

REPÚBLICA DEL ECUADOR



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TEMA:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE PUAL, PARROQUIA CURARAY, CANTÓN ARAJUNO”

Tesis de Grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental

AUTOR:

EGDO. LOZADA PROAÑO, JONÁS ISRAEL

DIRECTOR:

HEREDIA RENGIFO, MARCO GERARDO MSc.

PUYO – PASTAZA – ECUADOR

2016

Aprobación del director de tesis.

En mi calidad de director del Informe de investigación sobre el tema: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE PUAL, PARROQUIA CURARAY, CANTÓN ARAJUNO”**, del autor Lozada Proaño Jonás Israel estudiante de la Facultad de Ciencias de la Vida, Escuela de Ingeniería Ambiental, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por el consejo directivo, conformándolo el Dr. Reinier Abreu en calidad de presidente del tribunal, Msc. Karel Dieguez y el Dr. Raúl Valverde en calidad de miembros.

Puyo, Mayo 2016

.....

Ing. Marco Heredia Msc.

Auditoria de trabajo de grado.

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE PUAL, PARROQUIA CURARAY, CANTÓN ARAJUNO”**, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de grado.

Puyo, Mayo 2016

.....
Jonás Israel Lozada Proaño.

Aprobación del jurado examinador.

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Informe de Investigación, sobre el tema: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE PUAL, PARROQUIA CURARAY, CANTÓN ARAJUNO”**, de nombres y apellidos Jonás Israel Lozada Proaño, estudiante de la Facultad de Ciencias de la Vida, Escuela de Ingeniería Ambiental.

Puyo, Mayo 2016

Para constancia firman

.....
Dr. Reinier Abreu
Presidente

.....
Msc. Karel Dieguez
Miembro

.....
Dr. Raúl Valverde
Miembro

Derechos de autor.

Por constancia cedo los derechos de mi tesis, para fines de difusión pública, además apruebo la difusión de esta tesis, dentro de los reglamentos de la Universidad Estatal Amazónica, siempre y cuando esta reproducción no suponga ninguna ganancia económica alguna.

Puyo, Mayo 2016

.....
Jonás Israel Lozada Proaño.

Agradecimiento.

A Dios por haberme otorgado las fuerzas, el ánimo que he necesitado a cada momento y por ser eje fundamental de mi vida.

A mi familia en especial a mis padres Juan Lozada y Olga Proaño quienes me apoyaron sin importar la dificultad que esto significaba, ya que siempre estuvieron conmigo en mis triunfos y tropiezos ya sea con lágrimas de tristeza o alegría.

A mi hermano Samuel que con su conocimiento, me guió por nuevos rumbos a donde llevar mi papel profesional, me encaminó a lazos de amistad por medio de la humildad sin importar condición, raza o clase y me supo dar aliento cuando lo necesitaba.

A la Universidad Estatal Amazónica, Institución Educativa prestigiosa que me brindó conocimiento y madurez en sus aulas a través de sus profesionales y a su vez me otorgaron lazos de amistad y consejo.

A mis profesores protagonistas que me ayudaron en la realización de esta tesis, en especial a mi Director de Tesis. Msc. Marco Gerardo Heredia Rengifo, quien con su paciencia, comprensión supo guiarme por el camino del éxito en todo momento.

Israel Lozada.

Dedicatoria.

Dedico esta tesis:

A Dios pilar fundamental de mi vida, fortalecedor, animador, consolador y padre eterno que siempre me ayudado, sin importar mi situación.

A mis padres quienes con su esfuerzo y dedicación lograron que no solo yo, sino también mis hermanos logremos llegar a la cúspide del triunfo de nuestras vidas, y de esta manera formarnos como profesionales que podamos defendernos de los obstáculos y dificultades que se presenten en nuestro camino.

A mis amigos y compañeros de aula, por ser siempre protagonistas directos con su amistad y apoyo en los momentos más difíciles, distracción con sus bromas y comprensión con sus palabras de consejo.

A mis amigos de mi iglesia quienes con sus oraciones, apoyo, consejo, amistad supieron darme fuerza para seguir en este camino fuerte y duro de mi formación como profesional de la república del Ecuador.

Israel Lozada

Tabla de contenidos.

1.	Introducción.....	1
1.1.	Objetivo General.....	2
1.2.	Objetivos Específicos.	2
2.	Revisión de Literatura.....	3
2.1.	Pueblos indígenas en el bioma amazónico.....	3
2.2.	Pueblos Indígenas en la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE).	4
2.3.	Situación sanitaria de la comunidad de Pual- provincia de Pastaza.	5
2.4.	El Agua y su estructura.	6
2.5.	Importancia del agua.....	6
2.6.	Propiedades fisicoquímicas y biológicas del agua.....	7
2.7.	Calidad del agua – parámetros.	8
2.8.	Características físico-químicas del agua.	8
2.8.1.	Parámetros físicos.....	8
2.8.2.	Parámetros químicos.	9
2.8.3.	Parámetros biológicos.	11
2.9.	Agua tratada o potable.	12
2.10.	Clasificación de las aguas según su calidad.....	18
2.10.1.	Según su procedencia.	18
2.11.	Contaminación Viral y Bacteriológica del agua: Control de Calidad.....	19
2.12.	Control de la Calidad Bacteriológica y Viral.....	20
2.13.	Productos químicos y tóxicos peligrosos que podrían presentarse en el agua.	20
2.14.	Tratamiento del Agua.....	21
2.14.1.	Procesos de Potabilización del Agua.	21
2.16.	Alternativas de tratamiento del agua de bajo costo.....	23
2.17.	Redes de Distribución – Tipos.....	24
2.18.	Conexiones en domicilios.....	25
2.19.	Diseño del Sistema de Tratamiento de agua de Consumo Humano: Bases de Diseño.	25
2.19.1.	Periodo de Diseño.	25

2.19.2.	Población de Diseño.	25
2.19.3.	Dotación.	26
2.19.4.	Demanda.	28
2.19.5.	Caudales de Diseño.	29
3.	Materiales y Métodos.	37
3.1.	Localización y Duración de la Investigación.	37
3.2.	Condiciones Meteorológicas.	38
3.3.	Duración.	38
3.4.	Materiales y Equipos.	39
3.5.	Factores de Estudio.	39
3.6.	Análisis Estadístico.	40
3.6.1.	Estadística descriptiva.	40
3.6.2.	Población de Diseño- Población Actual de la Comunidad de Pual.	40
3.7.	Datos obtenidos.	42
3.8.	Mediciones experimentales.	42
3.8.1.	Dotación básica.	42
3.8.2.	Caudales de diseño	43
3.8.3.	Aforo volumétrico	44
3.8.4.	Medición del pH y temperatura en la zona de estudio	44
3.8.5.	Medición del caudal de una corriente natural	44
3.9.	Manejo del experimento	45
	Caracterización microbiológica y estudio físico-química	45
3.10.	Diseño del sistema de tratamiento de agua para consumo humano	47
3.10.1.	Desarenador.	47
3.10.2.	Filtro grueso dinámico.	48
3.10.3.	Filtro lento de arena con flujo descendente	51
3.10.4.	Sistema de cloración por erosión de pastillas	55
3.11.	Análisis económico	55
3.11.1.	Costos indirectos	55
3.11.2.	Costos directos	56

4.	Resultados Experimentales.	60
4.1.	Primer Objetivo	60
4.1.1.	Primera alternativa (fuente de la actual captación).	61
4.1.2.	Segunda alternativa – río Villano.	61
4.2.	Segundo Objetivo	64
4.2.2.	Segunda alternativa – río Villano.	65
4.2.3.	Elección de una alternativa fuente óptima para la ejecución del proyecto.	66
4.3.	Población de Diseño.	68
4.3.1.	Población Futura.	68
4.3.2.	Modelo de encuesta.	69
4.3.3.	Población y muestra.	69
	Tercer Objetivo	72
4.3.4.	Resultados de los Análisis Microbiológico y Físico-Químico del Agua.	72
4.3.5.	Análisis y tabulación de los resultados obtenidos de los parámetros.	73
4.4.	Bases de Diseño.	74
4.4.1.	Periodo de Diseño.	74
4.4.2.	Dotación.	75
4.4.3.	Demanda.	76
4.4.4.	Caudales de Diseño.	79
4.4.5.	Cálculos hidráulicos	81
4.5.	Cuarto objetivo	84
4.5.1.	Planta de tratamiento.	84
4.5.2.	Cálculo del diseño del desarenador.	84
4.5.3.	Cálculo del diseño del filtro grueso dinámico.	87
4.5.4.	Cálculo del diseño del filtro lento de arena con flujo descendente.	94
4.5.5.	Sistema de cloración por erosión de pastillas.	100
4.6.	Resultado del análisis económico.	101
5.	Discusión.	108
6.	Conclusiones.	110
7.	Recomendaciones.	112

8.	Bibliografía.....	113
9.	Anexos.....	129
9.1.	Encuesta: socio económica – comunidad kichwa Pual.	129
9.2.	Lista de personas encuestadas.....	135
9.3.	Fotografías.....	136
9.4.	Resultados de los análisis físico químico y bacteriológicos de la fuente de agua.	138
9.5.	Planos del diseño un sistema de tratamiento agua para la comunidad de Pual.	140

Índice de tablas.

Tabla 1. Propiedades Físicas del Agua.....	9
Tabla 2. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas.	13
Tabla 3. Sustancias orgánicas.....	14
Tabla 4. Plaguicidas.	15
Tabla 5. Residuos de desinfectantes.	15
Tabla 6. Subproductos de desinfección.	16
Tabla 7. Cianotoxinas.	16
Tabla 8. Requisitos microbiológicos.	16
Tabla 9. Parámetros I, norma código ecuatoriano de construcción.....	16
Tabla 10. Parámetros II, norma código ecuatoriano de construcción.	17
Tabla 11. Parámetros III, código ecuatoriano de construcción.	17
Tabla 12. Parámetros IV (plaguicidas), código ecuatoriano de construcción.	17
Tabla 13. Parámetros V (sustancias tóxicas y metales pesados), código ecuatoriano de construcción.	18
Tabla 14. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.....	26
Tabla 15. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio	27
Tabla 16. Factores de Mayoración para poblaciones menores a 1000 habitantes hab.	27
Tabla 17. Caudales de diseño para los elementos de un sistema de potabilización de agua. ..	30
Tabla 18. Coeficientes (C) de rugosidad de tubería.....	34
Tabla 19. Materiales y Equipos para el proyecto de diseño de un sistema de tratamiento de agua para consumo humano de la comunidad de Pual, Parroquia Curaray, Cantón Arajuno.	39
Tabla 20. Población de la comunidad Pual por edades.....	41
Tabla 21. Dotaciones de agua recomendadas para los diferentes niveles de servicio.	43
Tabla 22. Caudales de diseño después de analizar el tipo de fuente de agua.	44
Tabla 23. Métodos utilizados por los laboratorios del CESTTA para determinar parámetros en el agua.	46
Tabla 24. Costos indirectos para presupuesto del proyecto.	56
Tabla 25. Cuadrilla tipo y rendimiento unidad jornada para los primeros dos rubros del presupuesto.	57
Tabla 26. Costos y salarios para el año 2016.....	58
Tabla 27. Datos y resultados del cálculo del área total.....	62
Tabla 28. Datos obtenidos del aforamiento volumétrico de la fuente elegida.	67
Tabla 29. Resultados de pH y Temperatura de la fuente elegida.	68
Tabla 30. Resultados análisis de las aguas.	72
Tabla 31. Condiciones de uso y consumo básico de la comunidad Pual.	75
Tabla 32. Campos y factores de mayoración encontrados en la Comunidad de Pual.	76

Tabla 33. Demanda año por año para los próximos 20 años del período de diseño.....	77
Tabla 34. Cálculo hidráulico red de conducción de la comunidad de Pual.....	82
Tabla 35. Perfil y línea piezométrica desde la captación hasta el tanque de reserva.....	83
Tabla 36. Presupuesto de un sistema de agua con la primera alternativa.....	101
Tabla 37. Presupuesto con la segunda alternativa.....	104
Tabla 38. Listado de personas encuestadas.	135

Índice de figuras.

Figura 1. Siete Nacionalidades Indígenas de la Provincia de Pastaza-Región Amazónica Ecuatoriana	4
Figura 2. Localización de la Zona de Estudio para el proyecto diseño de un sistema de tratamiento de agua para consumo humano de la comunidad de Pual, Parroquia Curaray, Cantón Arajuno.	38
Figura 3. Pirámide poblacional por sexo y edad.	41
Figura 5. Ubicación de las alternativas de fuente de agua.	66
Figura 6. Entrada a la Zona de Estudio: Comunidad Pual, Parroquia Curaray, Cantón Arajuno	136
Figura 7. Encuestando a la población de la Comunidad Pual	136
Figura 8. Medición del caudal del río Villano.	136
Figura 9. Aforamiento de la fuente elegida.	137
Figura 10. Análisis del pH del Agua de la fuente agua elegida.	137
Figura 11. Recolección de muestras de agua para análisis microbiológico.	137
Figura 12. Detalles constructivos de la captación.	140
Figura 13. Detalles estructurales del desarenador.	141
Figura 14. Detalles estructurales de la captación.	142
Figura 15. Detalles constructivos de los filtros gruesos dinámicos.	143
Figura 16. Filtros lentos de ferrocemento.	144
Figura 17. Detalles de filtros lentos de ferrocemento.	145
Figura 18. Detalles encofrado tanque de reserva 25m ³	146
Figura 19. Detalles de la cúpula.	147
Figura 20. Detalle de la casa de desinfección, cubierta de filtros detalles estructurales.	148
Figura 21. Detalles accesorios del tanque de reserva de 25 m ³	149
Figura 22. Implantación del sistema de tratamiento de agua.	150

Resumen.

La presente tesis se realizó con el fin de hacer un estudio para el Diseño de un Sistema de Tratamiento de Agua para Consumo Humano de la Comunidad de Pual, Parroquia Curaray, Cantón Arajuno que les permita a sus pobladores mejorar su calidad de vida.

Se propuso cuatro objetivos específicos, para realizar la fase de campo conforme a un cronograma de actividades previamente establecidos, basados en buscar una fuente de agua óptima para el sistema de abastecimiento de agua, conforme a parámetros hidrológicos, caracterización microbiológica y estudio físico-químico, para la proposición de un método de tratamiento adecuado conforme a los resultados obtenidos.

Los procedimientos realizados fueron: inspección de la zona de estudio: primera alternativa (fuente de agua del sistema actual de agua) y la segunda alternativa (el río Villano). Se analizaron ventajas y desventajas en función del caudal, posibles fuentes de contaminación y presupuesto.

Entre las cuales se eligió la fuente de agua del actual sistema de agua como la mejor opción, en donde se realizó muestreo y análisis del agua. El sistema de abastecimiento de agua, se diseñó aplicando distintos procesos de desinfección como: desarenador, filtros gruesos dinámicos, filtros lentos de arena y un sistema de cloración por erosión de pastillas de hipoclorito de sodio, el cual garantiza que el agua cumpla con los parámetros requeridos de calidad para ser considerada apta para consumo humano.

Palabras claves: calidad, sistema de agua, filtros, agua potable, presupuesto.

Summary

This thesis was realized in order to make a study for the design of a Water Treatment System for Human Consumption Community Pual, Curaray Parish, Canton Arajuno enabling them to its people improve their quality of life.

Four specific objectives were proposed for the field phase according to a schedule of activities previously established, based on finding a source of optimal water supply system of water, according to hydrological parameters, microbiological characteristics and physico-chemical study, for the proposition of an appropriate method of treatment according to the results.

The procedures performed were: inspection of the study area: first alternative (water source of the current system of water) and the second alternative (the Villano River). Advantages and disadvantages depending on the flow, potential sources of contamination and budget were analyzed.

Among which the water source of the current water system as the best option, where realized water sampling and analysis of water. The system of water supply, was designed using different disinfection processes such as sand trap, dynamic coarse filters, slow sand filtration and chlorination system erosion of tablets of sodium hypochlorite, which ensures that the water meets the parameters quality required to be considered fit for human consumption.

Keywords: quality, water system, filters, drinking water, budget

Glosario de términos.

CEC.- Código ecuatoriano de construcción.

CESTTA.- Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental.

ESPOCH.- Escuela politécnica del Chimborazo.

GAD.- Gobierno autónomo descentralizado.

GADPPz.- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza.

IARNA.- Instituto de agricultura, recursos naturales y ambiente.

INAMHI.- Instituto nacional de meteorología e hidrología.

LORHAA.- Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.

MARC.- Ministerio de ambiente de la república de Colombia.

MPA.- Metros por columna de agua.

MSC.- Ministerio de salud de Colombia

NTE INEN 1108.- Norma Técnica Ecuatoriana - Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1108.

OMS.- Organización mundial de la salud.

OPS.- Organización panamericana de la salud.

PDOTCA.- Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Arajuno.

PDOTPC.- Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Curaray.

SIDENPE.- Sistema de indicadores de las nacionalidades y pueblos del Ecuador.

SSA.- Subsecretaría de saneamiento ambiental.

TULAS.- Texto único de legislación ambiental.

UFC/100ml.- Unidades formadoras de colonia por cada 100ml.

UNT.- Unidad nefelométrica de turbidez.

UNESCO.- Organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura

1. Introducción.

El agua es el elemento primordial e indispensable del organismo, todos los pueblos, comunidades y agrupaciones nativas de la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE) deben tener el acceso a este elemento para mejorar su calidad de vida y consumirla con seguridad (Muñoz, 2002). Constituye un 70 % del peso corporal, el agua es indispensable para respirar, lubricar los ojos, desintoxicar el cuerpo y mantener constante su temperatura. El ser humano puede vivir hasta dos semanas sin alimentarse, pero solo sobrevivir de tres a cuatro días sin tomar agua (Concha, 2013).

La contaminación de los ríos y fuentes de agua, la tala del bosque tropical como consecuencia de la colonización de las tierras, explotación petrolera, la presencia de actividades agroindustriales y madereras, han puesto en peligro la salud y calidad de vida del ser humano (Da Ros, 1995).

Por lo tanto según la OMM/UNESCO (1997) es imprescindible el tratamiento del agua bajo un proceso físico, químico y biológico que considere normas de: consumo humano, mantenimiento de plantas, reforestación y cuidado de las cuencas hidrográficas.

La riqueza hídrica de la RAE concentra el 90% ($1.323 \times 10^5 \text{ m}^3$) de agua dulce del país, su calidad se ve afectada por el sector extractivo hidrocarburífero (norte de la RAE) y minero (sur de la RAE), así como proyectos multipropósito y generación hidroeléctrica en la parte alta de la Amazonía ecuatoriana (López, 2008).

En la provincia de Pastaza existen tres cuencas hidrográficas principales: Río Pastaza, Río Curaray Río Tigre; con sus respectivas subcuentas principales (GADPPz, 2013). Los ríos Shiripuno y Tiguino forman el río Cononaco que constituye el límite con la provincia de Napo, los ríos Patate, Chambo, Verde, Topo, Zuñac, Puyo, Copataza, Llushin Palora y Bobonaza forman el río Pastaza, los ríos Oglan, Villano, Tzapino y Nushino forman el río Curaray, el río Tigre formado de la unión de los ríos Pintoyacu y Comambo (Mariño, 2002). En donde habitan siete

nacionalidades indígenas: Shuar, Achuar, Kichwa, Zápara, Andoa, Shiwar y Waorani (SIDENPE, 2015)

El cantón Arajuno está formado por 66 comunidades indígenas (2.685 hab.), el 31,82% tienen acceso al agua segura, el 48,48% se abastece directamente de los ríos, quebradas o pozos, y el 6,06% de tanques elevados, quedando un 13,64% que no tienen acceso al agua, siendo la lluvia su única provisión (PDOTCA, 2011).

El abastecimiento de agua en la comunidad de Pual de nacionalidad Kichwa lo realizan mediante un sistema entubado, construido por la Empresa Petrolera AGIP hace 30 años aproximadamente. Dicho sistema no considera ningún proceso de tratamiento del agua y ha cumplido su lapso de tiempo satisfactoriamente (CEC, 1997). “Un sistema de tratamiento de agua es un conjunto de métodos apropiados que tiene el propósito de excluir elementos, sustancias químicas, físicas y orgánicas, contenidas en el agua, para hacerla apta para el consumo humano” (EMAPAG, 2015).

Para la identificación de fuentes de agua conocidas y selección de una alternativa óptima que cubra con la demanda de consumo diario de la población actual que conforman la Comunidad de Pual, Parroquia Curaray, en el Cantón Arajuno, de la Provincia de Pastaza, se han considerado los siguientes objetivos:

1.1.Objetivo General.

Diseñar un sistema de tratamiento de agua para consumo humano en la Comunidad de Pual, perteneciente a la Parroquia Curaray, Cantón Arajuno, Provincia de Pastaza.

1.2.Objetivos Específicos.

- Identificar fuentes de agua existentes en la comunidad de Pual.

- Determinar parámetros hidrológicos de las fuentes de agua identificadas para establecer aquellas que cumplan con las capacidades óptimas de demanda de consumo de agua necesaria para la comunidad de Pual.
- Realizar una caracterización microbiológica y estudio físico-química de la fuente de agua escogida como alternativa.
- Proponer un método para el tratamiento del agua acorde a los resultados realizados en laboratorio y del campo previo a su distribución.

2. Revisión de Literatura.

2.1. Pueblos indígenas en el bioma amazónico.

La Amazonía tiene una extensión de 7.8 millones de km², comprende una amplia diversidad socio ambiental compartida por más de 370 pueblos indígenas y una población aproximada de 33 millones de personas distribuidos en los países de: Ecuador, Colombia, Venezuela, Bolivia, Perú, Brasil, Surinam, Guyana y Guyana Francesa, cuyas lenguas, tradiciones y costumbres varían numerosamente (AVINA, 2009).

En el Ecuador estos pueblos se han visto afectados por los madereros, petroleros y amplitud de la frontera agrícola, provocando el aislamiento voluntario de ciertas agrupaciones indígenas (tagaeri y taromenane) (López, 2009). Los pueblos indígenas, se consideran parte integral de la naturaleza, buscando la conservación de los recursos naturales (agua, suelo, aire); cuyos factores abióticos se han deteriorado como consecuencia de las actividades mineras, explotación forestal y agricultura comercial (Deruyttere, 2001).

2.2. Pueblos Indígenas en la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE).

La región amazónica cubre el 46% del territorio ecuatoriano ($1,38 \times 10^5 \text{ km}^2$), distribuidos en seis provincias Sucumbíos, Napo, Orellana, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe (Amazanga, 2004). Su población aproximada comprende de $3,18 \times 10^5$ habitantes, concentrada en nueve grupos étnicos principales: Achuar, Cofán, Andoa, Kichwa, Siona Secoya, Shiwiar, Shuar, Waorani y Zapara (Haboud, 2009).

La provincia de Pastaza, tiene una superficie de (29800 km^2), dividida en cuatro cantones: Pastaza, Mera, Santa Clara y Arajuno. Habitan siete nacionalidades indígenas de la RAE conocidas como: Achuar, Shuar, Waorani, Kichwas, Zaparos, Andoa y Shiwiar (Mejeant, 2001). En el Cantón Arajuno viven 66 comunidades de Nacionalidad Kichwa, Waorani, Shuar cuyas tradiciones y costumbres se enfocan en proteger, conservar los recursos naturales principalmente el agua (**Figura 1**)(PDOCA, 2011).

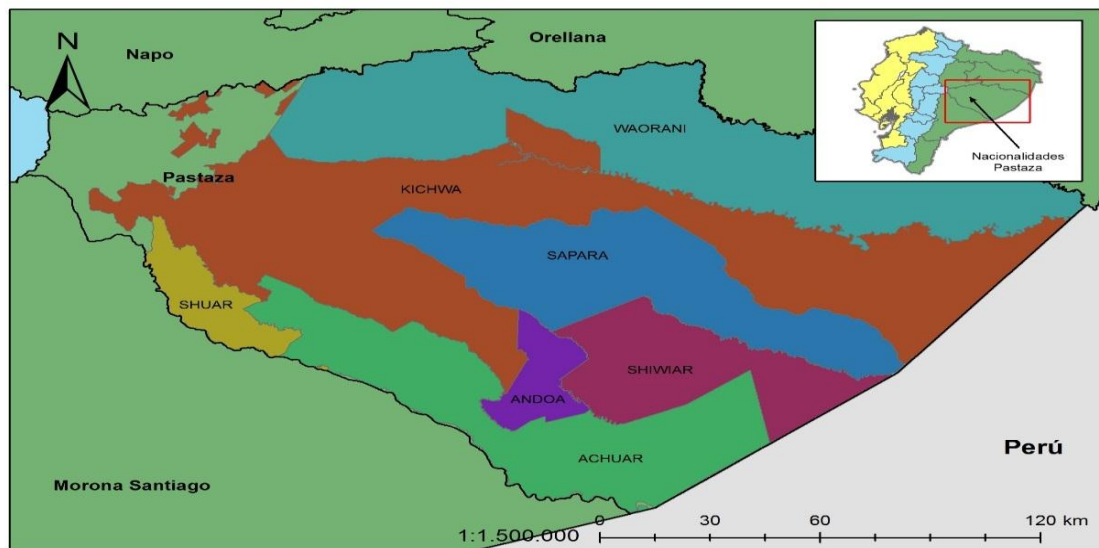


Figura 1. Siete Nacionalidades Indígenas de la Provincia de Pastaza-Región Amazónica Ecuatoriana

Fuente: CODENPE (2012).

El agua es el principal recurso utilizado por los pueblos indígenas, por la inexistencia de un tratamiento adecuado, se utiliza el agua de vertientes naturales de montaña, las cuales les brinda fuentes de calidad limpia (UNICEF, 2010). Ante esto el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Arajuno se ha puesto como objetivo dotar del líquido vital a sus comunidades pertenecientes a la parroquia Curaray, entre las cuales se encuentra la comunidad de Pual (GADMCA, 2013).

2.3. Situación sanitaria de la comunidad de Pual- provincia de Pastaza.

La Comunidad de Pual, está integrada en su mayoría por familias cercanas, pertenecientes a la Nacionalidad Kichwa, la zona es plana y presenta suelos que han sido aprovechados por la gente para actividades agrícolas como son las chacras, huertos y explotación de madera. (PDOTCA, 2011).

Su economía es ancestral la cual se basa en la aplicación de conocimientos propios, como la cooperación en las mingas, prácticas de valores en equidad, solidaridad y generosidad entre los miembros de las familias, satisfaciendo las necesidades básicas de los pobladores, manteniendo ritos, reciprocidad, tradiciones, costumbres, redistribución de las familias asegurando su supervivencia durante todo el año (PDOTPC, 2012).

El abastecimiento de agua de la comunidad no cuentan con el sistema de agua potable, el suministro del líquido vital es proporcionado por un sistema de agua entubada, por lo cual se utiliza y extrae agua de los esteros, se recolecta agua de la lluvia, ríos y pozos, considerándola así como insegura e insuficiente para consumo de la población por su ubicación antes y después de la construcción de la carretera Triunfo Villano Paparahua (GADMCA, 2011).

En zonas rurales los sistemas de agua no cuentan con un suficiente y eficiente, equipo de desinfección, tratamiento y filtración, por lo tanto los sistemas existentes solo

proveen agua entubada, pues no tienen el nivel de pureza requerida por las normas nacionales de calidad (Contreras *et al.*, 2009).

2.4. El Agua y su estructura.

El agua dulce en la Tierra es limitada pues solo representa sólo el 2,5% del agua ($3,5 \times 10^7 \text{ km}^3$), y se encuentra en su mayoría congelada en glaciares correspondiente al 68.9%, el 30.8% en aguas subterráneas incluyendo humedad del suelo y aguas de pantanos, el resto de 0,3% se presenta principalmente en forma de agua superficial como son ríos y lagos (Shiklomanov, 1999).

La calidad del agua dulce puede verse implicada por la presencia de agentes patógenos, productos químicos tóxicos o radiaciones, razón por la cual su conservación es muy importante ya que esta asegura la supervivencia del hombre a través de la elaboración de provisiones, recaudación para bebida, entre otros. (OMS, 2015).

La estructura de agua se compone por dos partes de hidrógeno y una de oxígeno, su fórmula es H_2O , la molécula del agua permanece en estado líquido a unas temperaturas de 0 a 100°C , en estado gaseoso a 100°C y en estado sólido a 0°C (Bonilla, 1985). En estado sólido (hielo) es menos denso (917 kg/m^3) que el agua líquida (1000 kg/m^3), contrariamente a la norma habitual en que los sólidos son más densos que sus respectivos líquidos (Gálvez, 2009).

2.5. Importancia del agua.

Es el factor abiótico más significativo del planeta terrestre y uno de los primordiales componentes del lugar en que habitamos. Los organismos están compuestos de agua: en los insectos 45%, en mamíferos 70% y en algunos como las medusas el 95% de sus cuerpos están formado por agua (Hernández, 2010).

El agua es un componente esencial para el mantenimiento de la vida, que debe ser consumido en la dieta diaria en cantidades de 2000 mililitros y superiores a las que se producen en el metabolismo de 250 a 350 mililitros al día aproximadamente. (Carbajal, 2000).

La calidad agua es el factor importante para el consumo humano, el cual ha tenido lento desarrollo hasta finales del siglo XIX, su deterioro ha dado origen a numerosas enfermedades infecciosas, ha permitido evidenciar los agentes que causan la contaminación del agua como son los patógenos, desechos que requieren oxígeno, nutrientes vegetales que causan el crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sustancias radiactivas y el calor (Bokova, 2010).

Por éstas razones los recursos naturales como el agua, se han vuelto escasos con la creciente población mundial y su disposición en varias regiones habitadas han generado preocupación de muchas organizaciones gubernamentales como municipios, juntas parroquiales, entre otros (Cárdenas, 2009).

2.6. Propiedades fisicoquímicas y biológicas del agua.

El agua pura es inodora, insípida e incolora, aunque adquiere una leve tonalidad azul en grandes volúmenes, comparado al hielo tiende un color azul y en estado gaseoso (vapor del agua) es incolora (Moreno, 2011).

