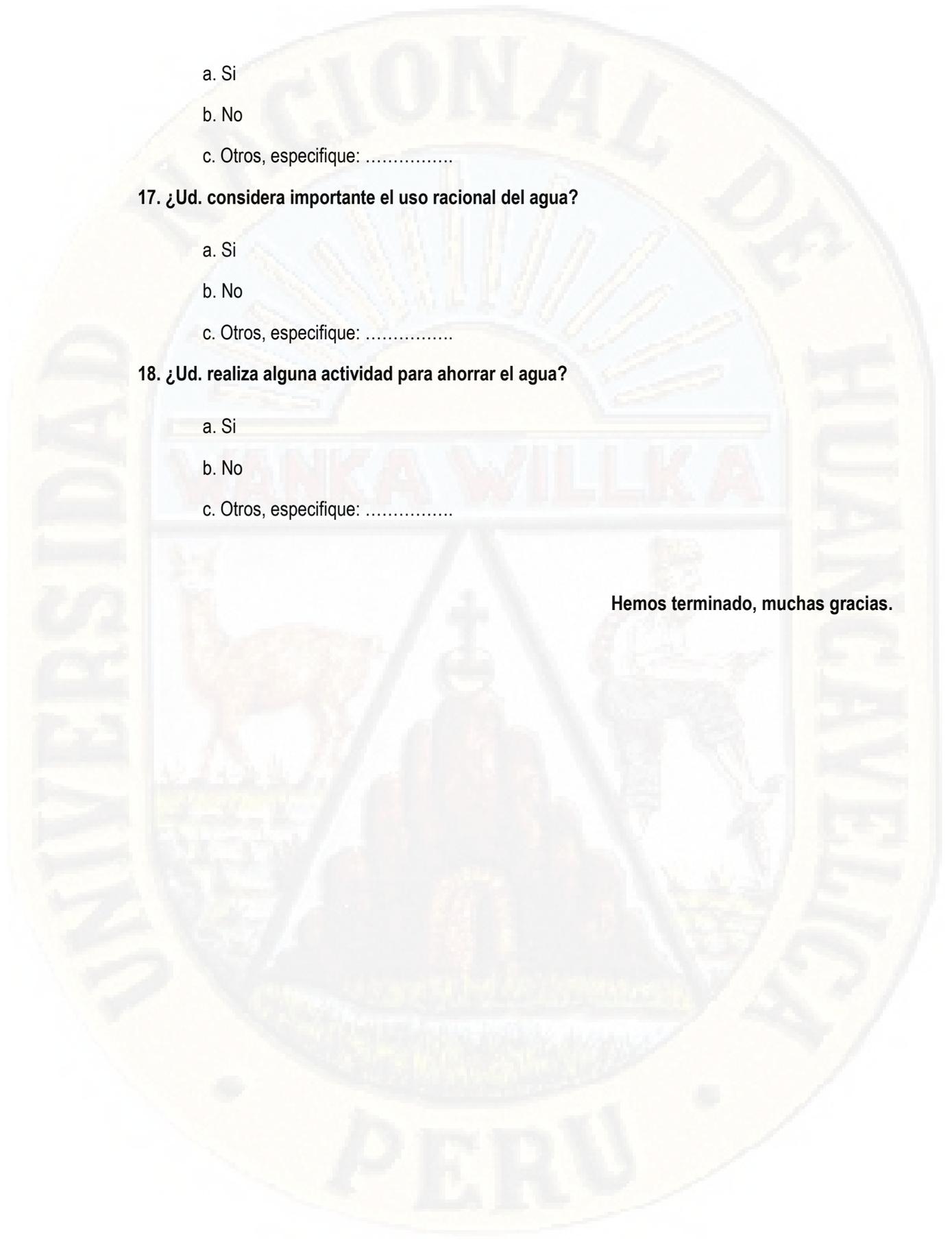
17. ¿Ud. considera importante el uso racional del agua?

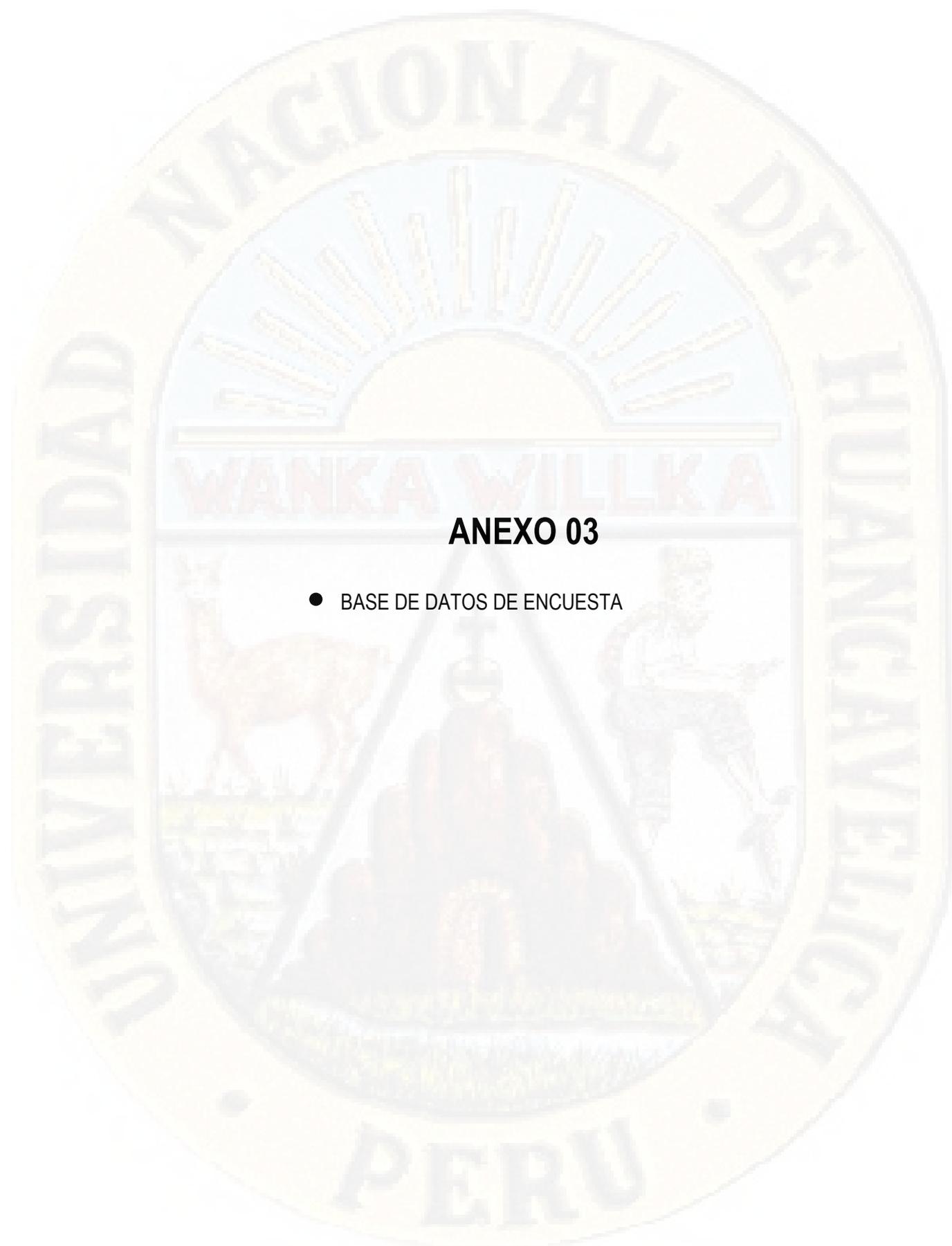
- a. Si
- b. No
- c. Otros, especifique:

18. ¿Ud. realiza alguna actividad para ahorrar el agua?

- a. Si
- b. No
- c. Otros, especifique:

Hemos terminado, muchas gracias.





ANEXO 03

- **BASE DE DATOS DE ENCUESTA**

BASE DE DATOS DE ENCUESTA

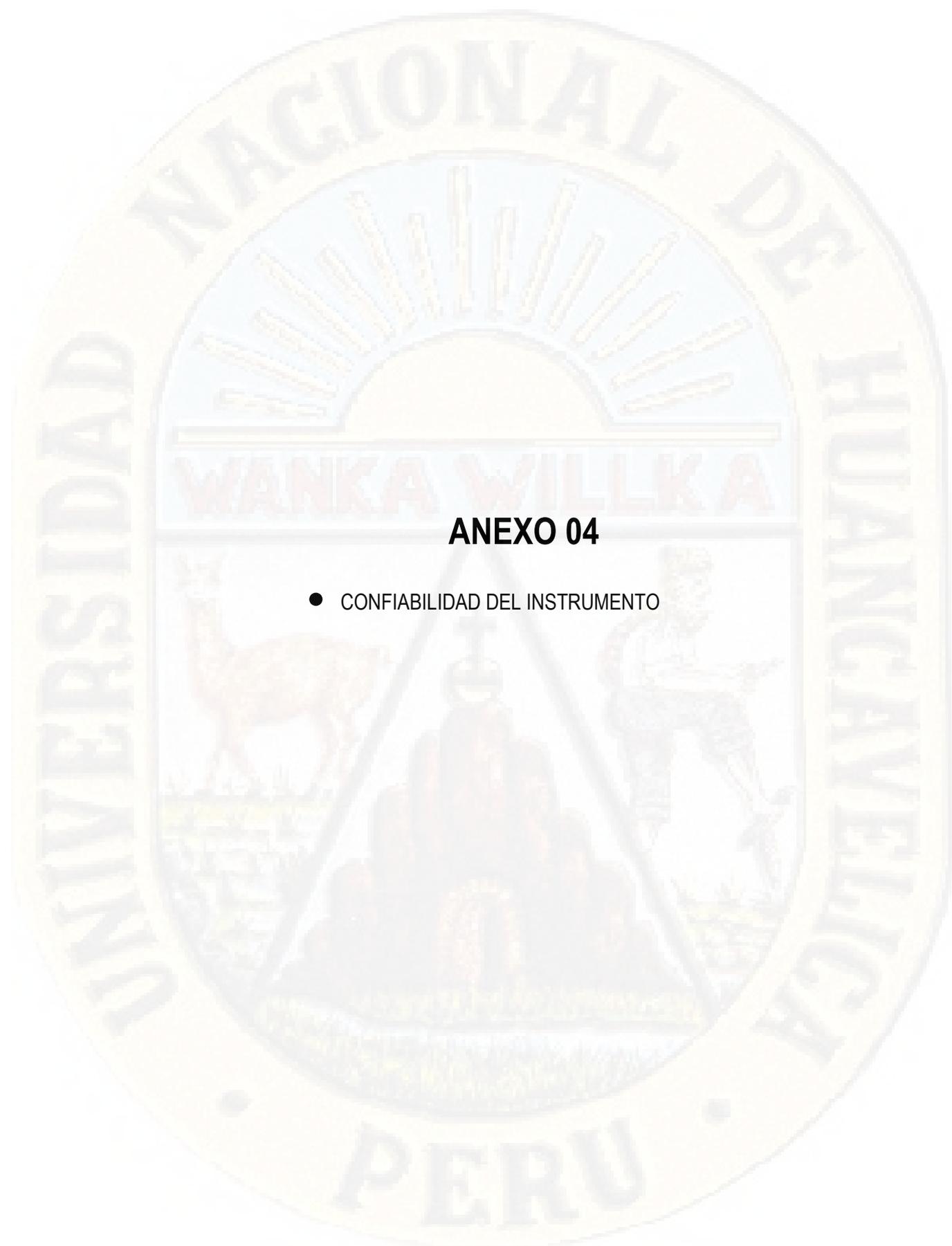
TESIS : "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA-DISTRITO LIRCAY"

DEPART. : HUANCVELICA
 PROVINCIA : ANGARAES
 DISTRITO : LIRCAY
 COMUNIDAD : OCOPA



HABITANTE	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	DOTACION
1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	108.00
2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	103.00
3	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	108.00
4	2	1	2	1	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	111.00
5	2	1	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	98.00
6	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	103.00
7	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	108.00
8	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	103.00
9	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	138.00
10	2	1	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	98.00
11	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	133.00
12	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	143.00
13	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	103.00
14	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	103.00
15	4	1	2	1	0	1	1	1	2	3	1	1	2	2	2	2	2	2	169.00
16	2	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	146.00
17	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	98.00
18	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	151.00
19	3	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	126.00
20	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	166.00
21	3	1	1	1	0	1	1	1	1	3	2	1	1	1	2	2	1	2	119.00
22	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	116.00
23	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	143.00
24	2	1	1	1	0	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	136.00
25	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	103.00
26	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	166.00
27	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	2	103.00
28	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	111.00
29	2	1	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	98.00
30	3	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	2	1	2	131.00
31	4	1	2	1	0	1	1	1	2	3	1	1	2	2	2	2	2	2	169.00
32	2	1	1	1	0	1	1	1	1	3	1	1	1	1	2	2	1	2	114.00
33	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	133.00
34	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	113.00
35	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	98.00
36	3	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	158.00
37	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	98.00
DOTACIÓN PROMEDIO																			122.30

Fuente propia: Base de datos de Encuesta



ANEXO 04

- **CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO**

CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO - CUESTIONARIO

TESIS : "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA- DISTRITO LIRCAY"

DEPART. : HUANCVELICA
 PROVINCIA : ANGARAES
 DISTRITO : LIRCAY
 COMUNIDAD : OCOPA



HABITANTE	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	SUMA
1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	23.00
2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	23.00
3	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	23.00
4	2	1	2	1	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	23.00
5	2	1	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	22.00
6	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	24.00
7	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	23.00
8	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	23.00
9	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	22.00
10	2	1	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	22.00
11	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	24.00
12	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	24.00
13	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	22.00
14	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	24.00
15	4	1	2	1	0	1	1	1	2	3	1	1	2	2	2	2	2	2	30.00
16	2	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	26.00
17	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	21.00
18	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	24.00
19	3	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	26.00
20	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	27.00
21	3	1	1	1	0	1	1	1	1	3	2	1	1	1	2	2	1	2	25.00
22	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	24.00
23	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	23.00
24	2	1	1	1	0	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	24.00
25	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	22.00
26	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	26.00
27	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	23.00
28	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	23.00
29	2	1	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	22.00
30	3	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	2	1	2	29.00
31	4	1	2	1	0	1	1	1	2	3	1	1	2	2	2	2	2	2	30.00
32	2	1	1	1	0	1	1	1	1	3	1	1	1	1	2	2	1	2	23.00
33	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	24.00
34	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	24.00
35	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	21.00
36	3	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	26.00
37	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	21.00
VAR.P	0.29	0.00	0.21	0.14	0.44	0.05	0.10	0.24	0.05	0.47	0.05	0.00	0.18	0.07	0.03	0.00	0.05	0.03	4.97

K:	El número de ítems	18
$\sum Si^2$:	Sumatoria de las Varianzas de los ítems	2.39
S_1^2 :	La Varianza de la suma de los ítems	4.97
α :	Coefficiente de Alfa de Cronbach	0.550

Rangos	Magnitud
0,81 a 1,00	Muy Alta
0,61 a 0,80	Alta
0,41 a 0,60	Moderada
0,21 a 0,40	Baja
0,01 a 0,20	Muy Baja

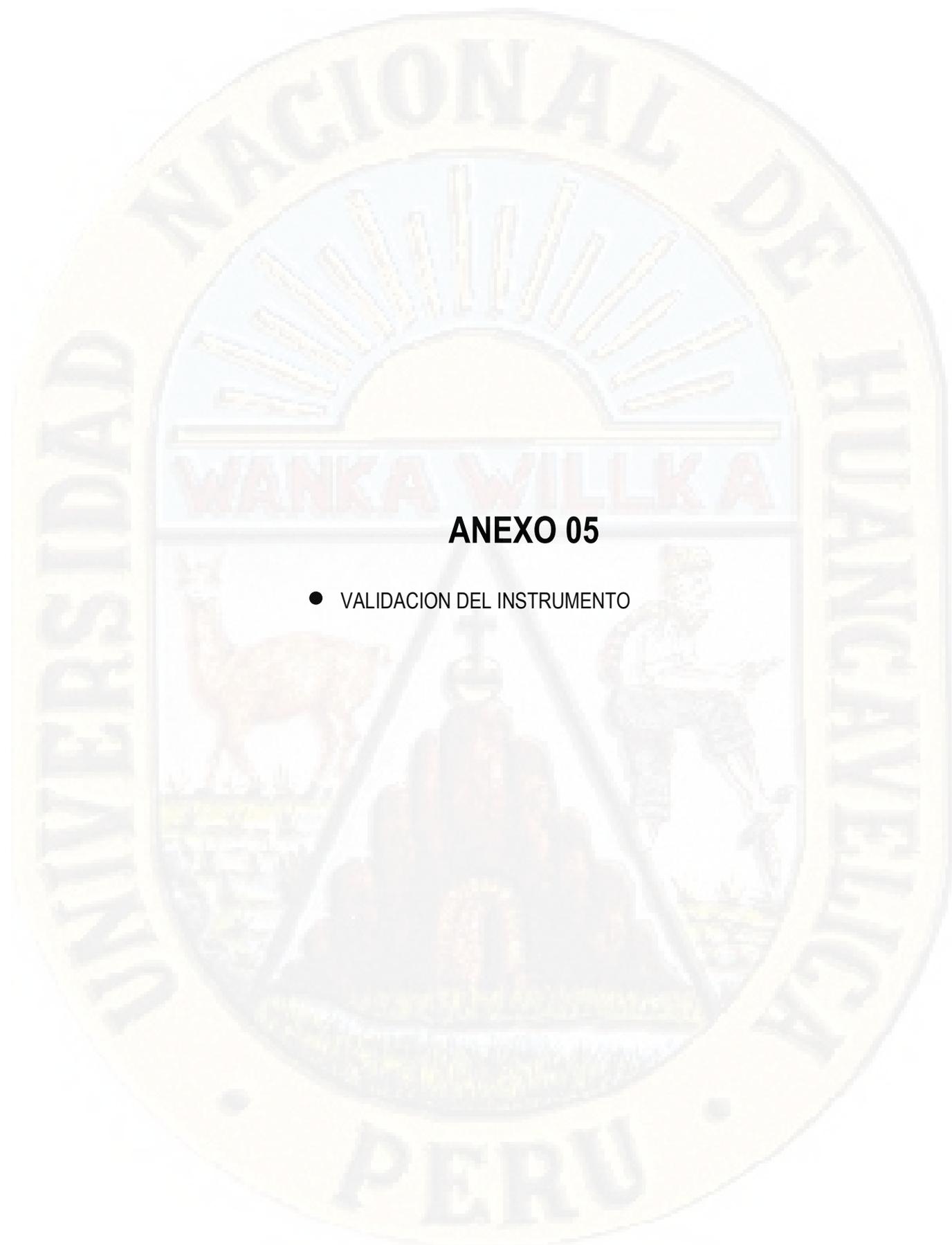
Nota. Tomado de Ruiz Bolívar (2002) y Pallela y Martins (2003).

Alfa de Cronbach	N de elementos
0.550	18

El Coeficiente de Alfa de Cronbach obtenido es de **0.550**. Según Ruiz Bolívar (2002) y Pallela y Martins (2003) se encuentra dentro del intervalo de **0.41 - 0.60**, respecto a ello podemos afirmar que el instrumento de recolección de datos presenta una confiabilidad **Moderada**

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

Fuente propia: Confiabilidad del Instrumento



ANEXO 05

- VALIDACION DEL INSTRUMENTO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
FACULTAD DE INGENIERIA MINAS CIVIL AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - LIRCAY



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR CRITERIO DE JUECES

TITULO "SISTEMA DE DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCCPA- DISTRITO LIRCAY"

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del juez
- 1.2. Cargo e institución donde labora
- 1.3. Nombre del instrumento evaluado
- 1.4. Autor (es) del instrumento

Luz. Penares Vilcas Oscar
Ingeniero Tit. Oficina Sub Regional de Anegares
Cajamarca
Huanita Soto Marco y Flores Lando Ronald

II. ASPECTOS DE EVALUACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente	Baja	Regular	Buena	Muy buena
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y comprensible					
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables				X	X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4. ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada					X
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente			X		
6. PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				X	
7. CONSISTENCIA	Permite conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos				X	
8. COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems				X	
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
10. APLICACIÓN	Los datos permitan un tratamiento estadístico pertinente				X	
CONTEO DE MARCAS (realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)		0	0	1	4	2
		A	B	C	D	E

Coefficiente de validez = $\frac{1xA + 2xB + 3xC + 4xD + 5xE}{n}$ = $\frac{0 + 0 + 1 + 4 + 2}{5}$ = 0.82

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

CATEGORIA	INTERVALO
Desaprobado	[0.00 - 0.60]
Observado	<0.60 - 0.70]
Aprobado	<0.70 - 1.00]

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Lugar: Lircay - Huancavelica
Huancavelica: 10 de Noviembre del 20 13

Oscar Penares Vilcas
OSCAR PENARES VILCAS
INGENIERO CIVIL
CIP 206760
Firma del juez

Fuente propia: Validación del instrumento



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR CRITERIO DE JUECES

TITULO "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA- DISTRITO LIRCAY"

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del juez
- 1.2. Cargo e institución donde labora
- 1.3. Nombre del instrumento evaluado
- 1.4. Autor (es) del instrumento

Ing. Erick Rivas Silva Espinoza
CONSEJERO DE OCOPA
ENCUESTA
Rufo Soto Nolasco y Filomeno Landero Renaldo

II. ASPECTOS DE EVALUACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente	Baja	Regular	Buena	Muy buena
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y comprensible				X	
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada				X	
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente			X		
6. PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				X	
7. CONSISTENCIA	Permite conseguir datos basados en teorías o modelos técnicos				X	
8. COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems					X
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				X	
		↓	↓	↓	↓	↓
CONTEO DE MARCAS (realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)		0	0	1	7	2
		A	B	C	D	E

Coefficiente de validez = $\frac{1xA+2xB+3xC+4xD+5xE}{50}$ *0.82*

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

CATEGORIA	INTERVALO
Desaprobado	[0.00 - 0.60]
Observado	<0.60 - 0.70]
Aprobado	<0.70 - 1.00]

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Lugar: *Lircay*
Huancavelica *10* de *Noviembre* del 20 *18*





VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR CRITERIO DE JUECES

TÍTULO "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE ODDPA- DISTRITO LIRCAY"

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del juez
- 1.2. Cargo e institución donde labora
- 1.3. Nombre del instrumento evaluado
- 1.4. Autor (es) del instrumento

ING. CHOCHE CONTRERAS, ANGEL
RESIDENTE DE OBRA: MELORAN, GERENCIA SUB REGIONAL ANCOSES
ENCUESTA
HUANAN SOTO MARCO Y FLORES LANDEO RONALD

II. ASPECTOS DE EVALUACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente	Baja	Regular	Buena	Muy buena
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Este formulado con lenguaje apropiado y comprensible					X
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4. ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada				X	
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente			X		
6. PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				X	
7. CONSISTENCIA	Permite conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos				X	
8. COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems				X	
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de la investigación					X
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				X	
CONTEO DE MARCAS (realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)		0	0	1	6	3
		A	B	C	D	E

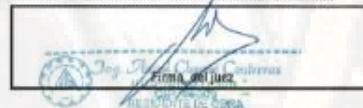
$$\text{Coeficiente de validez} = \frac{1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E}{50} = \frac{47}{50} = 0.94$$

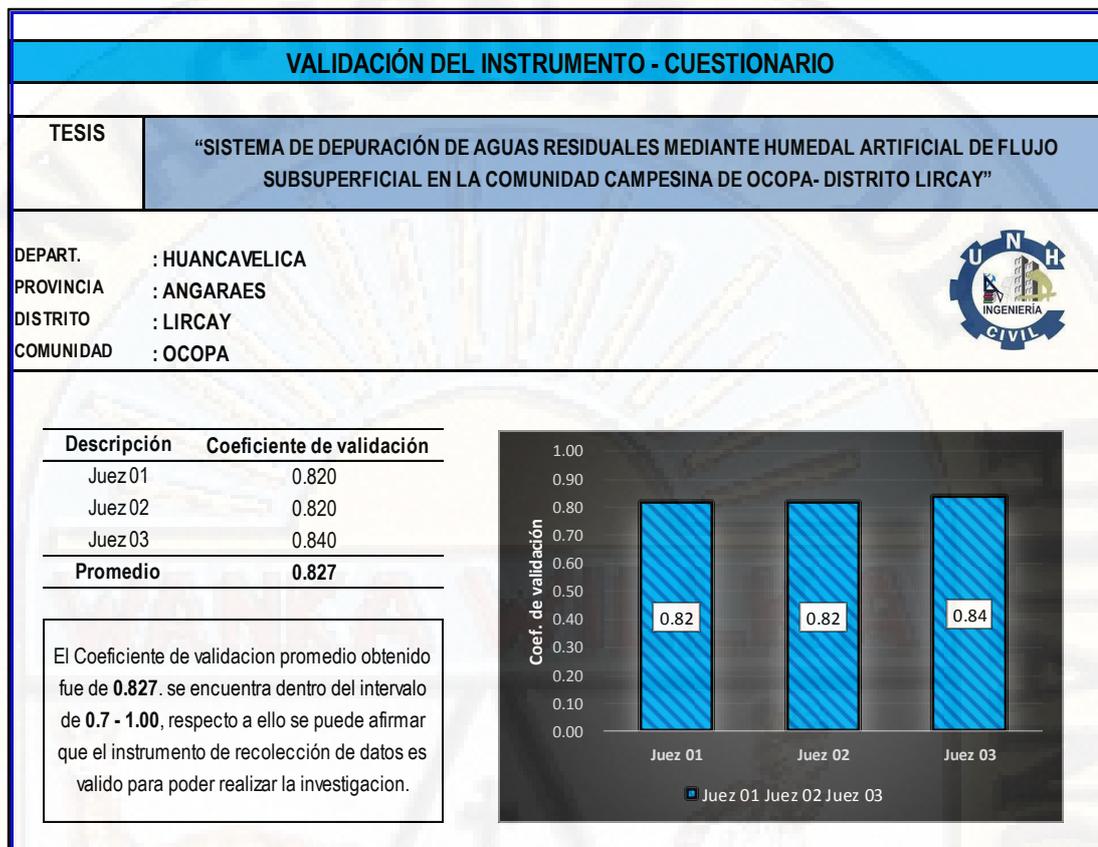
III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

CATEGORIA	INTERVALO
Desaprobado	[0.00 - 0.60]
Observado	<0.60 - 0.70]
Aprobado	<0.70 - 1.00]

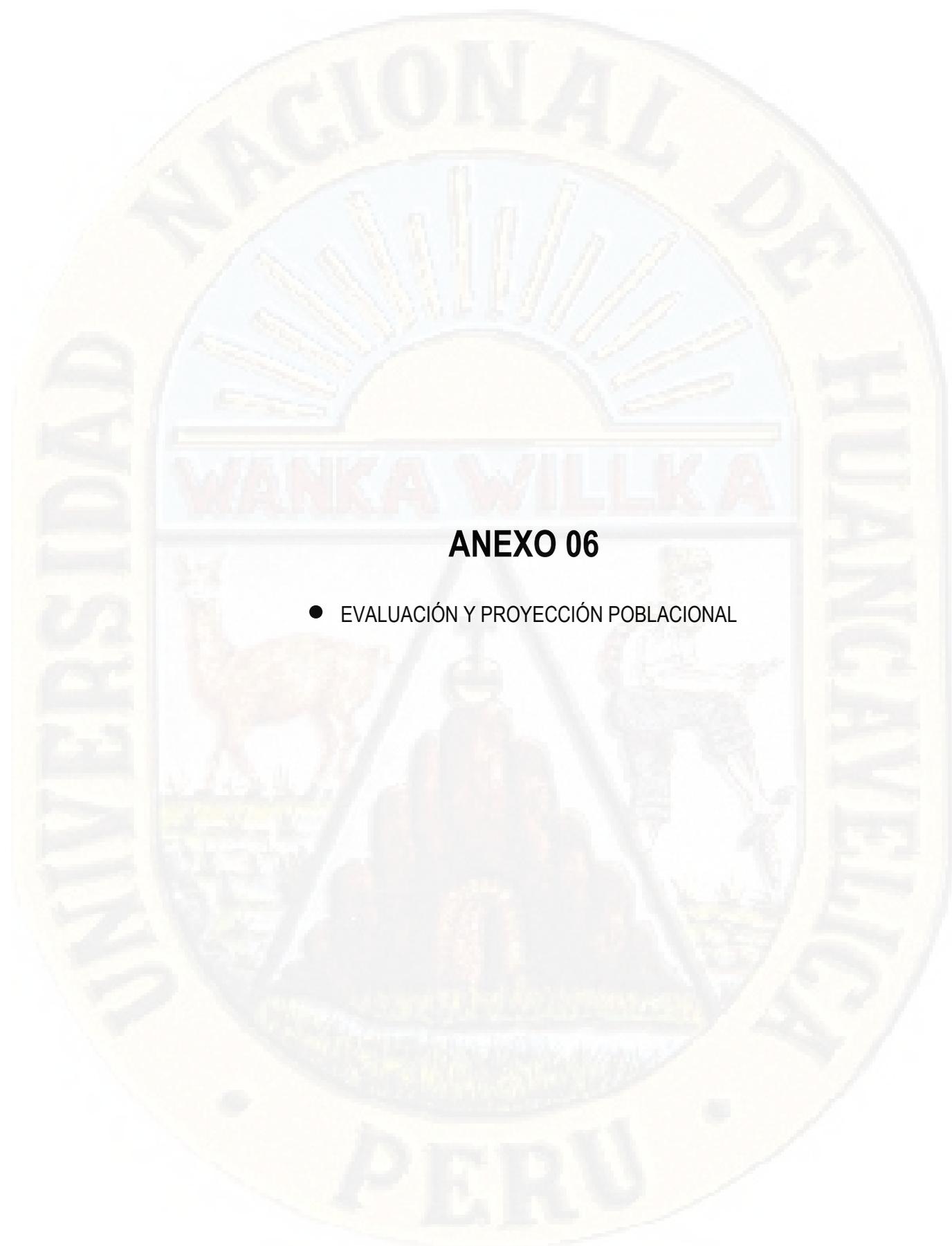
IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Lugar: DISTRITO DE LIRCAY
Huancavelica, 10 de NOVIEMBRE del 2018





Fuente propia: Validación del instrumento



ANEXO 06

- **EVALUACIÓN Y PROYECCIÓN POBLACIONAL**

EVALUACIÓN Y PROYECCIÓN POBLACIONAL

TESIS : "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA- DISTRITO LIRCAY"

DEPART. : HUANCVELICA
 PROVINCIA : ANGARAES
 DISTRITO : LIRCAY
 COMUNIDAD : OCOPA



METODO ARITMETICO

A. PARAMETROS DE EVALUACIÓN Y PROYECCIÓN POBLACIONAL

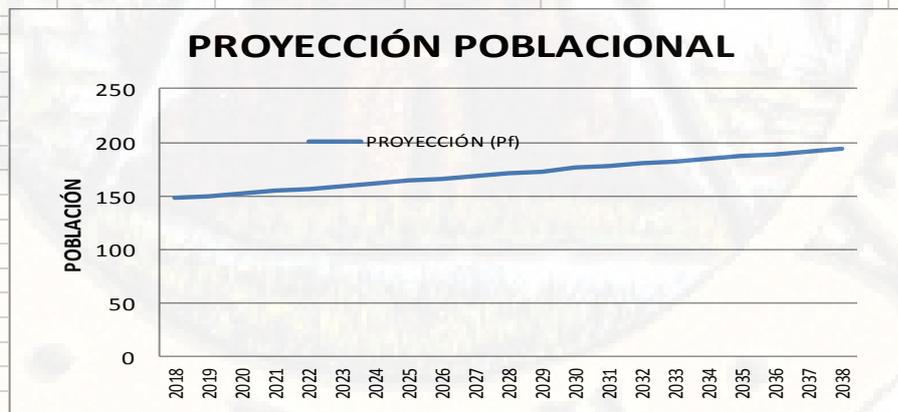
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
POBLACION ACTUAL	148	hab
TASA DE CRECIMIENTO (%)	1.55	%
PERIODO DE RETORNO(AÑOS)	20	años

Pf= POPLACION FUTURA
 Pa = POBLACION ACTUAL
 r = RAZON DE CRECIMIENTO
 t = TIEMPO TRANSCURRIDO

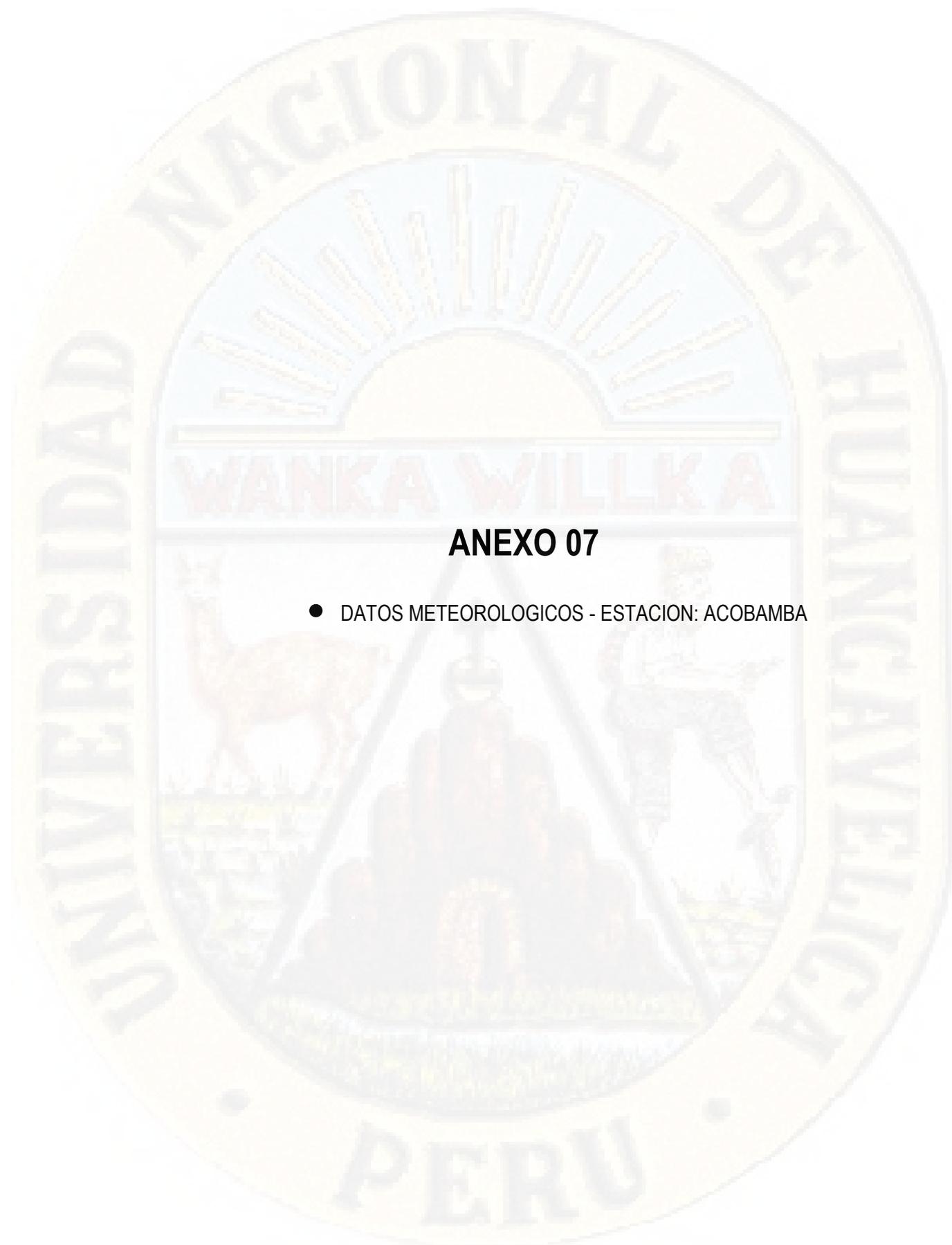
$$Pf = Pa(1 + r \cdot t / 100)$$

B. RESULTADOS DE EVALUACIÓN Y PROYECCIÓN POBLACIONAL

N° DE AÑOS	AÑO	T	r(%)	PROYECCION (Pf)
0	2018	0.00	1.55	148
1	2019	1.00	1.55	150
2	2020	2.00	1.55	153
3	2021	3.00	1.55	155
4	2022	4.00	1.55	157
5	2023	5.00	1.55	159
6	2024	6.00	1.55	162
7	2025	7.00	1.55	164
8	2026	8.00	1.55	166
9	2027	9.00	1.55	169
10	2028	10.00	1.55	171
11	2029	11.00	1.55	173
12	2030	12.00	1.55	176
13	2031	13.00	1.55	178
14	2032	14.00	1.55	180
15	2033	15.00	1.55	182
16	2034	16.00	1.55	185
17	2035	17.00	1.55	187
18	2036	18.00	1.55	189
19	2037	19.00	1.55	192
20	2038	20.00	1.55	194