Es el líquido que más sustancias disuelve, esto es debido a la capacidad de formar puentes de hidrógeno con otras sustancias, ya que estas se disuelven cuando reacciona con las moléculas polares del agua o con carga iónica, como alcoholes, azúcares con grupos R-OH, aminoácidos y proteínas con grupos que presentan cargas positivas+ y negativas -, dando lugar a disoluciones moleculares (Barrenechea, 2009).

Además de poseer moléculas bipolares es un gran medio disolvente de compuestos iónicos, como las sales minerales, compuestos covalentes polares como los glúcidos, no disuelve: las grasas aceites, celulosa, metales nobles, cuarzo y una gran cantidad de materiales de naturaleza muy diversa (Concha, 2013).

2.7.Calidad del agua – parámetros.

Es una medida cuyo concepto sirve para definir aquellas características químicas, físicas, biológicas de los cuerpos de agua superficial y subterránea que se toma en cuenta para calibrar la capacidad de sustentar la salud de las personas, el medio ambiente en los ecosistemas que dependen de suministros adecuados de agua limpia (González *et al.*, 2012).

Estas características son mantenidas dentro de ciertos límites que viabilizan determinado uso. Estos límites constituyen normas legales nacionales e internacionales de calidad de agua (Flachier *et al.*, 2010). No obstante a medida que la demografía crece y se difunde hacia zonas antes no pobladas, los regímenes afrontan cada vez mayores problemas para que la calidad del agua sea segura, como consecuencia del aumento de aguas lluvias, aguas negras, mal diseño de los sistemas de tratamiento, derribe de terrenos, aumento de industrias y contaminación atmosférica (CCA, 2014).

Que ha llevado que este factor sea de gran importancia en la selección de procesos que deben ser utilizados en la potabilización de agua cruda, que es el agua tratada o de consumo que llega al sistema como producto final (Vera, 2007).

2.8.Características físico-químicas del agua.

Es el proceso que el contenido de muchas sustancias químicas y biológicas diluidas o suspendidas en el agua, en el momento que concentra en forma de lluvia, deslíe componentes químicos a sus entornos, corre la área del suelo y se infiltra a través del mismo (Orellana, 2005).

2.8.1. Parámetros físicos.

Los parámetros físicos son sustancias que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua: turbiedad, color, olor, temperatura, sólidos: totales, sedimentables, disueltos y suspendidos (Tabla 1) (Moreno, 2011).

Tabla 1. Propiedades Físicas del Agua

Propiedades físicas del agua			
Peso molecular	18,016	Presión crítica	218,4 atm
Punto de congelación	0° C (32° F)	Calor de fusión	79,7 cal/g
Punto de ebullición	100°C (212°F)	Calor de vap. A 100°c	539,5cal/g
Temperatura crítica	374,2°C	Calor específico	1cal/g °C

Fuente: Moreno. A. (2011).

- a) Conductividad.-** Es una medida de una solución líquida para transmitir electricidad, prácticamente el agua muy pura no conduce la electricidad. No obstante, el agua que hallamos en el ecosistema tiene siempre otras sustancias disueltas que hacen que sea más alta su conductividad y que por lo cual consideramos el agua como buen conductor de la electricidad (Goyenola, 2007).
- b) Temperatura.-** Es una medida de estado relativo determinada como uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la acción orgánica, los cambios de temperatura en el agua pueden perturbar los procesos vitales que envuelven reacciones químicas y la velocidad de éstas (González, 2005)
- c) Sólidos Totales Disueltos (STD).-** Es una medida de las sustancias orgánicas e inorgánicas, en forma molecular, ionizada o micro-granular, que contienen los líquidos, en nuestro caso, el agua. Para considerarse STD, las sustancias deben ser lo suficientemente pequeñas como para pasar una criba o filtración del tamaño de dos micras (Torres, 2006). La medida STD se aplica en los estudios de la calidad del agua de los torrentes, lagos y arroyos. Aunque el STD no tiene la consideración de contaminante grave, es un indicador de las características del agua y de la presencia de contaminantes químicos, es decir, de la composición química y concentración en sales y otras del agua (Adam *et al.*, 1997).

2.8.2. Parámetros químicos.

- a) pH.-** Es el grado de acidez del agua, se llama así porque refleja el potencial hidrógeno, un valor menor de 7 indica que el agua es ácida, si el valor es igual a 7 el agua es neutra y si es mayor que 7 es básica. El pH del agua adecuado para

consumo humano según el TULAS debe estar dentro de los límites permisibles de 6,5 y 8,5 (González, 2011).

- b) Dureza.-** Es la reunión de todos los cationes metálicos no alcalinos no presentes que se produce sobre todo por contenidos químicos (carbonatos, cloruros y sulfatos). (Soto, 2010).
- c) Alcalinidad.-** Es la cantidad total de sustancias ácidas (OH-) existentes en el agua y se formulan a manera de partes por millón de carbonato de calcio (CaCO_3) equivalente. También se hace así porque puede desconocerse cuáles son los álcalis presentes, pero éstos son, al menos, similares al carbonato de calcio (CaCO_3) que se denuncie. La acción de un ácido o un álcali se calcula mediante el valor de pH. En efecto, cuanto más activo sea un ácido, menor será el pH y cuanto más activo sea un álcali, mayor será el pH (Cajigas *et al.*, 2005).
- d) Hierro.-** Es un elemento químico de número atómico 26 situado en el grupo 8 periodo 4 de la tabla periódica de los elementos, su presencia puede ser un problema para el abastecimiento de agua potable, por la capacidad de darle al agua un sabor, olor y color indeseable, aunque no es peligroso para la salud (Valencia, 2011).
- e) Amoniaco.-** Es un gas hidrosoluble ampliamente utilizado como producto de uso industrial en mantenimiento de circuitos de refrigeración y también en la realización de fertilizantes (Fernández *et al.*, 2000).
- f) Nitratos y Nitritos.-** Son compuestos soluble que contienen nitrógeno y oxígeno. Los nitratos están presentes naturalmente en suelos, agua, vegetales y animales. Los nitritos se producen en la naturaleza por la acción de bacterias nitrificantes en el proceso de formación de nitratos. Su concentración en los vegetales y en el agua es baja. (Sejas, 2013).
- g) Manganeso.-** Es un metal que nace naturalmente y que se halla en varios especímenes de piedras, aunque no presenta un problema para la salud como el hierro, en unión con el plomo puede manchar la ropa limpia, en los filtros de un sistema de agua potable favorecen a la formación de algunos microorganismos (Marín, 2011).

- h) Sulfato.-** Es un ion abundante en aguas naturales que pueden tener origen en contacto con terrenos ricos en yesos y por contaminación con aguas residuales industriales, el contenido de esto no suele presentar problemas de potabilidad pero en contenidos superiores a 300mg/L pueden causar trastornos gastrointestinales en los niños (Severiche *et al.*,2012).
- i) Fósforo.-** La concentración de los fosfatos es fundamental para evaluar el riesgo de eutrofización. En lo que tiene que ver al líquido vital para el uso del ser humano, un contenido alto entorpece el proceso de la floculación - coagulación en los sistemas de tratamiento (Sánchez, 2001).

2.8.3. Parámetros biológicos.

La calidad y cantidad de microorganismos va acompañando las características físicas y químicas del agua, cuando el agua tiene temperaturas despejadas y material orgánico aprovechable, la población crece y se diversifica. (Orellana, 2005). El grupo coliforme, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal, son de forma cilíndrica, aptos para descomponer la glucosa y la lactosa, está dividido en coliformes totales y su subgrupo las coliformes fecales (Páez, 2009).

- a) Coliformes Totales.-** Son un grupo de variedades bacterianas que tienen cierta característica bioquímicas y se encuentran presentes tanto en aguas negras como naturales (Castro *et al.*, 2007). Forman varios géneros como: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, etc que se encuentran en las entrañas de ser humano y de animales, como también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, etc (Ramos, 2008).
- b) Coliformes Fecales.-** Es un subgrupo de las coliformes totales que además fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en un tiempo de 24-48 horas en climas comprendidos entre 44 y 45°C en presencia de sales biliares. Comprenden principalmente *Escherichia coli* y cepas de *Klebsiella* y *Enterobacter*. Su origen principalmente es excrementicio y por eso se consideran índices de contaminación fecal (Cortés, 2003).

2.9. Agua tratada o potable.

Es el agua apta para consumo humano y uso doméstico agradable a los sentidos, libre de bacterias y elementos, extractos tóxicos en contenidos altos que puedan ocasionar daños de salud a los que la consumen (C.E.C., 1997). Con el fin de saber la calidad de agua que se pretende utilizar se deben realizar análisis físicos, químicos y microbiológicos, siendo necesario tomar muestras de agua (Tacuri *et al*, 2012).

En el Ecuador las normas de calidad de agua potable para el abastecimiento público y privados a través de redes de y tanqueros depende de las Normas Técnicas del Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN) código 1108:2014, del Texto Único de Legislación Ambiental (TULAS) (Libro VI, anexo 1 de calidad de agua), Código Ecuatoriano de Construcción (C.E.C) quienes establecen los requisitos que debe cumplir el agua potable (LORHAA, 2014).

A continuación damos a conocer la Norma INEN 1108, quinta revisión del año 2014 en las (Tabla 2), (Tabla 3), (Tabla 4), (Tabla 5), (Tabla 6), (Tabla 7) y (Tabla 8), y posteriormente las Normas INEN del C.E.C (código ecuatoriano de construcción) en las (Tabla 9)(Tabla 10)(Tabla 11)(Tabla 12)(Tabla 13).

Tabla 2. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas.

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Características físicas		
Color	Pt- Co	15
Turbiedad	NTU	5
Olor		No objetable
Sabor		No objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (Cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Niquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃	mg/l	50
Nitritos, NO ₂	mg/l	3
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total	Bq/l	0,5
Radiación total	Bq/l	1
Selenio, Se	mg/l	0,04

Fuente: NTE INEN 1108: Norma Técnica Ecuatoriana

Tabla 3. Sustancias orgánicas.

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP		
Benzo [a]	mg/l	0,0007
Hidrocarburos		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1,2Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Ácido Nitrilotriacético	mg/l	0,2

Fuente: NTE INEN 1108: Norma Técnica Ecuatoriana

Tabla 4. Plaguicidas.

	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Atrazina y sus metabolitos cloro-striazína	mg/l	0,1
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrín y Dieldrín	mg/l	0,00003
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrín	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002
Hidroxiatrazina	mg/l	0,2

Fuente: NTE INEN 1108: Norma Técnica Ecuatoriana.

Tabla 5. Residuos de desinfectantes.

	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Monocloramina,	mg/l	3
Si pasa de 1,5 mg/l investigar:		
N-Nitrosodimethylamine	mg/l	0,0001

Fuente: NTE INEN 1108: Norma Técnica Ecuatoriana

Tabla 6. Subproductos de desinfección.

	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
Trihalometanos totales	mg/l	0,5
Si pasa de 0,5 mg/l investigar:	mg/l	0,06
· Bromodiclorometano	mg/l	0,3
· Cloroformo		
Tricloroacetato	mg/l	0,2

Fuente: NTE INEN 1108: Norma Técnica Ecuatoriana

Tabla 7. Cianotoxinas.

	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Microcistina-LR	mg/l	0,001

Fuente: NTE INEN 1108: Norma Técnica Ecuatoriana

Tabla 8. Requisitos microbiológicos.

	MÁXIMO
Coliformes fecales (1):	
Tubos múltiples NMP/100 ml ó	<1,1*
Filtración por membrana ufc/ 100 ml	<1,1*
<i>Cryptosporidium</i> , número de quistes/ litro	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/ litro	Ausencia

Fuente: NTE INEN 1108: Norma Técnica Ecuatoriana

Tabla 9. Parámetros I, norma código ecuatoriano de construcción.

PARÁMETRO	LÍMITE DESEABLE	LIM. MAXIMO ADMISIBLE
Turbiedad	5	20
Cloro residual	0,5	0,3 - 1,5
pH	7,0 - 8,5	6,5 - 9,5

Fuente: INEN: Instituto nacional ecuatoriano de normalización.

Tabla 10. Parámetros II, norma código ecuatoriano de construcción.

PARÁMETRO	LÍMITE DESEABLE	LIM. MAXIMO ADMISIBLE
Colif Totles (NMP/100 cm3)	Ausencia	Ausencia
Color (UC Pt-Co)	5	30
Olor	Ausencia	Ausencia
sabor	inobjetable	inobjetable

Fuente: INEN: Instituto nacional ecuatoriano de normalización.

Tabla 11. Parámetros III, código ecuatoriano de construcción.

PARÁMETRO	LÍMITE DESEABLE	LÍM. MÁX. ADM.
Dureza (mg/CaCO3)	120	300
Solidos totales disueltos (mg/l)	500	1000
Hierro (mg/l)500	0,2	0,5
Manganeso (mg/l)	0,05	0,3
Nitratos (mg/INO3-)	10	40
Sulfatos (mg/l)	50	400

Fuente: INEN: Instituto nacional ecuatoriano de normalización.

Tabla 12. Parámetros IV (plaguicidas), código ecuatoriano de construcción.

PARÁMETRO	LIM. MAXIMO ADMISIBLE
Aldrín	0,03
Diledrín	0,03
Clordano	0,03
DDT	1,00
Endrín	0,20
Heptaclorepóxido	0,10
Lindano	3,00
Metóxicloro	30,00
Toxofeno	5,00
Clorofenoxy 2,4,D	100,00
2, 4, 5 - TP	10,00
2, 4, 5 - T	2,00
carbaril	100,00
diazinon	10,00
metil parathión	7,00
parathión	35,00

Fuente: INEN: Instituto nacional ecuatoriano de normalización.

Tabla 13. Parámetros V (sustancias tóxicas y metales pesados), código ecuatoriano de construcción.

PARÁMETRO	LÍMITE DESEABLE	LIM. MAX ADM
Arsenico (mg/l)	0,00	0,05
Plomo (mg/l)	0,00	0,05
Mercurio (mg/l)	0,00	0,00
Cromo exavalente (mg/l)	0,00	0,05
Cadmio (mg/l)	0,00	0,005
Selenio (mg/l)	0,00	0,01
Cianuro (mg/l)	0,00	0,00
Cloroformo (mg/l)	0,00	0,2

Fuente: INEN: Instituto nacional ecuatoriano de normalización.

2.10. Clasificación de las aguas según su calidad.

Sabiendo que el agua es indispensable para la vida, es necesario para quienes la consumen dispongan de un abastecimiento de agua satisfactorio, vigilando y controlando su calidad mediante la inocuidad del agua abastecida que disminuirá la posibilidad de difusión de enfermedades al facilitar prácticas de higiene personal y doméstica. (Rojas, 2002).

2.10.1. Según su procedencia.

- 1) **Aguas residuales.-** Son aguas caracterizadas, por estar formados principalmente por aguas servidas o abastecimiento después de haber pasado por diversas actividades o usos por parte de la población y son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales caracterizándose físicamente por su olor, temperatura, densidad, color y turbiedad (Fernández, 2010).
- 2) **Aguas de manantial.-** Es aquella agua caracterizada por provenir de fuentes naturales como ríos, lagos, y otros; pueden contener sales minerales, presencia de oligoelementos recogidas y envasadas en la fuente en condiciones higiénicas y sanitarias (INEN, 2012).
- 3) **Aguas superficiales.-** Conocida por que se encuentra transitando o en calma por encima de la tierra., formando fuentes de líquido ya sean naturales o artificiales. Esta agua proviene de las lluvias, que no se reingresa a la atmósfera por evaporación o la que procede de orígenes o inicios que se producen de las aguas

presentes en el nivel freático, pueden ser de: agua lluvia (pluviales), de arroyos, ríos y de lagos (IARNA, 2015).

Desde un punto de vista sanitario estas aguas llevan impurezas de la superficie, además de aguas residuales de las ciudades que desembocan en los ríos y lagos por lo que para hacerla potable es necesario filtrarlas y llevarlas a procesos de desinfección o cloración (De la Cruz, 2011).

- 4) Aguas subterráneas.-** Es el agua de lluvias, escorrentías sobre la superficie de la tierra, que penetra a través de las porosidades de las partículas que forman el suelo, mediante el transcurso conocido como infiltración, esta agua es utilizada mayormente para el abastecimiento de agua potable por su particularidad útil para el consumo humano ya que es menor la contaminación a la que está sometida, por la filtración en el suelo que la hace generalmente de más calidad que las aguas superficiales (Vélez, 1999).

Para el abastecimiento de agua en una zona rural mediante aguas subterráneas se tiene las siguientes posibilidades: manantiales o vertientes, norias o pozos y galerías filtrantes.

2.11. Contaminación Viral y Bacteriológica del agua: Control de Calidad.

1) Fuentes.- Son los puntos emergentes las aguas corrompidas con microbios y virus promotores de muchos padecimientos y males, las que proceden del componente excrementicio. Y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. (Macedo, 2011).

2) Tratamiento por filtración.- Remueven, retienen bacterias y patógenos virales, que no pudieron ser removidos en la decantación (sedimentación); un tratamiento muy eficaz que lo detallaremos más adelante.

3) Tratamiento por cloración.- En la actualidad, ningún agua en su estado natural es apta para el consumo humano; además, siempre se demandará un tratamiento básico de cloración, con el fin de notificar la contaminación con organismos patógenos durante la conducción del agua (López, 2004).

2.12. Control de la Calidad Bacteriológica y Viral.

El agua se considera apta para el consumo humano (agua potable) si satisface los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos mínimos exigidos en los decretos o normas de cada país como en el nuestro: norma INEN 1108, OMS (Organización Mundial de la Salud), (C.E.C) Código Ecuatoriano de Construcción (López, 2004).

En dónde mediante el control de calidad bacteriológica y viral, se lo realiza a partir de los parámetros numéricos de calidad expuestos en estas normas, con las cuales se puede: detectar la calidad bacteriológica (grupos de coliformes) y evidenciar la contaminación por heces humanas las cuales pueden provocar enfermedades gastrointestinales en quienes la consumen.

2.13. Productos químicos y tóxicos peligrosos que podrían presentarse en el agua.

Los productos químicos y tóxicos peligrosos son los productos sintéticos de la industria química como son pesticidas, herbicidas, insecticidas.

2.13.1. Bifenilos policlorados.- usados como medio de intercambio calórico en plantas generadoras y muy resistentes al ataque químico o microbiano que se pueden acumular en el medio ambiente (ATSDR, 2000).

2.13.2. Metales pesados tóxicos.- como el mercurio, el cadmio y el plomo de los cuales está compuesta la gasolina. Se han desconocido otros materiales, que en muchas ocasiones son lanzadas hacia la atmósfera conocidos como los **trihalometanos** potencialmente cancerígenos producidos de la reacción de la materia orgánica con el cloro en el proceso de potabilización del agua (ANE, 2009).

2.13.3. Efectos de descarga orgánica en un río.- producidos principalmente por descargas domésticas e industriales, remoción del material orgánico en las plantas de tratamiento de aguas residuales y el 60% de sólidos orgánicos sin remoción del material orgánico soluble (Escobar, 2002).

2.14. Tratamiento del Agua.

Es un proceso que tiene por objetivo principal perfeccionar la calidad física, química y bacteriológica del agua, que sea apta para el consumo humano, animales y utilización agrícola e industrias (Orellana, 2005).

2.14.1. Procesos de Potabilización del Agua.

Para un tratamiento o potabilización del agua, esta debe pasar por los siguientes procesos:

- a) Aireación.-** Es un proceso de tratamiento en donde el agua entra en contacto con el aire con el propósito primordial de incrementar su contenido de oxígeno, eliminando sustancias volátiles como el sulfuro de hidrógeno y el metano, que afectan el olor y el sabor (OMS, 2009).
- b) Paso de agua a través de rejillas.-** Es una operación mediante la cual los materiales flotantes y suspendidos son retenidos en rejillas, por ejemplo cuando se transporta agua desde la captación hasta la planta de tratamiento mediante un canal a cielo abierto (Hernández *et al.*, 2005).
- c) Coagulación – Floculación.-** Consiste en la adición de productos químicos coagulantes, que causan desestabilización de las partículas coloidales, produciendo partículas llamadas flóculos, reacción que se produce en milésimas de segundo y con una enérgica agitación (Gómez, 2005).
- d) Sedimentación.-** El agua proveniente de la floculación transita a los bloques de decantación o clarificación donde se separan de los sólidos más densos. Estos bloques son estructuras físicas que se catalogan en decantadores de salida horizontal, de salida ascendente, de manto y de recirculación de lodos. este proceso en el agua elimina cerca del 75% de las contaminaciones inorgánicas y biológicas (Pérez, 2005).
- e) Flotación.-** Es un proceso fisicoquímico de tres fases (sólido-líquido-gaseoso) que tiene por objetivo la separación de especies minerales mediante la adhesión selectiva de partículas minerales a burbujas de aire (Salager *et al.*, 2007).

- f) Mezcla Rápida.-** Es el grado de agitación y el tiempo de retención que se da a una masa o cantidad de agua durante la adición de un coagulante, con la finalidad de que las reacciones de coagulación se den en las condiciones óptimas correspondientes al mecanismo de coagulación predominante (Castillo *et al.*, 2011).
- g) Filtración.-** Este proceso se aplica para eliminar todas aquellas partículas que no pudieron ser removidas en la decantación. Para la filtración del agua se usan coladores con arena y lechos de grava (Maldonado, 2007).
- 1. La filtración lenta.-** tiene por objeto la depuración de las aguas de superficie, sin coagulación, ni decantación previa. Estos filtros están adaptado de tal modo que el agua fluya muy lento a través de un lecho de arena fina, permaneciendo retenidas en la zona del filtro las partículas de mayor tamaño (Blacio *et al.*, 2011).
 - 2. La filtración rápida.-** el agua atraviesa el lecho filtrante a resoluciones de 4 a 50 m/h. La arena, que es el material más empleado como medio filtrante, puede reposar sobre un lecho de grava. El tamaño firme de la arena en la capa filtrante fluctúa entre 0.5 y 1.5 mm de diámetro, mientras que el de la grava de la base puede fluctuar entre 35 y 130 mm, situada en mantos del grosor (Pérez, 2011).
- h) Desinfección o cloración.-** El agua totalmente clarificada debe ser procesada a la desinfección con el objetivo de matar los microbios y bacterias promotores de muchos padecimientos, especialmente de origen digestivo. Este proceso se ejecuta adicionando cloro gaseoso al agua, en la salida del sistema de tratamiento, antes de llegar a los tanques de distribución y almacenamiento (Pérez, 1995).
- i) Fluoruración.-** Consiste en la adición deliberada de algún compuesto que contenga el elemento flúor, el cual está también presente en forma natural en el ambiente, como por ejemplo en suelos, aguas, plantas y animales, generalmente en cantidades pequeñas de 1,26 ppm (partes por millón) (MSC, 2008).

- j) **Control de olores y sabores.-** Estos parámetros del olor y sabor (junto con la turbiedad y el color) constituyen un indicador de la calidad organoléptica del agua, producidos por diferentes causas en el principio de su tratamiento, o en la propia red de distribución. (Trojan, 2008).

2.16. Alternativas de tratamiento del agua de bajo costo.

En el Ecuador existen dos normas para el diseño de sistemas de tratamiento de agua, las cuales son: para poblaciones mayores y menores a 1000 hab. La zona de estudio (Comunidad de Pual), tiene una población de 125 habitantes por lo que debemos usar la segunda norma INEC del Código Ecuatoriano de Construcción “Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural” (C.E.C. 1997).

Para determinar el tipo de tratamiento debemos tomar en cuenta lo siguiente:

- a) **Tipo de fuente de agua para la captación.-** Si el agua superficial o agua subterránea.
- b) **Tipo de Sistema.-** Si es a bombeo o a gravedad.
- c) **Resultados de los análisis del agua.-** Si los resultados de los análisis físicos químicos y microbiológicos del agua, en cantidad de ciertos parámetros como la turbiedad, coliformes totales, sólidos disueltos, etc. sobrepasan o se mantienen dentro de los límites requeridos por las normas de calidad de agua.

Tomando en cuenta estos aspectos muy importantes tenemos dos alternativas de bajo costo de tratamiento de agua para zonas rurales que se podría proponer en el sistema de abastecimiento de agua de la zona de estudio (Comunidad Pual).

1. **Plantas paquete.-** Son construcciones macizas grandes en metal y acero al carbón tipo naval o acero inoxidable bajo las normas INEC 2655 e INEC 1108 con fin de dar tratamiento de agua de alta tecnología, de acuerdo a la demanda de la población a la que se va a servir (ISA, 2015).

2. **Filtros lentos de arena.-** Consiste en filtrar el agua cruda a través de arena de distinta porte, en donde se desarrolla distintos procesos de degradación química que retienen la materia en forma simple (Blacio *et al.*, 2011).

Se dividen en dos tipos:

- a) **Filtros biológicos con flujo descendente.-** Es un filtro que se compone de un tanque que contiene una capa de disolución rápida o excesiva de un tratamiento que consiste en hacer pasar el agua por partículas de arena de distinta grosura en forma descendente, que puede garantizar un tratamiento óptimo del agua, aunque necesita de un mantenimiento casi frecuente para su correcto funcionamiento por los sólidos en suspensión (hojas, ramas, etc.) que pueden alterarlo e inclusive dañarlo (Tejero, 1991).
- b) **Filtros biológicos con flujo ascendente.-** Consiste en hacer filtrar el agua en forma ascendente a través de una serie de lechos de grava o arena de tamaño variable en dirección del flujo, la principal ventaja del filtro constituye la mayor acumulación de sólidos en el fondo del mismo, el libera el agua tratada en forma descendente mediante aliviass de base (Cordero *et al.*, 2011).

Este tipo de tratamiento se ha demostrado ser una de las opciones más accesibles en comunidades rurales, ya que las mismas por su situación económica, tecnología confiable, reducen drásticamente la turbiedad, y el 60% del color de agua, haciéndola esta apta para consumo humano (Vásquez *et al.*, 2010).

2.17.Redes de Distribución – Tipos

Es un conjunto de tuberías cuya función es suministrar el agua potable a los consumidores de la localidad en condiciones de cantidad y calidad aceptables (López, 2004).

Según la configuración de la localidad, las redes de distribución pueden ser ramificadas y malladas. **Ramificadas.-**Es la red de tubería encomendada de distribuir

el agua a diferentes zonas de la población y sobre ella se deben garantizar los caudales y presiones, según la normas técnicas exigidas en cada país (López, 2004).

Redes Malladas.-se diseñan si las tuberías pueden formar anillos o mallas que permitan disponer de un circuito cerrado para el flujo de agua (López, 2012).

2.18. Conexiones en domicilios.

Como complemento de la red de distribución, y acorde con el nivel de servicio adoptado, se contempla la instalación de conexiones domiciliarias conectadas directamente a la red que consta de trabajos hechos externamente a la relativa propiedad, comprendidos entre la tubería principal de agua y una caja de medidor constando de un accesorio de acople y un tubo flexible de 12 mm de diámetro, conectados a la tubería y que termina en una llave de paso (SEDAPAL, 2015).

2.19. Diseño del Sistema de Tratamiento de agua de Consumo Humano: Bases de Diseño.

2.19.1. Periodo de Diseño.

Es el proceso de tiempo por la cual el proyecto efectúa su función satisfactoriamente, no se lo debe confundir con **VIDA UTIL** que es el lapso de tiempo, luego del cual obra o equipo deben ser remplazados (CEC, 1997).

2.19.2. Población de Diseño.

Se refiere al número de habitantes que se estima que tendrá la comunidad mediante la proyección años durante el período de diseño, para obtener este dato se utiliza tres fórmulas esenciales y se toma al dato mayor de los resultados (CEC, 1997).

$$P_{fa} = P_a (1 + r * n) \quad \text{Método Aritmético}$$

$$P_{fg} = P_a (1 + r)^n \quad \text{Método Geométrico}$$

$$P_{fm} = \frac{P_{fa} + P_{fg}}{2} \quad \text{Método Mixto}$$

Pa= Población actual

r= Índice de crecimiento

n= Período de diseño

2.19.3. Dotación.

Es la cantidad de agua que se asigna para cada habitante, considerando el consumo de todos los servicios para cubrir sus necesidades como el aseo, consumo de comida y demás de otras actividades que aseguran su desarrollo vital (MARC, 2003).

2.19.3.1. Dotación Básica.

Se define como la cantidad de agua consumida diariamente a partir del agua usada en cada hogar basado nivel de servicio (Tabla 14) y las dotaciones de agua (l/hab./día) recomendadas para cada nivel de servicio (Tabla 15) (CEC, 1992).

Tabla 14. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
O	AP EE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencia y capacidad económica del usuario.
Ia	AP EE	-Grifos públicos -Letrinas sin arrastre.
Ib	AP EE	-Grifos públicos más unidades de agua para lavabo de ropa y baño -Letrinas sin arrastre de agua
IIa	AP EE	-Conexiones domiciliarias, con grifo por casa -Letrinas con o sin arrastre de agua.
IIb	AP ERL	-Conexiones domiciliarias con más de un grifo por casa. -Sistema de alcantarillado sanitario
Simbología Utilizada		
Ap: Agua Potable		
EE: Eliminación de excretas		
ERL: Eliminación de Residuos líquidos		

Fuente: Código Ecuatoriano de Construcción CEC (1992)

Tabla 15. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO (l/hab/día)	CLIMA CÁLIDO (lit/hab/día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: Código Ecuatoriano de Construcción CEC (1992)

De acuerdo al nivel económico y cultural de los habitantes se puede prever otro tipo de consumo diario en (l/hab./día) basado en las condiciones de uso como la bebida, escuela, alimentación y cocina, lavado de utensilios, aseo corporal menor, baño de ducha, lavado de ropa e inodoro (SSA, 2007).

2.19.3.2. Dotación Actual.

Es el caudal promedio de agua potable consumido diariamente, por cada habitante, expresado en l/hab/día. Incluye los consumos doméstico, comercial, industrial y público, al inicio del período de diseño. Los factores de mayoración están de acuerdo a la población e incidencia, comercio, industria, y sector público (Tabla 16) (CEC, 1997).