Fuente propia: Calculo de Proyección Poblacional



ANEXO 07

- **DATOS METEOROLOGICOS - ESTACION: ACOBAMBA**

DATOS DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) ESTACION METEOROLOGICA DE ACOBAMBA

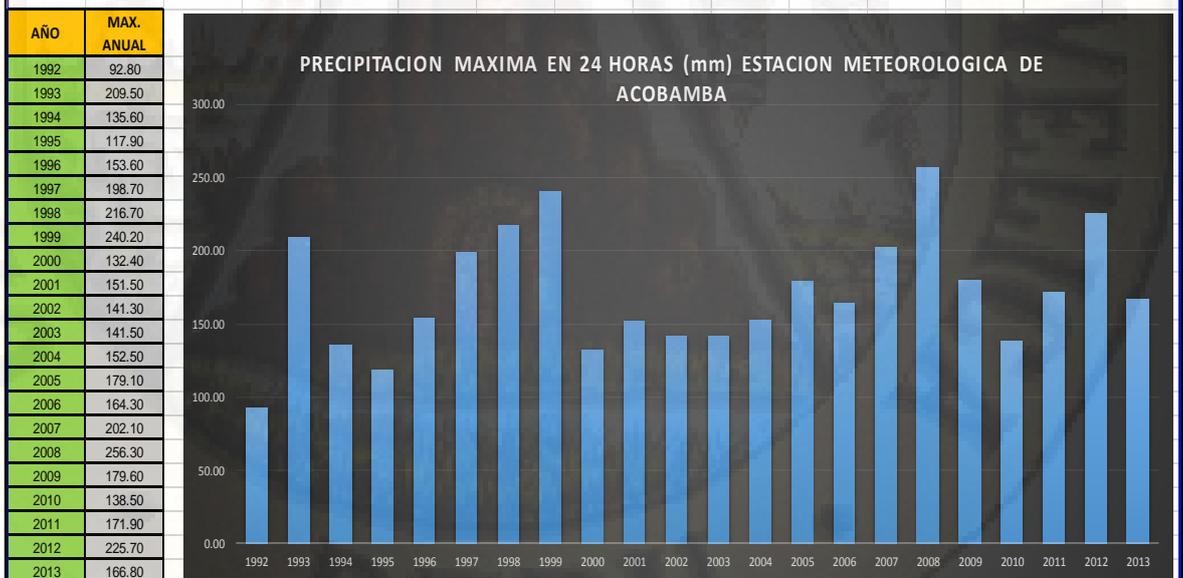
TESIS	*SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA- DISTRITO LIRCAY*												
DEPART.	: HUANCVELICA												
PROVINCIA	: ANGARAES												
DISTRITO	: LIRCAY												
COMUNIDAD	: OCOPA												



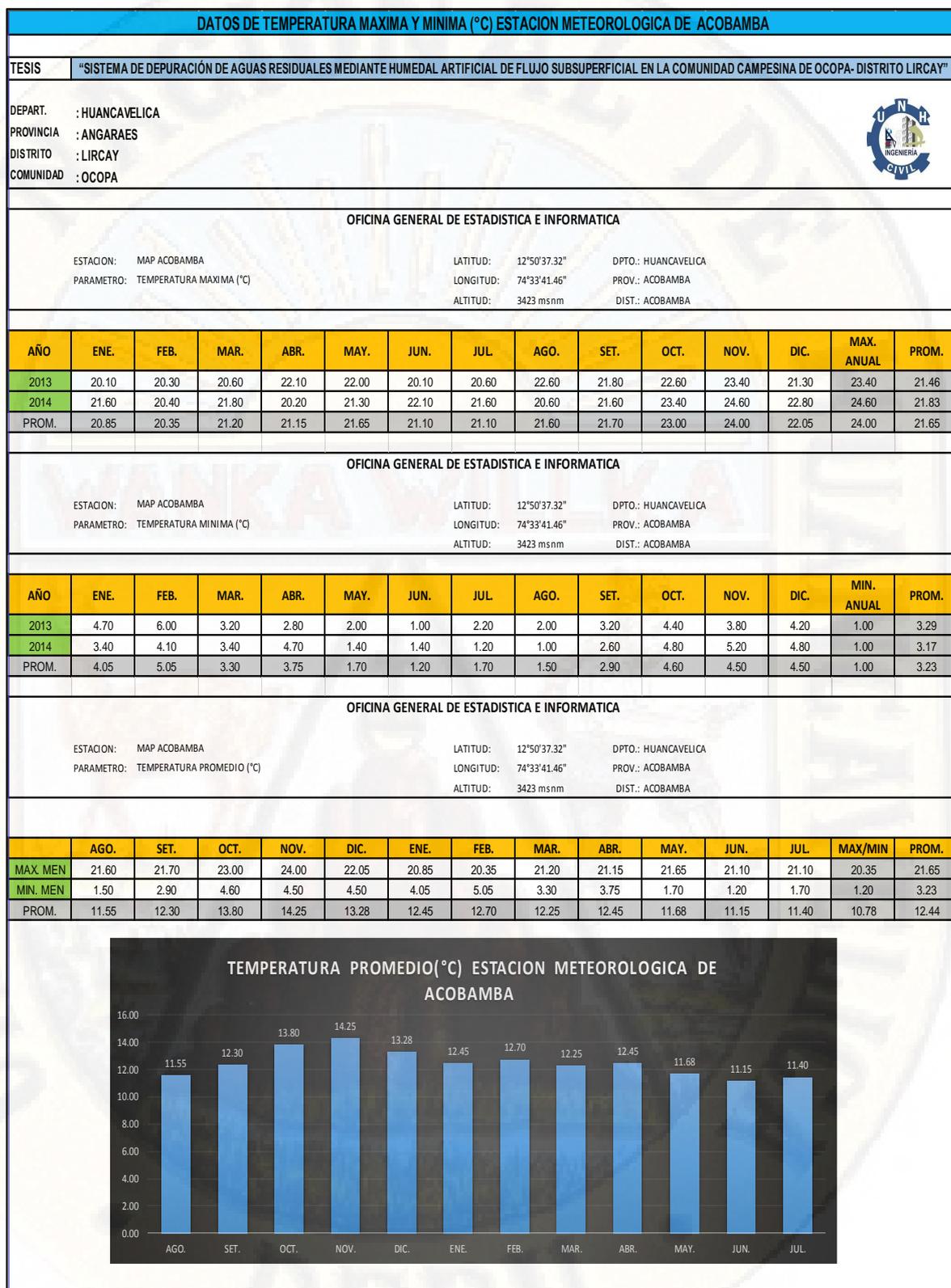
OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION:	MAP ACOBAMBA	LATITUD:	12°50'37.32"	DPTO.:	HUANCVELICA
PARAMETRO:	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)	LONGITUD:	74°33'41.46"	PROV.:	ACOBAMBA
		ALTITUD:	3423 msnm	DIST.:	ACOBAMBA

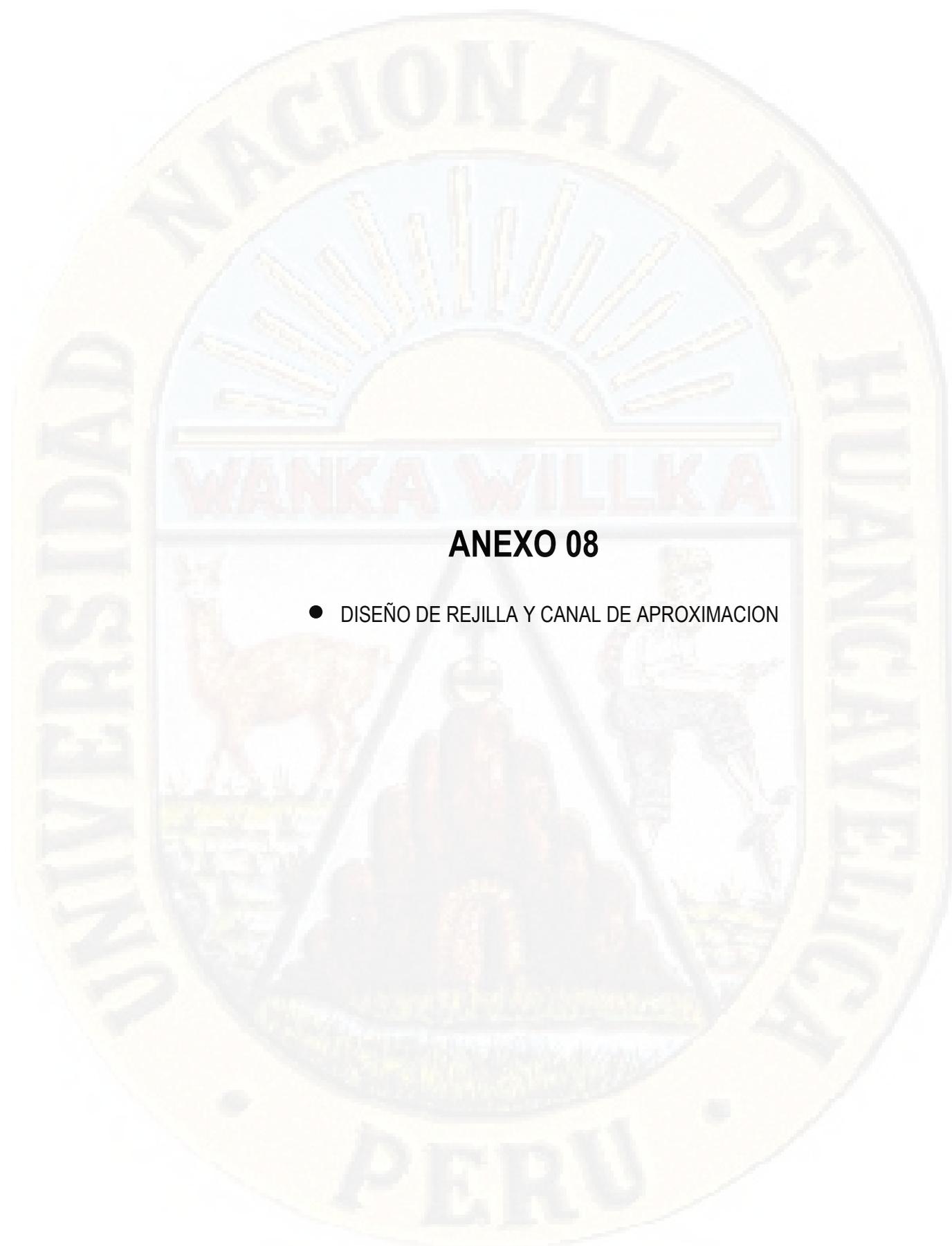
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MAX. ANUAL	PROM.
1995	92.80	89.00	66.30	7.30	0.00	4.60	9.90	8.20	32.10	35.10	53.00	47.80	92.80	37.18
1996	108.80	209.50	127.10	49.90	1.10	3.40	0.00	16.50	18.10	62.40	47.60	68.30	209.50	59.39
1997	135.60	110.00	62.30	54.00	14.70	0.00	7.40	29.90	54.20	52.60	101.10	87.30	135.60	59.09
1998	74.10	109.60	83.50	26.20	3.60	10.50	0.00	10.40	19.50	96.20	42.80	117.90	117.90	49.53
1999	147.80	153.60	65.80	33.90	2.00	16.80	6.50	0.00	47.70	14.00	86.90	70.00	153.60	53.75
2000	145.80	198.70	147.20	10.80	20.90	26.60	32.60	4.90	7.90	55.50	27.60	133.10	198.70	67.63
2001	216.70	49.60	110.50	34.20	54.40	4.90	38.30	17.70	38.60	40.00	73.70	114.00	216.70	66.05
2002	71.50	240.20	116.60	50.40	35.20	1.40	23.20	22.80	55.40	68.10	95.30	113.70	240.20	74.48
2003	64.90	130.70	107.80	80.70	8.20	0.90	0.00	54.90	28.40	11.60	32.70	132.40	132.40	54.43
2004	95.10	126.80	34.90	24.30	20.70	20.30	15.00	7.50	23.40	38.10	43.50	151.50	151.50	50.09
2005	71.50	51.00	83.30	19.80	12.20	2.40	11.70	6.70	11.80	116.80	38.10	141.30	141.30	47.22
2006	141.50	91.00	121.10	55.00	3.20	2.80	0.00	40.40	7.90	56.40	104.50	74.80	141.50	58.22
2007	108.20	68.00	152.50	88.60	40.90	0.00	7.00	2.00	47.10	74.00	27.20	109.70	152.50	60.43
2008	179.10	102.50	50.90	9.20	51.30	8.70	4.70	8.00	11.60	64.40	28.90	137.00	179.10	54.69
2009	120.40	164.30	68.30	30.40	20.10	3.40	3.70	18.40	19.80	30.00	118.70	115.40	164.30	59.41
2010	202.10	81.50	104.20	55.40	10.00	0.00	0.00	13.30	24.20	60.30	34.30	148.40	202.10	61.14
2011	239.90	256.30	171.40	73.20	10.10	7.60	11.80	16.80	28.20	76.10	88.40	108.80	256.30	90.72
2012	102.00	179.60	80.60	127.20	33.10	20.20	3.40	4.00	21.40	37.70	44.80	164.20	179.60	68.18
2013	138.50	91.10	101.00	13.90	19.30	4.50	6.80	43.20	8.40	46.30	28.90	138.40	138.50	53.36
2014	146.70	94.60	171.90	49.40	29.40	1.20	21.40	1.80	29.00	56.00	40.00	91.10	171.90	61.04
2015	193.80	155.70	129.20	44.60	38.60	16.80	15.60	37.60	19.30	56.50	26.20	225.70	225.70	79.97
2016	47.70	166.80	47.90	27.10	21.50	2.40	16.00	5.20	9.90	78.60	69.40	117.30	166.80	50.82
PROM.	129.30	132.73	100.20	43.89	20.48	7.25	10.68	16.83	25.63	55.76	56.98	118.55	171.30	59.86



Fuente: SERVICIO NACIONAL DE METEREOLOGIA E HIDROLOGIA, 2017



Fuente: SERVICIO NACIONAL DE METEREOLOGIA E HIDROLOGIA, 2017



ANEXO 08

- **DISEÑO DE REJILLA Y CANAL DE APROXIMACION**

DISEÑO DE REJILLAS Y CANAL DE APROXIMACION

TESIS

“SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA- DISTRITO LIRCAY”

DEPART. : HUANCAMELICA
 PROVINCIA : ANGARAES
 DISTRITO : LIRCAY
 COMUNIDAD : OCOPA



REJILLAS Y CANAL DE APROXIMACION

Ancho del canal de aproximación:

Pmax: profundidad maxima de agua en el canal cuando Q=Qmax, m
 0.60 : Velocidad maxima a traves de las rejillas m/s
 a : ancho de las barras en mm
 b : espaciamento, abertura de barras, mm
 Pmax : se calcula durante el diseño del desarenador

$$a_{canal} = \frac{Q_{max}}{0.6P_{max}} \left(\frac{a+b}{b} \right)$$

a : 12.7 mm
 b : 25 mm

$a_{canal} = 0.081$ m
 $a_{canal} = 0.50$ m

adoptado por razones constructivas y de limpieza

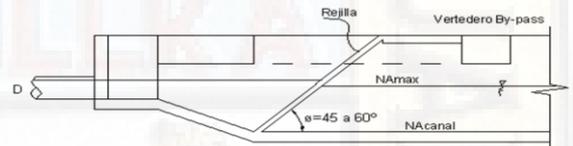
Velocidad a traves de la rejilla 0.60 m/s