Tabla 16. Factores de Mayoración para poblaciones menores a 1000 habitantes hab.

CAMPO	FACTOR DE MAYORACION	REPRESENTACIÓN FACTOR
Doméstico	1.00	F1
Industrial	1.00	F2
Comercial	1.02	F3
Público	1.03	F4
Factor Pérdida	1.15	fp

Fuente: Subsecretaría de Saneamiento Ambiental SSA (2007).

Dotación Actual= Dotación Básica*F1*F2*F3*F4*fp

2.19.3.3. Dotación media Futura.

Agua, usada regularmente, por cada año, por habitante, al terminar el período de diseño, expresado en l/hab/día (García, 2009).

Se determina en base a un aumento periódico constante de la dotación actual, en valores de 1 a 2 l/hab/día por cada año, de acuerdo al estudio que se efectúa de las condiciones socioeconómicas de la población:

$$\text{Dot. Futura} = (\text{Dotación. Actual}) + (20 \text{ años}) * (1.0 \text{ l/hab/día})$$

2.19.4. Demanda.

Cantidad de agua determinada tomando en cuenta la necesidad de la población para satisfacer sus necesidades permitiendo de esta manera, que vivan en condiciones sanitarias favorables consumiendo agua de calidad (García, 2009).

Se calcula lo siguiente por tener relación con esta demanda:

2.19.4.1. Caudal Medio Diario (Qmd).

Es la cantidad media computado para la población a servir, tomando en cuenta la dotación media futura (CEC, 1997). Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = f (P_f * D_f) / 86400$$

Dónde:

f=Factor fuga= (1,1) (1,15)

P_f = Población futura

D_f = Dotación media futura

2.19.4.2. Caudal Máximo Diario (QMD).

Es el caudal consumido por la comunidad en el día de máximo consumo en el año (CEC, 1997). Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{MD} = Q_{md} * K_{MD}$$

Dónde:

Q_{md} = Caudal medio diario

K_{MD} = Coeficiente de mayoración máximo diario = 1,25

2.19.4.3. Caudal Máximo Horario (QMH).

Es la cantidad de agua usado a lo máximo por la comunidad durante la hora anualmente (CEC, 1997).

Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$QMH = Qmd * KMH$$

Dónde:

Qmd = Caudal medio diario

KMH = Coeficiente de mayoración máximo horario = 3,0

2.19.4.4. Volumen de Reserva.

Es el volumen requerido para compensar las fluctuaciones horarias del consumo de agua (CEC, 1992).

Se determina de la siguiente manera:

$$VR = 50\% * QMD$$

Dónde:

Volumen de Reserva es igual al 50% del Caudal Máximo Diario (QMD), para poblaciones menores a 1000 habitantes, basado en Numeral 5.5.1 del código ecuatoriano de construcción.

2.19.5. Caudales de Diseño.

Son caudales previstos para distintas partes del sistema de tratamiento de agua como: Captación, Conducción, Tratamiento y Reserva (Tabla 17) (CEC, 1992).

Tabla 17. Caudales de diseño para los elementos de un sistema de potabilización de agua.

ELEMENTO	CAUDAL
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20%
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10%
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Red de distribución	Máximo diario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10%

Fuente: Código Ecuatoriano de Construcción (CEC, 1992).

2.19.5.1. Captación.

Es el punto o puntos de salida de las aguas para abastecimiento, así como las labores de desigual medio que deben hacerse para su uso y recogida, se construye de mampostería, de ladrillo u hormigón simple; colocando en una de las paredes grava con el fin de proteger y permitir la filtración del agua. Para captar el agua requerida se debe antes realizar mediciones de caudal para saber si la fuente de estudio es o no aceptable para la realización del proyecto (De la Cruz, 2011).

2.19.5.2. Tipos de Captaciones.

Para captaciones se consideran dos tipos de fuentes: Agua Superficiales y Aguas Subterráneas.

2.19.5.3. Diseño de la Captación.

Su diseño hidráulico y dimensionamiento depende de la topografía del terreno de la zona de estudio, textura del suelo y la clase de fuente de agua; previniendo no perturbar la calidad y la temperatura, ni modificar la corriente y su caudal natural, controlando adecuadamente el agua ya que cualquier obstrucción puede tener consecuencias fatales; el agua crea otro cause y la fuente desaparece (OPS, 2004).

2.19.5.4. Construcción Civil.

En la captación se deben incluir las siguientes partes: la construcción en obra civil de la caja de captación, caja de válvulas, dispositivos de desagüe y rebalse, contra cuneta y un muro de protección.

- **Caja de Captación.-** Es la estructura que recibe el agua proveniente del brote o fuente, por medio de un tubo PVC.
- **Caja de Válvula de Salida.-** Es la estructura que sirve para el control del caudal de la captación.
- **Dispositivos de Desagüe y Rebalse.-** Son los drenajes para la limpieza de la caja de captación y para los excedentes de agua respectivamente.
- **Contra Cuneta.-** Se coloca entre el tramo de la captación, el cual interseca aguas proveniente de laderas, con el fin de evitar contaminación de la fuente de agua.
- **Muro de Protección.-** Esta obra se coloca en el tramo de la captación y la contra cuneta cuando las laderas tienen bastante pendiente y material suelto, provocando derrumbes.

Basados en las Normas Código Ecuatoriano de construcción (Tabla 6) para el diseño de sistemas de agua potable en zonas rurales tomamos en cuenta lo siguiente:

Captación de aguas superficiales = QMD + 20%

Captación de aguas subterráneas= QMD + 5%

Dónde:

QMD= Caudal Máximo Diario

2.19.5.5. Conducción.

Es la parte del sistema constituido por un conjunto de tuberías, obras de arte y otros accesorios destinados a transportar el agua desde la captación hasta el sitio donde es regulada y posteriormente distribuida (CEA, 2015).

Existen dos tipos de conducciones conocidas como: conducción a bombeo y la conducción a gravedad (CNA, 2007).

Conducción a bombeo.-Se realiza con un equipo de bombeo cuando la altura del agua en la fuente de provisión es minoritaria a la altura piezometrica requerida para el punto de entrega, planta de tratamiento o tanque de reserva.

Conducción a gravedad.-Se realiza con la gravedad propia del terreno cuando la elevación de la fuente de provisión es mayoritaria a la altura piezometrica requerida para el punto de entrega, planta de tratamiento o tanque de reserva, y se caracteriza por ser la más económica.

Tomando en cuenta las normas código ecuatoriano de Construcción (Tabla 17) para el diseño de sistemas de agua potable en zonas rurales nos basamos en lo siguiente:

Conducción de aguas superficiales = QMD + 10%

Conducción de aguas subterráneas= QMD + 5%

Dónde:

QMD= Caudal Máximo Diario

Para la conducción del agua se deben realizar cálculo hidráulicos relacionados con: la cota del terreno, cota del proyecto, caudal, longitud, diferencia de nivel, pendiente (J), diámetro interior de la tubería, la velocidad, coeficiente (c), pérdida (J), pérdida de presión en Hf, cota piezometrica, la presión estática y dinámica en metros(m) y (mpa).

- a) **Cota del terreno.**- Se la conoce también como altura sobre nivel del mar, y que además nos indica si el lugar en dónde estamos ubicados es más alto o bajo con relación a otra altura que puede ser un el nivel de una población o comunidad. Y que además nos da conocer en un estudio de abastecimiento de agua, si la fuente elegida induce que el sistema sea a gravedad o a bombeo.
- b) **Cota del proyecto.**- Esta cota o altura es generada de la anterior, es la cota del terreno menos 90 metros, por dónde irá la tubería bajo tierra.

- c) **Caudal.-** Cantidad de agua obtenida a partir de los caudales de diseño, y el tipo fuente superficial o subterránea.
- d) **Longitud en metros (m) y real.-** Es la distancia de un punto A de toma de cota o altura a otro punto B, su unidad es en metros (m).
- e) **Diferencia de nivel.-** Es el resultado de cota o altura a partir de la resta entre un punto de cota A y otro punto de cota B.
- f) **Pendiente de la gradiente hidráulica (J).-** Es el resultado obtenido a partir de la diferencia de nivel dividido para la longitud (m) o real.
- g) **Diámetro interior de la tubería.-** Es el diámetro interior de la tubería en unidad de milímetros(mm) por dónde el caudal del agua, basada en la topografía del terreno, presión, velocidad del agua, debe usar en cada tramo de un sistema de abastecimiento, que puede ser desde 20 a 600 mm de diámetro nominal según sea el caso.
- h) **Velocidad del agua.-** Es la velocidad con la que va el agua en unidad de metros sobre segundo (m/s), obtenido a partir del diámetro de tubería, el caudal, el coeficiente (π) que tiene un valor de 3,1416 elevado a la potencia de 2. Su fórmula es la siguiente: $V = \frac{4Q}{\pi.D^2}$ donde V= velocidad, Q= caudal, D= diámetro interior.
- i) **Coeficiente (C).-** Es el coeficiente de rugosidad de la tubería conforme a la fórmula de Hazen Willians de la siguiente manera:

$$V = 0.8494 * C * (Rh)^{0.63} * S^{0.54}$$
 donde Rh= Radio hidráulico o área de flujo, S= Pendiente o pérdida de carga. Los coeficientes son los siguientes (Tabla 18):

Tabla 18. Coeficientes (C) de rugosidad de tubería.

Material	Coeficiente (C) mínimo	Coeficiente (C) máximo
Asbesto cemento	140	140
Hierro fundido nuevo	130	130
Hierro fundido 10 años	107	113
Hierro fundido 20 años	89	100
Hierro fundido 30 años	75	90
Hierro fundido 40 años	64	83
Concreto	100	140
Cobre	130	140
Acero	90	110
Hierro galvanizado	120	120
Polietileno	140	140
Policloruro de vinilo	150	150

Fuente: Ingeniería hidráulica básica.

- j) Pérdida de carga (J).**- Es la altura que se pierde por las fricciones que se ofrecen al paso del agua en las tuberías, válvulas, filtros, curvas y otros accesorios.
- k) Pérdida de carga (Hf).**- Es la cantidad de energía que se pierde por fricciones en la pendiente del gradiente hidráulico entre la longitud. Se calcula: $J = \frac{hf}{L}$ donde J= pendiente de la gradiente hidraulica, hf= pérdida de carga, L= longitud en metros o real.
- l) Presión estática.**- Es la presión que tiene un fluido independientemente de la velocidad mismo y que se mide mediante la utilización de tubos piezometricos. Se utiliza la fórmula $Ps = Patm + \rho gh$ donde Ps= presión estática, Patm=presión atmosférica, ρ = densidad del agua y h = altura.
- m) Presión dinámica.**- Es la presión incrementada adicional a partir de la presión estática al chocar sobre un área perpendicular la movimiento, depende de la velocidad y la densidad del fluido.

Básicamente para fluidos en reposo (estáticos) la presión dinámica es nula y la presión estática es igual a la presión total, mientras que la presión dinámica actúa

directamente en la dirección del flujo, la presión estática actúa por igual en todas las direcciones y siempre en ángulo recto a todas las superficies que contengan el fluido.

2.19.5.6. Planta de tratamiento.

Conocida también como estación de tratamiento que es el grupo estructural en donde se da tratamiento el agua de manera que vuelva hacer apta para consumo humano recibiendo el agua cruda, para eliminar las bacterias patógenas, sabores y olores desagradables, material particulado y coloreado así como su dureza (Dávila, 2013).

Tipos de tratamiento.

Se pueden clasificar de acuerdo a: Componentes e Impurezas a eliminar, Parámetros de Calidad y Grados de Tratamiento de agua (Romero, 2013).

Componentes e impurezas a eliminar.- Como los tipos de contaminante: sólidos gruesos, partícula coloidales, sólidos en suspensión, materia orgánica, amoníaco, gérmenes patógenos, metales no deseados (Fe, Mn), sólidos disueltos, y la manera de eliminarlos por medio de coagulación, floculación, sedimentación, filtración, carbón activado, cloración, y desinfección.

Parámetros de calidad y grados de tratamiento de agua.- Las aguas consignadas para uso del ser humano se especifican según el nivel de tratamiento:

Físico Simple y Desinfección.- Filtración rápida más desinfección.

Físico Normal Químico y Desinfección.- Pre cloración más coagulación/floculación, Sedimentación, Filtración y Desinfección.

Físico y Químico Intensivo, Afino y Desinfección.- Cloración más coagulación/floculación, Sedimentación, Filtración y Desinfección.

Alternativas de Tratamiento.

Están determinadas según el tipo de agua que se vaya a tratar. De los resultados de los análisis físicos, químicos y biológicos realizados a las muestras de agua recolectadas en la fuente elegida, determinaremos el o los procesos de tratamiento que el agua necesita.

Según las Normas Código Ecuatoriano de Construcción (Tabla 17) para el diseño de sistemas de agua potable en zonas rurales nos basamos en lo siguiente:

Planta de tratamiento= QMD + 10%

Dónde:

QMD= Caudal Máximo Diario

2.19.5.7. Tanque de Reserva.

Es un componente destinado a guardar agua y mantener en continuo funcionamiento la red de distribución, satisfaciendo la poca o mucha demanda de la población que lo determina para su diseño y construcción de capacidad en metros cúbicos m³ (CNA, 2007).

Son de forma rectangular o circular contienen una tapa sanitaria que sirve como respirador, son de muros de hormigón, con válvulas de control en las tuberías de entrada de agua proveniente de la captación o planta de tratamiento que llega por medio de la conducción y las tuberías de salida conectada a la red de distribución (Meneses, 2013).

Las Normas Código Ecuatoriano de Construcción CEC (1992). Se deben tomar en cuenta lo siguiente:

- Para poblaciones menores a 5000 hab. se tomará para el volumen de regulación el 30% a 50% del volumen usado en una jornada, considerando la demanda al final del período de diseño.

- Para poblaciones mayores de 5 000 hab., se tomará para el volumen de regulación el 25% del volumen consumido en un día, considerando la demanda al final del período de diseño.

Como nuestra población es menor a 5000 hab. Aplicamos la siguiente fórmula:

$$Q (\text{Reserva}) = 50\% \text{ QMD}$$

Dónde:

Q (Reserva)= Caudal de Reserva

QMD= Caudal Máximo Diario

2.19.5.8. Red distribución.

Para poblaciones de hasta 3 000 hab. futuros en la región litoral y 5 000 en la región interandina, no se considera para incendios. (CEC, 1992).

Red de Distribución = QMH + incendio

Incendio = 0

Red de Distribución = QMH

Dónde:

QMH= Caudal Máximo Horario.

3. Materiales y Métodos.

3.1. Localización y Duración de la Investigación.

El área de estudio (Comunidad de Pual) se ubica al noroeste de la provincia de Pastaza; a 69 km de la ciudad de Puyo y 54 km de la cabecera principal del Cantón Arajuno (**Figura 2**). Tiene una extensión aproximada de 2 a 3 ha y una altitud de 387 m. Sus límites son: Norte: Río Callana, Sur: Pacayacu, Este: Amaruncocha, Oeste: Chuyayacu. Sus coordenadas UTM: X=212225 Y=9835478

Los ríos más importantes y navegables del Cantón Arajuno son: El Arajuno, Curaray y el Villano, además de otros ríos pequeños que lo atraviesan como el: Sótano, Llushcayacu, Huapuno, Oglán, Nushimo; siendo la subcuenca del Villano que se encuentra junto a la comunidad (PDOTPC, 2012).

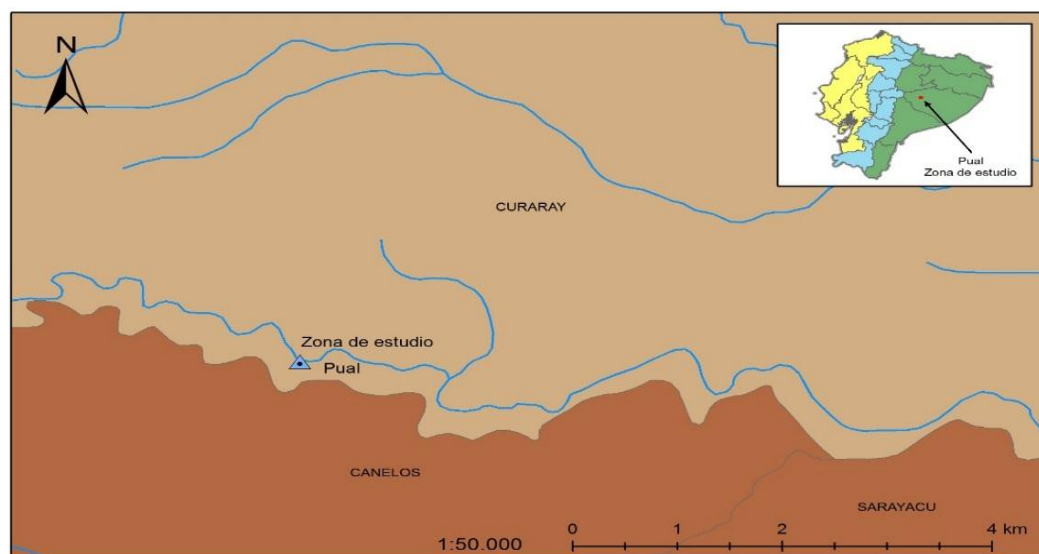


Figura 2. Localización de la Zona de Estudio para el proyecto diseño de un sistema de tratamiento de agua para consumo humano de la comunidad de Pual, Parroquia Curaray, Cantón Arajuno.

Fuente: Sistema de Información Geográfica UEA, (2015)

3.2. Condiciones Meteorológicas.

El 60% de la superficie de la zona de estudio está formado por relieves levemente ondulados alojados en mesetas naturales como colinas altas y valles encajonados y profundos, se caracteriza por estar en la Zona de Vida Bosque Húmedo Tropical y presenta una temperatura promedio anual de 18 °C. (23° C máx. y 17°C min). El promedio anual de horas de brillo solar oscila entre las 63,8 y 103,9 horas, con un promedio de 87,3 horas, la humedad relativa del 90%, una nubosidad del 6,5 y una precipitación diaria del 395,6 mm (INAMHI, 2014).

3.3.Duración.

Una vez que se aprobó el proyecto de investigación se realizó el estudio, en 7 meses. La fase de campo en 5 meses y 2 meses para el análisis de datos se escribió el documento de tesis acorde al instructivo de Titulación de la Universidad Estatal Amazónica.

3.4. Materiales y Equipos.

Para la ejecución de la presente investigación: Diseño de un sistema de tratamiento de agua para consumo humano de la Comunidad de Pual, Parroquia Curaray, Cantón Arajuno se consideró los materiales y equipos necesarios (Tabla 19) detallados a continuación:

Tabla 19. Materiales y Equipos para el proyecto de diseño de un sistema de tratamiento de agua para consumo humano de la comunidad de Pual, Parroquia Curaray, Cantón Arajuno.

MATERIALES	EQUIPOS
Poncho de Aguas	GPS (Sistema de Posicionamiento Global)
Botellas para muestras	Cámara
Botas de Caucho	Laptop
Papel tornasol	Impresora
Hielo	Termómetro
Cronómetro	Calculadora
Cubeta	Cooler para muestras
Resma de papel boom	Machete
Esferos	Escritorio
Libreta para campo	Automovil

Fuente: Elaboración propia de Autor.

3.5. Factores de Estudio.

- a) **Población.-** Se estudió el número de personas existentes o población actual en el área de estudio basado en el Censo de Población y Vivienda otorgados por el INEC del año 2010, se tomó una encuesta socio económica para ver la situación real y reforzar la información, así como su índice de crecimiento para determinar una cantidad de población de diseño.
- b) **Cantidad y Calidad de Agua.-** Se realizó pruebas de aforo volumétrico para conocer si la cantidad de agua es suficiente para la comunidad de Pual, analizando previamente el agua, midiendo la temperatura, pH en el sitio, y recolectando muestras de agua para posterior análisis en laboratorio.
- c) **Caracterización microbiológica y físico-química.-** Se determinó los siguientes parámetros: pH, Turbiedad, Sólidos totales disueltos, Hierro total, Manganeseo, Coliformes Fecales, Amoniaco, Nitritos Nitratos, Sulfatos, Fosfatos mediante análisis de laboratorio.

- d) Tratamiento de agua.-** Con los resultados obtenidos de la caracterización microbiológica, físico-química, temperatura y pH del agua, se determinó el proceso de tratamiento que debe proponerse en el sistema de agua.

3.6.Análisis Estadístico.

En este estudio se utilizó la estadística descriptiva o también conocida como análisis exploratorio de datos, que ayudan a caracterizar el área de investigación (Orellana, 2001).

3.6.1. Estadística descriptiva.

Con ésta metodología se realizó el estudio con la poblacional actual y su aumento (población futura) mediante tres métodos (aritmético, geométrico y mixto) a través de un estudio socio económico del lugar considerando el crecimiento natural en función de los nacimientos, defunciones inmigraciones, emigraciones y población flotante después de 20 años (SENAGUA, 2015).

Se ejecutó comparaciones aritméticas entre los resultados obtenidos en el análisis de agua, realizado en los laboratorios del CESTTA (Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental) de la Escuela Politécnica del Chimborazo en la ciudad de Riobamba y la norma INEN del Código Ecuatoriano de Construcción (C.E.C) para poblaciones menores a 1000 hab. Con respecto límites recomendables y límites máximos permisibles para agua de consumo humano, las cuales necesitan desinfección.

Todo esto se ha resumido en un análisis general.

3.6.2. Población de Diseño- Población Actual de la Comunidad de Pual.

Para la determinación de la población de la Comunidad de Pual fueron tomados los datos Desarrollo del Cantón Arajuno (2011) y la toma de una encuesta socioeconómica para refuerzo de la investigación del proyecto.

La comunidad de Pual tiene una población de 125 personas 66 hombres (52,41%) y 59 mujeres (47,59%).

Tabla 20. Población de la comunidad Pual por edades.

Comunidad de Pual			
Población por edad	Hombres	Mujeres	Total
Tercera edad (64-100 años)	1	2	3
Adultos (15-64 años)	28	24	52
Jóvenes (0-14 años)	26	27	53
Niños (5-9 años)	9	8	17
Total	66	59	125

Fuente: CNEC – INEC, (2010); PODCA, (2011).

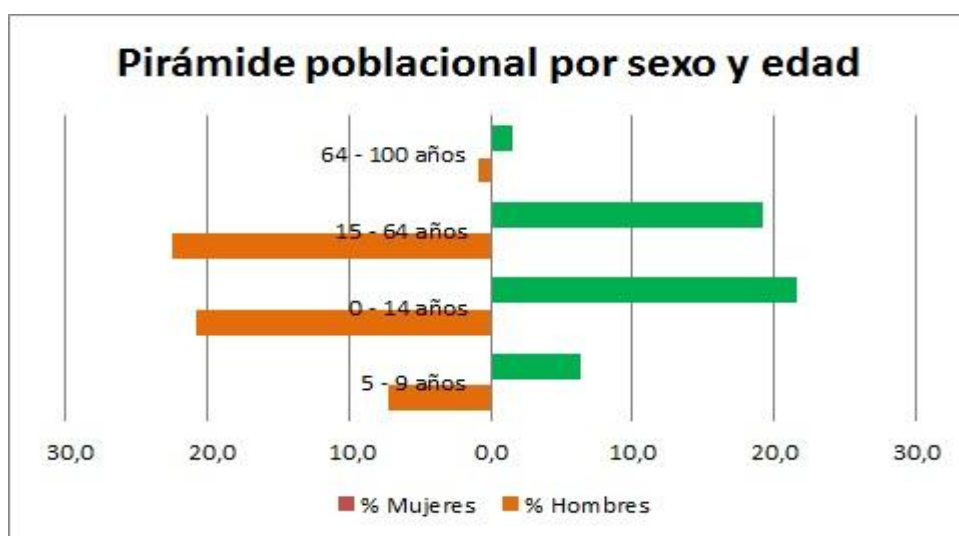


Figura 3. Pirámide poblacional por sexo y edad.

Fuente: Elaboración propia del autor.

La siguiente pirámide poblacional muestra que la comunidad de Pual el grupo de edad de (0 – 14 años) las mujeres representan una población del 21,6% frente al 20,8% que los hombres representan, el grupo de edad comprendida de (15 - 64 años) la población de mujeres decrece a un 19,2%, mientras que la población de hombres crece a un 22,4%, en el grupo de edad (64 – 100 años) la cantidad de personas disminuye drásticamente a 1,6% en mujeres y a 0,8% en hombres.

3.7. Datos obtenidos.

Identificación de fuentes de agua existentes en la Comunidad de Pual.- Se realizó un reconocimiento en la zona de estudio de las fuentes de agua, se registró: coordenadas geográficas, cotas o alturas observando su desnivel con otras alturas tomados en el tanque de reserva y el centro de la población, accesibilidad, distancias, tiempo de llegada a la fuente y lo respaldamos con fotografías.

3.8. Mediciones experimentales.

3.8.1. Dotación básica.

A partir de la cantidad de agua consumida diariamente en cada hogar, se estableció el nivel de servicio (Tabla 14) para la comunidad de Pual y la dotación de agua (lit/hab./día) recomendada para este nivel de servicio (Tabla 15) además se determinó el consumo diario (l/hab./día) basado en las condiciones de uso.

Según el C.E.C (1997), los niveles de servicio se lo determinan de la siguiente forma:

0.- Es el adecuado para sistemas individuales. El diseño es de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos de agua, preferencias y capacidad económica del usuario.

Nivel Ia.- Es el adecuado para localidades pequeñas, dispersas que disponen de fuentes alternas para el lavado de ropa y baño.

Nivel Ib.- Es el apropiado para localidades concentradas en pequeñas áreas, que no disponen de fuentes adecuadas y de fácil acceso para baño y lavado de ropa.

Nivel IIa.- Este nivel es el adecuado para localidades más desarrolladas, con capacidad económica para mantener el sistema con conexiones domiciliarias a nivel del patio, y con capacidad organizativa para administrar la operación y mantenimiento del sistema. El tipo de letrina con o sin arrastre de agua, se seleccionará a base de las preferencias de los usuarios y de las condiciones del suelo.

Nivel IIb.- Este nivel apropiado para localidades desarrolladas, en las que las viviendas prevén varios puntos de abastecimiento de agua (baños, inodoros, lavabos,

fregadero de cocina, etc.). Dado el volumen de aguas residuales a producirse, en este caso se requiere de un sistema de alcantarillado sanitario para su evacuación.

Según el código ecuatoriano de construcción de (1997), cantidad de población, situación económica, financiación del proyecto e institución que la financia, la comunidad de Pual, tiene un nivel de servicio IIa, por lo que consultando a la tabla de dotaciones por Nivel de Servicio, le corresponde una dotación de 60 l/hab./día según la (Tabla 21) expuesta a continuación:

Tabla 21. Dotaciones de agua recomendadas para los diferentes niveles de servicio.

Nivel de Servicio	Norma		Recomendadas*	
	Clima Frío	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Cálido
	L/hab/día	L/hab/día	L/hab/día	L/hab/día
0			10	20
Ia	25	30	20	25
Ib	50	65	25	30
IIa	60	85	40	50
IIb	75	100	60	85

Fuente: Código ecuatoriano de construcción (C.E.C) (1997).

3.8.2. Caudales de diseño.

Para el diseño de los distintas partes que conforman este sistema de tratamiento de agua para consumo humano, se tomaron los siguientes caudales basados en la fuente de agua elegida la cual es superficial:

Tabla 22. Caudales de diseño después de analizar el tipo de fuente de agua.

ELEMENTO	CAUDAL
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20%
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10%
Red de distribución	Máximo diario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10%

Fuente: Código ecuatoriano de construcción (C.E.C) (1992).

3.8.3. Aforo volumétrico.

Se aplica generalmente en laboratorios de hidráulica, ya que solo es funcional para pequeños caudales, sin embargo se pueden implementar en pequeñas corrientes naturales de agua.

El método que se aplicó fue el nominado sencillo, el cual consiste en medir el tiempo con un cronómetro que gasta el agua en llenar un recipiente de volumen conocido con lo cual el caudal es fácil de calcular con la siguiente ecuación: $Q = V/t$.

La repetición mínima de 10 veces con resultados variados generó un valor más exacto.

3.8.4. Medición del pH y temperatura en la zona de estudio.

Para la determinación del pH se utilizó tiras de papel tornasol tomando en cuenta el color de la tira del papel, que representa la escala entre 0 y 7 (ácida), 7 neutra y la escala entre 7 y 14 alcalina o básica.

Para la toma de la temperatura se utilizó termómetro instantáneo.

3.8.5. Medición del caudal de una corriente natural.

Las mediciones puntuales o corrientes naturales como ríos, en que se desee conocer la magnitud de la corriente en particular, se basan en aplicación de la ecuación de continuidad $Q = A \cdot V$.

Para medir el caudal del río se aplicó el método del flotador que consiste en utilizar valores promedio de variables determinadas para lo cual se requiere: Un objeto flotante, puede ser una bola de ping-pong, una botella plástica pequeña, una rama, un trozo de madera que flote libremente en el agua, un cronómetro, una cinta métrica y una regla o tabla graduada.

En dónde como primer paso se midió los tiempos de traslado de una rama desde un punto A hacia un punto B, como segundo paso se midió la distancia entre punto A y B, como tercer paso calculó la velocidad, como cuarto paso se midió el ancho del río culminando con la medición de las alturas por cada metro, para determinar el área total.

3.9. Manejo del experimento.

Caracterización microbiológica y estudio físico-química.- Se recolectaron dos muestras de agua (2 litros/muestra) de la fuente seleccionada para los análisis fisicoquímicos correspondientes y una muestra pequeña en un envase de polietileno de 31,7 ml, para los respectivos análisis microbiológicos (GER, 2015). Las muestras se analizaron en el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA) de la Escuela Politécnica del Chimborazo (ESPOCH) ubicada en la ciudad de Riobamba.

En donde se utilizaron los siguientes métodos para determinar:

Tabla 23. Métodos utilizados por los laboratorios del CESTTA para determinar parámetros en el agua.

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA
Potencial Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B
Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1
Sólidos Totales Disueltos	PEE/LABCESTTA/11 Standard Methods No. 2540 C
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 Standard Methods No 3500-Fe B 3030-E3111B
*Manganeso	PEE/LABCESTTA/39 APHA 3111 B, 3030 B
Coliformes Totales	PEE/LABCESTTA/47 Standard Methods No 9222 B
Amoniacó	PEE/LABCESTTA/20 EPA Water Waste No 350.2
Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No 4500 – NO ₂ – B
Nitritos	PEE/LABCESTTA/17 Standard Methods No 4500 –NO ₂ – B
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 Standard Methods No 4500-SO ₄ E
Fosfatos	PEE/LABCESTTA/21 Standard Methods No 4500-P B5/ 4500-PC

Fuente: CESTTA (2015).

3.10. Diseño del sistema de tratamiento de agua para consumo humano.

Para cumplir con el cuarto objetivo específico se propuso el tratamiento de agua a través de las siguientes partes:

3.10.1. Desarenador.- Es un tanque sedimentador que se coloca después de la captación cuyas dimensiones dependen del caudal de diseño, de la distribución granulométrica de los sedimentos en suspensión que transporta la corriente natural y de la eficiencia de remoción, la cual oscila entre el 60 y el 80% del sedimento que entra al tanque (Arango, 2002).

Para el diseño del desarenador se calculó basados en lo siguiente:

a) Caudal de diseño (Q_{dc}).

Conducción de aguas superficiales (Q_{dc}) = $Q_{MD} + 10\%$

Conducción de aguas subterráneas = $Q_{MD} + 5\%$

b) Período de retención (t)

c) Temperatura del agua (T)

d) Viscosidad cinemática (V_c)

e) Partículas a sedimentar (DP)

f) Volumen requerido

Aplicando la fórmula = $V = Q \times t$

g) Dimensiones. En la: Altura, Área superficial, Ancho, Longitud requerida, Longitud adoptada, Área superficial, Volumen útil real Período de retención real

h) Carga superficial (CS).- aplicando la fórmula $CS = Q / AS$

i) Área transversal (AT)

j) Velocidades en la sedimentación, arrastre, máxima horizontal y horizontal en la cámara.

k) Estructura de entrada (Pantalla con orificios).- Basada en la: Velocidad en los orificios, diámetro de los orificios, Área de los orificios, Área requerida de orificios. aplicando la fórmula $AR = Q / VO$ y el Número de orificios con la fórmula $NO = AR / AO$.

l) Volumen de la tolva de lodos.- Aplicando la fórmula

$AS \times h / 3$, Turbiedad de entrada (crítica) (TE), Turbiedad de salida (TS),
Turbiedad retenida (TR) = TE – TS, Peso específico arena (PEA), Período entre
limpiezas (TL), Peso de los lodos retenidos (PLR) = TR x Q x TL

m) Volumen de lodos.- aplicando la fórmula: $VL = PLR / PEA$

Se colocará luego de la captación para garantizar el funcionamiento óptimo de los filtros, ya que es primordial por las condiciones climáticas del lugar, que provocan que el cauce de la fuente de agua aumente cuando llueve trayendo, ramas, arena, hojas, o baje cuando hace sol.

3.10.2. Filtro grueso dinámico.- Conocido también como sistema de filtración en grava, el cual consiste en filtrar el agua por distintos tamaños de arena que decrecen según la dirección del flujo, generalmente la grava es de 2.00 mm, material filtrante mayor que el utilizado en los filtros lentos de arena (Cordero et al., 2011).

Se calculó de la siguiente forma:

a) Caudal de diseño (Qdc).

Conducción de aguas superficiales (Qdc) = QMD+10%

Conducción de aguas subterráneas= QMD+ 5%

Velocidad de filtración (Vf)

Velocidad superficial de lavado (Vs)

Velocidad de lavado (Vl)

a) Calculo del área superficial

$As = Qf / Vf$

Dónde:

Qf = caudal a filtrarse (Qf) (m³/hora)

Vf = velocidad de filtración (m/h)

b) Cálculo de las dimensiones del filtro.

$$L = A_s/b$$

c) Cálculo de la velocidad superficial de lavado

$$b = 3,40 \frac{Q_L}{V_S^3}$$

$$V_S = \sqrt[3]{\frac{3,40 \cdot Q_L}{b}}$$

Dónde:

b=Ancho del filtro.

QL = caudal disponible para el lavado superficial

Rango en el que debe mantenerse la velocidad superficial de lavado

$$V_S = 0,10 - 0,40 \text{ m/s}$$

d) Cálculo del nivel del agua sobre el vertedero rectangular de pared gruesa (entrada)

$$H = \left[\frac{Q_e}{M \cdot b} \right]^{2/3}$$

b = Longitud de la cresta del vertedero (m).

M = Coeficiente para vertedero de pared gruesa

e) Sistema de drenaje.

La velocidad de lavado (v_l) del filtro

Caudal de lavado

$$Q_L = A \times V_l$$

A = Área de filtración

La tubería de drenaje debe cumplir con las siguientes reglas generales:

1. Área total de orificios (área de filtración) = (0,0015- 0,0050).

2. Área del tubo lateral (área de orificios laterales) = (2 – 4).

3. Área del tubo colector (áreas de tubos laterales) = 1,50 – 3,00)

f) Cálculo del diámetro de los orificios.

Diámetro de cada orificio

Área de cada orificio (Ao)

Velocidad en cada orificio.

Nº de orificios = Caudal de lavado / caudal de cada orificio

Nº de orificios = Ql / Qo

Área total de los orificios Ato= Nº de orificios * Ao

Cálculo del diámetro de los laterales

Numero de laterales asumidos

Numero de orificios por lateral

Separación entre orificios

Nº Laterales

Longitud lateral

Espaciamiento

Número de orificios x lateral

Nº Total de Orificios

Área de los orificios en cada lateral

g) Calculo del diámetro del colector

Se lo debe calcular con la siguiente fórmula:

Área del tubo principal o múltiple

Área de las laterales en servicio

El cual debe ser construido después del desarenador, su filtración es más rápida, pero removerá partículas o cuerpos pequeños que lograron pasar el desarenador.

3.10.3. Filtro lento de arena con flujo descendente.- Es una de las tecnologías de tratamiento de agua más antiguas que se conoce, garantizando agua de calidad si se los maneja dando mantenimiento debidamente (Lesikar *et al.*, 2010).

Este filtro se debe construir luego del filtro grueso dinámico, sus dimensiones dependen del caudal de diseño, que limpiará la mayoría de contenidos de coliformes totales, sólidos en suspensión y la presencia de metales. Se calculó de la siguiente forma:

Q. Diseño = QMD + 10%
Q por filtra

a) Tasa de Filtración Recomendada

Según las Normas vigentes, la tasa de filtración debe estar entre 0.1 y 0.2 m/ hora o sea
2.4 a 4.8 m³/m² /día.

b) Cámara de filtración

Área de cámara de filtración

$$Af = \frac{Qd * 65\%}{Tf \text{ adoptada}}$$

Para diseñar los filtros de ferrocemento circulares:

Se calculó con la fórmula:

$$Af = \frac{\pi * \phi^2}{4}$$

c) Sistema de drenaje y recolección de agua filtrada

Q por filtrar (Qf)

La velocidad de filtración (Vf) debe estar comprendida en el rango de 0,10 -0.20 m/h

Velocidad de filtración = Q/A

Diámetro de cada orificio

Área de cada orificio (A_o)

Velocidad en cada orificio (V_o)

caudal de ingresa en cada orificio (Q_o) se calculó con

$$Q_o = A_o \times V_o$$

Nº de orificios = Caudal filtrado/ caudal de cada orificio

$$\text{Nº de orificios} = Q_l / Q_o$$

Caudal que ingresa en el lateral = Nº orificios x Q_o

Área del tubo lateral = caudal / velocidad

La velocidad en la tubería

$$\text{Área del tubo} = Q/V$$

d) Cálculo del colector central

Área del colector = caudal filtrado / velocidad

Velocidad

$$\text{Área del colector} = Q_l / V = 0,0013049 \text{ m}^2$$

Resumen.

Número de laterales = 12 6 a cada lado

Longitud de cada lateral 1 = 1,30 m. Son 4 laterales

Longitud de cada lateral 2 = 1,00 m. Son 8 laterales

Perforaciones por c/lateral = 8 en el lateral Nº 1

Un par de orificio cada 15,00cm.

Perforaciones por c/lateral = 6 en el lateral Nº 2

Un par de orificio cada 20,00cm

Diámetro de perforación = 10 mm.

a) Material filtrante.

Las especificaciones técnicas dadas en las normas para filtros lentos nos indican que el lecho filtrante debe cumplir con las siguientes características:

Posición en el lecho	Espesor de capa (m)	Diámetro (mm)
Borde libre	0,20	
Película de agua	1,00	
Capa de arena	1,00	0.15 - 0.35 coef. uniform.< 3
Capa de soporte		
1º capa	0,10	1,00 - 1.40
2º capa	0,10	4,00 - 5,60
3º capa	0,15	16,00 - 23,0
Altura total del FLDA	2,55	

b) Cálculo de las pérdidas de carga.

Arena seleccionada

$$hf = \frac{0,00608 V \cdot L_o}{d^2}$$

En donde:

hf = Pérdida en el lecho filtrante, en (cms)

d = Diámetro de las partículas del material filtrante en (cm)

V = Velocidad de filtración, en cm/seg.

Lo = Espesor o altura de la capa filtrante

c) Arena seleccionada:

Lo (espesor de la capa)

d (diámetro efectivo arena)

Primera capa de soporte

L (espesor de la capa)

d (diámetro efectivo grava)

Segunda capa de soporte

L (espesor de la capa)

d (diámetro efectivo grava)

Tercera capa de soporte

L (espesor de la capa)

d (diámetro efectivo grava)

$$H_t = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} + h_{f4}$$

d) Fórmula de Torricelli

$$H_o = \frac{Q^2}{cd^2 * A^2 * 2 * g}$$

Dónde:

H_o=pérdida de carga en orificios:

C_d para orificios

A_o = Área de cada orificio

Número de orificios

A = área total de orificios

g = aceleración de la gravedad

Q = Caudal a filtrarse

Pérdida total:

$$H_T = H_t + H_o$$

e) Cálculo del número de orificios

$$Q = cd * A * \sqrt{2 * g * h}$$

A = área

$$A = \frac{Q}{cd\sqrt{2gh}}$$

$$A_o = 5,03E-05$$

$$N^{\circ} \text{ orificios} = A/A_o$$

$$\text{Caudal en cada orificio } q = Q/N^{\circ} \text{ orificios}$$

Longitud de los neoplos de entrada

3.10.4. Sistema de cloración por erosión de pastillas.- La cloración consiste en la adición de cloro al agua, mediante un dosificador ya sea cloro puro o alguno de sus compuestos, en las dosis adecuadas para cumplir la normativa vigente respecto a la calidad bacteriológica y a la concentración de desinfectante activo residual que debe estar presente en todo punto de la red de distribución de agua potable. (Echeverría, 2009).

Se colocará antes de la entrada del tanque de reserva la cual contiene de una a dos tuberías verticales donde se colocan pastillas de hipoclorito de sodio que tienen una concentración del 70% de cloro, pesan aproximadamente 140 gr, miden 6,5mm por 2,5 mm y duran alrededor de 4 a 6 meses, dependiendo de la velocidad con la que fluye el agua y la temperatura. Para el tratamiento de desinfección es necesario calcular lo siguiente:

Calculo del hipoclorito de calcio.

$$\text{Concentración de cloro} = 1\text{mg/l}$$

$$\text{QMD Caudal máximo diario} = 0,67 \text{ l/s}$$

Calculo de volumen de agua consumida

$$V = \text{QMD} * 86400 \text{ s.}$$

3.11. Análisis económico.

El siguiente análisis está basado en el presupuesto de la obra para las dos posibles alternativas de fuente de agua, el cual se divide en dos partes: Costos directos y Costos indirectos.

3.11.1. Costos indirectos.- Son los valores relacionados con el área administrativa, impuesto con el estado, seguros para trabajadores, garantías de fiel cumplimiento de

la obra, construcción de lugares provisionales para trabajadores de la obra, pago de residente o profesional que permanece en la obra, imprevistos (accidentes de obra, desastres naturales) y utilidad del contratista.

3.11.2. Costos directos.- Son los valores relacionados con: costo de materiales, rendimiento de mano de obra, equipo, maquinaria y transporte de materiales.

Es decir: **Presupuesto de obra**= Costo indirecto + Costo directo

Los costos indirectos utilizados para determinar el presupuesto fueron:

Tabla 24. Costos indirectos para presupuesto del proyecto.

DIRECCION DE OBRA	5.292,30	4,00
ADMINISTRATIVOS	1.323,07	1,00
LOCALES PROVISIONALES	1.323,07	1,00
VEHICULOS	661,54	0,50
GARANTIAS	1.323,07	1,00
SEGUROS	1.323,07	1,00
COSTOS FINANCIEROS	661,54	0,50
TIMBRES MUNICIPALES	1.323,07	1,00
PREVENCION DE ACCIDENTES	1.323,07	1,00
IMPUESTO A LA RENTA	1.323,07	1,00
OTROS/IMPREVISTOS	1.323,07	1,00
UTILIDAD	9.261,52	7,00
TOTAL :	26.461,49	20,00

Fuente: Elaboración propia del autor

Es decir que para nuestro caso el porcentaje de costos indirectos es de 20%, el cual varía según las condiciones del proyecto que se quiere realizar.

Los costos directos utilizados para el presupuesto fueron los siguientes:

a) Rendimiento de obra.- Consiste en conocer el tiempo que tarda un trabajador o una cuadrilla de trabajadores en elaborar o ejecutar un determinado trabajado.

Cuadrilla tipo.-Consiste en la mano de obra y en activos necesarios para realizar un trabajo. Por lo que va variando según el tipo de rubro a realizarse.

Para determinar el rendimiento de obra se tomó en cuenta el listado de rubros de construcción del colegio de ingenieros civiles de la provincia de Pichincha, en dónde viene determinado cuadrilla tipo y rendimiento unidad jornada (volumen de obra). Ejemplo: cálculo de rendimiento de obra de los primeros dos rubros.

Tabla 25. Cuadrilla tipo y rendimiento unidad jornada para los primeros dos rubros del presupuesto.

N° Rubro	Descripción	Unidad	Cuadrilla tipo	Ren. Uni. Jornada
1	Desbroce y limpieza	m ²	1 Alb + 1 Peón	28,57
2	Replanteo y nivelación	m ²	1 cadenero + 1 topógrafo	80,00

Fuente: Sigma (2015). Revista técnica e informativa del Colegio de Ing. Civiles de Pichincha.

Se aplicó la siguiente fórmula: $R = t / v$. en dónde:

R= rendimiento t= tiempo de una jornada v= volumen de obra

Rubro N° 1

Datos

$$R = \frac{8 \text{ horas}}{28,57}$$

$$t = 8 \text{ horas} \quad R = 0,28$$

$$v = 28,57$$

Es decir que el rendimiento para el segundo rubro es de: 0,28

Rubro N° 2

$$R = \frac{8 \text{ horas}}{80,00}$$

$$t = 8 \text{ horas} \quad R = 0,1$$

$$v = 80.00$$

Es decir que el rendimiento para el primer rubro es de: 0,1.

- b) Costos y salarios.-** Es un reajuste de costos para pago de mano obra, esto es otorgado por la contraloría general de estado tomando en cuenta el presupuesto general del estado disponible que puede variar cada año.

CONTRALORIA GENERAL DEL ESTADO
DIRECCIÓN DE AUDITORIA DE PROYECTOS Y AMBIENTAL
**REAJUSTE DE PRECIOS
SIN ARBOS NIÑINOS POR LEY**

ENERO A _____ DE 2016
(SALARIOS EN DÓLARES)

CATEGORIAS OCUPACIONALES	SUELDO UNIFICADO	DIECIMO TERCER	DIECIMO CUARTO	TRANSPORTE	APORTE PATRONAL	FONDO RESERVA	TOTAL ANUAL	JORNAL REAL	COSTO HORARIO
REMUNERACION BASICA UNIFICADA MINIMA	366,00								
CONSTRUCCION Y SERVICIOS TECNICOS Y ARQUITECTONICOS									
ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2									
Peon	376,07	376,07	366,00		548,31	376,07	6 179,29	26,07	3,26
ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2									
Albanil	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Operador de equipo liviano	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Pintor	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Pintor de exteriores	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Pintor empapelador	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Plomero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Carpintero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Encofrador	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Carpintero de ribera	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Plomero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Electricista	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Instalador de revestimiento en general	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Ayudante de perforador	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Cadenero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Mamposero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Enlucidor	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Hojalatero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Tecnico linero electrico	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Tecnico en montaje de subestaciones	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Tecnico electromecanico de construccion	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Obrero especializado en la elaboracion de prefabricados de hormigon	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Parquetistas y colocadores de pisos	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1									
Muestro electrico/linero/subestacion	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Muestro mayor en ejecucion de obras civiles	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2									
Operador de planta de hormigon	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Perforador	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Portilero	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Tecnico albanileria	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Tecnico obras civiles	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2									
Plomero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
ESTRUCTURA OCUPACIONAL B3									
Inspector de obra	425,48	425,48	366,00		620,35	425,48	6 943,07	29,30	3,66
Supervisor electrico / sanitario general	425,48	425,48	366,00		620,35	425,48	6 943,07	29,30	3,66
ESTRUCTURA OCUPACIONAL B1									
Ingeniero Electrico / Sanitario	426,58	426,58	366,00		621,95	426,58	6 960,07	29,37	3,67
Residente de Obra	426,58	426,58	366,00		621,95	426,58	6 960,07	29,37	3,67
LABORATORIO									
Laboratorista 2: experiencia mayor de 7 años(Estr. Dc. C1)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
TOPOGRAFIA									
Topografo 2: titulo exper. mayor a 5 años(Estr. Dc. C1)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
DIBUJANTES									
Dibujante (Estr. Dc. C2)	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48

OPERADORES Y MECANICOS DE EQUIPO PESADO Y CAMINERO DE EXCAVACION, CONSTRUCCION, INDUSTRIA Y OTRAS SIMILARES

ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 (GRUPO I)									
Motorizadora	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Excavadora	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Grúa puente de elevación	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Pala de castillo	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Grúa estacionaria	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Draga/Drayline	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Tractor carriles o ruedas (bulldozer, topador, roturador, malacate, tralla)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Tractor (tiende tubos (side bone)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Motortralla	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Cargadora frontal (Payloader sobre ruedas u orugas)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Retrocavadora	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Auto-tron cama baja (trayler)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Fresadora de pavimento asfáltico / Rotomil	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Rectificadora de pavimento asfáltico / Rotomil	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Planta de emulsión asfáltica	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Máquina para sellos asfálticos	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Squidder	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador de Camión articulado con volteo	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador de Camión mezclador para microasfaltos	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador de camión cisterna para cemento y asfalto	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador de perforadora de brazos múltiples (juncho)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador máquina tuneladora (topo)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador de concreto rotante	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador de máquina extendidora de adoquín	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador de máquina zanjadora	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66

Nota: El costo de transporte se calcula en base a los estándares establecidos en el cuadro de la aplicación de los salarios de las Posiciones Subordinadas del Sindicato del Trabajo en la

CATEGORIAS OCUPACIONALES	SUELDO UNIFICADO	DÉCIMO TERCER	DÉCIMO CUARTO	TRANS- PORTE	APORTE PATRONAL	FONDO RESERVA	TOTAL ANUAL	JORNAL REAL	COSTO HORARIO
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2 (GRUPO II)									
Operador responsable de la planta hormigonera	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Operador responsable de la planta trituradora	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Operador responsable de la planta asfáltica	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Operador de track drill	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Rodillo autopropulsado	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Distribuidor de asfalto	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Distribuidor de agregados	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Acabadora de pavimento de hormigón	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Acabadora de pavimento asfáltico	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Grada elevadora	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Canastilla elevadora	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Bomba lanzadora de concreto	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Tractor de ruedas (barredora, cegadora, rodillo remolcado, franjeadora)	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Caldero planta asfáltica	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Barredora autopropulsada	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Martillo punzón neumático	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Compresor	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Camión de carga frontal	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Operador canguro	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Operador de camión de volteo con o sin articulación / Rotomil	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Operador minicavadora/minicargadora con sus aditamentos	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Operador termo formado	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Técnico en carpintería	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Técnico en mantenimiento de viviendas y edificios	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C3									
Operador máquina estacionaria clasificadora de material	386,97	386,97	366,00		564,20	386,97	6 347,78	26,78	3,35
MECANICOS									
Mecánico de equipo pesado caminero (Estr.Oc.C1)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Mecánico de equipo liviano (Estr.Oc.C3)	386,97	386,97	366,00		564,20	386,97	6 347,78	26,78	3,35
SIN TITULO									
Engrasador o abastecedor responsable (Estr.Oc.D2)	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30

CHOFERES PROFESIONALES									
CHOFER: De vehículos de emergencia (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Para camiones pesados y extra pesados con o sin remolque de más de 4 toneladas (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Trailer (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Volquetas (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Tanqueros (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Plataformas (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Otros camiones (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Para ferrocarriles (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Para auto ferros (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Camiones para transportar mercancías o sustancias peligrosas y otros vehículos especiales (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Para transporte Escolares-Personal y turismo, hasta 45 pasajeros (Estr.Oc.C2)	557,50	557,50	366,00		812,84	557,50	8 983,84	37,91	4,74
CHOFER: Para camiones sin acoplados (Estr.Oc.C3)	544,37	544,37	366,00		793,69	544,37	8 780,87	37,05	4,63
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 OPERADORES									
Operador de bomba	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Equipo en general	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Equipos móviles	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Maquinaria	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Molino de amianto	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Planta dosificadora	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
De productos terminados	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2									
Operador de bomba impulsadora de hormigon	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Equipos móviles de planta	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Molino de amianto	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Planta dosificadora de hormigon	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Productos terminados	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2									
Preparador de mezcla de materias primas	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Tubero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2									
Resanador en general	376,07	376,07	366,00		548,31	376,07	6 179,29	26,07	3,26
Tinero de pasta de amianto	376,07	376,07	366,00		548,31	376,07	6 179,29	26,07	3,26

Fuente: Contraloría general del estado.

4. Resultados Experimentales.

Para cumplir con los cuatro objetivos de acuerdo con el cronograma de actividades aprobado de la tesis “Diseño de un sistema de tratamiento de agua para consumo humano de la Comunidad de Pual, Parroquia Curaray, cantón Aráujo” se realizó lo siguientes procedimientos:

4.1. Primer Objetivo. - Se identificaron las siguientes fuentes hídricas en la Comunidad Pual como posibles alternativas: 1) fuente de la actual captación que funcionaba como abastecimiento de agua para la comunidad y 2) río Villano afluente del río Curaray. Los datos recolectados:

4.1.1. Primera alternativa (fuente de la actual captación).

Se encuentra a una distancia de 756 m. de la zona de estudio (trayecto irregular – pantanoso), coordenadas UTM $x= 212305$, $y= 09835821$ a una altura o cota de 481msnm

El tanque de reserva se encuentra a una distancia de 580m de la zona de estudio, coordenadas UTM $x=212283$, $y= 9835687$ a una altura o cota de 408 msnm.

4.1.2. Segunda alternativa – río Villano.

La segunda alternativa que es el río Villano se encuentra ubicado a 400 metros del centro de la zona de estudio (Comunidad de Pual) en las coordenadas UTM $x=212269$, $y= 9835324$ a una altura de 364m.

4.1.2.1. Medición del caudal del río.

Los resultados de la medición del caudal del río fueron los siguientes:

Tabla 27. Datos y resultados del cálculo del área total.

ALTURAS (Por cada metro de los 20 m de ancho del río)																			
h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12	h13	h14	h15	h16	h17	h18	h19	h20
0,26m	0,29m	0,36m	0,40m	0,38m	0,38m	0,49m	0,50m	0,48m	0,44m	0,40m	0,50m	0,50m	0,56m	0,52m	0,54m	0,70m	0,74m	0,76m	0,78m
ÁREAS DEL RÍO																			
h1x1m	h2x1	h3x1m	h4x1m	h5x1m	h6x1m	h7x1m	h8x1m	h9x1m	h10x1m	h11x1m	h12x1m	h13x1m	h14x1m	h15x1m	h16x1m	h17x1m	h18x1m	h19x1m	h20x1m
0,26m*1m	0,29m*1m	0,36m*1m	0,40m*1m	0,38m*1m	0,38m*1m	0,49m*1m	0,50m*1m	0,48m*1m	0,44m*1m	0,40m*1m	0,50m*1m	0,50m*1m	0,56m*1m	0,52m*1m	0,54m*1m	0,70m*1m	0,74m*1m	0,76m*1m	0,78m*1m
0,26m ²	0,29m ²	0,36m ²	0,40m ²	0,38m ²	0,38m ²	0,49m ²	0,50m ²	0,48m ²	0,44m ²	0,40m ²	0,50m ²	0,50m ²	0,56m ²	0,52m ²	0,54m ²	0,70m ²	0,74m ²	0,76m ²	0,78m ²
ÁREA TOTAL																			
9,98 m2																			

Fuente: Elaboración propia del Autor.

Cálculo de la velocidad.

Datos:

Tiempo 1 (t_1) = 7,46s

Tiempo 2 (t_2) = 6,55s

Tiempo 3 (t_3) = 7,56s

Tiempo 4 (t_4) = 7,51s

Distancia (X) tramo A y B= 4 m.

Velocidad 1 (V_1) =

Velocidad 2 (V_2) =

Velocidad 3 (V_3) =

Velocidad 4 (V_4) =

Velocidad Resultante (V_R)=

A continuación calculamos las velocidades 1, 2, 3, 4 dejando la velocidad de la fórmula:

X (distancia)= V(velocidad).t (tiempo). (Ecuación 1)

Y reemplazando los datos obtenidos como son el tiempo 1, 2, 3, 4, y Distancia (X) tramo A y B.

Cálculo Velocidad 1 (V_1)

$$V1 = \frac{x}{t1} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

$$V1 = \frac{4m}{7,46s}$$

$$V1 = 0,54m/s$$

Cálculo Velocidad 2 (V_2)

$$V2 = \frac{x}{t2} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

$$V2 = \frac{4m}{6,55s}$$

$$V2 = 0,61m/s$$

Cálculo Velocidad 3 (V₃)

$$V3 = \frac{x}{t3}$$

$$V3 = \frac{4}{7,56s}$$

$$V3 = 0,52m/s$$

Cálculo Velocidad 4 (V₄)

$$V4 = \frac{x}{t4} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$V4 = \frac{4m}{7,51s}$$

$$V4 = \frac{0,53m}{s}$$

Se determinó la Velocidad Resultante (V_R), sumamos los resultados de la velocidad 1, 2, 3, y 4 y lo dividimos para 4.

$$VR = \frac{V1+V2+V3+V4}{4} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

$$VR = \frac{(0,54+0,61+0,52+0,53)m/s}{4}$$

$$VR = \frac{2,2m/s}{4}$$

$$VR = 0,55 \text{ m/s.}$$

Con este resultado calculamos el caudal (Q) con la siguiente fórmula:

$$Q = \text{Area total}(A \text{ total}).\text{Velocidad Resultante (VR)} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

$$Q = 9,98m^2 \cdot 0,55m/s$$

$$Q = 5,48m^3/s$$

$$Q = 5480 \frac{l}{s}$$

4.2.Segundo Objetivo : Se consideró las siguientes ventajas y desventajas de las fuentes de agua identificadas:

4.2.1. Primera alternativa (Fuente de la actual captación).

Ventajas.

- El nivel de cota o altura de la captación es más alta al asentamiento de la población, promoviendo el establecimiento de un sistema de abastecimiento de agua mediante la gravedad existente en el área.
- Cuando un sistema de abastecimiento de agua funciona mediante la gravedad existen entre la captación, conducción y distribución el costo por el metro cúbico (m^3) de consumo es más económico por que no se requiere un consumo energético.
- La captación está muy cerca de la población, los costos de mantenimiento y operación son muy económicos.
- La revisión de la línea de conducción en caso de daño su reparación es más ágil, debido a su cercanía con la población beneficiada.

Desventajas.

- Necesita cuidado de parte de las personas que viven por la zona para su respectivo mantenimiento.

4.2.2. Segunda alternativa – río Villano.

Ventajas.

- Se puede colocar la captación en cualquier punto del río, en donde se puede extraer agua del río en cantidades suficientes.
- El río Villano es una fuente segura que da garantías de no secarse nunca.

Desventajas.

- El río Villano está a un desnivel más bajo de la población; para el abastecimiento del agua es necesario construir una torre e instalar tanques de reserva, lo que genera un incremento en el costo de instalación.
- El río Villano es una fuente superficial con alta turbidez, lo que generaría construir de desarenadores, incremento de flocladores, sedimentadores, filtros,

etc., esto incrementaría los costos de construcción del sistema de abastecimiento.

- Si el sistema de abastecimiento requiere el uso de un generador eléctrico se debería pagar una tarifa obligada para el mantenimiento del mismo. No existe energía eléctrica en el sector entonces la fuente para impulsar el agua es por medio combustible a diesel o gasolina lo que incrementaría mucho más el costo de tarifa de los usuarios.
- Otras comunidades como: Yanapuma, Chuya yaku, Ilipe, Witawayá se asientan en la zona alta del área de estudio y se ha verificado que sus aguas servidas desembocan en este afluente.

4.2.3. Elección de una alternativa fuente óptima para la ejecución del proyecto.

Luego de establecer las ventajas y desventajas de cada alternativa determinada en la (Figura 4).