Eficiencia = 0.755
 Area util de la rejilla:
 $A_u = 0.0005$ m²

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

El area total incluida las barras
 $S = 0.001$ m²

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



Longitud del canal de aproximación:

t tiempo de retencion hidraulica

$L_c = 1.36$ m
 $L_c = 2.50$ m

3 seg

adoptado

$$L = \frac{Q_{max} \cdot t}{S}$$

Calculo de la velocidad de aproximacion en el canal
 $V_a = 0.40$ m/s

$$V_a = \frac{0.6}{\left(\frac{a+b}{b} \right)}$$

Perdida de carga a traves de la rejilla

V_r : velocidad a traves de la rejilla, considerando 50% sucia

$h_f = 0.09$ m
 $H_f = 0.01$ m

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

Inclinacion de las rejillas

θ : 46 angulo de la rejilla respecto a la vertical 45 a 60°

considerando Borde libre

BL = 0.20 m

Altura de ventana de Bypass

0.20 m

Longitud de la rejilla:

$h = 0.01$ m
 $HT = 0.70$ m
 $L_r = 0.97$ m
 $L_{rh} = 0.70$ m

tirante de agua a Q_{max}

proyeccion horizontal de la rejilla

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

Numero de barras de la rejilla:

$n = 12.6$
 $n = 13.00$

$$n = \frac{Bc - b}{a + b}$$

Diametro del emisor:

8 pulg
 200 mm

caudal y velocidad para una seccion llena

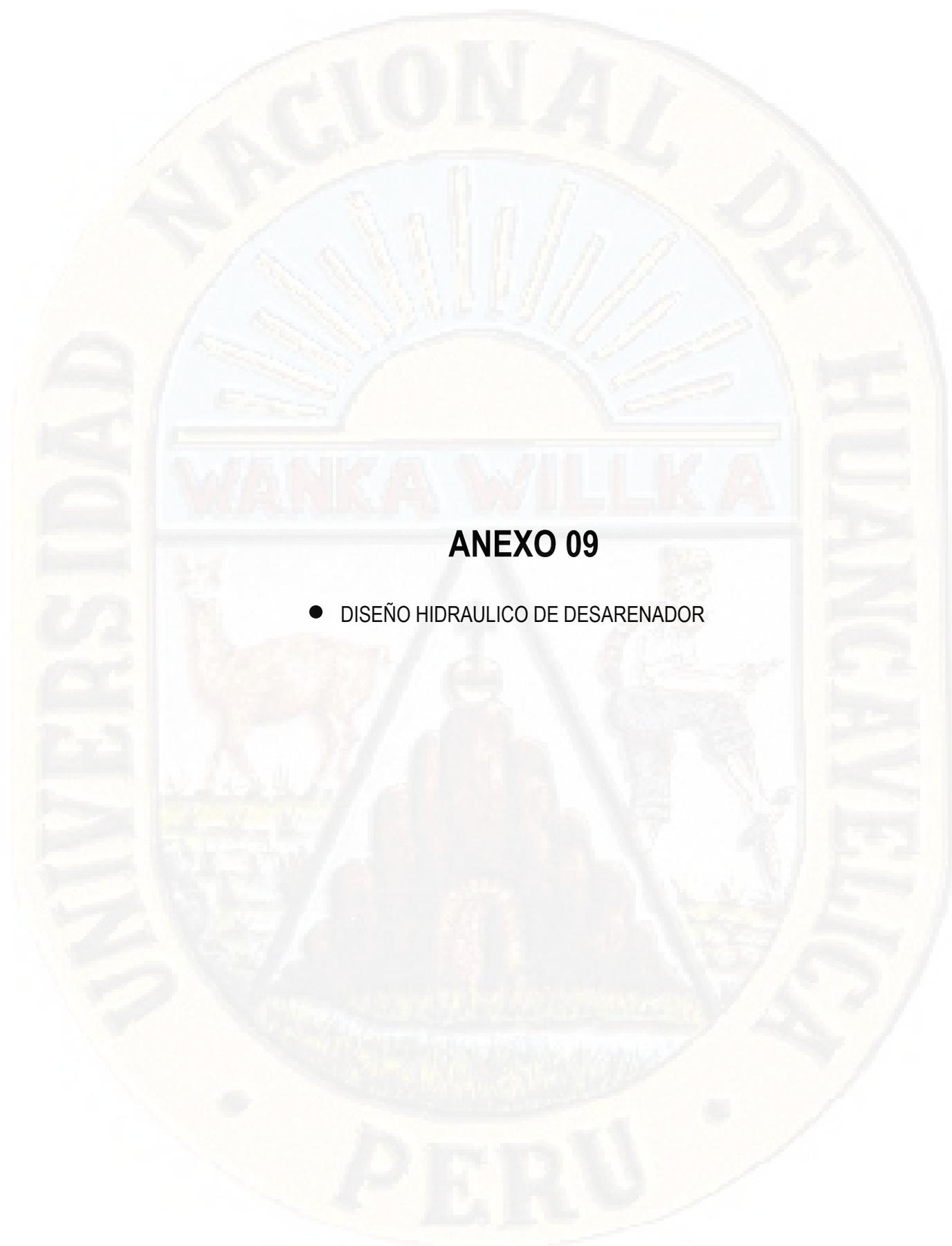
n : 0.014 coeficiente de Manning
 pendiente : 0.0082 m/m

$Q_s = 28.93$ L/s
 $A_s = 0.03150$ m²
 $V_s = 0.92$ m/s

Tabla (9.2)

$Q_{max}/Q_s = 1.224$	$Y_{max} = 0.17$ m
$Q_m/Q_s = 0.292$	$Y_m = 0.08$ m
$Q_{min}/Q_s = 0.146$	$Y_{min} = 0.05$ m

Fuente: ELABORACION PROPIA



ANEXO 09

- **DISEÑO HIDRAULICO DE DESARENADOR**

DISEÑO HIDRAULICO DE DESARENADOR

TESIS

“SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA- DISTRITO LIRCAY”

DEPART. : HUANCVELICA
 PROVINCIA : ANGARAES
 DISTRITO : LIRCAY
 COMUNIDAD : OCOPA



Φ = 0.21 mm
 Ys = 1350 kg/m³
 μ = 1.529 · 10⁻⁶ m²/s
 T = 5.00 °C
 Wo = 1.28 cm/s
 ρa = 999.93 kg/m³

↳ Diametro de partícula
 ↳ Densidad de la arena
 ↳ m²/s (Coeficiente de Viscosidad Dinamica)

(Velocidad de sedimentación)
 peso específico del agua residual

Vso	Re	CD	Vs1
1.28	1.76	5.93	1.27
1.27	1.75	5.90	1.28
1.28	1.75	5.89	1.28

$$Re = \frac{Vs \phi}{\nu}$$

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

CD = coeficiente de arrastre
 Δ = 0.35

(Fig. 5.5) Rocha

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

Detener si Wo = Wo1

calculo de la velocidad de arrastre (según Camp)

Va = 0.107 m/s

$$Va = 125 \sqrt{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma a} - 1\right) \phi}$$

Deposición grandes cantidades de materia organica

Vs = 0.013 m/s

Velocidad de sedimentación

$$a_{canal} = \frac{Q_{max}}{0.6 P_{max}} \left(\frac{a+b}{b}\right)$$

Qmax = 0.0002 m³/s (85.10%)
 Qmed = 0.0001 m³/s
 Qmin = 0.0001 m³/s

Resalto entre la cota del desarenador y la canaleta Parshall (Zr), m.

$$R = \frac{Q_{max}}{Q_{min}}$$

R = 3.33

$$Cr = \frac{R^{1/3} - 1}{R}$$

$$Zr = Cr \cdot H_{max}$$

Cr = 0.148

Zr = 0.001 m

Pmax: profundidad maxima medida en la cota del desarenador

Pmax = 0.01 m

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

Calculo del ancho del desarenador

ad = 0.28 m
 ad = 0.50 m

$$a_d = \frac{Q_{max}}{Va \cdot P_{max}}$$

adoptado por razones constructivas

calculo de la longitud del desarenador

L = 0.08 m

$$L = \frac{H \cdot Va}{Vs}$$

ΔL_{min} = 2H_{max}

ΔL_{min} = 0.02 m

ΔL_{max} = 0.5L

ΔL_{max} = 0.04 m

La longitud del desarenador sera:

Ld = 0.10 m

$$L_d = L + \left(\frac{\Delta L_{min} + \Delta L_{max}}{2}\right)$$

$$L_d = 45 P_{max}$$

Ld = 0.35 m
 Ld = 3.00 m

Adoptado

Longitud de transición:

$$LT = \frac{a_d - b}{0.828}$$

LT = 0.80 m

Considerando el ancho del muro deasrenador

Consideramos un desarenador con 1 poza

calculo del volumen de la tolva de solidos acumulados

Top = 5 dias
 Cs = 0.08 m³/1000m³

tiempo de operación
 concentración de solidos arenosos

Vsed = 1.20 m³

$$V_{sed} = 86.4 t_{op} \cdot Q_{med} \cdot C_s$$

Calculo de la profundidad de la tolva de solidos acumulados

Ps = 0.40 m

$$Ps = \frac{V_{sed}}{a_d L_d}$$

Altura total del desarenador:

H = 1.09 m

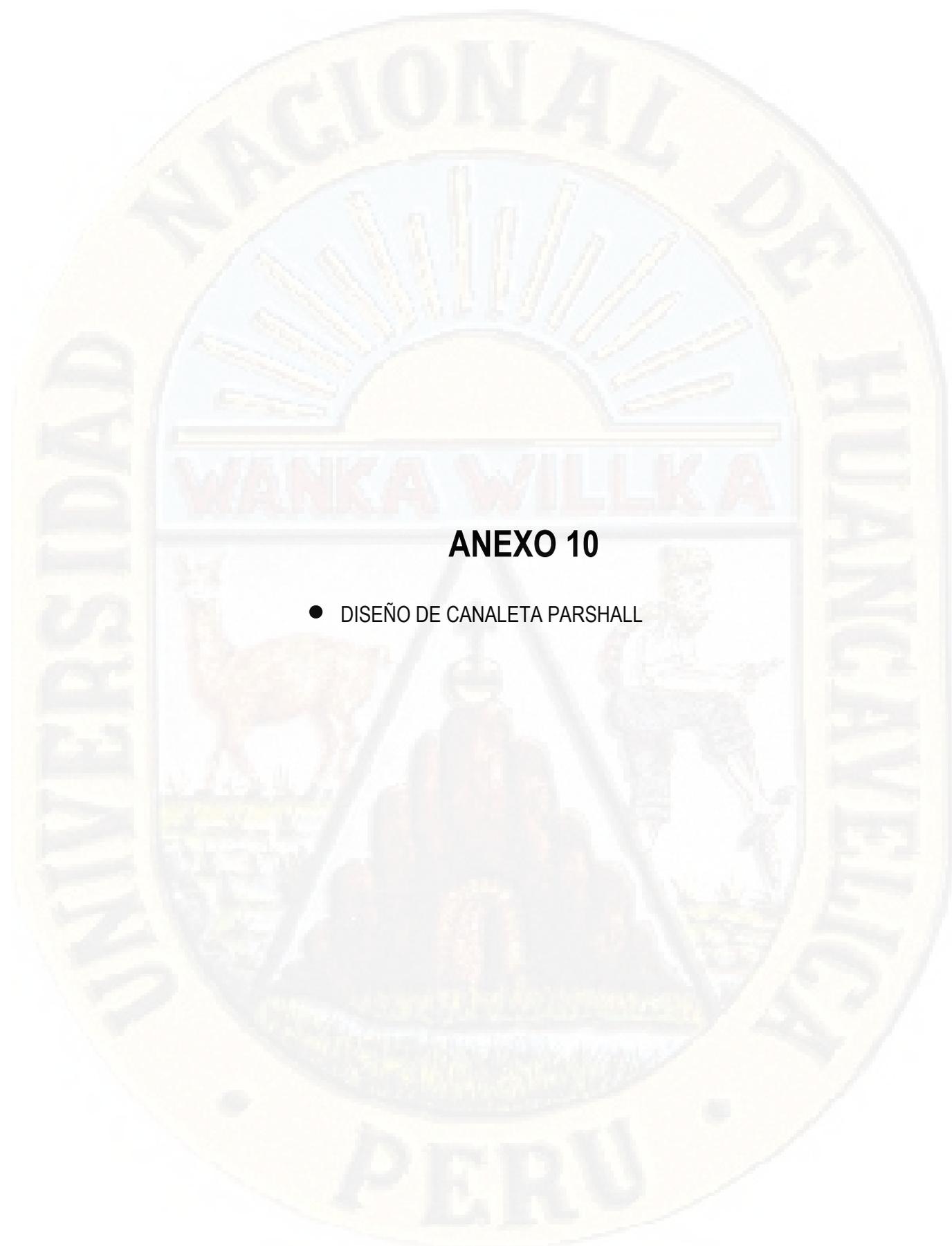
Considerando altura de by pass y borde libre rejillas

0.40 m

Borde libre

BL = 0.28 m

Fuente: ELABORACION PROPIA



ANEXO 10

- **DISEÑO DE CANALETA PARSHALL**

DISEÑO DE CANALETA PARSHALL

TESIS : "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA- DISTRITO LIRCAY"

DEPART. : HUANCVELICA
 PROVINCIA : ANGARAES
 DISTRITO : LIRCAY
 COMUNIDAD : OCOPA



$Q_{maxh} = 0.23$ L/s
 $Q_{medh} = 0.09$ L/s
 $Q_{minh} = 0.07$ L/s

20.154 m³/día

$Q_{max} = 0.0002$ m³/s 0.23326389 L/s
 $Q_{med} = 0.0001$ m³/s 0.09330556 L/s
 $Q_{min} = 0.0001$ m³/s 0.06997917 L/s

Determinación del ancho W de la Parshall en función del caudal

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

Tabla 8

W (Pulg.)	W (cm.)	m	n
2	5	0.11	1.500
3	7.6	0.176	1.547
6	15.2	0.381	1.58
9	22.9	0.535	1.53
12	30.5	0.69	1.522
18	45.7	1.054	1.538
24	61	1.426	1.55
36	91.4	2.182	1.566
48	121.9	2.935	1.578
60	152.4	3.728	1.587
72	182.8	4.515	1.595
84	213.4	5.306	1.601
96	243.8	6.101	1.606
120	305	7.463	1.6

Selecciona ancho de garganta

W = **0.140** m

m = 0.38
n = 1.58

$H_{max} = 0.009$ m
 $H_{med} = 0.005$ m
 $H_{min} = 0.004$ m
 BL = **0.30** m

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

Calculo de pérdida de carga

H_f = 0.007 m

Fuente: ELABORACION PROPIA

Velocidad en la seccion Ha:

L = 0.22 m Longitud en la seccion Ha
 A = 0.002 m² area de la seccion Ha
 V = 0.11 m/s velocidad en la seccion Ha

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

Ea = 0.010 m Energia total en Ha

No invade el Freeboard

Hb = 0.00
0.29

$$\frac{H_b}{H_a} < 0.285$$

OK

$$\frac{H_b}{H_a} < 0.6$$

Dimensiones típicas de Medidores Parshall (cm)

W	(Cm)	A	B	C	D	E	F	G	K	N
1"	2.5	36.6	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3"	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7
6"	15.2	62.1	61.0	39.4	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4
9"	22.9	88.0	86.4	38.0	57.5	61.0	61.0	45.7	7.6	22.9
1'	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
1 1/2'	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2'	61.0	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
3'	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
4'	122.0	183.0	179.5	152.2	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
5'	152.5	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
6'	183.0	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
7'	213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
8'	244.0	244.0	239.2	274.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
10'	305.0	274.5	427.0	366.0	475.9	122.0	91.5	183.0	15.3	34.3

Condiciones hidraulicas de la entrada

$$Q = K ha^n$$

en donde K y n se determinan con la Tabla 25.

K=	0.381
n=	1.58

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

Fuente: ELABORACION PROPIA

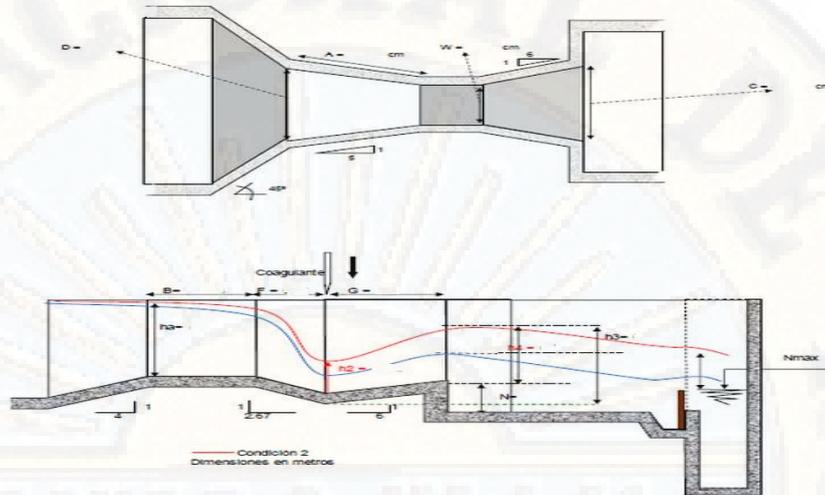


Fig. 37. Dimensiones de la Canaleta Parshall.

Dimensiones del aforador Parshall tabla 5.3

Exponente: n	1.58
Coefficiente: k	0.381

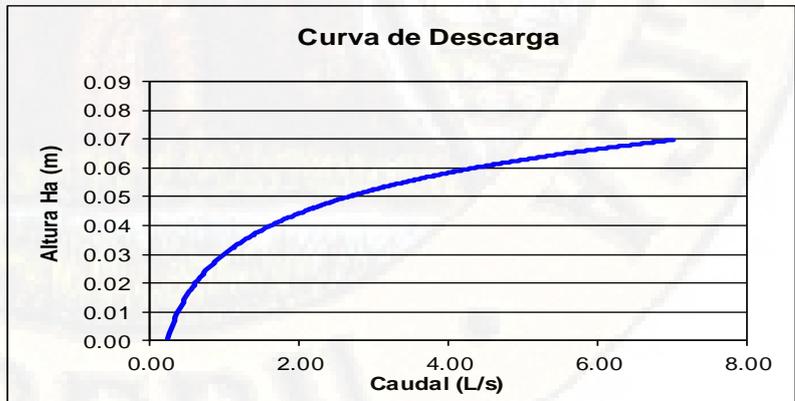
Long. paredes sección convergente	A	93
Longitud sección convergente	B	32
Ancho de la salida	C	50
Ancho entrada sección convergente	D	60
Profundidad total	E	20
Longitud de la garganta	F	88
Longitud de la sección divergente	G	47
Long. Paredes sección divergente	K	2.5
Dif. de elevac entre salida y cresta	N	5.7

$D = 0.26$

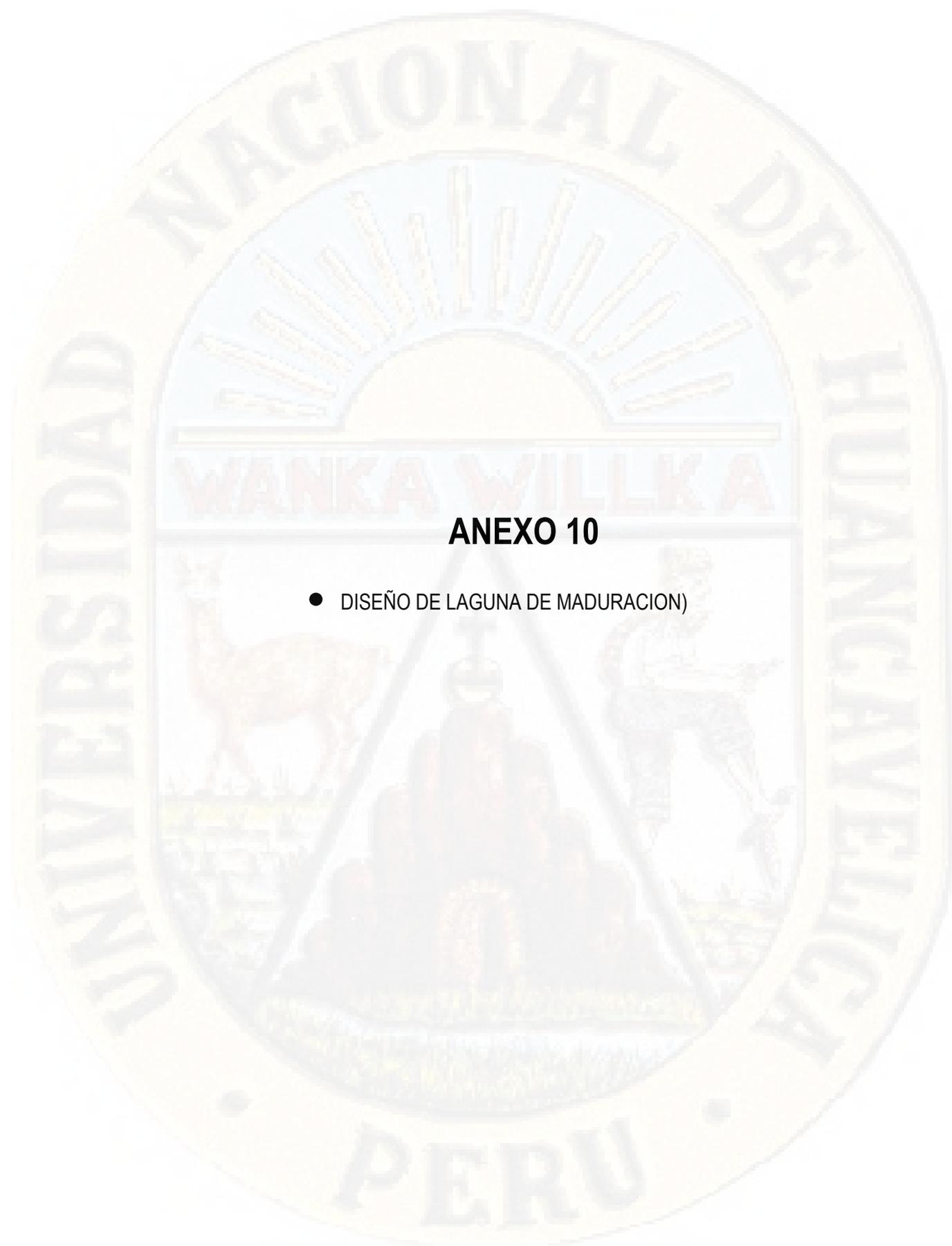
Lamina de Agua
 $h_a: 0.00925564 \text{ m}$
 Canaleta de sección Media
 $W_a: 0.44666667 \text{ m}$
 Velocidad de Sección Mdia
 $V_a: 0.05642315 \text{ m/s}$
 Energía total Disponible
 $E1: 0.08187106 \text{ m}$

Calculo de la curva de calibracion

Q (L/s)	Ha (m)
0.25	0.010
0.50	0.015
1.00	0.023
1.50	0.030
2.00	0.036
2.50	0.042
3.00	0.047
3.50	0.051
4.00	0.056
4.50	0.060
5.00	0.064
5.50	0.068
6.00	0.072
6.50	0.076
7.00	0.080
0.23	0.009



Fuente: ELABORACION PROPIA



ANEXO 10

- DISEÑO DE LAGUNA DE MADURACION)

DISEÑO DE LAGUNA DE MADURACION

TESIS : "SISTEMA DE DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA- DISTRITO LIRCAY"

DEPART. : HUANCVELICA
 PROVINCIA : ANGARAES
 DISTRITO : LIRCAY
 COMUNIDAD : OCOPA



A. PARAMETROS DE DISEÑO

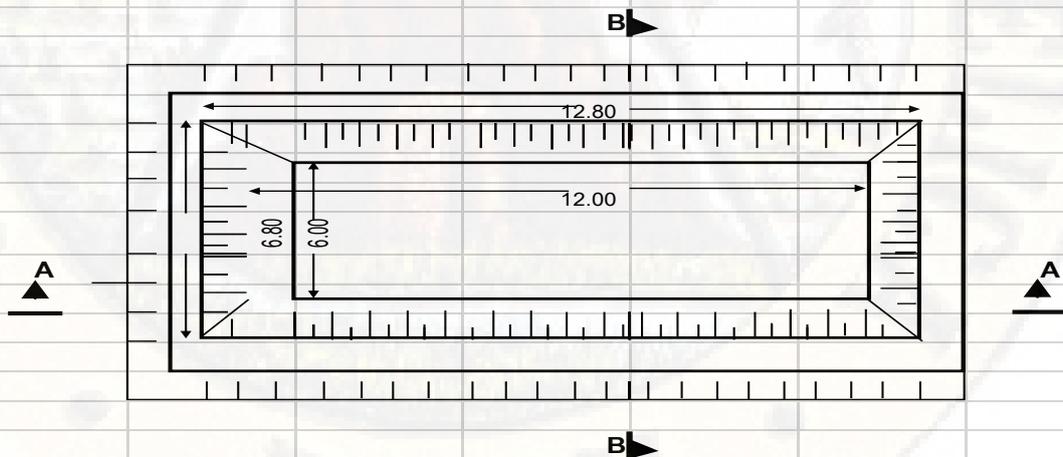
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
POBLACION ACTUAL	148	hab
TASA DE CRECIMIENTO (%)	1.55	
PERIODO DE RETORNO(AÑOS)	20	años
POBLACION FUTURA	194	hab
DOTACION	120	L/hab.dia
CONTRIBUCION DE AGUA RESIDUAL	0.8	
CONTRIBUCION PERCAPITA DE DBO5	125	mg/L
TEMPERATURA DEL MES MAS FRIO	2	
Caudal de aguas residuales (Q)		
Poblacion x Dotacion x % contribucion	18.624	m3/dia
caudal de precipitacion	1.83	m3/dia
caudal de evapotraspiracion	0.3	m3/dia
caudal total	20.154	m3/dia

B. RESULTADOS DE DISEÑO

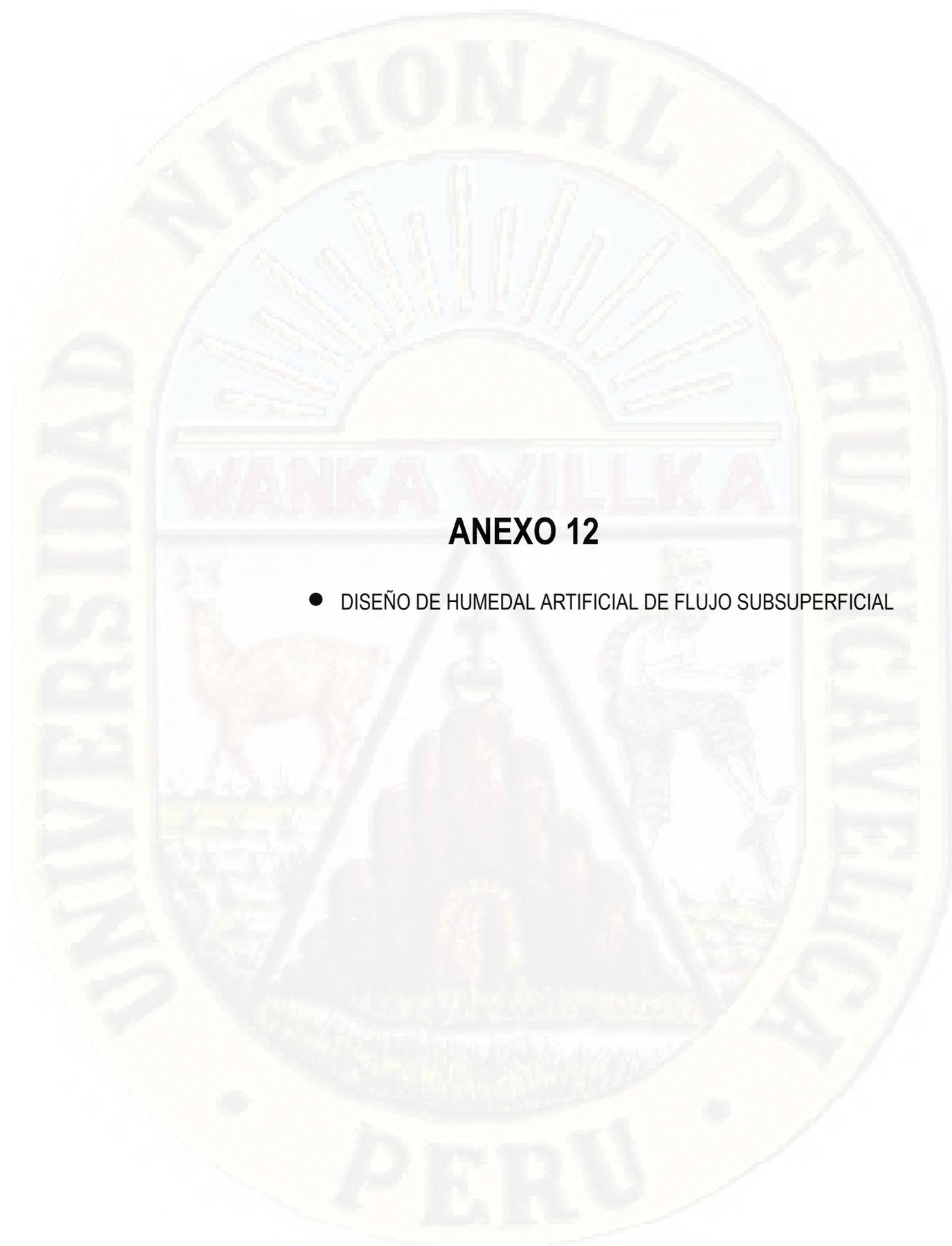
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
CAUDAL UNITARIA AFLUENTE	20.154	m3/dia
RELACION Largo/Ancho (L/W)	0.5	
LONGITUD APROXIMADA (L)	12	m
ANCHO APROXIMADO (W)	6	m
PROFUNDIAD	1.5	m
TIEMPO DE RETENCION	5	dias

* Los datos de tiempo de retencion y altura fueron tomados de la Organización Mundial de la Salud conservadoramente

C. DIMENSIONES DE LAGUNA DE MADURACION



Fuente: ELABORACION PROPIA



ANEXO 12

- DISEÑO DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

TESIS : "SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA- DISTRITO LIRCAY"

DEPART. : HUANCVELICA
 PROVINCIA : ANGARAES
 DISTRITO : LIRCAY
 COMUNIDAD : OCOPA



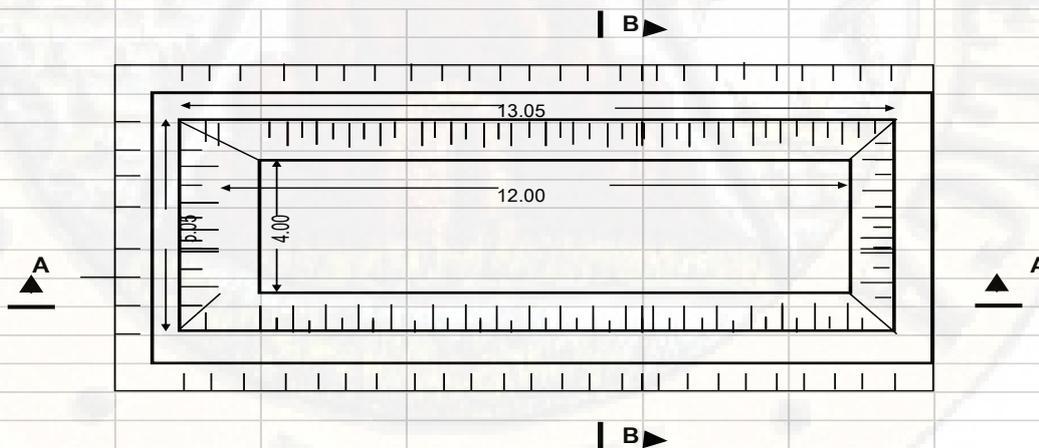
A. PARAMETROS DE DISEÑO

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
CAUDAL DE INGRESO	20.15	m3/dia
BDO5 ENTRADA	125	mg/L
BDO5 SALIDA	95	mg/L
TOTAL DE SOLIDOS EN SUSPENSION	147	mg/L
TEMPERATURA DEL MES MAS FRIO	3.23	°C
TEMPERATURA DEL AGUA RESIDUAL	10	°C
PROFUNDIDAD DE LECHO	0.6	m
POROSIDAD DE LA ESTRUCTURA DEL FILTRO	0.3	
PROPORCION DE LA CONSTANTE DE LA TEMPERATURA DE LAS AGUAS RESIDUALES	1.06	
PROPORCION DE LA CONSTANTE DE LA TEMPERATURA DE LAS AGUAS RESIDUALES T=20°C	1.104	

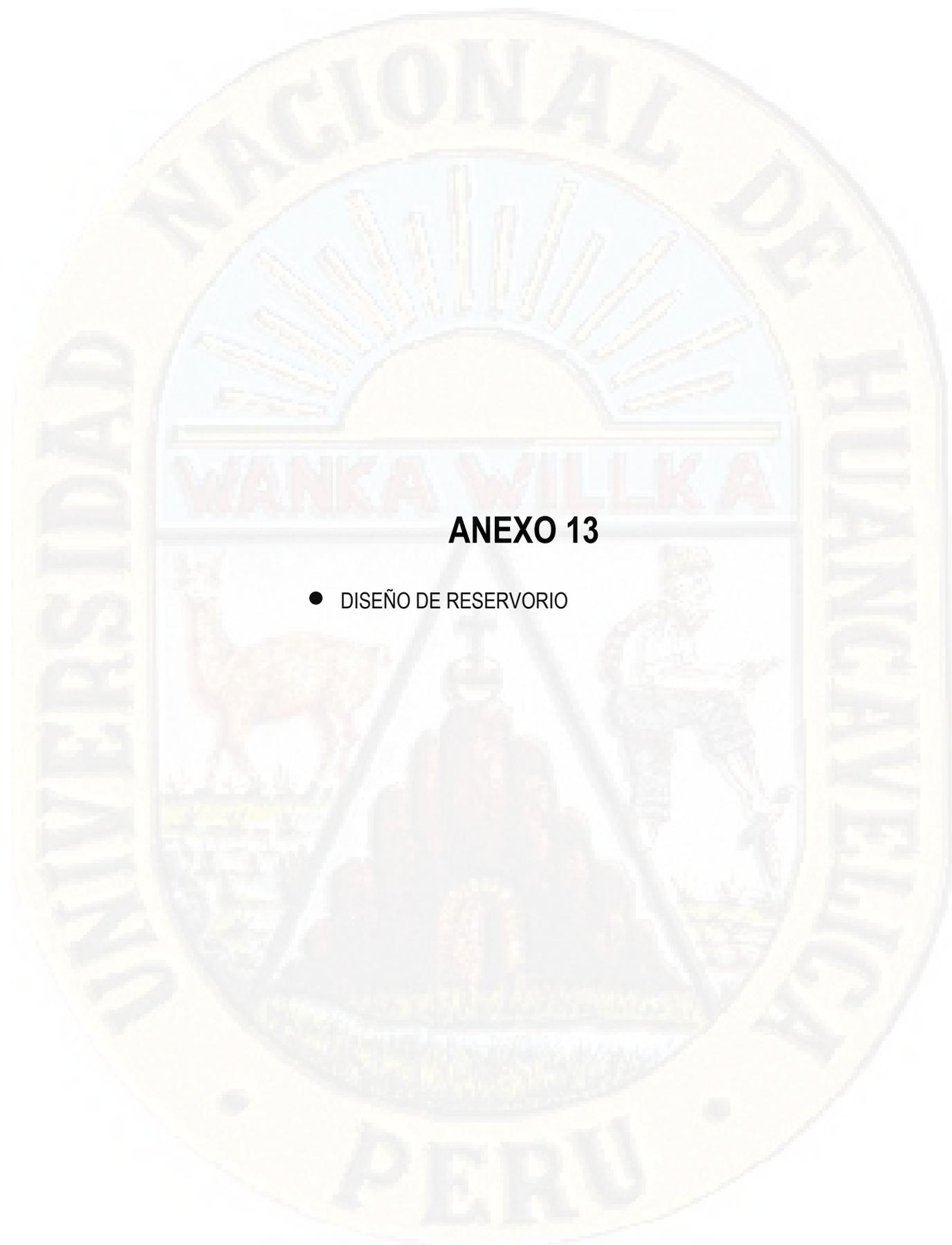
B. RESULTADOS DE DISEÑO

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
AREA DE LA SUPERFICIE	49.84490211	m2
LONGITUD	12.22843843	m
ANCHO	4.076146142	m
CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA ARENA CON GRAVA	2640	m3/m2.dia
PENDIENTE(%)	0.049065954	0.001
FLUJO CAPAZ DE PASAR POR EL SFCW	131.5905416	m3/dia
TIEMPO DE RETENCION	0.445176262	dias