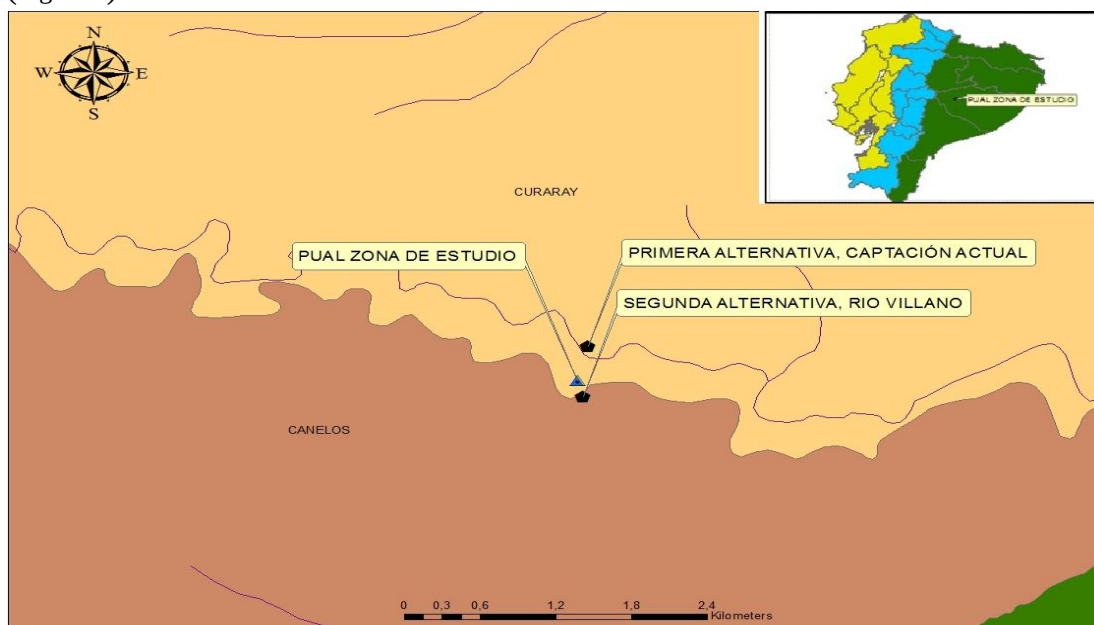


Figura 4. Ubicación de las alternativas de fuente de agua.

Fuente: Elaboración propia del Autor.

Se escogió la primera y se determinó los parámetros hidrológicos:

4.2.3.1. Aforamiento de la fuente elegida.

Una vez identificadas las fuentes hídricas de la comunidad de Pual, elegimos la mejor alternativa basados en la ventajas y desventajas de cada fuente hídrica identificada, con unos amigos ayudantes, medimos la cantidad agua de la fuente elegida mediante el aforamiento volumétrico.

En la siguiente (Tabla 28) damos a conocer los resultados obtenidos del aforamiento de la fuente elegida.

Tabla 28. Datos obtenidos del aforamiento volumétrico de la fuente elegida.

Toma	# Tiempo (s)	Volumen Recogido (l)	Caudal (l/s)
1	0,47	4	8,51
2	0,48	4	8,33
3	0,50	4	8,00
4	0,45	4	8,88
5	0,44	4	8,33
6	0,52	4	7,69
7	0,46	4	8,69
8	0,51	4	7,84
9	0,42	4	9,52
10	0,43	4	9,30

Fuente: Elaboración propia del autor.

$$Q_{promedio} = \Sigma q_{1-10} / 10 \quad \text{(Ecuación 7)}$$

$$Q_{promedio} = 8,51 + 8,33 + 8,00 + 8,88 + 8,33 + 7,69 + 8,69 + 7,84 + 9,52 + 9,30 / 10$$

$$Q_{promedio} = 8,50 \text{ l/s.}$$

4.2.3.2. Medición de temperatura y pH.

Luego de realizar las pruebas in situ los resultados fueron los siguientes:

Tabla 29. Resultados de pH y Temperatura de la fuente elegida.

Parámetro	Características físicas in situ		Resultado
	Unidad	Limite permisible	
pH	Unidades	6,5 – 8,5	7,00
Temperatura	°C		24

Fuente: Elaboración propia del Autor.

4.3. Población de Diseño.

4.3.1. Población Futura.

Para determinar la población futura se utilizó las siguientes fórmulas esenciales basadas en la población actual de Pual, su índice de crecimiento, período de diseño de 20 años y tomamos al dato mayor de los tres resultados.

$$Pfa = Pa (1 + r * n) \quad \text{Método Aritmético}$$

$$Pfg = Pa (1 + r)^n \quad \text{Método Geométrico}$$

$$Pfm = \frac{Pfa + Pfg}{2} \quad \text{Método Mixto}$$

Pa= Población actual = 125 habitantes

r= Índice de crecimiento = 2.89% (Para el Cantón Arajuno)

n= Período de diseño = 20 años

Método Aritmético.

$$Pfa = Pa (1 + r * n) \quad \text{(Ecuación 8)}$$

$$Pfa = 125 (1 + 0.0289 * 20)$$

$$Pfa = 125 (1 + 0.578)$$

$$Pfa = 125 (1.578)$$

$$Pfa = 197 \text{ personas}$$

Método Geométrico.

$$Pfg = Pa (1 + r)^n \quad \text{(Ecuación 9)}$$

$$Pfg = 125 (1 + 0.0289)^{20}$$

$$Pfg = 125 (1.0289)^{20}$$

$$Pfg = 125 (1,767)$$

$$Pfg = \mathbf{221 \text{ personas}}$$

Método Mixto.

$$Pfm = \frac{Pfa+Pfg}{2} \quad \textbf{(Ecuación 10)}$$

$$Pfm = \frac{197 \text{ personas} + 221 \text{ personas}}{2}$$

$$Pfm = \frac{418 \text{ personas}}{2}$$

$$Pfm = \mathbf{209 \text{ personas}}$$

De los tres resultados utilizamos el método geométrico que es igual **221 personas**, por ser el más alto y el más confiable.

4.3.2. Modelo de encuesta.

El modelo de la encuesta, así como el estilo y cantidad de preguntas fueron realizadas con el modelo del estudio realizado en la evaluación de la sostenibilidad agraria. El caso de la Concordia (Nicaragua).

4.3.3. Población y muestra.

La encuesta se realizó a la población mayor de edad, excepto a los niños por no estar en condiciones de aportar información relevante para el correspondiente estudio.

4.3.3.1. Cálculo de la muestra.

Para el cálculo de la muestra utilizaremos la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{e^2 (N-1)+1} \quad \textbf{(Ecuación 11)}$$

DONDE:

N= Tamaño de la Población

n=Tamaño de la muestra

e= Margen de error (0.1 al 0.15)

DESARROLLO:

$$n = \frac{N}{e^2 (N - 1) + 1}$$

$$n = \frac{108}{(0,12)^2(108 - 1) + 1}$$

$$n = \frac{108}{0,0144(107) + 1}$$

$$n = \frac{108}{1,7856 + 1}$$

$$n = \frac{108}{2,5408}$$

$n = 43$ encuestas.

Resultado:

Basado en los cálculos con la fórmula del cálculo de la muestra el resultado indicó que debió realizar 43 encuestas.

4.3.3.2. Análisis de las encuestas realizadas a la zona de estudio (Comunidad de Pual).

Para el análisis de los resultados obtenidos en la encuesta socioeconómica estudiamos cada uno de las deducciones basadas en determinadas respuestas optadas por la población de Pual la cual se clasificaron por siete secciones distribuidas en 27 preguntas. Entre los resultados más sobresalientes de la encuesta socioeconómica tenemos en la:

Sección A: Información básica.

Entre los resultados se determinó los hombres son los mayores que conforman los jefes hogar, excepto de algunas viviendas encuestadas donde hay mujeres solas que han salido solas y son el jefe de hogar.

Sección B: Condiciones de la vivienda.

En las condiciones de vivienda, el terreno y la vivienda de la mayoría de pobladores es propia con una escritura registrada general para comunidad de Pual.

Sección C: Servicios básicos.

En los servicios básicos no tienen luz eléctrica, agua por lo que piden la construcción del sistema de agua, tienen energía eléctrica por medio del plantas a combustible y paneles solares. En comunicación no tienen ningún enlace a excepción de unos pocos que tienen celular con señal de Claro.

Sección D: Saneamiento.

No tienen ningún tipo de instalaciones en saneamiento, pues no tienen alcantarillado, sus necesidades biológicas lo realizan en el monte o en río, la basura la tiran al monte, río o la queman sin tener conocimiento de la clasificación adecuada de la basura

Sección E: Condiciones de salud.

En las condiciones de salud las personas, se han enfermado por consumir agua, han tenido diarrea en su mayoría, para dejarlo en caso de emergencia salir al Puyo, auto medicarse o a su vez ir al centro de salud más cercano ubicado en la comunidad de Santa Cecilia.

Sección F: Conformidad.

En conformidad la gente dice que necesitan de urgencia la construcción del sistema de tratamiento ya que el actual ha dejado funcionar definitivamente, su periodo de diseño se ha cumplido satisfactoriamente, y no brindaba la calidad ni el servicio necesario para toda la comunidad.

Sección G: Colaboración.

En lo que tiene que ver en colaboración la mayoría de personas están dispuestos a colaborar físicamente con mingas y unas pocas económicamente con pequeñas cuotas de dinero

Tercer Objetivo.- Se obtuvo los siguientes resultados de los análisis microbiológicos y físico químico de la fuente elegida

4.3.4. Resultados de los Análisis Microbiológico y Físico-Químico del Agua.

Los resultados obtenidos de las muestras enviadas al (CESTTA) Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental de la Escuela Politécnica del Chimborazo (ESPOCH) ubicada en la ciudad de Riobamba son las siguientes:

Se determinaron 11 parámetros que fueron: pH (Potencial Hidrógeno), Turbidez, Sólidos Totales disueltos, Hierro, Manganeseo, Coliformes Totales, Amoniaco, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Fosfatos.

Tabla 30. Resultados análisis de las aguas.

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE RECOMENDABLE	VALOR LÍMITE PERMISIBLE C.E.C (1997)
Potencial Hidrógeno	Unidades de pH	6,07	7,0-8,5	6,5-9,5
Turbidez	UNT	15,8	5	20
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	<50	500	300
Hierro	mg/L	0,39	0,2	0,5
Manganeseo	mg/L	<0,05	0,05	0,3
Coliformes Totales	UFC/100ml	36600	Ausencia	Ausencia
Amoniaco	mg/L	0,3	-	1
Nitratos	mg/L	3,67	10	40
Nitritos	mg/L	<0,03	-	3
Sulfatos	mg/L	<8	50	400
Fosfatos	mg/L	<1,7	-	0,1

Fuente: CESTTA, (2015).

4.3.5. Análisis y tabulación de los resultados obtenidos de los parámetros.

Para el análisis respectivo de los resultados obtenidos de cada uno de los parámetros, haremos una comparación con límites recomendables y permisibles del código ecuatoriano de construcción (C.E.C) Diseño de instalaciones sanitarias: Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas residuos líquidos en el área rural.

4.3.5.1. Potencial Hidrógeno (pH).

Según el resultados obtenido en el pH= 6,07 está fuera de los límites tanto recomendables como permisibles, ya que los recomendables están entre 7 y 8,5 y los permisibles entre 6,5 y 9,5.

4.3.5.2.Turbidez.

Dado el resultado de la turbidez de 15,8 mg/l se determinó que este parámetro está por encima del límite recomendable que es máximo 5mg/l pero dentro del límite

4.3.5.3.Sólidos Disueltos.

Basado en el resultado obtenido de sólidos disueltos <5 (mg/l) menor que cinco observamos que está dentro de los límites tanto recomendables que es 500 (mg/l) como permisibles 300 (mg/l).

4.3.5.4. Hierro.

Según el resultado obtenido en la cantidad de hierro 0,39mg/l se observó que está por encima de los límites recomendables 0,2mg/l y dentro de los límites permisibles que es 0,5mg/l.

4.3.5.5. Manganeseo.

Según el resultado obtenido de la cantidad de manganeseo <0,05 observamos que está dentro de los límites tanto recomendables 0,05 y permisibles 0,3.

4.3.5.6. Coliformes Totales.

Según el resultado obtenido de coliformes totales que es 36600 (UFC/100ml), está fuera de los límites tanto recomendables y permisibles que requieren ausencia total.

4.3.5.7. Amoníaco.

Basado en el resultado obtenido de amoníaco 0,30 mg/l está dentro los límites permisibles de 1,0 mg/l al no haber un límite recomendable.

4.3.5.8. Nitratos.

Según el resultado obtenido de la cantidad de nitratos 3,67 mg/l este parámetro está dentro los límites recomendables 10mg/l y los límites permisibles 40mg/l.

4.3.5.9. Nitritos.

Dado el resultado de la cantidad de nitritos <0,03 mg/l observamos que está dentro de los límites permisibles 3mg/l al no existir límites recomendables.

4.3.5.10. Sulfatos.

La cantidad de sulfato dado el resultado es <8mg/l está dentro los límites recomendables 50mg/l y también dentro de los límites permisibles 400mg/l.

4.3.5.11. Fosfatos.

Basado en los resultados obtenidos <1,7 mg/l se determinó que este parámetro se encuentra fuera del límite permisible 0,1 mg/l.

4.4. Bases de Diseño.

4.4.1. Periodo de Diseño.

El período de diseño fue de 20 años para lo cual el diseño del sistema de tratamiento de agua para consumo humano de la Comunidad de Pual, Parroquia Curaray, Cantón Arajuno cumpla su función satisfactoriamente y lo representó con la letra (n).

4.4.2. Dotación.

Se determinó:

4.4.2.1. Dotación Básica.- A partir de las condiciones de uso como son bebida, Escuela, alimentación y cocina, lavado de utensilios, etc.

Tabla 31. Condiciones de uso y consumo básico de la comunidad Pual.

Condiciones de Uso	Consumo (L/hab./día)
Bebida	2
Escuela	30
Alimentación y cocina	10
Lavado de utensilios	8
Aseo corporal menor	10
Baño de ducha	40
Lavado de ropa	15
Inodoro	15
TOTAL	130

Fuente: Elaboración propia del Autor.

4.4.2.2. Dotación Actual.

Este caudal promedio de agua potable consumido diariamente, por cada habitante, expresado en l/hab/día determinamos los distintos campos: consumos doméstico, comercial, industrial y público existentes o no en la Comunidad de Pual para la utilización de su respectivo factor de mayoración (Tabla 16) para la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Dotación Actual} = \text{Dotación Básica} * F1 * F2 * F3 * F4 * fp \quad (\text{Ecuación 12})$$

En la comunidad existen los campos: consumo doméstico y público

Consumo Doméstico.- Consumo por parte de los habitantes

Público.- Consumo de la Escuela

Factor Pérdida.- Fugas Presentes en la Red.

Los factores son los siguientes y representa de la siguiente forma (Tabla 32).

Tabla 32. Campos y factores de mayoración encontrados en la Comunidad de Pual.

Campo	Factor de mayoración	Representación factor
Doméstico	1,00	F1
Público	1,03	F4
Factor Pérdida	1,15	fp

Fuente: Elaboración propia del autor

$$\text{Dotación Actual} = \text{Dotación Básica} * F1 * F4 * fp \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$\text{Dotación Actual} = 130L * 1.00 * 1.03 * 1.15$$

$$\text{Dotación Actual} = 153,99 \text{ L/hab/día}$$

$$\text{Dotación Actual} = 154 \text{ L/hab/día}$$

4.4.2.3. Dotación Media Futura

Se determinó de acuerdo un aumento periódico constante de la dotación actual, en valores de 1 a 2 l/hab/día por cada año, de acuerdo al estudio que se efectuó de las condiciones socioeconómicas de la población aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Dotación Futura} = (\text{Dotación. Actual}) + (20 \text{ años}) * (1.0 \text{ L/hab/día}) \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$\text{Dotación Futura} = 154L/hab/día + (20 \text{ años}) * (1,0 \text{ L/hab/día})$$

$$\text{Dotación Futura} = 174 \text{ L/hab/día.}$$

Tomando en cuenta que el consumo de agua, se determinó para satisfacer necesidades de carácter doméstico y público, asumimos una dotación futura de 174 lt/hab/día, ya que la población que vamos a servir son 125 habitantes.

4.4.3. Demanda.

Esta cantidad de agua se la determinó tomando en cuenta la necesidad de la población para satisfacer sus necesidades que le permita de esta manera, vivir en condiciones sanitarias favorables

A continuación en la (Tabla 33) damos a conocer las demandas de la población año por año según el periodo de diseño de 20 años:

Tabla 33. Demanda año por año para los próximos 20 años del período de diseño.

Pf=	Población futura	221	hab
pa=	Población actual=	125	hab
r=	índice de crecimiento=	2,89%	
n=	# de años	20	Periodo de diseño
f=	factor fujas 20%=	1,2	
D=	Demanda futura agua potable=	174	Lit/hab-dia

Año	n	Pf	Q.m.d	Q.M.D	C.M.H	Qc	QB	Qdp	Q distr	V Tr
	# años	Población. Futura "Habita"	Consumo Medio Diario Lit/seg	Consumo Máximo Diario lit/seg	Consumo máximo horario lit/seg	Caudal captación Lit / seg	Caudal de Conducció n lit/seg (Gravedad)	Caudal de planta tratamient o Lit/seg	Caudal de distribució n Lit/seg	Tanque Reserva (m3)
2015	0	125	0,302	0,38	0,91	0,45	0,42	0,42	0,91	13,05
2016	1	129	0,311	0,39	0,93	0,47	0,43	0,43	0,93	13,43
2017	2	132	0,320	0,40	0,96	0,48	0,44	0,44	0,96	13,82
2018	3	136	0,329	0,41	0,99	0,49	0,45	0,45	0,99	14,21
2019	4	140	0,339	0,42	1,02	0,51	0,47	0,47	1,02	14,63
2020	5	144	0,348	0,44	1,04	0,52	0,48	0,48	1,04	15,05
2021	6	148	0,358	0,45	1,08	0,54	0,49	0,49	1,08	15,48
2022	7	153	0,369	0,46	1,11	0,55	0,51	0,51	1,11	15,93
2023	8	157	0,379	0,47	1,14	0,57	0,52	0,52	1,14	16,39
2024	9	162	0,390	0,49	1,17	0,59	0,54	0,54	1,17	16,86
2025	10	166	0,402	0,50	1,20	0,60	0,55	0,55	1,20	17,35
2026	11	171	0,413	0,52	1,24	0,62	0,57	0,57	1,24	17,85
2027	12	176	0,425	0,53	1,28	0,64	0,58	0,58	1,28	18,37
2028	13	181	0,437	0,55	1,31	0,66	0,60	0,60	1,31	18,90
2029	14	186	0,450	0,56	1,35	0,68	0,62	0,62	1,35	19,45
2030	15	192	0,463	0,58	1,39	0,69	0,64	0,64	1,39	20,01
2031	16	197	0,477	0,60	1,43	0,71	0,66	0,66	1,43	20,59
2032	17	203	0,490	0,61	1,47	0,74	0,67	0,67	1,47	21,18
2033	18	209	0,504	0,63	1,51	0,76	0,69	0,69	1,51	21,79
2034	19	215	0,519	0,65	1,56	0,78	0,71	0,71	1,56	22,42
2035	20	221	0,534	0,67	1,60	0,80	0,73	0,73	1,60	23,07

Fuente: Elaboración propia del Autor.

Se calculó lo siguiente por tener relación con esta demanda:

4.4.3.1.Caudal Medio Diario (Qmd).

Este caudal medio se calculó tomando en cuenta la dotación media futura (Df), mediante la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Qmd = f (Pf *Df)/86400} \quad \mathbf{(Ecuación 15)}$$

Dónde:

f=Factor fuga= (1,1) (1,20)

Pf = Población futura

$$\mathbf{Qmd = \frac{1,20(221hab * 174l/hab/día)}{86400s}}$$

$$Qmd = \frac{46144,8 \text{ l/día}}{86400 \text{ s}}$$

$$Qmd = 0,53 \text{ l/s}$$

4.4.3.2.Caudal Máximo Diario (QMD).

El siguiente caudal se utilizó el cálculo del Caudal Medio Diario (Qmd) con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \mathbf{QMD} &= \mathbf{Qmd * KMD} & \mathbf{(Ecuación 16)} \\ QMD &= 0,53 \text{ l/s} * 1,25 \\ QMD &= 0,67 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Dónde:

Qmd = Caudal medio diario

KMD = Coeficiente de mayoración máximo diario = 1,25

4.4.3.3. Caudal Máximo Horario (QMH).

Este caudal de agua lo determinamos con el dato del Caudal Medio Diario (Qmd) multiplicando por el coeficiente de mayoración máximo horario (KMH) mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{QMH} &= \text{Qmd} * \text{KMH} && \text{(Ecuación 17)} \\ \text{QMH} &= 0,53 \text{ l/s} * 3 \\ \text{QMH} &= 1,60 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Dónde:

Qmd = Caudal medio diario

KMH = Coeficiente de mayoración máximo horario = 3.

4.4.3.4. Volumen de Reserva – Tanque de Reserva.

La capacidad para el diseño del tanque de reserva se calculó aplicando la siguiente fórmula:

Dónde:

Vr= Volumen de Reserva

Q (Reserva)= Caudal de Reserva

Qmd= Caudal Máximo Diario

$$\text{Vr} = 50\% \text{ Qmd} \quad \text{(Ecuación 18)}$$

$$\text{Vr} = 50\% * \text{Qmd}$$

$$\text{Vr} = 50\% * 0,53 \text{ l/s}$$

$$\text{Vr} = 0,53 \text{ lt/s} * 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ lt/s} * 86400 \text{ s/día}$$

$$\text{Q (Reserva)} = 23,32 \text{ m}^3$$

Asumimos un tanque de reserva de 25 m^3

4.4.4. Caudales de Diseño.

Estos caudales se establecieron mediante las características de la fuente de agua elegida para nuestro proyecto provienen superficialmente o subterráneamente, para el cálculo respectivo del caudal de la captación, conducción, planta de tratamiento estipulada en la (Tabla 17).

4.4.4.1.Captación.

Para el cálculo de este caudal se utilizaron las siguientes fórmulas según la proveniencia de la fuente de agua:

Captación de aguas superficiales = QMD + 20%

Captación de aguas subterráneas= QMD + 5%

Dónde:

QMD= Caudal Máximo Diario

Qc= Caudal de la Captación.

Como la fuente de agua era superficial utilizamos la primera fórmula:

$$\mathbf{Q_c=QMD+20\%} \quad \mathbf{(Ecuación 19)}$$

$$Q_c=0,67 \text{ l/s} + (0,67 \text{ l/s} \cdot 0,20).$$

$$Q_c=0,67 \text{ l/s} + (0,134 \text{ l/s})$$

$$Q_c= 0,804 \text{ l/s}$$

$$Q_c= 0,80 \text{ l/s}.$$

4.4.4.2.Conducción.

En este caudal se utilizó las siguientes fórmulas según la proveniencia de la fuente de agua:

Conducción de aguas superficiales= QMD+10%

Conducción de aguas subterráneas= QMD+ 5%

Dónde:

QMD= Caudal Máximo Diario

Qdc= Caudal de Conducción de agua

Como la fuente de agua era superficial utilizamos la primera fórmula:

$$\mathbf{Q_{dc}= QMD + 10\%} \quad \mathbf{(Ecuación 20)}$$

$$Q_{dc}= 0,67 \text{ l/s} + (0,67 \text{ l/s} \cdot 0,10)$$

$$Q_{dc}= 0,67 \text{ l/s} + (0,067)$$

$$Q_{dc}= 0,737 \text{ l/s}$$

$$Q_{dc}= 0,74 \text{ l/s}$$

4.4.5. Cálculos hidráulicos.

Terminado con todo éstos cálculos procedimos a calcular la Línea de conducción y la Línea Piezométrica dadas en la (Tabla 34) y (Tabla 35), mediante cálculos hidráulicos.

Línea de Conducción.-Línea que determina por donde se condujo el agua basado en cotas o alturas y otros factores de cálculo en las distintas partes del sistema de agua.

Línea Piezométrica.- línea que determina hasta dónde puede ascender el agua o si podría a ver una obstrucción en la línea de conducción (Monzón, 2011). Utilizamos aplicaciones de Excel que nos indicó una ilustración exacta de la conducción del agua previa a su distribución.

Para esto consideramos alturas sobre el nivel del mar o también conocidas como cotas tomadas con un GPS o sistema de posicionamiento global.

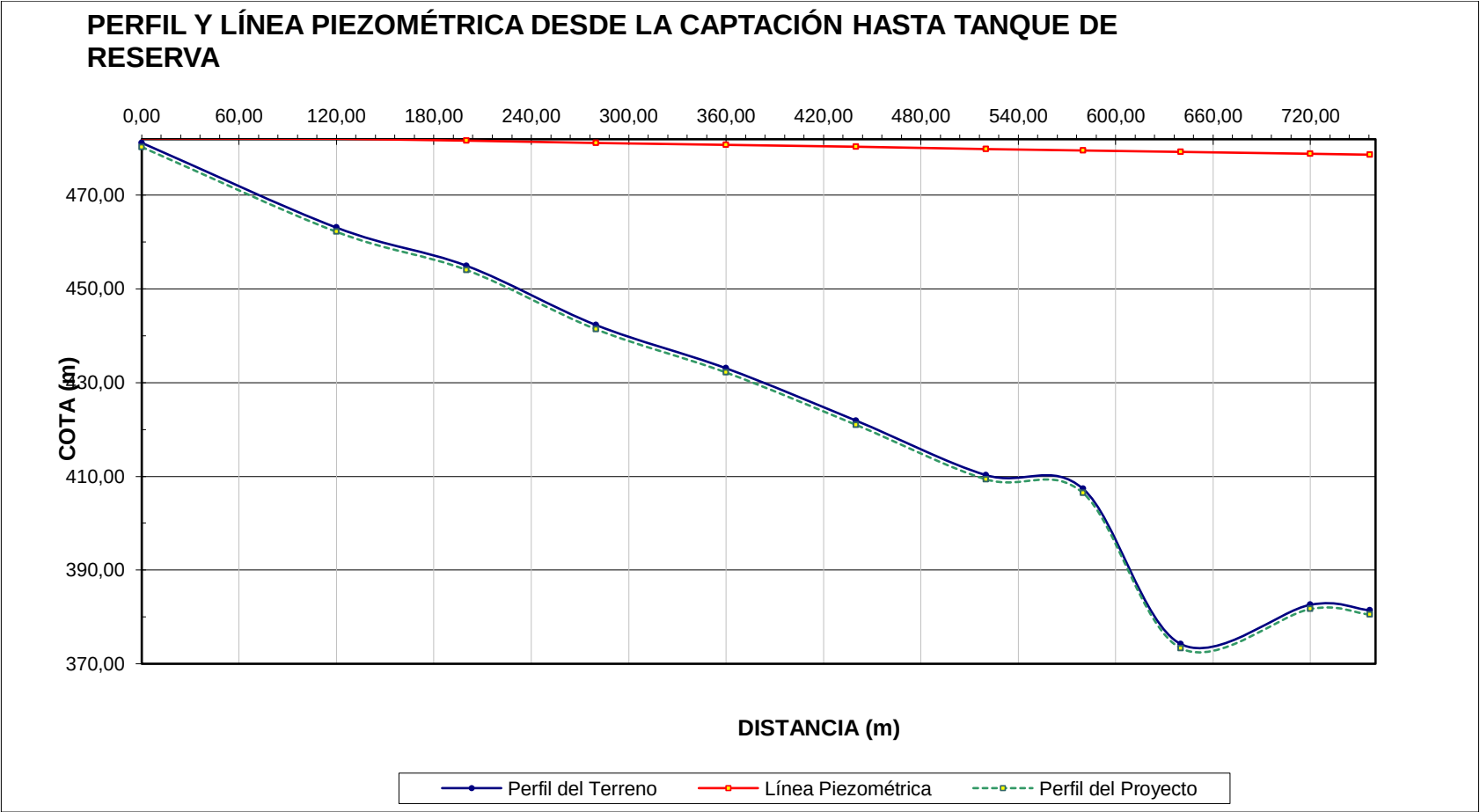
En la siguiente aplicación de Excel determinamos: diferencia de nivel, diámetro interior de la tubería, cálculo de la velocidad del agua, pérdida de carga, presión estática, presión dinámica.

Tabla 34. Cálculo hidráulico red de conducción de la comunidad de Pual.

PUNTO	ABCISA	COTA TERRENO	COTA PROYECTO	CAUDAL (l/s)	LONGITUD (m)	LONGITUD REAL (m)	DIFERENCIA NIVEL	J	CAUDAL (l/s)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	VELOCIDAD (m/s) $V=4xQ/\pi D^2$	COEFICIEN. C Tablas	PERDIDA J (m/m)	PERDIDA Hf		COTA PIEZO.		ROMPE PRES. R	PRESION (m)		PRESION (Mpa)	
														PARCIAL	ACUMUL.				ESTÁTICA	DINÁMICA	ESTÁTICA	DINÁMICA
P inic.	0,00	481,19	480,29	0,80	0,000										0,000	482,19	482,19		1,000	1,000	0,010	0,010
1	120,00	463,09	462,19	0,74	120,000	120,000	18,100	0,1508	0,74	63,00	0,2374	140	0,00126	0,152	0,152	482,04	482,19		19,100	18,948	0,188	0,187
2	200,00	454,95	454,05	1,62	80,000	80,000	8,140	0,1018	1,62	63,00	0,5197	140	0,00539	0,431	0,583	481,61	482,19		27,240	26,657	0,268	0,263
3	280,00	442,28	441,38	1,62	80,000	80,000	12,670	0,1584	1,62	63,00	0,5197	140	0,00539	0,431	1,014	481,18	482,19		39,910	38,896	0,393	0,383
4	360,00	433,06	432,16	1,62	80,000	80,000	9,220	0,1153	1,62	63,00	0,5197	140	0,00539	0,431	1,445	480,74	482,19		49,130	47,685	0,484	0,470
5	440,00	421,90	421,00	1,62	80,000	80,000	11,160	0,1395	1,62	63,00	0,5197	140	0,00539	0,431	1,876	480,31	482,19		60,290	58,414	0,594	0,576
6	520,00	410,27	409,37	1,62	80,000	80,000	11,630	0,1454	1,62	63,00	0,5197	140	0,00539	0,431	2,307	479,88	482,19		71,920	69,613	0,709	0,686
7	580,00	407,30	406,40	1,62	60,000	60,000	2,970	0,0495	1,62	63,00	0,5197	140	0,00539	0,323	2,631	479,56	482,19		74,890	72,259	0,738	0,712
8	640,00	374,23	373,33	1,62	60,000	60,000	33,070	0,5512	1,62	63,00	0,5197	140	0,00539	0,323	2,954	479,24	482,19		107,960	105,006	1,064	1,035
9	720,00	382,59	381,69	1,62	80,000	80,000	8,360	0,1045	1,62	63,00	0,5197	140	0,00539	0,431	3,385	478,80	482,19		99,600	96,215	0,981	0,948
10	756,62	381,40	380,50	1,62	36,620	36,620	1,190	0,0325	1,62	63,00	0,5197	140	0,00539	0,197	3,583	478,61	482,19		100,790	97,207	0,993	0,958

Fuente: Elaboración propia del autor.