C. DIMENSIONES DE HUMEDAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL



Fuente: ELABORACION PROPIA



ANEXO 13

- DISEÑO DE RESERVORIO

DISEÑO DE RESERVORIO

TESIS :

“SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA- DISTRITO LIRCAY”

DEPART. : HUANCAMELICA
 PROVINCIA : ACOBAMBA
 DISTRITO : LIRCAY
 COMUNIDAD : OCOPA



DATOS

VOLUMEN (V):	16.02	m ³	fc:	210	Kg/cm ²
ANCHO DE PARED (b):	3	m	γconcreto:	2400	kg/m ³
ALTURA DE AGUA (h):	1.8	m			
BORDE LIBRE (B.L):	0.3	m			
ALTURA TOTAL (H):	2.1	m			
PESO ESPECIFICO DEL AGUA (γa):	1000	Kg/m ³			

A. CALCULO DE MOMENTOS Y ESPESORES (E)

-PAREDES

relacion b/h = 1.66666667

b/h	x/h	y=0		y=b/4		y=b/2	
		Mx	My	Mx	My	Mx	My
1	0	0	0-009	0	0-002	0	-0-018
	1/4	0-002	0-011	0	0-003	-0-005	-0-023
	1/2	0-009	0-013	0-005	0-005	-0-006	-0-029
	3/4	0-008	0-008	0-005	0-004	-0-004	-0-02
	1	-0-035	-0-007	-0-022	0-005	0	0

M = 5832 Kg-m

b/h	x/h	y=0		y=b/4		y=b/2	
		Mx	My	Mx	My	Mx	My
1	0	0	52-488	0	11-664	0	-104-976
	1/4	11-664	64-152	0	17-496	-29-16	-134-136
	1/2	52-488	75-816	29-16	29-16	-34-992	-169-128
	3/4	46-656	46-656	29-16	23-328	-23-328	-116-64
	1	-204-12	-40-824	-128-304	29-16	0	0

M max = 204.12 Kg-m

CALCULO DEL ESPESOR

$$e = \left(\frac{6M}{ft * b} \right)^{1/2}$$

e = 9.9713536 cm

eadop = 15 cm

-LOSA DE CUBIERTA

espesor (e) = 0.0875 m

METRADO DE CARGA

Peso propio = 360 Kg/m²

Carga Viva = 150 Kg/m²

W = 510 Kg/m²

CALCULO DEL MOMENTO

MA = MB = 182.1771 Kg-m

VERIFICACION DEL ESPESOR UTIL

$$e = \left[\frac{M}{Rb} \right]^{0.5}$$

$$R = 0.5 * fc * j * k$$

calculo de "n"

Es = 2100000 Tn/m³

Ec = 226295.44 Tn/m³

n = 9.3

fc =	79.00	Kg/cm ²
k =	0.34	
j =	0.89	
R =	12.02	
e =	3.89	cm
e.real =	6.39	cm
e.final =	8.750	cm
e.adaptado =	15	cm

Fuente: ELABORACION PROPIA

-LOSA DE FONDO				
	espesor (e)= 15 cm			
CALCULO DE MOMENTO				
METRADO DE CARGA				
	Peso Propio =	360 Kg/m2		
	Peso del Agua=	1800 Kg/m2		
	W=	2160 Kg/m2		
MOMENTO DE EMPOTRAMIENTO EN LA PLACA				
	M =	-101.25 Kg-m		
	M.corregido=	-53.56125 Kg-m		53.56125
MOMENTO EN EL CENTRO DE LA PLACA				
	M =	50.625 Kg-m		
	M.corregido=	2.5970625 Kg-m		2.5970625
CHEQUEO DEL ESPESOR				
	$e = \left[\frac{6 * M}{ft * b} \right]^{0.5}$			
	e=	5.107833012 cm		
	e.final=	15 cm		
CUADRO DE RESUMEN DE CALCULOS				
DESCRIPCION	PARED		LOSA DE CUBIERTA	LOSA DE FONDO
	VERTICAL	HORIZONTAL		
Momentos "M"(Kg-m)	204.120	169.128	182.177	53.561
Espesor "e" (cm)	15.000	15.000	15.000	15.000
Recubrimiento (cm)	7.500	7.500	2.500	4.000
Pearlite efectivo "d"(cm)	7.500	7.500	12.500	11.000
fs (Kg/cm2)	900.000	900.000	1400.000	900.000
n	9.280	9.280	9.280	9.280
fc (Kg/cm2)	79.000	79.000	79.000	79.000
k	0.449	0.449	0.344	0.449
j	0.850	0.850	0.885	0.850
Area de Acero "As" (cm2)	3.556	2.946	1.176	0.636
cuantía minima "δ"	0.002	0.002	0.002	0.002
b (cm)	100.000	100.000	100.000	100.000
Area de acero min. "As min" (cm2)	2.250	2.250	2.550	2.550
Diametro de la barra "φ" (pul)	3/8	3/8	3/8	3/8
Numero de barras	6.000	5.000	2.000	1.000
Area Efectiva "As" (cm2)	4.260	3.550	1.420	0.710
Numero de barras para Acero min	4.000	4.000	4.000	4.000
Area Efectiva para Acero min "As min"	2.840	2.840	2.840	2.840
Distribucion de Aceros (m)	0.17	0.20	0.25	0.25
Distribucion de Aceros adoptado (m)	0.20	0.20	0.20	0.20

Fuente: ELABORACION PROPIA

DISEÑO DE RESERVORIO - DETALLES

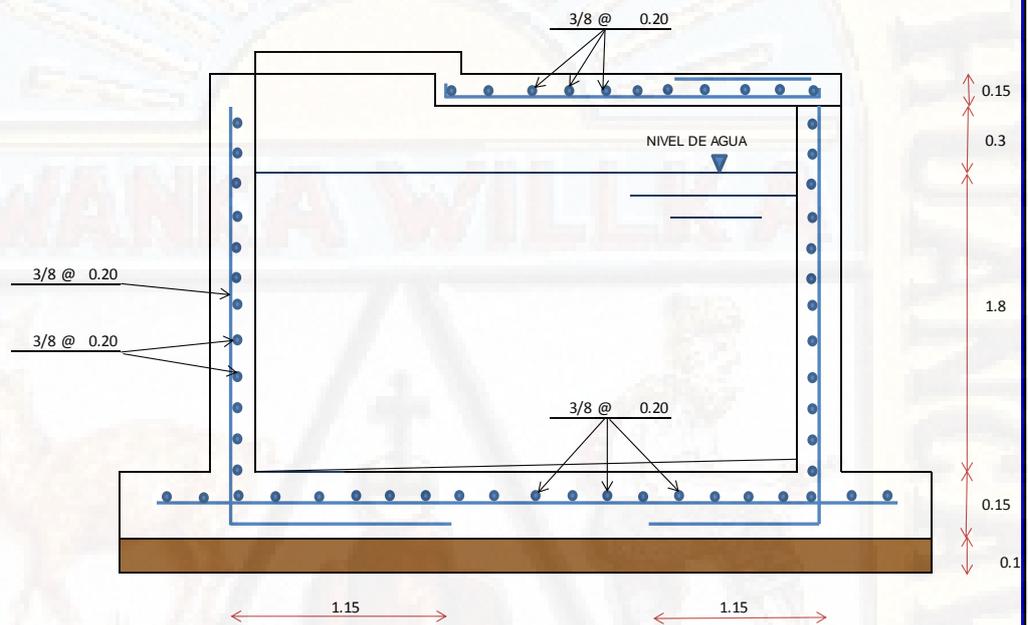
TESIS :

“SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCOPA- DISTRITO LIRCAY”

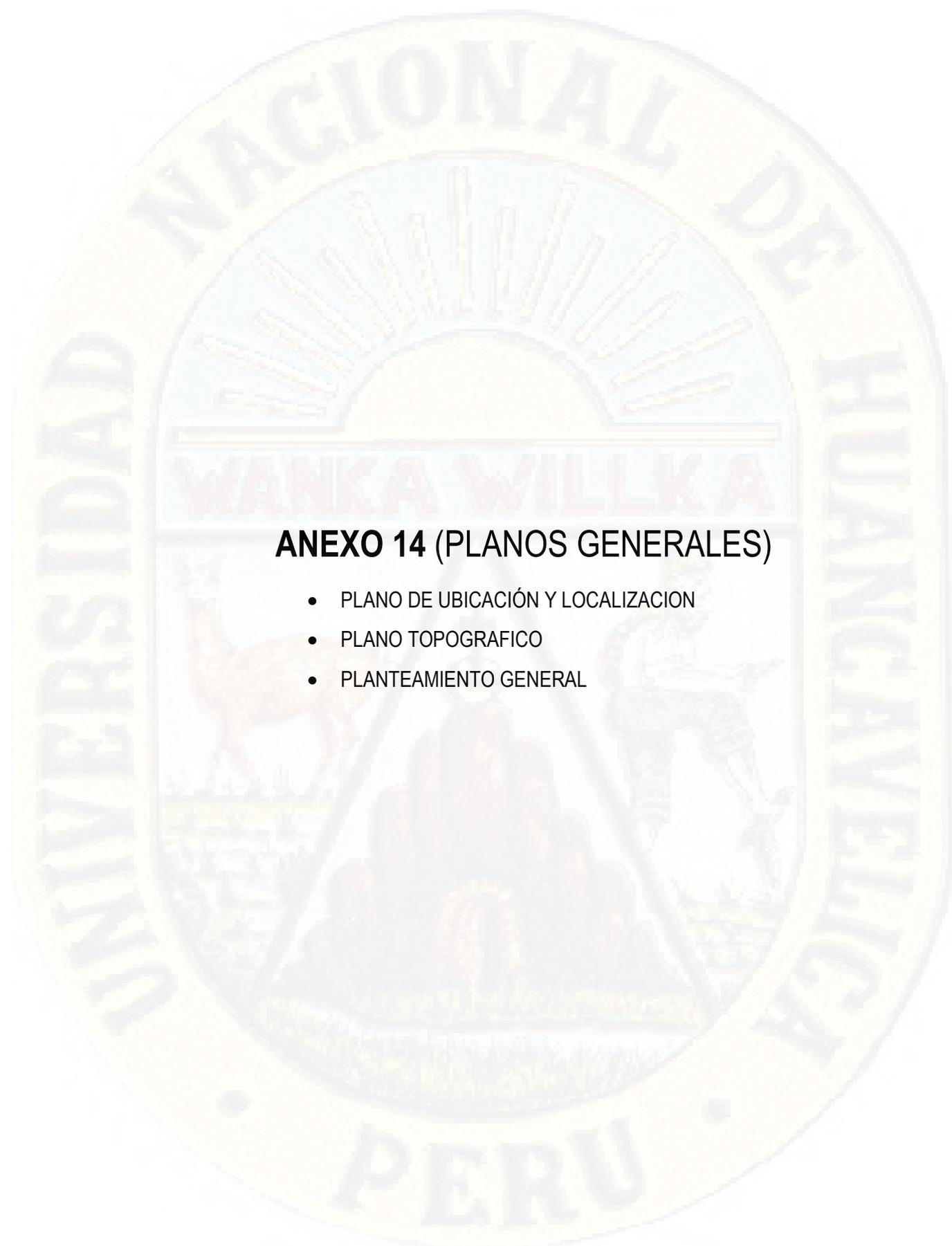
DEPART. : HUANCVELICA
PROVINCIA : ACOBAMBA
DISTRITO : LIRCAY
COMUNIDAD : OCOPA



DETALLE DE ESTRUCTURA DE RESERVORIO



Fuente: ELABORACION PROPIA



ANEXO 14 (PLANOS GENERALES)

- PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACION
- PLANO TOPOGRAFICO
- PLANTEAMIENTO GENERAL



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - LIRCAY

"SISTEMA DE DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCCOPA - DISTRITO LIRCAY"

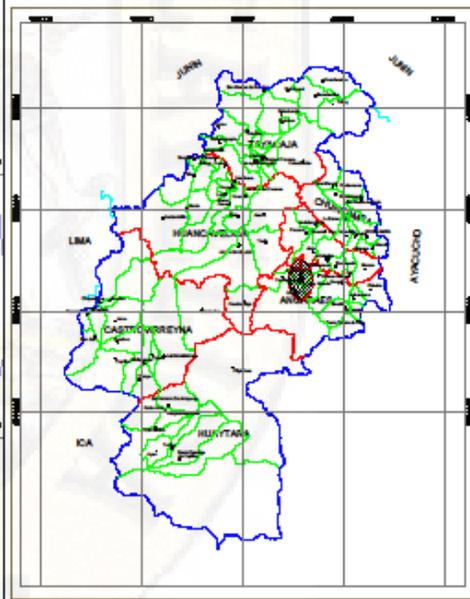
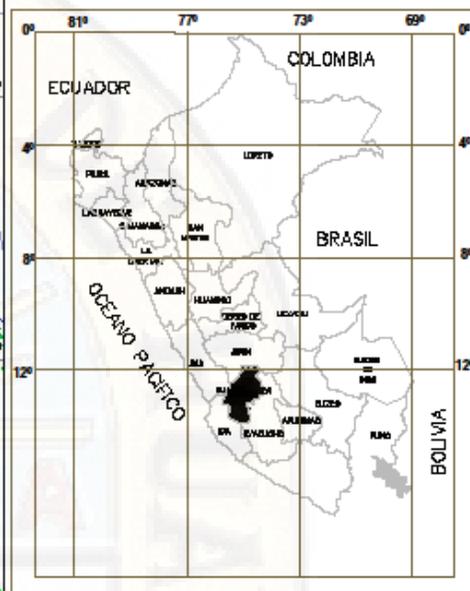
PLANO

PUL - 01

FECHA: / /

PROFESIONAL:

LOCALIZACION DEL PROYECTO



PLANO UBICACION

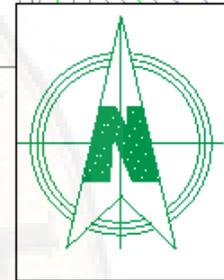
COORDENADAS UTM – DATUM WGS84 ESC: 1/1000