Tabla 35. Perfil y línea piezométrica desde la captación hasta el tanque de reserva.



Fuente: Elaboración propia del autor.

4.5.Cuarto objetivo.- De proponer un método de tratamiento de agua acorde a los resultados realizados en laboratorio y del campo previo a su distribución.

4.5.1. Planta de tratamiento.

Basado en la topografía del terreno, para la ubicación de la planta de tratamiento buscamos un lugar adecuado que no presente riesgo de contaminación.

Este caudal lo calculamos mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Planta de tratamiento} = \text{QMD} + 10\% \quad (\text{Ecuación 21})$$

Dónde:

QMD= Caudal Máximo Diario.

Qdp= Caudal Planta de Tratamiento.

$$Qdp = 0.67 \text{ l/s} + (0.67 \text{ l/s} * 0.10)$$

$$Qdp = 0.67 \text{ l/s} + (0.067)$$

$$Qdp = 0.737 \text{ l/s}$$

$$Qdp = 0.74 \text{ l/s}$$

Una vez analizados los resultados obtenidos del análisis físico químico y microbiológico del agua implementaremos el siguiente tratamiento basado en los cálculos y procesos a continuación:

4.5.2. Cálculo del diseño del desarenador.

Para el diseño del desarenador se calculó de la siguiente forma:

Datos.

Caudal de diseño.

$$Q = 0,74 \text{ l/seg}$$

$$Q = 0,00073 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Período de retención.

$$t = 20 \text{ minutos}$$

$$t = 1200 \text{ seg}$$

Temperatura del agua

$$T = 22 \text{ C}^\circ$$

Viscosidad cinemática

$$V_c = 0,009634 \text{ cm}^2/\text{seg}$$

Partículas a sedimentar

$$DP = 0,0085 \text{ cm}$$

Volumen requerido.

$$V = Q \times t$$

$$V = 0,88 \text{ m}^3$$

(Ecuación 22)**Dimensiones.**

$$\text{Adoptamos la altura} \quad h = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Área superficial} \quad = 1,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Ancho adoptado} \quad B = 1 \text{ m}$$

$$\text{Longitud requerida} \quad L = 1,1 \text{ m}$$

$$\text{Longitud adoptada} \quad L = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Adoptamos} \quad h = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Área superficial} \quad AS = 0,8 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen útil real} \quad = 0,64 \text{ m}^3$$

$$\text{Período de retención real} = 876,71 \text{ seg}$$

$$= 14,612 \text{ min}$$

Carga superficial (CS)

$$CS = Q / AS = 0,000913 \text{ m}^3/\text{seg}$$

(Ecuación 23)

$$= 0,091 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

$$\text{Área transversal} = AT = 2 \text{ m}^2$$

Cálculo de velocidades**Velocidad de sedimentación.**

$$VS = 90 DP^2 / V_c = 0,67 \text{ cm}^2/\text{seg} > CS$$

(Ecuación 24)**Velocidad de arrastre**

$$VA = 161 (DP)^{1/2} = 14,84 \text{ cm}^2/\text{seg}$$

Velocidad máxima horizontal (factor de seguridad = 3)

$$VMH = VA / 3 = 4,95 \text{ cm}^2/\text{seg}$$

(Ecuación 25)**Velocidad horizontal en la cámara**

$$\begin{aligned} \mathbf{VH} &= \mathbf{Q} / \mathbf{AT} = 0,0004 \text{ m/seg} \\ &= 0,04 \text{ cm/seg} < \mathbf{VMH} \end{aligned} \quad \text{(Ecuación 26)}$$

Estructura de entrada (Pantalla con orificios)

Velocidad en los orificios: $\mathbf{VO} = 0,25 \text{ m/seg.}$

Diámetro de los orificios: $\mathbf{DO} = 0,025 \text{ m}$

Área de los orificios: $\mathbf{AO} = 0,0004909 \text{ m}^2$

Área requerida de orificios.

$$\mathbf{AR} = \mathbf{Q} / \mathbf{VO} = 0,003 \text{ m}^2 \quad \text{(Ecuación 27)}$$

Número de orificios

$$\mathbf{NO} = \mathbf{AR} / \mathbf{AO} = 6,11 \text{ orificios} \quad \text{(Ecuación 28)}$$

Adoptamos 9 con una separación de 0,15m (3 filas con 3 orificios).

La pantalla tendrá el mismo ancho que la cámara $\mathbf{B} = 1 \text{ m.}$

$$\text{Carga sobre el vertedero} = \mathbf{H} = (\mathbf{Q}/1.84 \mathbf{B})^{(0.67)} \quad \text{(Ecuación 29)}$$

$$0,005260153\text{m} \quad 0,526 \text{ cm}$$

Volumen de la tolva de lodos.

Adoptamos una pendiente del 30% para el primer tercio de cámara $\mathbf{h} = 0,25\text{m}$

$$\text{Volumen de la tolva} = \mathbf{AS} \times \mathbf{h} / 3 = 0,067 \text{ m}^3 \quad \text{(Ecuación 30)}$$

$$\text{Turbiedad de entrada (crítica)} = \mathbf{TE} = 140 \text{ g/m}^3$$

En el Oriente es común las crecientes

$$\text{Turbiedad de salida} = \mathbf{TS} = 10 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Turbiedad retenida} \mathbf{TR} = \mathbf{TE} - \mathbf{TS} = 130 \text{ g/m}^3 \quad \text{(Ecuación 31)}$$

$$\text{Peso específico arena} = \mathbf{PEA} = 2600 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Período entre limpiezas} &= \mathbf{TL} = 30 \text{ días} \\ &= 2592000 \text{ seg} \end{aligned}$$

Peso de los lodos retenidos

$$\text{PLR} = \text{TR} \times \text{Q} \times \text{TL} = 245980,8 \text{ g} \quad (\text{Ecuación 32})$$
$$= 245,98 \text{ kg}$$

Volumen de lodos

$$\text{VL} = \text{PLR} / \text{PEA} = 0,0946 \text{ m}^3 \quad \text{valor menor al volumen de la tolva} \quad (\text{Ecuación 33})$$

4.5.3. Cálculo del diseño del filtro grueso dinámico.

Para el diseño del filtro grueso dinámico se calculó lo siguiente:

$$\text{Qentrada (Qe)} = 0,740 \text{ l/seg} \quad 2,628 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Q por filtrar (Qf)} = 0,740 \text{ l/seg} \quad 2,628 \text{ m}^3/\text{h}$$

Velocidad de filtración (Vf) < 3,00 m/h adoptamos 2,00 m/h

Velocidad superficial de lavado (Vs) = 0,10 - 0,40 m/s

Velocidad de lavado (Vl) = 20,000 m/h

Calculo del área superficial

$$\text{As} = \text{Qf} / \text{Vf} \quad (\text{Ecuación 34})$$

Dónde:

Qf = caudal a filtrarse (m³/hora)

Vf = velocidad de filtración (m/h)

$$\text{As} = 1,31 \text{ m}^2. < 10 \text{ m}^2$$

Cálculo de las dimensiones del filtro.

Nos imponemos el ancho b = 0,90 m valor mínimo

Por tanto:

$$L = As/b$$

(Ecuación 35)

$$L = 1,46 \text{ m.}$$

Medidas adoptadas:

$$L = 1,90 \text{ m.}$$

$$b = 1,00 \text{ m}$$

Comprobación de la velocidad superficial de lavado

$$b = 3,40 \frac{Q_L}{V_S^3} \quad \text{(Ecuación 36)}$$

$$V_S = \sqrt[3]{\frac{3,40 \cdot Q_L}{b}} \quad \text{(Ecuación 37)}$$

Dónde:

b = ancho del filtro = 1,00 m.

QL = caudal disponible para el lavado superficial

Rango en el que debe mantenerse la velocidad superficial de lavado

$$V_S = 0,10 - 0,40 \text{ m/s}$$

Adoptamos el caudal de lavado igual al caudal de ingreso al filtro =

$$0,730 \text{ lit/seg.}$$

$$0,00073 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$V_S = 0,14 \text{ m/seg.}$$

Comprobamos que se encuentra dentro del rango establecido.

Cálculo del nivel del agua sobre el vertedero rectangular de pared gruesa (entrada)

$$H = \left[\frac{Q_e}{M.b} \right]^{2/3} \quad \text{(Ecuación 38)}$$

b = Longitud de la cresta del vertedero (m) 1,00 m.

M = Coeficiente para vertedero de pared gruesa = 1,84

H = 0,0054 m.

H = 0,54 cm.

La altura de agua sobre el vertedero de entrada debe ser 0,54cm para que ingrese el caudal requerido

Sistema de drenaje.

La velocidad de lavado (vl) del filtro adoptamos en :
20,000 m/h =

Caudal de lavado

$$QL = A \times V_l \quad \text{(Ecuación 39)}$$

A = Área de filtración A = 1,9 * 0,9 = 1,90 m²

Ql = 38 m³/h

Ql = 0,0106 m³/s

Cálculo del diámetro de los orificios.

Diámetro de cada orificio (adoptado) = **10** mm

Área de cada orificio Ao = 7,85E-05 m²

Velocidad en cada orificio.

(Vo) = (3.00 - 5.00) m/seg.

ADOPTAMOS Vo = **3** m/seg

El caudal que ingresa en cada orificio (qo) será:

$$Q_o = A_o \times V_o \quad \text{(Ecuación 40)}$$

$$Q_o = 0,000236 \text{ m/seg.}$$

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{ de orificios} &= \text{Caudal de lavado} / \text{caudal de cada orificio} \\ \text{N}^\circ \text{ de orificios} &= Q_l / Q_o \quad \text{(Ecuación 41)} \end{aligned}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de orificios} = 44,79917 \text{ Asumimos } \mathbf{50} \text{ orificios}$$

$$\text{Área total de los orificios } A_{to} = 50 * A_o \quad \text{(Ecuación 42)}$$

$$A_{to} = 0,003927 \text{ m}^2$$

Comprobamos:

$$\begin{aligned} \frac{\text{Área total de orificios}}{\text{Área de filtración}} &= \frac{0,0039}{1,9000} = 0,0021 \quad \text{(Ecuación 43)} \end{aligned}$$

Cálculo del diámetro de los laterales

Numero de laterales asumidos = **5**

Numero de orificios por lateral = 10

Separación entre orificios = 0,157m

Asumimos 5 laterales con 10 orificios en cada una rediseñamos:

Nº Laterales:	5	
Longitud lateral:	0,84 m	
Espaciamiento:	0,08 m	
Número de orificios x lateral	9,87	se adopta= 10
Nº Total de Orificios:	50,00	

Comprobamos:

$$\begin{aligned} \text{Área Total} &= 0,003927 \\ \text{Orificios:} &= \frac{0,003927}{1,90} = 0,0021 \quad \text{(Ecuación 44)} \\ \text{Área filtración:} &= 1,90 \end{aligned}$$

El Área de los orificios en cada lateral será $= 10 * A_o = 0,000775 \text{ m}^2$

$$\underline{\text{Área del tubo lateral}} = (2 - 4)_{\text{adopto } 2}$$

Área orificios laterales

Área del tubo lateral = Área orificios laterales

Área del tubo lateral = 0,00154985

Calculamos el:

Diámetro interior del tubo lateral = 0,044422 m. = 44,42 mm.

Se asume tubería de diámetro = **50** mm x 1.00 Mpa

Diámetro int.= **46,2** mm

Area = 0,0017 m²

0,00838193.

Comprobamos:

$$\frac{\text{Área del tubo lateral}}{\text{Área orificios laterales}} = \frac{0,00168}{0,000775} = \mathbf{2,16} \quad (\text{Ecuación 45})$$

Calculo del diámetro del colector

Área del tubo principal o múltiple = (1.50 - 3.00) = se adoptó **1,5** (Ecuación 46)

Área de las laterales en servicio

Área del tubo colector = 1,5 x el área de las laterales en servicio (Ecuación 47)

Área del tubo colector = 0,002515 m²

Calculamos el:

Diámetro Interior del tubo colector = 56,58 mm.

Se asume tubería de diámetro = **63 mm** x **1.00 Mpa**

Diámetro int. = **60** mm

Área = 0,0028 m²

Comprobamos:

Rango (1.50-3.00)

$$\frac{\text{Área del tubo colector}}{\text{Área de tubos laterales}} = \frac{0,0028}{0,0017} = 1,69 \quad (\text{Ecuación 48})$$

Resumen:

Número de laterales = 5

Longitud de cada lateral = 0,79 m

Perforaciones por c/lateral = 10 orificios

Perforaciones por c/lateral = 5 pares

Diámetro de perforación = 10 mm.

Material filtrante

Las especificaciones técnicas dadas en las normas para filtros gruesos dinámicos nos indican que la Grava gruesa, media y fina deben cumplir con las siguientes características:

Disposición para mejorar la calidad del agua.

POSICION EN EL LECHO	ESPESOR DE CAPA (m)	DIAMETRO (mm)	PARAMETRO
Superior	0,20	6,0 - 13,0	Grava Fina
Intermedio	0,20	13,0 - 19,0	Grava Media
Inferior	0,20	19,0 - 25,0	Grava Gruesa

Calculo de las pérdidas de carga

En la grava:

$$hg = \frac{Q * R^2}{4000 * d^{1,67} * L} \quad \text{(Ecuación 49)}$$

En donde:

hg = Pérdida de carga (pies)

d = Diámetro de la grava (pies)

Q = Caudal a filtrarse (pies³/seg)

R = La mitad de la distancia entre laterales (pies)

Q = 0,740 lit/seg

$$Q = 0,02578 \text{ pies}^3/\text{seg.}$$

$$R = 0,375 \text{ m.}$$

$$R = 1,2303 \text{ pies}$$

Grava superior:

$$L \text{ (espesor de la capa)} = 0,20\text{m.} = 0,6562 \text{ pies}$$

$$d \text{ (diámetro efectivo grava)} = \mathbf{9} \text{ mm.} = 0,02952756 \text{ pies}$$

$$hg_1 = 0,00533 \text{ pies} = 0,002 \text{ m. } 0,2 \text{ cm.}$$

Grava intermedia:

$$L \text{ (espesor de la capa)} = 0,20 \text{ m.} = 0,6562 \text{ pies}$$

$$d \text{ (diámetro efectivo grava)} = \mathbf{16} \text{ mm.} = 0,05249344 \text{ pies}$$

$$hg_2 = 0,00204 \text{ pies} = 0,00062\text{m. } 0,0621835 \text{ cm.}$$

Grava inferior:

$$L \text{ (espesor de la capa)} = 0,2 \text{ m.} = 0,656168 \text{ pies}$$

$$d \text{ (diámetro efectivo grava)} = \mathbf{22} \text{ mm.} = 0,07217848 \text{ pies}$$

$$hg_3 = 0,0012 \text{ pies} = 0,0004 \text{ m.} = 0,04 \text{ cm.}$$

Pérdida total en la grava.

$$H_t = hg_1 + hg_2 + hg_3 \quad \text{(Ecuación 50)}$$

$$H_t = 0,0026\text{m} = 0,26 \text{ cm}$$

Formula de Torricelli

$$H_o = \frac{Q_o^2}{C d^2 * A_o^2 * 2 * g} \quad \text{(Ecuación 51)}$$

Dónde:

$$Q = \text{Caudal a drenar por los orificios} = 0,740 \text{ lit/seg} = 0,000740 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Número total de orificios en drenes = 50u

Cd para orificios = 0,60

Diámetro de los orificios = 10 mm

Área de cada orificio $A = 7,85E-05 \text{ m}^2$

Área total de orificios $A_o = 0,00393 \text{ m}^2$

Aceleración de gravedad = $9,81 \text{ m/seg}^2$

La pérdida de carga en orificios

$H_o = 0,0049 \text{ m.}$

$H_o = 0,49 \text{ cm.}$

Pérdida total:

$HT = H_t + H_o$

$HT = 0,751 \text{ cm.}$

$HT = 0,008 \text{ m}$

(Ecuación 52)

4.5.4. Cálculo del diseño del filtro lento de arena con flujo descendente.

Datos:

CMD = **0,740** lit/seg

Q. Diseño = CMD + 10% = **0,402** lit/seg = $34,69 \text{ m}^3/\text{dia}$

Q por filtra = 65% Q diseño = **0,261** lit/seg = $22,55 \text{ m}^3/\text{dia}$

Tasa de Filtración Recomendada

Cámara de filtración

El caudal a filtrar será el 65% del caudal de la planta.

Área de cámara de filtración

$$Af = \frac{Qd*65\%}{Tf \text{ adoptada}} \quad \text{(Ecuación 53)}$$

$$Af = 4,70 \text{ m}^2$$

Se diseñaran filtros de ferrocemento circulares

$$Af = \frac{\pi * \phi^2}{4} \quad \text{(Ecuación 54)}$$

$$\phi = 2,45m$$

Asumimos el diámetro de los filtros lentos = **3,00 m.**

$$\text{Área del filtro} = 7,07 \text{ m}^2$$

Sistema de drenaje y recolección de agua filtrada

$$Q \text{ por filtrar}(Qf) = 0,261 \text{ lit/seg}$$

La velocidad de filtración (Vf) debe estar comprendida en el rango de 0,10 -0.20 m/h

$$\text{Velocidad de filtración} = Q/A$$

$$Q \text{ por filtrar } (Qf) = 0,00026 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$A = \text{Área de filtración } 7,07 \text{ m}^2$$

$$Vf = 0,00004 \text{ m/s}$$

$$Vf = 0,13 \text{ m/h}$$

Diámetro de cada orificio (adoptado) = **10 mm**

$$\text{Área de cada orificio } Ao = 7,85E-05 \text{ m}^2$$

Velocidad en cada orificio (Vo) = **0,1 m/seg** adoptada

El caudal que ingresa en cada orificio (qo) será:

$$Qo = Ao \times Vo \quad \text{(Ecuación 55)}$$

$$Qo = 7,85E-06 \text{ m/seg.}$$

Nº de orificios = Caudal filtrado/ caudal de cada orificio

$$\text{Nº de orificios} = Ql / Qo$$

$$\text{Nº de orificios} = 33,22837$$

Asumimos **56**

(Ecuación 56)

Asumimos 12 laterales, seis a cada lado del colector principal.

Calculamos el caudal que ingresa al lateral que tiene mayor
Numero de orificios.

Lateral central L = **1,30m** N° de orificios = **8**

Caudal que ingresa en el lateral = N° orificios x Qo

Caudal en el lateral = $6,28319E-05 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Área del tubo lateral = caudal / velocidad

(Ecuación 57)

La velocidad en la tubería no debe ser mayor A 0.50 m/s.

Velocidad adoptada = **0,2** m/seg.

Área del tubo = $Q/V = 0,000314159 \text{ m}^2$

(Ecuación 58)

Calculamos el:

Diámetro interior del tubo lateral = 0,020m
= 20 mm

Se asume tubería de diámetro = **40 mm x 1.00 Mpa**

Diámetro int.= **37 mm**

area = $0,0011 \text{ m}^2$

Comprobamos la velocidad de circulación con este diámetro:

V = 0,06 m/s este resultado es menor a 0,50 m/s se cumple

Comprobamos la velocidad en el lateral del extremo:

Lateral del extremo L = **1,00 m** N° de orificios = **6**

Caudal en el lateral = $4,71239E-05 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Área del LATERAL = $0,0011 \text{ m}^2$

Velocidad = 0,04 m/seg. es menor que 0.50 m/seg.

Cálculo del colector central

Área del colector = caudal filtrado / velocidad

(Ecuación 59)

Velocidad = **0,20** m/seg.

área del colector = $QL / V = 0,0013049 \text{ m}^2$

(Ecuación 60)

Calculamos el:

Diámetro interior del colector = $0,040761 \text{ m} = 40,76 \text{ mm}$

Se asume tubería de diámetro = **50 mm x 1.00Mpa.**

Diámetro int.= **46,2**

área = $0,0017 \text{ m}^2$

Comprobamos la velocidad de circulación con este diámetro:

$V = 0,16 \text{ m/s.}$

es menor que 0.50 m/seg.

Resumen.

Número de laterales = 12 6 a cada lado

Longitud de cada lateral 1 = 1,30 m. Son 4 laterales

Longitud de cada lateral 2 = 1,00 m. Son 8 laterales

Perforaciones por c/lateral = 8 en el lateral N° 1

Un par de orificio cada 15,00cm.

Perforaciones por c/lateral = 6 en el lateral N° 2

Un par de orificio cada 20,00cm

Diámetro de perforación = 10 mm.

Material filtrante.

Se hizo los siguientes cálculos:

Cálculo de las pérdidas de carga.

Arena seleccionada

$$hf = \frac{0,00608 V.L_o}{d^2}$$

(Ecuación 61)

En donde:

hf = Pérdida en el lecho filtrante, en (cms)

d = Diámetro de las partículas del material filtrante en (cm)

V = Velocidad de filtración, en cm/seg.

Lo = Espesor o altura de la capa filtrante

Arena seleccionada:

Lo (espesor de la capa) = 100,00 cm.

d (diámetro efectivo arena) = 0,015 cm.

hf1 = 9,98 cm.

Primera capa de soporte

L (espesor de la capa) = 10,00 cm

d (diámetro efectivo grava) = 0,20 cm

hf2 = 0,00561 cm

Segunda capa de soporte

L (espesor de la capa) = 10,00 cm

d (diámetro efectivo grava) = 0,5 cm

hf3 = 0,00081 cm

Tercera capa de soporte

L (espesor de la capa) = 15,00 cm

d (diámetro efectivo grava) = 1,6 cm

hf4 = 0,000128 cm

Ht = hf1 + hf2 + hf3 + hf4

Ht = 9,99 cm en los orificios.

Fórmula de Torricelli

$$Ho = \frac{Q^2}{Cd^2 * A^2 * 2 * g}$$

(Ecuación 62)

Dónde:

Ho=pérdida de carga en orificios:

Cd para orificios: 0,60

Ao = Área de cada orificio: $7,85E-05 \text{ m}^2$

Número de orificios =56 u

A = área total de orificios: $4,40E-03 \text{ m}^2$

g = aceleración de la gravedad: $9,81 \text{ m/s}^2$

Q = Caudal a filtrarse: 0,261 lit/seg

$H_o = 0,0005 \text{ m}$

$H_oT = 0,0279 \text{ m}$

$=2,79 \text{ cm}$

Pérdida total:

$HT = H_t + H_o$

(Ecuación 63)

$HT = 12,78 \text{ cm.}$

Calculo de la tubería de entrada al filtro.

Calculo del número de orificios

$$Q = cd * A * \sqrt{2 * g * h}$$

(Ecuación 64)

A = área

Total de orificios

Q = 0,261 Lit/seg.

cd = 0,60

Asumimos una carga $h = 0,200 \text{ m.} = 20,00 \text{ cm.}$

$$A = \frac{Q}{cd\sqrt{2gh}}$$

(Ecuación 65)

$A = 0,00022$

Imponemos el diámetro del orificio $D_o = 8 \text{ mm.}$

$A_o = 5,03E-05$

$$\begin{aligned} N^{\circ} \text{ orificios} &= A/A_o \\ N^{\circ} \text{ orif.} &= 4,370537 \end{aligned} \quad \text{(Ecuación 66)}$$

$$\begin{aligned} N^{\circ} \text{ orificios adoptado} &= 80 \\ \text{Caudal en cada orificio } q &= Q/N^{\circ} \text{ orificios} = 0,003 \text{ Lit/s.} \end{aligned} \quad \text{(Ecuación 67)}$$

La tubería de entrada al filtro lento será de 63 mm con 80 orificios cada 10 cm.

Longitud de los neoplos de entrada es = **4,05 m.** con 40 orificios cada uno

4.5.5. Sistema de cloración por erosión de pastillas.

Para el tratamiento de desinfección es necesario calcular lo siguiente:

Calculo del hipoclorito de calcio.

Concentración de cloro = 1mg/l

QMD Caudal máximo diario = 0,67 l/s

Calculo de volumen de agua consumida

$$\begin{aligned} V &= QMD * 86400 \text{ seg.} \\ V &= 0.67 \text{ lts/seg} * 86400 \text{ seg} \\ V &= 57888 \text{ lts} \\ V &= 57.888 \text{ m}^3. \end{aligned} \quad \text{(Ecuación 68)}$$

Calculo de consumo de cloro

$$\begin{aligned} V_{cl} &= (V. \text{agua} * 1 \text{ ppm} = 1 \text{ gr/m}^3) / 0.70 \\ \mathbf{V_{cl} = (57.888 \text{ m}^3/\text{día} * 1 \text{ gr} / \text{m}^3) / 0.70} \\ V_{cl} &= 82.69 \text{ gr/día} \quad V_{cl} = 2480.915 \text{ gr/mes} \quad V_{cl} = 5,46 \text{ libras al mes} \\ V_{cl} &= 0,08269 \text{ kg/día} = 115 \text{ lts} \quad \Rightarrow \quad 56 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad \text{(Ecuación 69)}$$

4.5.5.1. Red de distribución.

El caudal respectivo a la distribución lo calculamos mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Red de Distribución} &= Q_{MH} + \text{incendio} \\ \text{Incendio} &= 0 \quad \text{Red de Distribución} = Q_{MH} \end{aligned} \quad \text{(Ecuación 70)}$$

Para poblaciones menores a 3000 hab. En la costa y de 5000 hab en la sierra, oriente no se considera caudal de incendio.

$$Q_i = 0 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{dist.}} = 1.62 \text{ l/s.}$$

4.6. Resultado del análisis económico.

El siguientes análisis económico está basado en el presupuesto o costo total del proyecto (obra) y el precio unitario de cada rubro obtenido de la suma de los costos indirectos + los costos directos. Se hizo un presupuesto para ambas alternativas de fuentes de agua, las cuales dieron como resultado lo siguiente:

Tabla 36. Presupuesto de un sistema de agua con la primera alternativa.