LEYENDA I	
CASAS	
CURVAS MAYORES	
CURVAS MENORES	
TITULOS	JARDIN
CARRETERA	
RIOS	
BNTs	
CAJONETAS	
BMs	
BUZON	

PLANO TOPOGRAFICO, VIVIENDAS EXISTENTES

COORDENADAS UTM - DATUM WGS84 ESC: 1/1000



COMUNIDAD
CAMPEÑINA DE
OCOPA - LIRCAY

LEYENDA I	
CASAS	
CURVAS MAYORES	
CURVAS MENORES	
TITULOS	
CARRETERA	
RIOS	
BM's	
CALICATAS	
BMs	
BUZON	

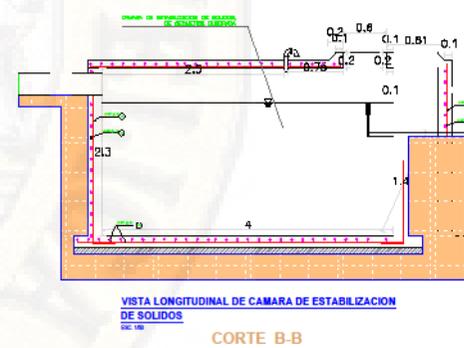
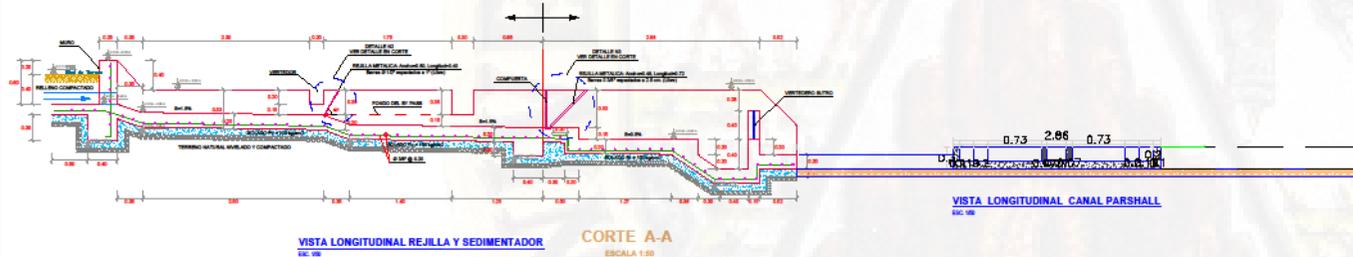
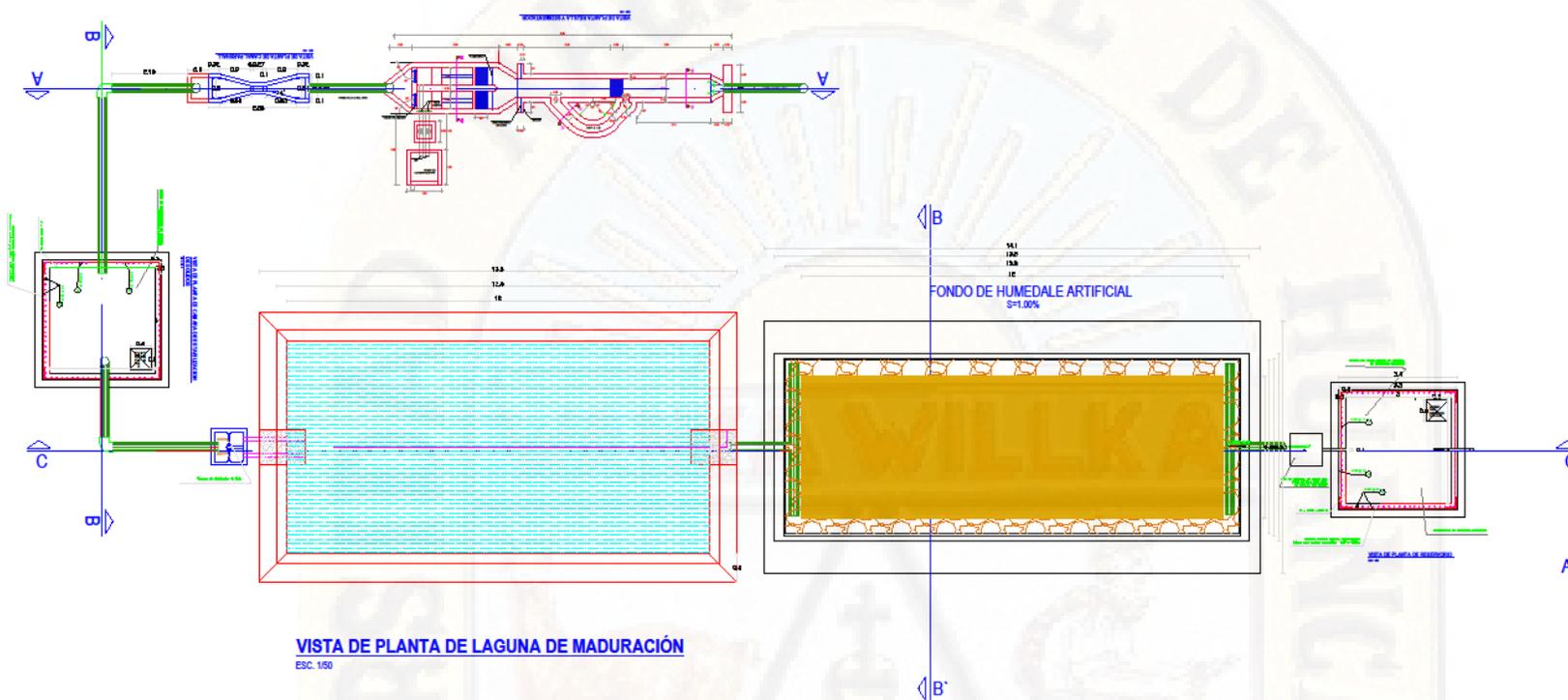


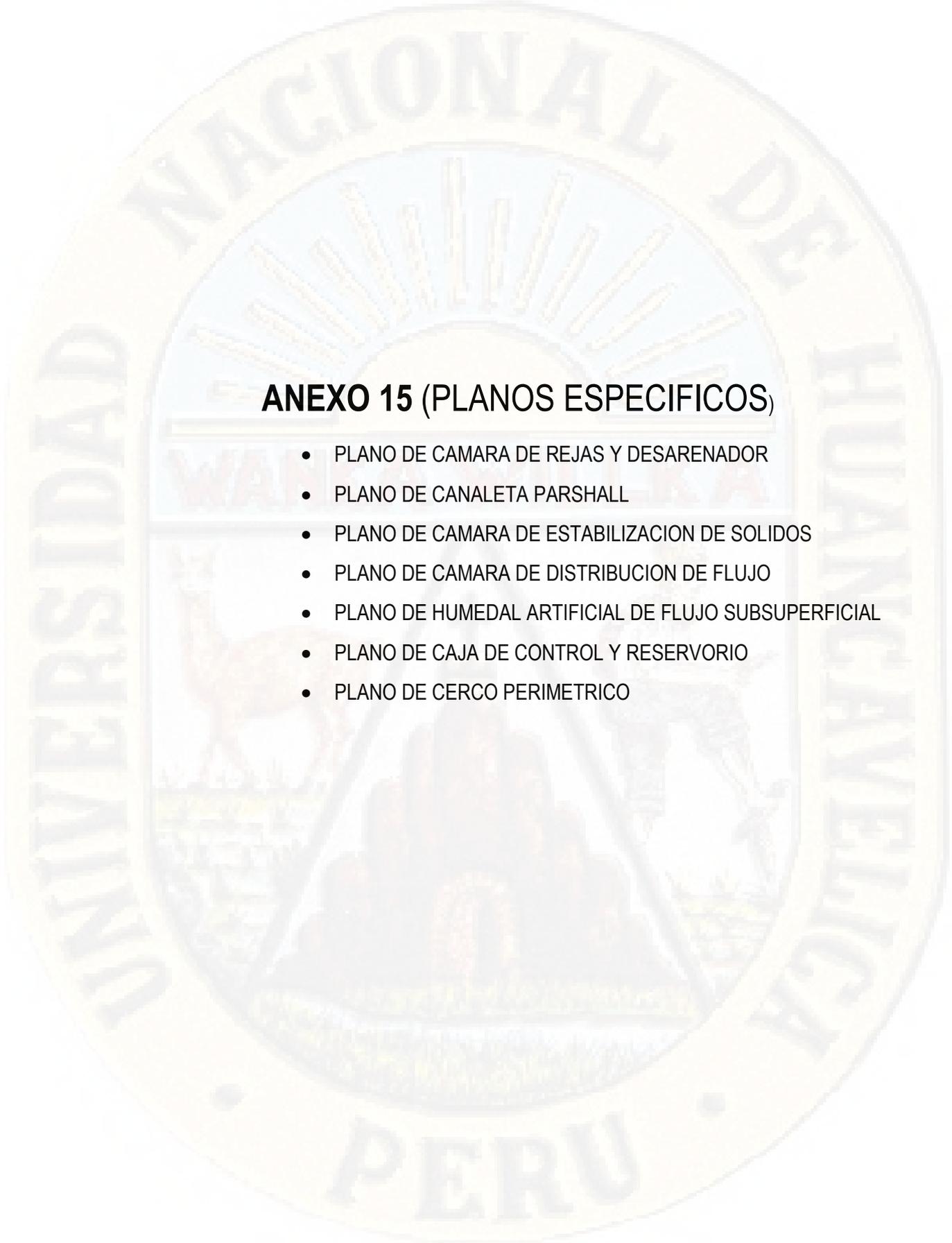
ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERIA CIVIL -
LIRCAY

"SISTEMA DE
DEPURACION DE AGUAS
RESIDUALES MEDIANTE
BIOMEDAL ARTIFICIAL DE
FLUJO SUBSUPERFICIAL
EN LA COMUNIDAD
CAMPEÑINA DE OCOPA
DISTRITO LIRCAY"

PT - 01

PROYECTO:	ESCALA:
FECHA:	UBICACION:
PROYECTISTA:	REVISOR:
FIRMAS DEL PROFESIONAL:	

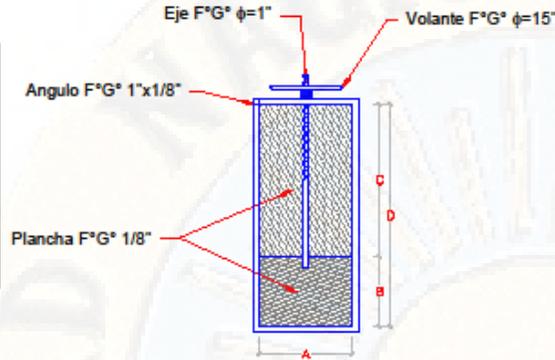




ANEXO 15 (PLANOS ESPECIFICOS)

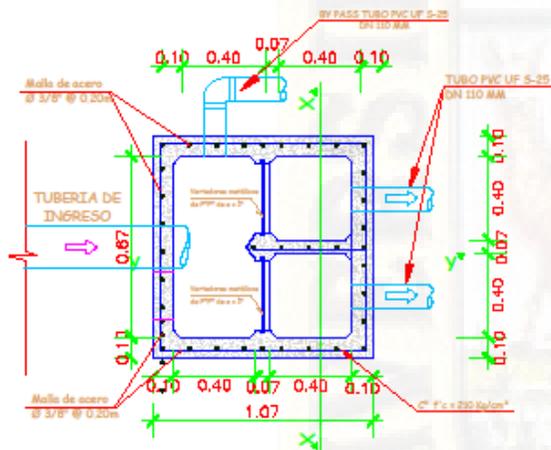
- PLANO DE CAMARA DE REJAS Y DESARENADOR
- PLANO DE CANALETA PARSHALL
- PLANO DE CAMARA DE ESTABILIZACION DE SOLIDOS
- PLANO DE CAMARA DE DISTRIBUCION DE FLUJO
- PLANO DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL
- PLANO DE CAJA DE CONTROL Y RESERVORIO
- PLANO DE CERCO PERIMETRICO

COMPUERTA METALICA G1	
TIPO I	
A	0.40
B	0.35
C	0.55
D	0.90

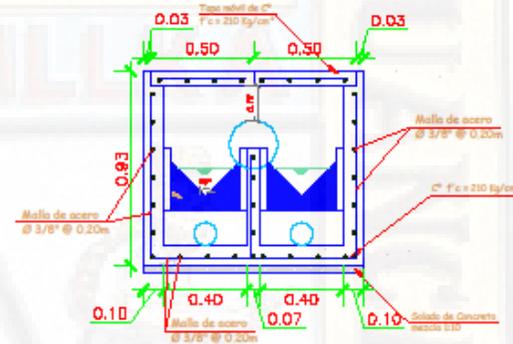


DETALLE COMPUERTA METALICA

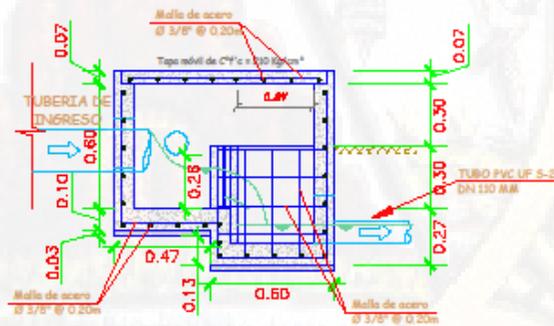
ESC: S/ESC



PLANTA
esc. 1:25



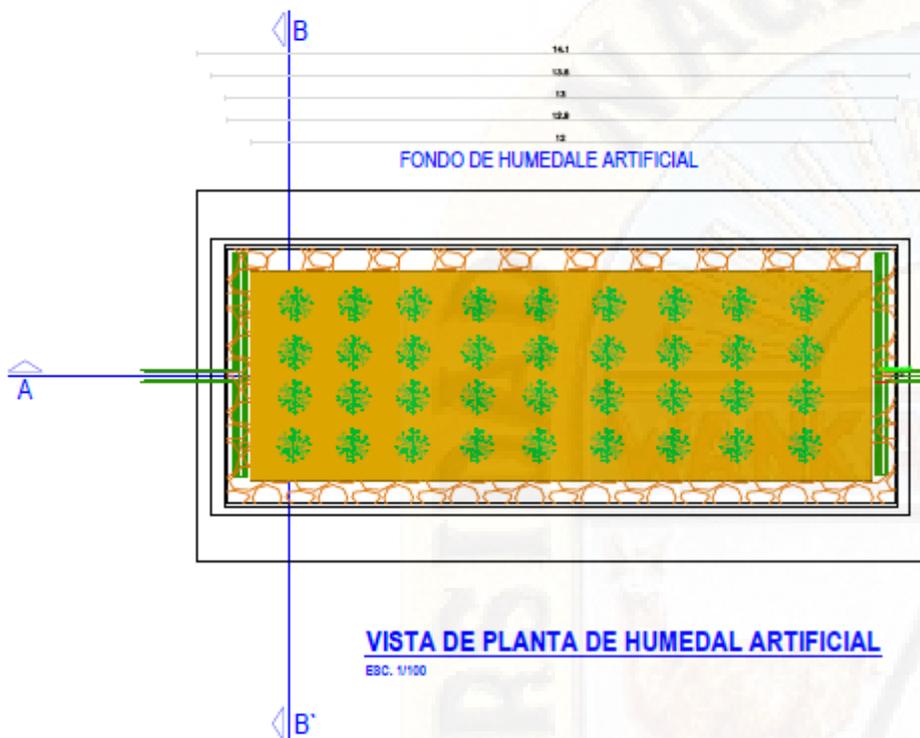
CORTE X - X
esc. 1:25



CORTE Y - Y
esc. 1:25

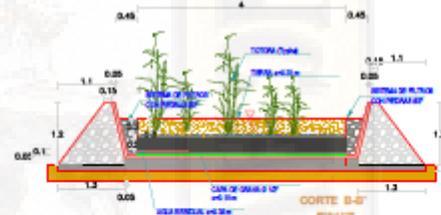
PLANTA DE LA CAMARA DE DISTRIBUCION





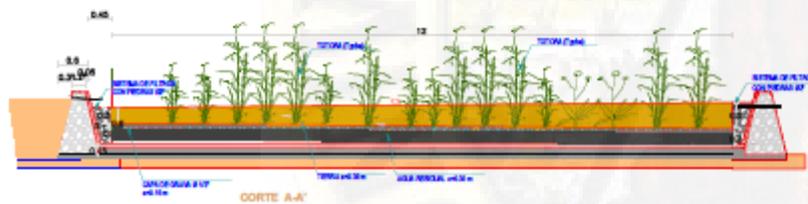
VISTA DE PLANTA DE HUMEDAL ARTIFICIAL

ESC. 1/100



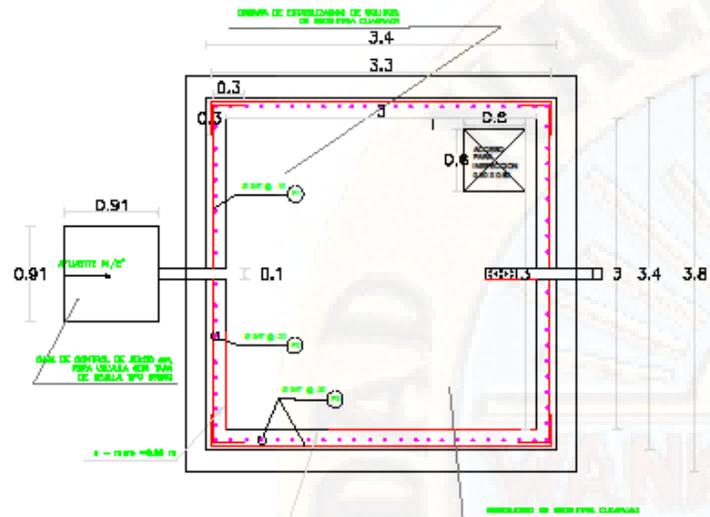
CORTE TRANSVERSAL DE HUMEDAL ARTIFICIAL

ESC. 1/100

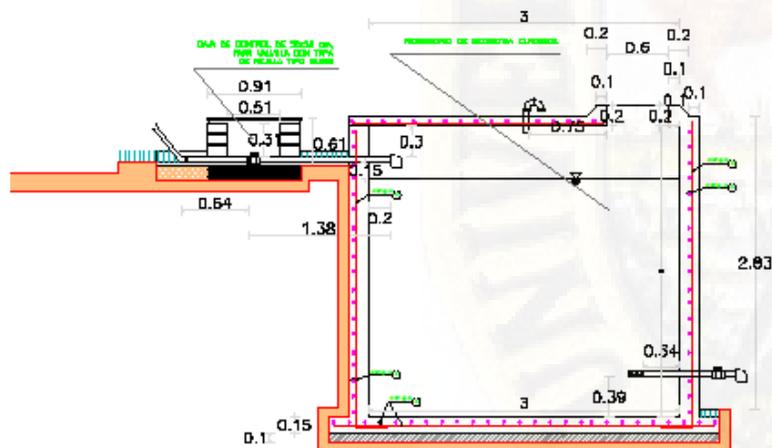


CORTE LONGITUDINAL DE HUMEDAL ARTIFICIAL

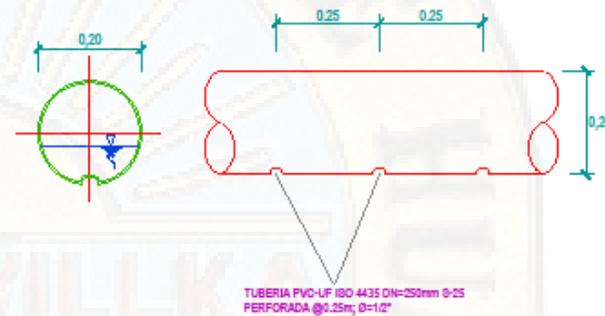
ESC. 1/100



VISTA DE PLANTA DE CAJA DE CONTROL Y DE RESERVORIO
ESC. 1/50

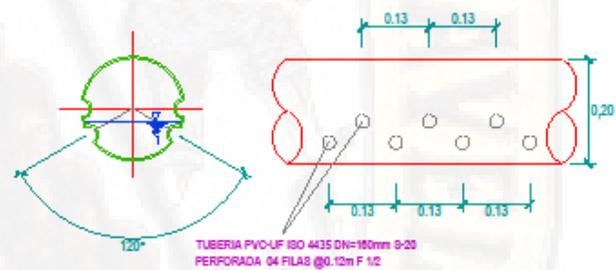


VISTA DE PERFIL DE CAJA DE CONTROL Y DE RESERVORIO
ESC. 1/50



DETALLE DE TUBERIA DE DISTRIBUCION

ESC. 1/10



DETALLE DE TUBERIA DE RECOLECCION

ESC. 1/10



REVISION:
ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERIA CIVIL -
LIRCAY