INSTITUCION: UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD PUAL

UBICACION: PARROQUIA CURARAY-CANTÓN ARAJUNO

OFERENTE: EGDO.ISRAEL LOZADA PROAÑO

ELABORADO: EGDO.ISRAEL LOZADA PROAÑO

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

<u>No.</u>	<u>Rubro / Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio unitario</u>	<u>Precio global</u>
1.-CAPTACION					
001	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	24,00	2,30	55,20
002	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	24,00	1,18	28,32
003	EXCA VACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	13,00	8,27	107,51
004	Relleno material mejoramiento capas de 20 de piedra bola y lastre	m ³	24,00	28,24	677,76
005	HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm2	m ³	16,14	403,17	6.507,16
006	ACERO DE REFUERZO fy=4200 Kg/cm2	Kg	841,91	3,06	2.576,24
007	RELLENO COMPACTADO SUELO NATURAL	m ³	6,50	4,27	27,76
008	VERTEDERO METALICO e = 1/8"	U	3,00	169,05	507,15
009	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	2,60	19,22	49,97
010	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	5,44	16,09	87,53
011	CERRAMIENTO ALAMBRE DE PUAS + POSTES DE H. Simple	ml	120,00	22,81	2.737,20
012	Contrapiso H.S. fc=180 kg/cm2 e=5cm H=15cm	m ²	2,40	21,50	51,60
013	COMPUERTA VERTICAL DE DIQUE 60*120cm	U	1,00	1.159,57	1.159,57
014	Rejilla de Lateral 30 cm	u	1,00	23,36	23,36
015	ACCESORIOS DESAGUE - DESBORDE Y SALIDA AL DESARENADOR	Glo.	1,00	3.230,90	3.230,90
			SUBTOTAL 1:		17.827,23
2.- DESARENADOR					
016	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	10,00	2,30	23,00
017	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	6,50	1,18	7,67
018	EXCA VACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	5,90	8,27	48,79
019	EMPEDRA DO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	9,00	9,98	89,82
020	HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm2	m ³	2,40	403,17	967,61
021	ACERO DE REFUERZO fy=4200 Kg/cm2	Kg	272,95	3,06	835,23
022	RELLENO COMPACTADO SUELO NATURAL	m ³	2,00	4,27	8,54
023	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	15,36	19,22	295,22
024	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	18,00	16,09	289,62
025	TAPA DE TOOL 1.50mm de 0.80 x 0.80 m	U	3,00	128,12	384,36
026	TUBERIA PVC U/Z 0,80MPA Ø=110mm	ml	28,00	11,48	321,44
027	Tubería HG de 3" para By-Pass	ml	8,00	20,92	167,36
028	ACCESORIOS DEL DESARENADOR	Glo.	1,00	4.502,50	4.502,50
			SUBTOTAL 2:		7.941,16
3.- RED DE CONDUCCION					
029	REPLANTEO Y NIVELACION LINEAL	Km.	0,58	517,08	299,91
030	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	580,00	2,30	1.334,00
031	EXCA VACIÓN SUELO NATURAL DE LINEA DE CONDUCCIÓN	m ³	278,40	7,38	2.054,59
032	EXCA VACIÓN EN CONGLOMERADO	m ³	80,40	11,09	891,64
033	EXCA VACION EN ROCA	m ³	15,20	40,13	609,98
034	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUB PVC,p U/Z 50mm 1.0 Mpa	ml	580,00	5,90	3.422,00
035	CAMA DE ARENA PARA TUBERIA LINEA DE CONDUCCION	m ³	69,00	35,14	2.424,66
036	RELLENO COMPACTADO SUELO NATURAL	m ³	240,00	4,27	1.024,80
			SUBTOTAL 3:		12.061,58

4.- VALVULAS DE AIRE				
037	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	8,00	2,30 18,40
038	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	6,00	1,18 7,08
039	EXCAVACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	14,00	8,27 115,78
040	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	8,23	9,98 82,14
041	Caja de revisión (0.80x0.80 con tapa de H.A.)	u	6,00	254,35 1.526,10
042	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	15,00	16,09 241,35
043	RELLENO COMPACTADO SUELO NATURAL	m ³	5,20	4,27 22,20
044	Válvula de aire 2"	u	6,00	195,79 1.174,74
045	PINTURA DE CAUCHO	m ²	24,00	4,50 108,00
SUBTOTAL 4:				3.295,79
5.-VALVULAS DE DESAGUE				
046	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	5,00	2,30 11,50
047	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	5,00	1,18 5,90
048	EXCAVACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	5,20	8,27 43,00
049	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	4,50	9,98 44,91
050	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	14,00	16,09 225,26
051	RELLENO COMPACTADO SUELO NATURAL	m ³	5,20	4,27 22,20
052	Caja de revisión (0.80x0.80 con tapa de H.A.)	u	5,00	254,35 1.271,75
053	PINTURA DE CAUCHO	m ²	28,60	4,50 128,70
054	Válvulas de purga	u	5,00	194,97 974,85
SUBTOTAL 5:				2.728,07
6.-FILTRO GRUESO DINAMICO				
055	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	20,55	1,18 24,25
056	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	20,55	2,30 47,27
057	EXCAVACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	9,80	8,27 81,05
058	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	18,74	9,98 187,03
059	HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm ²	m ³	3,75	403,17 1.511,89
060	Hormigón Simple. F'c=180 Kg/cm ²	m ³	0,60	281,18 168,71
061	ACERO DE REFUERZO fy=4200 Kg/cm ²	Kg	400,00	3,06 1.224,00
062	RELLENO COMPACTADO SUELO NATURAL	m ³	2,00	4,27 8,54
063	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	22,34	19,22 429,37
064	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	15,60	16,09 251,00
065	TAPA DE TOOL 1.50mm de 0.80 x 0.80 m	U	3,00	128,12 384,36
066	PINTURA DE CAUCHO	m ²	15,60	4,50 70,20
067	GRAVA DE FILTRO	m ³	1,90	176,56 335,46
068	MAMPOSTERIA DE LADRILLO COMÚN	m ²	7,50	34,63 259,73
069	ACCESORIOS SISTEMA DE ENTRADA Y DRENES DEL FILTRO	Glo.	1,00	1.831,74 1.831,74
070	ACCESORIOS SISTEMA DE SALIDA Y DESBORDE DE FILTRO	Glo.	1,00	2.673,67 2.673,67
071	ACCESORIOS PARA SISTEMA DE DESBORDE DEL VERTERO	Glo.	1,00	2.399,93 2.399,93
SUBTOTAL 6:				11.888,20
7.-CAJON REPARTIDOR DE CAUDALES A FILTROS				
072	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	6,75	2,30 15,53
073	EXCAVACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	2,00	8,27 16,54
074	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	6,75	9,98 67,37
075	HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm ²	m ³	1,20	403,17 483,80
076	Hormigón Simple. F'c=180 Kg/cm ²	m ³	0,25	281,18 70,30
077	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	7,20	19,22 138,38
078	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	6,30	16,09 101,37
079	VERTEDERO METALICO e = 1/8"	U	2,00	169,05 338,10
080	PINTURA DE CAUCHO	m ²	3,78	4,50 17,01
SUBTOTAL 7:				1.248,40
8.-FILTROS DE FERROCEMENTO D=3,0 M CANT. =2				
081	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	127,24	1,18 150,14
082	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	127,24	2,30 292,65
083	EXCAVACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	265,00	8,27 2.191,55
084	DESALOJO DE MATERIAL MANUAL	m ³	125,00	9,85 1.231,25
085	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	78,00	9,98 778,44
086	Hormigón Ciclópeo 180 KG/CM ²	m ³	3,96	283,33 1.121,99
087	HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm ²	m ³	5,21	403,17 2.100,52
088	MORTERO 1:2 + SIKAI	m ³	5,40	439,31 2.372,27
089	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	75,00	19,22 1.441,50
090	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	58,00	16,09 933,22
091	ACERO DE REFUERZO fy=4200 Kg/cm ²	Kg	320,00	3,06 979,20
092	ENCOFRADO PAREDES CIRCULARES	m ²	58,00	43,58 2.527,64
093	MALLA ELECTROS. 8MM A 15CM	m ²	75,96	15,07 1.144,72
094	MALLA DE CORRAL 5/8" CORRAL	m ²	116,87	3,29 384,50
095	MAMP. BLOQUE E= 15CM	m ²	8,65	26,00 224,90
096	VERTEDERO METALICO e = 1/8"	U	2,00	169,05 338,10
097	TAPA DE TOOL 1.50mm de 0.80 x 0.80 m	U	2,00	128,12 256,24
098	SUM. E INST. TUB PVC E/C 110mm 0.80 Mpa (DRENES)	ml	50,00	14,01 700,50
099	ARENA DE FILTRO	m ³	14,14	185,92 2.628,91
100	GRAVA DE FILTRO	m ³	4,95	176,56 873,97
101	PINTURA DE CAUCHO	m ²	90,00	4,50 405,00
102	ACCESORIOS PARA FILTROS	Glo.	1,00	8.232,40 8.232,40
SUBTOTAL 8:				31.309,61

09.-CASETA DE DESINFECCIÓN					
103	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	12,60	1,18	14,87
104	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	12,60	2,30	28,98
105	EXCAVACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	13,50	8,27	111,65
106	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	7,94	9,98	79,24
107	H. simple en cadenas f'c=210 kg/cm ²	m ³	0,39	331,18	129,16
108	H. simple en columnas f'c=210 kg/cm ² N=3.00	m ³	0,41	365,05	149,67
109	MAMP. BLOQUE E= 15CM	m ²	28,22	26,00	733,72
110	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	8,92	19,22	171,44
111	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	34,52	16,09	555,43
112	TAPA DE TOOL 1.50mm de 0.80 x 0.80 m	U	1,00	128,12	128,12
113	PUERTA DE MALLA 0,80 x 1,80 m	u	1,00	175,50	175,50
114	Ventana de hierro	m ²	0,72	61,92	44,58
115	PINTURA DE CAUCHO	m ²	50,00	4,50	225,00
116	ACERO DE REFUERZO fy=4200 Kg/cm ²	Kg	247,63	3,06	757,75
117	MALLA DE CORRAL 5/8" CORRAL	m ²	12,60	3,29	41,45
118	MALLA ELECTROS. 8MM A 15CM	m ²	12,60	15,07	189,88
119	Vereda perimetral, f'c=180 kg/cm ²	m ²	4,50	19,19	86,36
120	Contrapiso H.S. f'c=180 kg/cm ² e=5cm H=15cm	m ²	4,05	21,50	87,08
121	VDRIO CLARO DE 3 mm	m ²	0,72	20,25	14,58
122	CAJA DE REVISION (0,6 - 0.6 m) tapa H.A	U	1,00	250,79	250,79
123	Mesón de cocina/lavabo corrido H.S 210 kg/cm ²	ml	3,00	38,39	115,17
124	Tabletas de cloro, 39.20Kg	u	1,00	540,36	540,36
125	Fregadero de cocina (un pozo)	u	1,00	118,67	118,67
126	Flujometro de 1/2"	U	1,00	1.164,42	1.164,42
127	Camara de solución	u	1,00	1.182,28	1.182,28
128	Instalación del sistema de desinfección	Glo.	1,00	494,93	494,93
129	ACCESORIOS PARA CASETA DE CLORACION	Glo.	1,00	3.437,28	3.437,28
SUBTOTAL 9:					11.028,36
10-TANQUE DE RESERVA 25 M3					
130	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	80,00	1,18	94,40
131	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	80,00	2,30	184,00
132	EXCAVACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	98,00	8,27	810,46
133	DESALOJO DE MATERIAL	m ³	85,00	9,85	837,25
134	Relleno material mejoramiento capas de 20 de piedra bola y lastre	m ³	21,60	28,24	609,98
135	HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm ²	m ³	4,10	403,17	1.653,00
136	ENCOFRADO PAREDES CIRCULARES	m ²	68,61	43,58	2.990,02
137	ENCOFRADO DE CUPULA	m ²	13,71	57,98	794,91
138	MORTERO 1:2 + SIK A1	m ³	4,51	439,31	1.981,29
139	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	68,00	19,22	1.306,96
140	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	44,00	16,09	707,96
141	ACERO DE REFUERZO fy=4200 Kg/cm ²	Kg	547,00	3,06	1.673,82
142	MALLA ELECTROS. 8MM A 15CM	m ²	54,51	15,07	821,47
143	MALLA DE CORRAL 5/8" CORRAL	m ²	90,00	3,29	296,10
144	MAMP. BLOQUE E= 15CM	m ²	6,81	26,00	177,06
145	ESCALERA H.G. Ø=1" Tubería cerramiento galvanizado	m	3,50	29,79	104,27
146	TAPA DE TOOL 1.50mm de 0.80 x 0.80 m	U	1,00	128,12	128,12
147	PINTURA DE CAUCHO	m ²	112,50	4,50	506,25
148	ACCESORIOS TANQUE RESERVA (INCL. BY PASS)	Glo.	1,00	3.829,25	3.829,25
SUBTOTAL 10:					19.506,57
11.-BANDEJA PARA LAVADO DE ARENA					
149	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	7,28	1,18	8,59
150	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	7,28	2,30	16,74
151	EXCAVACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	3,35	8,27	27,70
152	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	7,28	9,98	72,65
153	HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm ²	m ³	2,33	403,17	939,39
154	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	13,76	19,22	264,47
155	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	7,45	16,09	119,87
156	PINTURA DE CAUCHO	m ²	7,45	4,50	33,53
157	ACCESORIOS BANDEJA DE LAVADO	Glo.	1,00	424,51	424,51
SUBTOTAL 11:					1.907,45
12.-OBRAS DE ARTE EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO					
158	EXCAVACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	12,60	8,27	104,20
159	RELLENO COMPACTADO SUELO NATURAL	m ³	3,00	4,27	12,81
160	Hormigón Ciclópeo 180 KG/CM ²	m ³	6,72	283,33	1.903,98
161	ACERO DE REFUERZO fy=4200 Kg/cm ²	Kg	101,00	3,06	309,06
162	Cerramiento de malla H=2.0m. H.G.Ø=2" Varilla de 12 y 8mm alambre de púas	m	105,00	40,64	4.267,20
163	Puerta de malla y H.G Ø=2" 2.40x4.00 pintada con anticorrosivo	u	1,00	666,75	666,75
164	TUBERIA PVC 110 MM DESAGUE	m	40,00	7,25	290,00
165	TUBERIA PVC-D Ø=160 mm. DESAGUE	m	60,00	12,58	754,80
166	Relleno material mejoramiento capas de 20 de lastres y piedra bola	m ³	25,00	28,24	706,00
SUBTOTAL 12:					9.014,80

13.-RED DE DISTRIBUCIÓN					
✓ 167	REPLANTEO Y NIVELACION LINEAL	Km.	2,16	517,08	1.116,89
✓ 168	EXCAVACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	520,00	8,27	4.300,40
✓ 169	Sum, Tubería PVC U/Z 1,0 MPA - 40 mm	ml	2.160,00	4,14	8.942,40
✓ 170	Suministro e instalaciön acometida agua potable	pto	40,00	110,55	4.422,00
✓ 171	Relleno con suelo natural(capas 20cm)	m ³	450,00	5,19	2.335,50
✓ 172	Material pétreo para acondicionamiento de tubería	m ³	253,98	28,38	7.207,95
✓ 173	Bomba de prueba	u	1,00	588,00	588,00
SUBTO TAL 13:					28.913,14
✓ 174	Pancarta informativa (letrero)-con estructura	u	1,00	407,10	407,10
SUBTO TAL 14:					407,10
=====					
TOTAL:					159.077,46

SON : CIENTO CINCUENTA Y NUEVE MIL SETENTA Y SIETE, 46/100 DÓLARES
PLAZO TOTAL: 120 DIAS

EGDO.ISRAEL LOZADA PROAÑO
ELABORADO

PUYO, 19 DE ENERO DE 2016

NOTA: EL COSTO DEL HORMIGÓN EN CAPTACIÓN VARIA POR EL SOBRECARGO DE MATERIAL PÉTREO.

Tabla 37. Prepuesto con la segunda alternativa.

INSTITUCION: UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD PUAL A BOMBEO
UBICACION: PARROQUIA CURARAY-CANTÓN ARAJUNO
OFERENTE: EGDO.ISRAEL LOZADA PROAÑO
ELABORADO: EGDO.ISRAEL LOZADA PROAÑO

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

<u>No.</u>	<u>Rubro / Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio unitario</u>	<u>Precio global</u>
1.-CAPTACION					
✓ 001	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	24,00	2,30	55,20
✓ 002	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	24,00	1,18	28,32
✓ 003	EXCAVACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	13,00	8,27	107,51
✓ 004	Relleno material mejoramiento capas de 20 de piedra bola y lastre	m ³	24,00	28,24	677,76
✓ 005	HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm2	m ³	16,14	403,17	6.507,16
✓ 006	ACERO DE REFUERZO fy=4200 Kg/cm2	Kg	841,91	3,06	2.576,24
✓ 007	RELLENO COMPACTADO SUELO NATURAL	m ³	6,50	4,27	27,76
✓ 008	VERTEDERO METALICO e = 1/8"	U	3,00	169,05	507,15
✓ 009	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	2,60	19,22	49,97
✓ 010	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	5,44	16,09	87,53
✓ 011	CERRAMIENTO ALAMBRE DE PUAS + POSTES DE H. Simple	ml	120,00	22,81	2.737,20
✓ 012	Contrapiso H.S. f'c=180 kg/cm2 e=5cm H=15cm	m ²	2,40	21,50	51,60
✓ 013	COMPUERTA VERTICAL DE DIQUE 60*120cm	U	1,00	1.159,57	1.159,57
✓ 014	Rejilla de Lateral 30 cm	U	1,00	23,36	23,36
✓ 015	ACCESORIOS DESAGUE - DESBORDE Y SALIDA AL DESARENADOR	Glo.	1,00	3.230,90	3.230,90
SUBTOTAL 1:					17.827,23
2.- DESARENADOR					
✓ 016	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	10,00	2,30	23,00
✓ 017	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	6,50	1,18	7,67
✓ 018	EXCAVACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	5,90	8,27	48,79
✓ 019	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	9,00	9,98	89,82
020	HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm2	m ³	2,40	403,17	967,61
021	ACERO DE REFUERZO fy=4200 Kg/cm2	Kg	272,95	3,06	835,23
022	RELLENO COMPACTADO SUELO NATURAL	m ³	2,00	4,27	8,54
023	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	15,36	19,22	295,22
024	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	18,00	16,09	289,62
025	TAPA DE TOOL 1.50mm de 0.80 x 0.80 m	U	3,00	128,12	384,36
026	TUBERIA PVC U/Z 0,80MPA Ø=110mm	ml	28,00	11,48	321,44
027	Tubería HG de 3" para By-Pass	ml	8,00	20,92	167,36
028	ACCESORIOS DEL DESARENADOR	GBL	1,00	4.502,50	4.502,50
SUBTOTAL 2:					7.941,16
3.- RED DE CONDUCCION					
029	REPLANTEO Y NIVELACION LINEAL	Km.	0,40	517,08	206,83
030	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	400,00	2,30	920,00
031	EXCAVACIÓN SUELO NATURAL DE LINEA DE CONDUCCIÓN	m ³	278,40	7,38	2.054,59
032	EXCAVACIÓN EN CONGLOMERADO	m ³	80,40	11,09	891,64
033	EXCAVACION EN ROCA	m ³	15,20	40,13	609,98
034	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUB PVC.p U/Z 50mm 1.0 Mpa	MI	400,00	5,90	2.360,00
035	CAMA DE ARENA PARA TUBERIA LINEA DE CONDUCCION	m ³	69,00	35,14	2.424,66
036	RELLENO COMPACTADO SUELO NATURAL	m ³	240,00	4,27	1.024,80
SUBTOTAL 3:					10.492,50

4.- VALVULAS DE AIRE					
037	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	8,00	2,30	18,40
038	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	6,00	1,18	7,08
039	EXCA VACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	14,00	8,27	115,78
040	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	8,23	9,98	82,14
041	Caja de revisiœn (0.80x0.80 con tapa de H.A.)	u	6,00	254,35	1.526,10
042	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	15,00	16,09	241,35
043	RELLENO COMPACTADO SUELO NATURAL	m ³	5,20	4,27	22,20
044	Válvula de aire 2"	u	6,00	195,79	1.174,74
045	PINTURA DE CAUCHO	m ²	24,00	4,50	108,00
SUBTOTAL 4:				3.295,79	
5.-VALVULAS DE DESAGUE					
046	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	5,00	2,30	11,50
047	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	5,00	1,18	5,90
048	EXCA VACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	5,20	8,27	43,00
049	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	4,50	9,98	44,91
050	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	14,00	16,09	225,26
051	RELLENO COMPACTADO SUELO NATURAL	m ³	5,20	4,27	22,20
052	Caja de revisiœn (0.80x0.80 con tapa de H.A.)	u	5,00	254,35	1.271,75
053	PINTURA DE CAUCHO	m ²	28,60	4,50	128,70
054	Válvulas de purga	u	5,00	194,97	974,85
SUBTOTAL 5:				2.728,07	
6.-FILTRO GRUESO DINAMICO					
055	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	20,55	1,18	24,25
056	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	20,55	2,30	47,27
057	EXCA VACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	9,80	8,27	81,05
058	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	18,74	9,98	187,03
059	HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm2	m ³	3,75	403,17	1.511,89
060	Hormigón Simple. F'c=180 Kg/cm2	m ³	0,60	281,18	168,71
061	ACERO DE REFUERZO fy=4200 Kg/cm2	Kg	400,00	3,06	1.224,00
062	RELLENO COMPACTADO SUELO NATURAL	m ³	2,00	4,27	8,54
063	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	22,34	19,22	429,37
064	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	15,60	16,09	251,00
065	TAPA DE TOOL 1.50mm de 0.80 x 0.80 m	U	3,00	128,12	384,36
066	PINTURA DE CAUCHO	m ²	15,60	4,50	70,20
067	GRA VA DE FILTRO	m ³	1,90	176,56	335,46
068	MAMPOSTERIA DE LADRILLO COMÚN	m ²	7,50	34,63	259,73
069	ACCESORIOS SISTEMA DE ENTRADA Y DRENES DEL FILTRO	Glo.	1,00	1.831,74	1.831,74
070	ACCESORIOS SISTEMA DE SALIDA Y DESBORDE DE FILTRO	Glo.	1,00	2.673,67	2.673,67
071	ACCESORIOS PARA SISTEMA DE DESBORDE DEL VERTERO	Glo.	1,00	2.399,93	2.399,93
SUBTOTAL 6:				11.888,20	
7.-CAJON REPARTIDOR DE CAUDALES A FILTROS					
072	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	6,75	2,30	15,53
073	EXCA VACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	2,00	8,27	16,54
074	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	6,75	9,98	67,37
075	HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm2	m ³	1,20	403,17	483,80
076	Hormigón Simple. F'c=180 Kg/cm2	m ³	0,25	281,18	70,30
077	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	7,20	19,22	138,38
078	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	6,30	16,09	101,37
079	VERTEDERO METALICO e = 1/8"	U	2,00	169,05	338,10
080	PINTURA DE CAUCHO	m ²	3,78	4,50	17,01
SUBTOTAL 7:				1.248,40	

8.-FILTROS DE FERROCEMENTO D=3,0 M CANT. =2					
081	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	127,24	1,18	150,14
082	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	127,24	2,30	292,65
083	EXCA VACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	265,00	8,27	2.191,55
084	DESALOJO DE MATERIAL MANUAL	m ³	125,00	9,85	1.231,25
085	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	78,00	9,98	778,44
086	Hormigón Ciclópeo 180 KG/CM2	m ³	3,96	283,33	1.121,99
087	HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm2	m ³	5,21	403,17	2.100,52
088	MORTERO 1:2 + SIKA 1	m ³	5,40	439,31	2.372,27
089	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	75,00	19,22	1.441,50
090	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	58,00	16,09	933,22
091	ACERO DE REFUERZO fy=4200 Kg/cm2	Kg	320,00	3,06	979,20
092	ENCOFRADO PAREDES CIRCULARES	m ²	58,00	43,58	2.527,64
093	MALLA ELECTROS. 8MM A 15CM	m ²	75,96	15,07	1.144,72
094	MALLA DE CORRAL 5/8" CORRAL	m ²	116,87	3,29	384,50
095	MAMP. BLOQUE E= 15CM	m ²	8,65	26,00	224,90
096	VERTEDERO METALICO e = 1/8"	U	2,00	169,05	338,10
097	TAPA DE TOOL 1.50mm de 0.80 x 0.80 m	U	2,00	128,12	256,24
098	SUM. E INST. TUB PVC E/C 110mm 0.80 Mpa (DRENES)	ml	50,00	14,01	700,50
099	ARENA DE FILTRO	m ³	14,14	185,92	2.628,91
100	GRA VA DE FILTRO	m ³	4,95	176,56	873,97
101	PINTURA DE CAUCHO	m ²	90,00	4,50	405,00
102	ACCESORIOS PARA FILTROS	Glo.	1,00	8.232,40	8.232,40
			SUBTOTAL 8:		31.309,61
09.-CASETA DE DESINFECCIÓN					
103	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	12,60	1,18	14,87
104	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	12,60	2,30	28,98
105	EXCA VACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	13,50	8,27	111,65
106	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	7,94	9,98	79,24
107	H. simple en cadenas f'c=210 kg/cm2	m ³	0,39	331,18	129,16
108	H. simple en columnas f'c=210 kg/cm2 N+3.00	m ³	0,41	365,05	149,67
109	MAMP. BLOQUE E= 15CM	m ²	28,22	26,00	733,72
110	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	8,92	19,22	171,44
111	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	34,52	16,09	555,43
112	TAPA DE TOOL 1.50mm de 0.80 x 0.80 m	U	1,00	128,12	128,12
113	PUERTA DE MALLA 0,80 x 1,80 m	U	1,00	175,50	175,50
114	Ventana de hierro	m ²	0,72	61,92	44,58
115	PINTURA DE CAUCHO	m ²	50,00	4,50	225,00
116	ACERO DE REFUERZO fy=4200 Kg/cm2	Kg	247,63	3,06	757,75
117	MALLA DE CORRAL 5/8" CORRAL	m ²	12,60	3,29	41,45
118	MALLA ELECTROS. 8MM A 15CM	m ²	12,60	15,07	189,88
119	Vereda perimetral, f'c=180 kg/cm2	m ²	4,50	19,19	86,36
120	Contrapiso H.S. f'c=180 kg/cm2 e=5cm H=15cm	m ²	4,05	21,50	87,08
121	VDRIO CLARO DE 3 mm	m ²	0,72	20,25	14,58
122	CAJA DE REVISION (0,6 - 0.6 m) tapa H.A	U	1,00	250,79	250,79
123	Mesón de cocina/lavabo corrido H.S 210 kg/cm2	ml	3,00	38,39	115,17
124	Tabletas de cloro, 39.20Kg	U	1,00	540,36	540,36
125	Fregadero de cocina (un pozo)	U	1,00	118,67	118,67
126	Flujometro de 1/2"	U	1,00	1.164,42	1.164,42
127	Camara de solución	U	1,00	1.182,28	1.182,28
128	Instalación del sistema de desinfección	Glb	1,00	494,93	494,93
129	ACCESORIOS PARA CASETA DE CLORACION	Glo.	1,00	3.437,28	3.437,28
			SUBTOTAL 9:		11.028,36
11.-BANDEJA PARA LAVADO DE ARENA					
149	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	7,28	1,18	8,59
150	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	7,28	2,30	16,74
151	EXCA VACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m ³	3,35	8,27	27,70
152	EMPEDRADO PIEDRA BOLA Y LASTRE E=20cm	m ²	7,28	9,98	72,65
153	HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm2	m ³	2,33	403,17	939,39
154	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE E=2cm. Mor. 1:3	m ²	13,76	19,22	264,47
155	ENLUCIDO LISO EXTERIOR E=1.5cm. Mor. 1:4	m ²	7,45	16,09	119,87
156	PINTURA DE CAUCHO	m ²	7,45	4,50	33,53
157	ACCESORIOS BANDEJA DE LAVADO	Glo.	1,00	424,51	424,51
			SUBTOTAL 10:		1.907,45

13.-RED DE DISTRIBUCIÓN					
167	REPLANTEO Y NIVELACION LINEAL	Km.	2,16	517,08	1.116,89
168	EXCAVACION MANUAL SIN CLASIFICAR	m³	520,00	8,27	4.300,40
169	Sum, Tuberia PVC U/Z 1,0 MPA - 40 mm	ml	2.160,00	4,14	8.942,40
170	Suministro e instalaci�n acometida agua potable	pto	40,00	110,55	4.422,00
171	Relleno con suelo natural(capas 20cm)	m³	450,00	5,19	2.335,50
172	Material pétreo para acondicionamiento de tubería	m³	253,98	28,38	7.207,95
173	Bomba de prueba	U	1,00	588,00	588,00
			SUBTOTAL 12:		28.913,14
174	Pancarta informativa (letrero)-con estructura	U	1,00	407,10	407,10
14. ESTACION CENTRAL DE BOMBEO					
175	LIMPIEZA Y DESBROCE	m²	120,00	1,72	206,40
176	Bomba sumergible 1.5 HP 4SR13Gm/15-Monofásica de 1.1 kw	U	2,00	8.805,21	17.610,42
177	Tubería pvc d = 63 mm 1.00 mpa unión z (succión)	ml	88,80	6,56	582,53
	Medidor de luz	U	1,00	387,49	387,49
178	Radares, swicht eléctricos de nivel	U	6,00	88,12	528,72
179	Tablero control eléctrico -con gabinete met�lico	U	1,00	1.168,36	1.168,36
	Acometida el,�ctrica/cable #8-de poste hasta caseta	ml	200,00	5,29	1.058,00
180	Válvulas check de 2 1/2"	U	3,00	110,13	330,39
181	Tablero control acometidas electrobombas	U	2,00	101,20	202,40
			SUBTOTAL 13:		22.481,81
15. TORRE H.A. / h = 20 m /TANQUE PFRV 25 m3					
183	LIMPIEZA Y DESBROCE	m²	225,00	1,72	387,00
	Replanteo y Nivelación	m²	24,00	3,32	79,68
184	Replantillo de h.simple	m³	0,45	191,53	86,19
185	Relleno compactado/mejoramiento*capas=20cm	m³	72,00	30,39	2.188,08
	Excavación de cimientos y plintos suelo natural	m³	144,00	16,43	2.365,92
186	Hormigón ciclópeo(60% h.s.fc=180 kg/cm2-40%p)cim	m³	2,25	191,97	431,93
187	Hormigón simple en plintos fc=210 kg/cm2	m³	6,40	245,20	1.569,28
	H. simple en columnas fc=210 kg/cm2 n+3.00	m³	1,50	303,73	455,60
188	H. simple en cadenas fc=210 kg/cm2	m³	2,35	268,44	630,83
189	Enlucido exterior	m²	6,40	15,88	101,63
	Hierro estructural fy=4200 kg/cm2	kg	2.050,00	3,05	6.252,50
190	Perfil estructural-Metalica Lx100x100x8/70x8/50x50x4	kg	6.500,00	5,16	33.540,00
191	Accesorios para tanque prfv	U	1,00	1.273,20	1.273,20
	Escalera tubo cuad/rect. 40x2/30x2 l=6.0m 15pelda�os a=0.50	U	1,00	391,41	391,41
192	Suministro, colocación tanque prfv 15000 lits	U	1,00	19.357,03	19.357,03
193	Pasamanos perimet. tubo redondo, h=1 m	ml	16,00	38,41	614,56
			SUBTOTAL 14:		69.724,84
					=====
TOTAL:					229.801,36

SON : DOSCIENTOS VEINTE Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS UN, 36/100 DÓLARES

PLAZO TOTAL: 120 DIAS

EGDO.ISRAEL LOZADA PROAÑO

ELABORADO

PUYO, 19 DE ENERO DE 2016

NOTA: EL COSTO DEL HORMIGÓN EN CAPTACIÓN VARIA POR EL SOBRECARGO DE MATERIAL PÉTREO.

5. Discusión.

La falta de sistemas de abastecimiento de agua con tratamiento que garantice el consumo humano, constituye un problema importante en la salud y progreso de muchas comunidades en la provincia de Pastaza de la Región Amazónica Ecuatoriana.

Las condiciones geográficas, la falta de recursos económicos y el apoyo de las instituciones seccionales de la comunidad de Pual, no ha permitido que sus pobladores gocen de los principales servicios básicos: como la luz eléctrica, un sistema de abastecimiento de agua con un adecuado tratamiento y saneamiento (alcantarillado) para las aguas residuales.

La zona de nuestro estudio (comunidad de Pual) presenta tales inconvenientes al no contar con un sistema de abastecimiento de agua con tratamiento que no garantiza el consumo de sus habitantes, por lo cual se hizo estudio para solucionar este problema muy común en esta zona porque el término distancia es un factor que influye mucho en que esta comunidad no cuente con los servicios básicos necesarios.

Al hacer un estudio general para cumplir con los objetivos se identificó dos posibles alternativas como fuente de agua, para colocar la captación. La primera alternativa la fuente del captación actual y la segunda alternativa el río Villano, en dónde se escogió la primera alternativa, por tener un nivel altura de 481m por encima del nivel donde se sienta la comunidad la cual es de 381m, a diferencia del río Villano que tiene un desnivel de -20m, lo que llevaría a construir un sistema a bombeo elevando el costo del sistema de tratamiento, a diferencia del sistema a gravedad con la primera alternativa el cual es más económico.