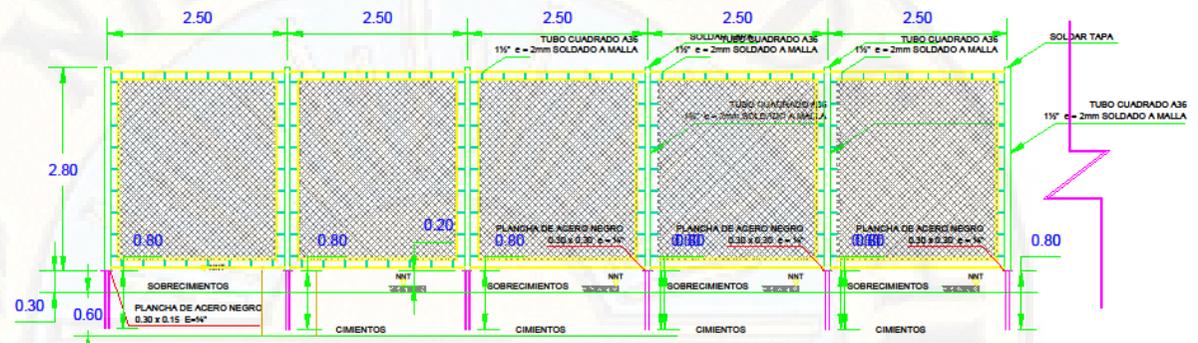
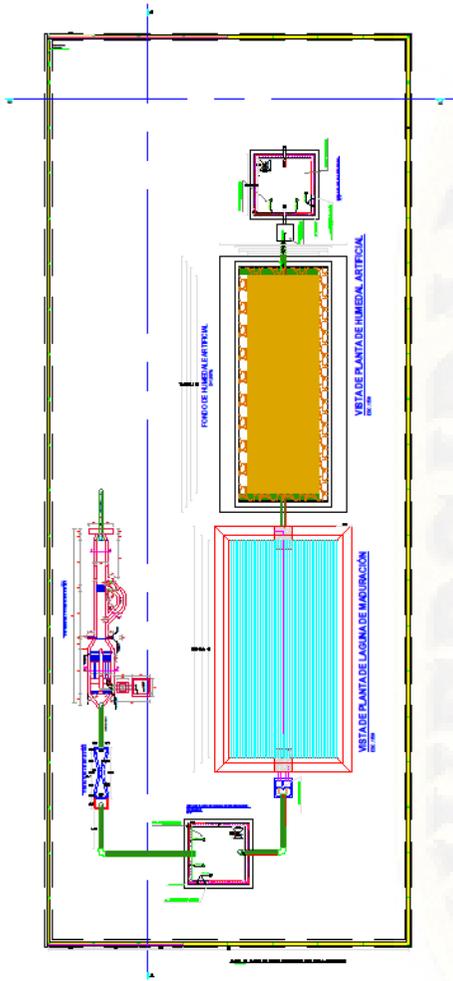
TITULO:
"SISTEMA DE
DEPURACION DE AGUAS
RESIDUALES MEDIANTE
HUMEDAL ARTIFICIAL DE
FLUJO SUBSUPERFICIA
EN LA COMUNIDAD
CAMPESENA DE OCCOPA -
DISTRITO LIRCAY"

PLANO:
[Empty space for plan number]

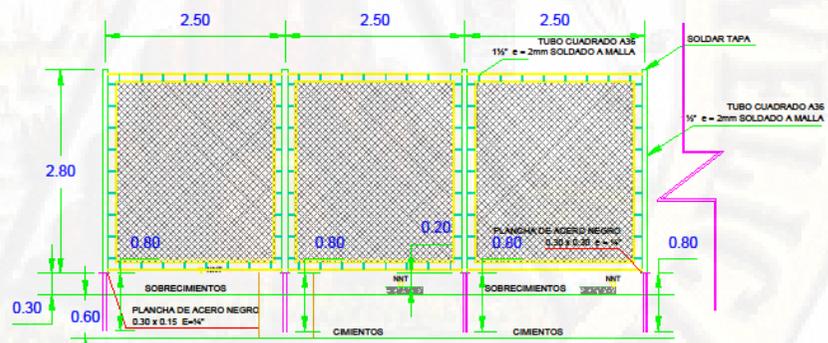
CODIGO:
CP - 01

UBICACION:
DISEÑADO: [Empty space]
REVISADO: [Empty space]
AUTORIZADO: [Empty space]
FECHA: [Empty space] ESCALA: [Empty space]

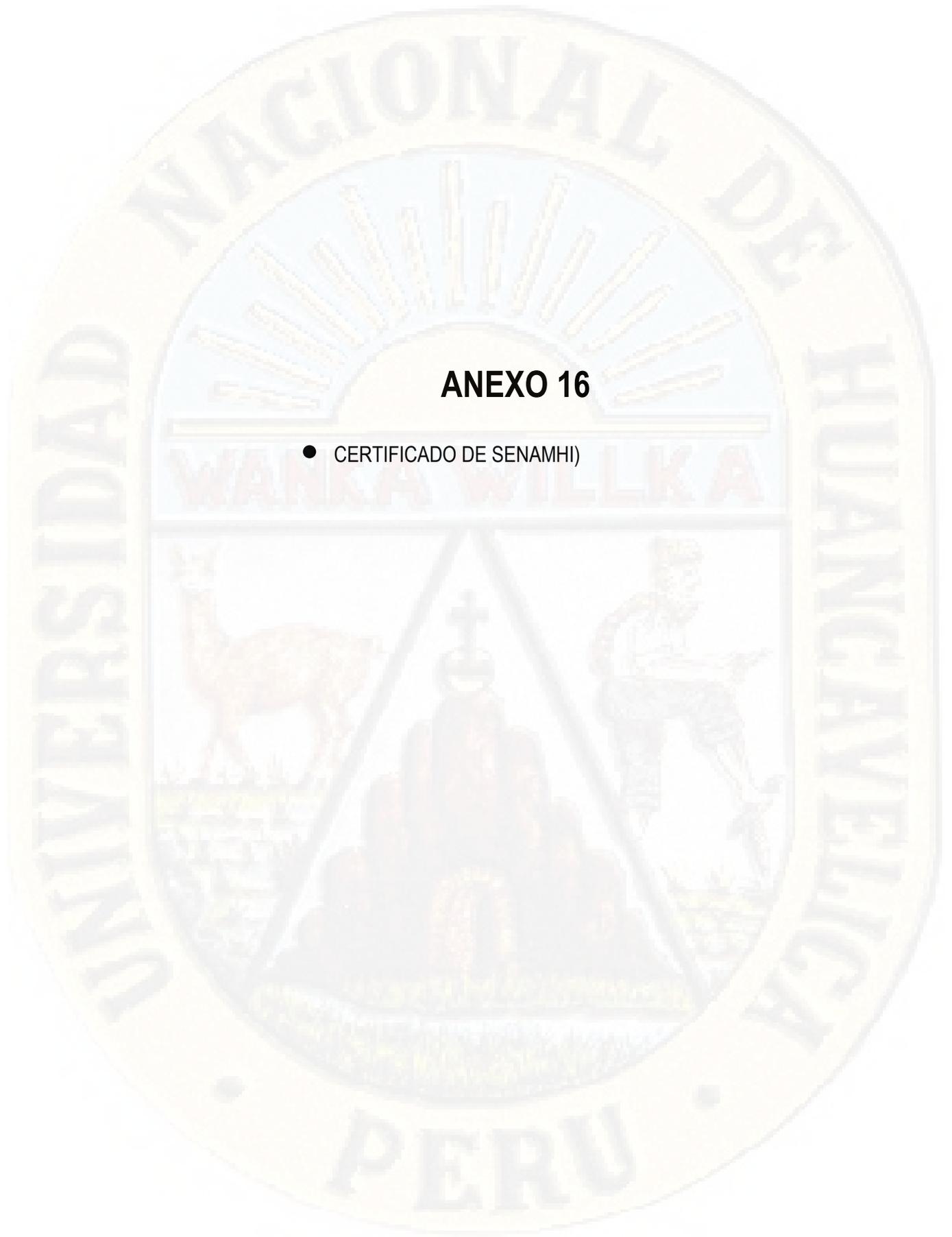
FIRMA DEL PROFESIONAL:



CERCO PERIMETRICO - CORTE A-A
ESCALA: 1/50



CERCO PERIMETRICO - CORTE B-B
ESCALA: 1/50



ANEXO 16

- CERTIFICADO DE SENAMHI)



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

Dirección Zonal 11

"AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO"

ESTACIÓN: MAP ACOBAMBA
 LATITUD: 12°50'37.32" SUR DPTO. Huancavelica
 LONGITUD: 74° 33' 41.46" OESTE PROV. Acobamba
 ALTITUD: 3423 msnm DIST.: Acobamba

Parametro Precipitación Máxima 24 horas (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1995	92.8	89.0	66.3	7.3	0.0	4.6	9.9	8.2	32.1	35.1	53.0	47.8
1996	108.8	209.5	127.1	49.9	1.1	3.4	0.0	16.5	18.1	62.4	47.6	68.3
1997	135.6	110.0	62.3	54.0	14.7	0.0	7.4	29.9	54.2	52.6	101.1	87.3
1998	74.1	109.6	83.5	26.2	3.6	10.5	0.0	10.4	19.5	96.2	42.8	117.9
1999	147.8	153.6	65.8	33.9	2.0	16.8	6.5	0.0	47.7	14.0	86.9	70.0
2000	145.8	198.7	147.2	10.8	20.9	26.6	32.6	4.9	7.9	55.5	27.6	133.1
2001	216.7	49.6	110.5	34.2	54.4	4.9	38.3	17.7	38.6	40.0	73.7	114.0
2002	71.5	240.2	116.6	50.4	35.2	1.4	23.2	22.8	55.4	68.1	95.3	113.7
2003	64.9	130.7	107.8	80.7	8.2	0.9	0.0	54.9	28.4	11.6	32.7	132.4
2004	95.1	126.8	34.9	24.3	20.7	20.3	15.0	7.5	23.4	38.1	43.5	151.5
2005	71.5	51.0	83.3	19.8	12.2	2.4	11.7	6.7	11.8	116.8	38.1	141.3
2006	141.5	91.0	121.1	55.0	3.2	2.8	0.0	40.4	7.9	56.4	104.5	74.8
2007	108.2	68.0	152.5	88.6	40.9	0.0	7.0	2.0	47.1	74.0	27.2	109.7
2008	179.1	102.5	50.9	9.2	51.3	8.7	4.7	8.0	11.6	64.4	28.9	137.0
2009	120.4	164.3	68.3	30.4	20.1	3.4	3.7	18.4	19.8	30.0	118.7	115.4
2010	202.1	81.5	104.2	55.4	10.0	0.0	0.0	13.3	24.2	60.3	34.3	148.4
2011	239.9	256.3	171.4	73.2	10.1	7.6	11.8	16.8	28.2	76.1	88.4	108.8
2012	102.0	179.6	80.6	127.2	33.1	20.2	3.4	4.0	21.4	37.7	44.8	164.2
2013	138.5	91.1	101.0	13.9	19.3	4.5	6.8	43.2	8.4	46.3	28.9	138.4
2014	146.7	94.6	171.9	49.4	29.4	1.2	21.4	1.8	29.0	56.0	40.0	91.1
2015	193.8	155.7	129.2	44.6	38.6	16.8	15.6	37.6	19.3	56.5	26.2	225.7
2016	47.7	166.8	47.9	27.1	21.5	2.4	16.0	5.2	9.9	78.6	69.4	117.3

INFORMACION PREPARADA PARA
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PAUCARA
 HUANCAYO, 10 DE MARZO 2017

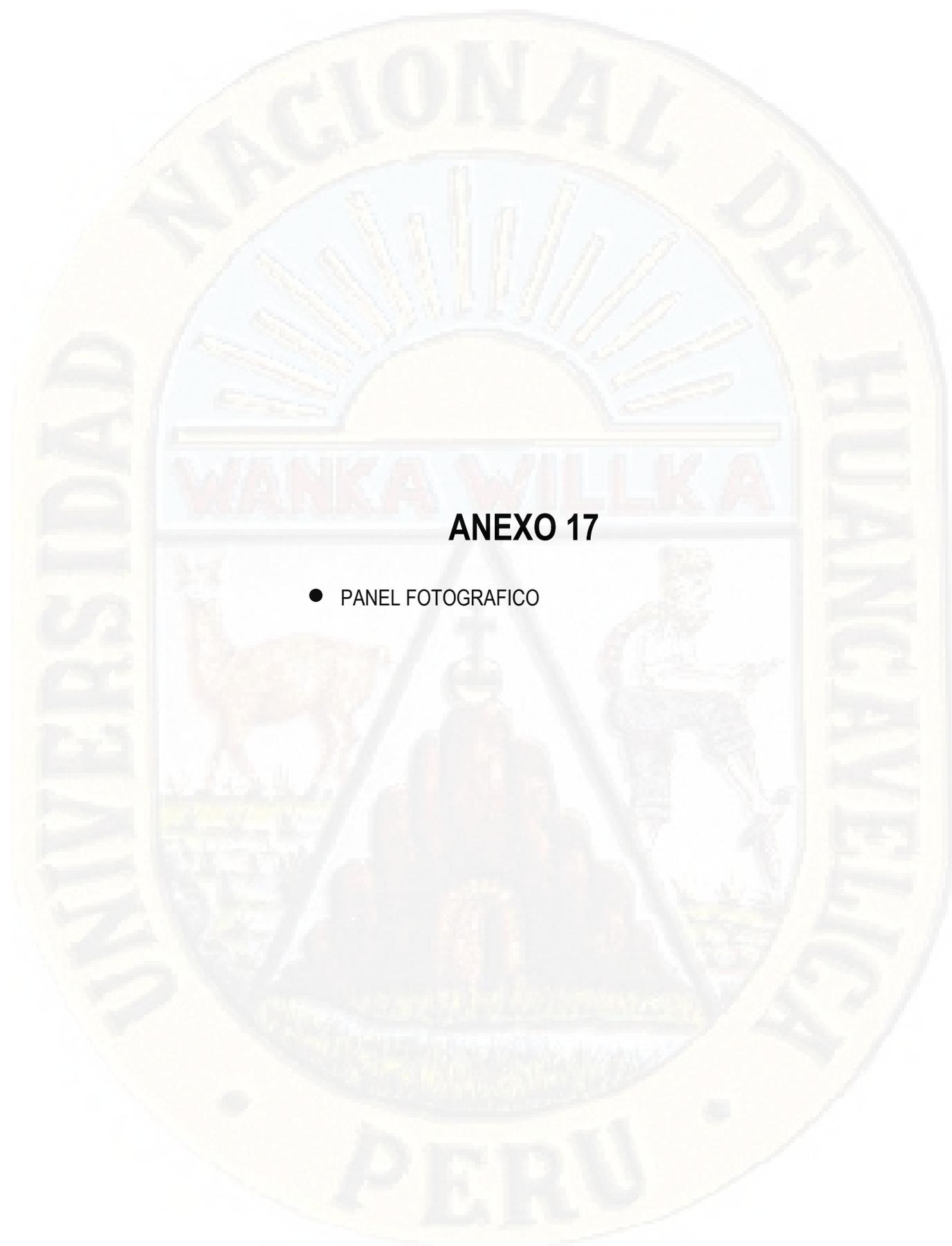


Adam Ramos Cadillo
ING. ADAM RAMOS CADILLO
 CIP N° 46100
 DIRECTORA ZONAL 11
 SENAMHI - JUNIN



Dirección Zonal SENAMHI-JUNIN
 Calle Nemesio Raetz N° 223, El Tambo, Huancayo
 Tel: 064-248072 RPM #990866893
 Email: esanchez@senamhi.gob.pe
 www.senamhi.gob.pe

Fuente: SENAMHI



ANEXO 17

- PANEL FOTOGRAFICO



Figura 49. Aplicando cuestionario a los pobladores de la CC.CC. de Ocopa



Figura 50. Aplicando cuestionario a los pobladores de la CC.CC. de Ocopa



Figura 51. Aplicando cuestionario a los pobladores de la CC.CC. de Ocopa



Figura 52. Aplicando cuestionario a los pobladores de la CC.CC. de Ocopa