El costo de nuestro sistema con la primera alternativa de fuente agua es de \$159.077,46 mientras que si utilizamos la segunda alternativa el costo se elevaría a \$229.801,36, es decir aumentaría un 69,22%, lo cual incrementaría el costo tarifario o costo del agua para personas que la consumen entre 4 a 5 veces su valor, ya que se

debería construir una torre de 20m para alcanzar gravedad, construir una estación central de bombeo además de contratar mano calificada para dar mantenimiento en caso de daño para garantizar el funcionamiento del sistema, compra de combustible porque Pual no cuenta con energía eléctrica, lo cual haría que en vez mejorar la calidad de vida para las personas de la comunidad, las perjudicaría con otro mas problema a la lista de muchos que ya tienen.

Dado los resultados obtenidos a través del trabajo de campo, cálculos metodológicos, análisis de agua se obtuvo un pH bajo de 6,07 el cual está fuera de los límites recomendables de 7,0 – 8,5 y los límites permisibles de 6,5-9,5.

Según Vargas, (2004), este parámetro tiene gran importancia en el tratamiento de agua, especialmente en la coagulación, desinfección y estabilización, que puede ser beneficiosa porque ayuda con la remoción de la turbiedad, y en general esto se logra cuando el pH esta entre 6,0- 7,8, aunque la desinfección con cloro es más efectiva a un nivel de pH bajo, esto se debe a la mayor efectividad del ácido hipocloroso comparado con el ion hipoclorito y al hecho de que el ácido hipocloroso predomina con valores de pH bajos. Aunque se recomienda que la medición del pH se deba realizarse in situ, ya que puede sufrir variación importante en el transcurso del tiempo, debido a diversas causas, entre las cuales se encuentran la sobresaturación de CO₂, como consecuencia de la presencia de plantas acuáticas o su contenido en el aire, reacciones químicas, temperatura, etc. La variación del pH entre las mediciones en campo y las realizadas en el laboratorio puede llegar hasta la unidad, a pesar de haberse efectuado el mismo día. Por ende se lo realizó esta medición en el sitio generando un resultado de 7, dando a entender que nuestra agua no presenta problema.

Ante esto se propuso la construcción sistema de tratamiento en la fuente de agua de la actual captación, de un desarenador, luego de la captación el cual es primordial para eliminar de los sedimentos que entran al tanque, y garantiza funcionamiento óptimo de los filtros, lo cual sucede en el sistema de agua de la ciudad de Puyo, que

carece de desarenador y ha hecho que los filtros dejen de funcionar normalmente, por la influencia de las crecidas cuando llueve, la cual trae consigo toda clase de sedimentos que van directo a los filtros reduciendo drásticamente la vida de los mismos.

Se propuso la construcción de un filtro dinámico grueso para la retención de partículas de mayor tamaño, que mejora el rendimiento del sistema, removiendo sólidos suspendidos en un 92% a 97%, la turbiedad en 63% a un 83%, el color real en un 29% a un 68%, los contenidos de hierro y manganeso en un >65% y el DQO en un >50%.

Posteriormente la construcción de un filtro lento de arena descendente para remover, el 50 al 90% de compuestos tóxicos orgánicos e inorgánicos, eliminación el 67% de contenido de hierro y manganeso y eliminación de la mayoría de sólidos en suspensión.

Y por último la implementación de un sistema de cloración por erosión de pastillas de hipoclorito de calcio, de concentración de 70% de contenido cloro en sus pastillas las cuales tienen un peso aproximado de 140 gr, duran de cuatro a seis meses y miden 6,5mm por 2,5mm, las cuales se coloca en una vertical una cantidad de 20 a 24 pastillas o lo que se considere necesario, asegurando la desinfección del agua eliminando las coliformes fecales en 97,7% a un 99,7%, las bacterias llamadas Echericha Coli en un 90%, la eliminación del 100% de protozoarios y helmintos por un largo tiempo, por la duración de la pastilla influida por la temperatura del agua, velocidad, y el caudal de diseño.

En Arajuno y en especial en zonas rurales, como es Chuyayacu, Yanapuma, este proceso de tratamiento ha garantizado un agua con costo económico bajo, de calidad lo que nos ha dado una base para la proposición de nuestro sistema de tratamiento para consumo humano para la comunidad de Pual perteneciente a la parroquia Curaray, Cantón Arajuno de la provincia de Pastaza.

6. Conclusiones.

- El análisis económico basado en el presupuesto de construcción del sistema de agua con las dos alternativas de fuente de agua: 1)Fuente de la captación actual y 2) el río Villano, evidencia que ambos son lugares buenos se para construir el sistema de agua, aunque esto se ve opacado por la diferencia de costo \$159.077,46 con la primera alternativa y \$229.801,36 con la segunda esto quiere decir que recibe un 69,22% de incremento al costo, por el aumento de una torre de 20 metros para alcanzar gravedad, y una estación de bombeo, además de otros detalles como el mantenimiento, uso de combustible, que aumentaría el costo de agua para los pobladores entre 5 a 6 veces su valor.
- El análisis físico- químico y bacteriológico evidencia resultados de tres parámetros fuera de los límites recomendables y permisibles, el pH in situ con un valor de 7 y el de laboratorio con un valor de 6,07, la turbiedad con 15,8 UNT y las coliformes fecales 36600 UFC/100, que nos ha obligado, a tomar en cuenta el valor del pH en el sitio, por ser un dato más exacto, la construcción de filtros de arena para la remoción de sólidos en suspensión y además la desinfección mediante la cloración e incorporación del sistema por erosión de pastillas de cloro, que es ideal para la remoción de la turbiedad, remoción de la coliformes fecales y garantizar una calidad de agua apta para consumo humano.
- El proceso de tratamiento conformado por la construcción de un desarenador, filtro grueso dinámico, filtro lento de arena y el sistema de cloración por erosión de pastillas, ha demostrado ser método adecuado para el tratamiento del agua acorde a los resultados realizados en laboratorio y del campo previo a su distribución e ideal para las zonas rurales, por ser económico, de fácil mantenimiento y por haberse probado en distintas comunidades rurales como Chuyayacu, Yanapuma y en la Cabecera principal de Arajuno, donde la cantidad y calidad de agua es buena para mejorar su estilo de vida.

7. Recomendaciones.

- Se recomienda la construcción urgente al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Arajuno, del sistema de tratamiento de agua para la comunidad de Pual, perteneciente a la parroquia Curaray, cantón Arajuno, para mejorar la calidad de vida de la población y eliminar el problema de necesidad del líquido vital.
- Contratar personal calificado para enseñar a la población el manejo y limpieza de los filtros y de esta forma garantizar el proceso de tratamiento por muchos años.

8. Bibliografía.

Adam, W.& Bauder, J. (1997). Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales. Sólidos Disueltos Totales (TDS). Montana-USA.1-2.

Amazanga. (2004). La Amazonía Ecuatoriana. La naturaleza soberana pero en peligro. Recuperado de: <http://www.amazanga.org/amaz.html>.

AVINA. (2009). Estrategia para el bioma amazónico. Recuperado de: <http://www.informeavina2009.org/espanol/amazonico.shtml>

ANE. (2009).¿Qué son los trihalometanos?. Recuperado de: <http://www.cloro.info/upload/public/Publications/cuadriptico-trihalometanos.pdf>.

Arango, J.C., (2002). La obras de captación para riego. Recuperado de: http://www.bdigital.unal.edu.co/4785/1/70064307._2002_1.pdf.

ATSDR. (2000).¿Qué son los Bifenilos Policlorados?. Recuperado de: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts17.pdf.

Barrenechea A. (2009). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. 2-55.

Blacio, D.A.,& Palacios, J.L. (2011). Filtros biológicos para la potabilización del agua, posibilidades de uso de fla (filtros lentos de arena) con agua superficial de nuestra región. (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca. Cuenca- Ecuador. Recuperadode:<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/751/1/ti878.pdf>.

Bokova, I. (2010). La revista Elemental Watson. H₂O elixir de la vida. Agua limpia para un mundo sano, Volumen (1), 5-6.

Bonilla,M.(1985).La estructura del agua. Recuperado de: <http://www.ejournal.unam.mx/cns/no07/CNS00703.pdf>.

Cajigas, A., Pérez, A., &Torres, P. (2005). Importancia del pH y la alcalinidad en el tratamiento anaerobio delas aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca, Volumen (1), 243- 248.

CCA. (2014). Calidad del Agua. ¿Cuál es la problemática ambiental?. Recuperado de: <http://www2.pr.gov/agencias/jca/Documents/Publicaciones%20de%20Inter%C3%A9s/Informes%20Ambientales/Informe%20Ambiental%202000/1.%20Agua.pdf>.

Castillo. J., & Gómez. G. (2011,11). Proceso de tratamiento de las aguas floculación y coagulación. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/Guillermo150782/coagulacion-y-floculacion>

Carbajal, A. (DIETECOM.). (2000). Importancia del agua en las personas mayores. Barcelona- España. Academia Española de Gastronomía.

Cárdenas, A. (2009). El Agua. Importancia y distribución. Recuperado de: <http://variedadplus.blogspot.com/2009/04/agua-importancia-y-distribucion.html>.

Castro, C.M., & Chang, J.V., (2007). Calidad del Agua. Coliformes Totales.(Tesis de pregrado). Escuela politécnica del Litoral. Guayaquil- Ecuador. Recuperado de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6154>

CEA. (2015). Normas y Lineamientos Técnicos para las Instalaciones de Agua Potable, Agua Tratada. Alcantarillado Sanitario y Pluvial de los Fraccionamientos y Condominios de las Zonas Urbanas del Estado de Querétaro. Conducción. Recuperado de: http://www.ceaqueretaro.gob.mx/SaveAs.aspx?Nombre=2_43_

1481382027_agua.pdf&Ruta=Uploads%5CArchivos%5C2_43_1481382027_agua.pdf.

CNA. Comisión Nacional del Agua. (Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (2007). Conducción. Conducción por gravedad y por bombeo. Coyoacán – México: Ed. ISBN: 978-968-817-880-5

CNA. Comisión Nacional del Agua. (Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (2007). Diseño Hidráulico. Tanque de Almacenamiento. Coyoacán – México: Ed.ISBN: 978-968-817-880-5

Concha, L. (2013). La química del agua. Composición química del agua. Recuperado de: <http://docplayer.es/6427120-La-quimica-del-agua-por-luis-concha-valenzuela.html>

CODENPE. Consejo de Desarrollo de las Nacionalidades y Pueblos del Ecuador. (2012). Nacionalidades de la Provincia de Pastaza en la Amazonía Ecuatoriana. Mapa de las siete Nacionalidades de la Provincia de Pastaza. Puyo- Pastaza.

Cordero, L.M., & Ullauri, P.N., (2011). Filtros biológicos de arena. Filtros caseros, utilizando ferrocemento, diseño para servicio a 10 familias, constante de 3 unidades de filtros gruesos ascendentes (fgas), 2 filtros lentos de arena (fla), sistema para aplicación de cloro y 1 tanque de almacenamiento (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca. Cuenca-Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/747/1/ti874.pdf>

CEC. Código Ecuatoriano de Construcción. (1992). Caudales de Diseño para los elementos de un sistema de potabilización. Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.5.9.1.1992.pdf>.

CEC, Código Ecuatoriano de Construcción. (1997). Definiciones. Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.5.9.2.1997.pdf>

Contreras, I., & Lozano, E. (2009). Sistemas de Agua Potable para poblaciones rurales en el Ecuador (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Litoral Guayaquil-Ecuador. Recuperado de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/1856/3658.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cortés, M. (2003). Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. Coliformes Fecales, Volumen (14), 121-123.

Da Ros, G. (1995). La contaminación de aguas en Ecuador, una aproximación económica. Quito- Ecuador: (Ed. Abya Ayala).

Dávila, C.A. (2013). Diseño de las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales de la Cabecera Parroquial de Mindo, Cantón San Miguel de los Bancos, Provincia de Pichincha. Tratamiento de Agua Potable (Tesis pregrado) Quito –Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6085/T-PUCE-6322.pdf;jsessionid=A64D22FB870B55D1A72C3B4E11213C5D?sequence=1>

De la Cruz, F.J. (2011). Captación de Aguas Superficiales. Slideshare. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/elberthgallardoterrones/captacion-de-aguas>

Deruyttere, A. (2001). Pueblos indígenas, globalización y desarrollo con identidad. Algunas reflexiones de estrategia.1-13.

Durán, J.J., García de Domingo, A. & Robledo, P. (2009). Propuesta de clasificación genético-geológica de humedales. Aplicación a los humedales españoles incluidos en el Convenio de Ramsar, Volumen (120), 335-346.

Echeverría, E. (2009). Calidad sanitaria para el agua potable. Cloración del agua potable scribd. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/281764641/Cloracion-de-Agua-Potable-EEO>.

EMAPAG. (2013). Concepto de Potabilización del Agua. Recuperado de <http://www.emapag.gob.ec/1/AGUAPOTABLE/Procesosdeproduccion%C3%B3ndistribuci%C3%B3n.aspx>.

Escobar, J. (2000). Recursos naturales e infraestructura. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar, volumen (50), 1-68.

Fernández, E. (2010). Proyecto Ejecutivo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Localidad de Xochiapa, Ver (Tesis de pregrado). Universidad Veracruzana. Veracruz – México. Recuperado de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30564/1/FernandezMayo.pdf>

Fernández, R., Palomar, A., Flores, C., Rozillio, & Gómez, A. (2000). Daño broncopulmonar por inhalación masiva de amoníaco, volumen (45), 1-6.

Flachier, A., Villarroel, M. & Calderón, M.J. (2010). Análisis de calidad de agua del botellón h2ola y del agua potable de eco-ciencia. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/273154211/INFORMELECAAGUADEBOTELLONVSAGUAPOTABLE-100929>

GADMCA, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Arajuno. (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento del Cantón Arajuno. Arajuno – Ecuador. 1-188.

Gálvez, O. (2009). Hielo en el universo: de la tierra al medio interestelar. El hielo. Recuperado de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/87300/1/O.Galvez-2.pdf>

GADMCA. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Arajuno. (2013). Firma del Convenio entre GAD Municipal del Arajuno y el Banco del Estado. Ambato-Ecuador Recuperado de <http://www.arajuno.gob.ec/arajuno/index.php/133-firma-de-convenio-con-el-banco-del-estado>.

GADPPz, Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza. (2013). Plan vial de Pastaza. Recursos Hídricos. Puyo-Pastaza. Recuperado de <http://www.pastaza.gob.ec/leytransparencia/cpccs/PLAN%20VIAL%20DE%20LA%20PROVINCIA%20DE%20PASTAZA%202013-2025.pdf>

García, E. (2009). Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.fcpa.org.pe/archivos/file/DOCUMENTOS/5.%20Manuales%20de%20proyectos%20de%20infraestructura/Manual%20de%20agua%20potable%20en%20poblaciones%20rurales.pdf>

GER, Gobierno de Entre Ríos. (2015). Instructivo para toma de muestras de agua. Recuperado de https://www.entrerios.gov.ar/osser/leyes/Instructivo_para_la_Toma_de_Muestra_de_Agua.pdf

Gómez, N.A. (2005). Remoción de la Materia por Coagulación y Floculación. Conceptos Generales de la Coagulación y Floculación (Tesis de pregrado). Universidad de Colombia. Manizales- Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1214/1/nestoralejandrogomezpuentes.2005.pdf>

González, C. (2005). Monitoreo de la calidad de agua. La Temperatura. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd59/finalsp.pdf>

González, S.A., Ramírez, Y.P., Meza, A.M. Díaz, L., (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales, volumen (16).135-148.

Goyenola, G. (2007). Conductividad. Recuperado de http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf

Haboud, M. (2009). Ecuador Amazónico. C. Néstor Morales (0947).Atlas Sociolingüístico de pueblos indígenas en América Latina. Pueblos, Culturas y Lenguas de América Latina (522. 333-348). Cochabamba: Unicef y Funproeib.

Hernández, A., Hernández, A., Galán, P. (2005).Pretratamiento. Por medio de Rejillas. Recuperado de <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/pretratamiento.pdf>

Hernández, EA. (2010). H₂O el elixir de la vida. Importancia del Agua para los Seres Vivos. Elemental Watson la revista, Volumen (1), 1-41

IARNA, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2015). Aguas Superficiales. Guatemala- Guatemala. Recuperado de <http://www.infoiarna.org.gt/index.php/temascomplementarios/guateagua/acerca-del-agua/aguasuperficial..>

INAMHI, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2014). Estación Puyo. Condiciones Meteorológicas de la ciudad de Puyo. Puyo-Ecuador.

INEN, Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización. (2012). Agua Definiciones. Quito – Ecuador. 1-6

ISA, Ingeniería y Servicios Ambientales. (2015). Plantas compactas tipo paquete para tratamiento de agua potable. Recuperado de <http://isa.ec/images/pdf/BPOTABLE015.pdf>

Lesikar, B., Enciso, J. (2010). Sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras. Filtro de arena. Recuperado de https://www.h-gac.com/community/water/ossf/OSSF-Treatment-Systems_Sand-Filter-S.pdf

LORHAA, Ley Orgánica de Recursos Hídricos. Usos y Aprovechamiento del Agua. (2014). Artículo 12, Artículo 37. Quito-Ecuador.1-32.

López, A. (2012). Normas para Redes de Abastecimiento versión. Recuperado de https://www.canalgestion.es/es/galeria_ficheros/pie/normativa/normativa/Normas_redes_abastecimiento2012_CYIIG.pdf

López, L.E. (2009). Puntos de partida. C. Néstor Morales (0947).Atlas Sociolingüístico de pueblos indígenas en América Latina. Pueblos, Culturas y Lenguas de América Latina (522. 21-100). Cochabamba: Unicef y Funproeib.

López, V. (2008). Agua, Energía y Políticas Públicas en la Amazonía ecuatoriana, volumen (13) 1-13.

López, R.A. (2004). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Abastecimiento del agua. Tratamiento del agua. Bogotá – Colombia: E. Colombiana de Ingeniería.

Maldonado, V. (2007). Filtración. Recuperado de <http://www.ingenieriasanitaria.>

com/web15/manual1/tomo2/ma1_tomo2_indice.swf

Macedo, V. (2011). Contaminación del Agua. Yanapata-Perú. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos94/contaminacion-del-agua-yanapata/contaminacion-del-agua-yanapata.shtml>

Mariño, O. (2002). Alternativas para solucionar las deficiencias del sistema de comercialización de los productos agropecuarios en la provincia de Pastaza (Tesis maestría). Instituto de altos estudios nacionales, Quito –Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/24000/160/1/IAEN.020.2002.pdf>.

Marín, L.M. (2011). Remoción del hierro y manganeso pos oxidación con cloro y filtración en grava (Tesis de posgrado). Universidad del Valle. Santiago de Cali – Colombia. Recuperado de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7908/1/CB-0450286.pdf>

MARC, Ministerio de Ambiente de la República de Colombia. (2003). Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Definición del nivel complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda de agua. Bogotá – Colombia. 1-67.

Mejeant, L. (2001). Cultura y lenguas indígenas del Ecuador. Recuperado de <http://icci.nativeweb.org/yachaikuna/1/mejeant.pdf>

Meneses, D.R. (2013). Evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable y proyecto de mejoramiento en la Población de Nanegal. Cantón Quito, Provincia de Pichincha. Tanque de Distribución. Quito-Ecuador. 1-368.

MDE, Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). Tratamiento de Aguas Residuales, concepto de aguas residuales. Recuperado de http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf

MSC, Ministerio de salud de Colombia. (2008). Flouración de las aguas. Flouración de las aguas para consumo. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>

Monzón, V. (2011). Línea Piezometrica. Recuperado de <http://www.civil.frba.utn.edu.ar/2011/Materias/hidraulica/2011/u8-resuelto.pdf>

Moreno, A. (2011). El agua conceptos generales. Madrid – España. Recuperado de <http://www.mailxm ail.com/curso-agua-conceptos-generales/propiedades-agua>.

Muñoz, F. (2002). El agua. Mérida-España. Recuperado de <http://www.aula21.net/nutricion/pagmarco.htm>.

OMM-UNESCO. (1997). Protección y métodos de tratamiento del agua. Washington – USA. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsdeescuelas/fulltext/entornosdocente/unidad2.pdf>

OMS, Organización Mundial de la Salud. (2015). El agua. Washington Estados Unidos. Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/

Orellana, J. (2005). Características del Agua potable. Buenos Aires – Argentina. Recuperado de http://www.froo.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanita

ria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_05_Abastecimiento_de_Agua_Potable.pdf

Orellana, L. (2001). Estadística Descriptiva. Capítulo 1: Introducción. Buenos Aires – Argentina. Recuperado de http://www.dm.uba.ar/materias/estadística_Q/2011/1/modulo%20descriptiva.pdf

Orellana, J. (2005). Características físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas naturales y potables. Buenos Aires – Argentina. Recuperado de http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf

Orellana, J. (2005). Tratamiento de las aguas. Calidad de Aguas-Necesidad de tratamiento. Buenos-Arentina. Recuperado de http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf

OMS, Organización Mundial de la salud. (2009). Guías Técnicas sobre saneamiento, agua y salud. Concepto de Aireación. Washington. USA.

OPS, Organización Panamericana de la salud. (2004). Diseño de Captación. Captación de Manantiales. Lima-Perú..

Páez, C. (2009). Determinación de coliformes fecales y totales en expendio de alimentos en establecimientos formales en el macrodistrito centro de la ciudad de la paz de septiembre a diciembre de 2007. La Paz- Bolivia.

Pérez, F.J., & Urrea, M.A. (2011). Abastecimiento de aguas. Filtración. Cartagena-Colombia.

Pérez, J.A., & Espigares, M. (1995). Desinfección del Agua: Cloración. Granada-España.1

Pérez, L.E. (2005). Teoría de la sedimentación. Conceptos Generales. Sedimentación. Buenos Aires – Argentina.

PDOTCA, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Arajuno. (2011). Organización Territorial. Infraestructura y Acceso a servicios básicos de la población de Arajuno. Arajuno-Ecuador.1-188.

PDOTPC, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Curaray. (2012). Hidrografía del Cantón Arajuno, San José de Curaray- Ecuador.1- 168.

Ramos, L.M. (2008). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la bahía de santa marta, caribe colombiano, volumen (113),1-12.

Rojas, R. (2002). Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. Recuperado de http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d25/075%20vigilanciaycontrol_calidaddeagua/cepis_guia_vigilanciaycontrol_calidaddeagua.pdf

Romero, M. (2013). Tratamientos utilizados en la potabilización del agua. Recuperado de http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_ING02.pdf

Salager, J.L., & Forgiarini, A. (2007). Flotación: Principios y Alcances. Recuperado de <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/335a.pdf>

Sánchez, J. (2001). El fosforo, parámetro critico de calidad de agua técnicas, analíticas y de muestreo. Recuperado de <http://www.ingenieroambiental.com/junio/fosforo.pdf>.

SEDAPAL. (2015). Conexiones Domiciliarias. Lima- Perú. Recuperado de <http://www.sedapal.com.pe/Contenido/licitaciones/LPI003-2011-JICA KFW/LPI%20N%20003-2011-JICA-KFWSEDAPAL/VOLUMEN%202/ESPECIFICACIONES%20TECNICAS/19%20Conexiones%20Domiciliarias.pdf>.

Sejas. D. (2013). Nitratos y nitritos. Recuperado <http://es.slideshare.net/dimelsita1/nitritos-y-nitratos-32512863>

SENAGUAS, Secretaría Nacional del Agua (2015). Norma CO 10.7 - 602 – Revisión. Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Quito – Ecuador.1-44.

Severiche. C.A.& González. H. (2012). Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado, volumen (3), 1-6.

Sistemas de Información Geográfica UEA. (2015). Mapa de la Ubicación de Pual. Zona de Estudio. Puyo-Ecuador. Realizado con programa de Argis.

SIDENPE, Sistema de Indicadores de las Nacionalidades y Pueblos del Ecuador. (2015). Listado de nacionalidades y pueblos indígenas del Ecuador. Quito-Ecuador. Recuperado de http://www.siise.gob.ec/siiseweb/PageWebs/glosario/ficglo_napuin.htm.

Shiklomanov, I. A. (1999). La Crisis Mundial del Agua. Porcentajes de agua dulce en el planeta tierra. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf>

Soto, J. (2010). La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones e instalaciones domésticas sanitarias. Instituto Politécnico Nacional–Oaxaca, volumen (11), 167-177.

SIGMA Ingeniando. (2015). Revista técnica informativa del colegio de ingenieros civiles de Pichincha, volumen (31), 67-75.

SSA, Subsecretaría de Saneamiento Ambiental. (1997). Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Guayaquil- Ecuador.

SSA, Subsecretaría de Saneamiento Ambiental. (2007). Dotaciones básicas a partir del uso diario. Guayaquil-Ecuador.

SSA, Subsecretaría de Saneamiento Ambiental. (2007). Factores de Mayoración para poblaciones menores a 1000 habitantes. Guayaquil-Ecuador.

Tacuri, J.I., & Vintimilla, O.F. (2012).Control Microbiológico y Físico-Químico del Agua Potable del Sistema de Abastecimiento del Cantón Santa Isabel. Microbiología del agua, Parámetros físicos y químicos del agua (Tesis de pregrado).Universidad de Cuenca Cuenca-Ecuador. Recuperado de file:///C:/Users/HP%20245/Downloads/tq914.pdf

Tejera, J. (1991). Tratamientos primarios. Recuperado de ftp://ceres.udc.es/ITS_Caminos/2_Ciclo/Ingenieria_Sanitaria_Ambiental/TEMA2 9-rev120525-ajb.pdf

Torres, C. (2006). Procedimiento para la medición de sólidos totales. Introducción. Recuperado de <http://www.utp.ac.pa/sites/default/files/PCUTP-CIHH-LSA-211-2006.pdf>

Trojan UV, Water confidence. (2008). Tratamiento de contaminantes medioambientales. Recuperado de <http://www.trojanuv.com/es/aplicaciones/tratamiento-de-contaminaci%C3%B3n-medioambiental/tratamiento-estacional-de-sabor-olor>

UNICEF (2004). Nacionalidades y Pueblos Indígenas, políticas interculturales en Ecuador. Una mirada desde la Educación. Recuperado de [http://www.unicef.org/ecuador/nacionalidades_y_pueblos_indigenas_web\(1\).pdf](http://www.unicef.org/ecuador/nacionalidades_y_pueblos_indigenas_web(1).pdf)

Valencia. C. (2011). Química del hierro y manganeso en el agua, métodos de remoción. Cuenca- Ecuador (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca. Cuenca- Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/754/1/ti881.pdf>

Vargas, L. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Recuperado de http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/ma1_tomo1_indice.pdf

Vásquez, S., & Espinosa, M.,(2010). Desinfección de aguas lluvias en comunidades rurales, utilizando filtros biológicos de arena. Recuperado de <file:///C:/Users/HP%20245/Downloads/Desinfeccion%20de%20agua%20de%20lluvia%20en%20comunidades%20rurales.pdf>

Vélez, M.V. (1999). Hidráulica de Agua subterráneas 2da Edición. Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/4993/1/Capitulos_1-5.pdf

Vera, N. (2007). Alternativas de Potabilización para el agua que abastecerá a la ampliación del aeropuerto internacional de la ciudad de México. Organización mundial de la salud. Recuperado de http://www.elaguapotable.com/tratamiento_

del_agua.htm

Villarroya, F. (2006). Tema 5: Relaciones acuífero río. Manantiales. Sistemas de flujo en grandes cuencas sedimentarias. Recuperado de http://ggyma.geo.ucm.es/docencia/HGA-LG/documentos/texto_general/hidrofo5.pdf

9. Anexos.

9.1. Encuesta: socio económica – comunidad kichwa Pual.

Encuestador:	Egdo. Israel Lozada	Número de Encuesta:	_____
Parroquia:	Curaray	Comunidad:	Pual
Cantón:	Arajuno	Provincia:	Pastaza
Localización de la vivienda:		Fecha de entrevista:	_____

Buen día. La presente encuesta será considerada una herramienta para evaluar la dinámica socioeconómica de la población de la Comunidad Pual diseñada dentro del proyecto de tesis “Diseño del sistema de tratamiento de agua para consumo humano de la Comunidad de Pual, Parroquia Curaray, Cantón Arajuno”. Todos los datos que nos proporcione serán confidenciales. Siéntase libre de responder la encuesta. No existen respuestas buenas ni malas.

INDICACIÓN: Por favor conteste con una **X** en el casillero de su preferencia.

DESARROLLO:

SECCIÓN A: INFORMACION BÁSICA

1. Nombre: _____

2. Sexo: A. Masculino ☐ B. Femenino ☐

3. Edad:

4. ¿Quién es él o la jefe de hogar?

- A. Padre
- B. Madre
- C. La Pareja
- D. Otros Parientes

5. ¿Cuál es la instrucción del jefe de hogar?

- A. Primaria
- B. Secundaria
- C. Superior
- D. Ninguna

6. ¿Cuántos años vive usted en esta zona?

- A. entre 1 año y 3 años
- B. entre 5 años y 10 años
- C. entre 15 años y 30 años
- D. más de 40 años

7. ¿Actualmente cuantas personas residen en su hogar?

8. ¿Cuántos de ellos son niños?

SECCIÓN B: CONDICIONES DE LA VIVIENDA

9. ¿Su vivienda es?

- A. Propia
- B. Alquilada
- C. De algún familiar (Prestada)
- D. Otra respuesta

10. ¿El terreno dónde está construida su vivienda es?

- A. Propio
- B. Alquilado
- C. De algún familiar (Prestado)
- D. Otra respuesta

11. ¿Tiene escritura de la propiedad de su casa (inscrita, registrada y legalizada)?

- A. Si
- B. No
- C. No sabe

SECCIÓN C: SERVICIOS BÁSICOS

12. ¿Con qué tipo de energía eléctrica cuenta usted actualmente?

- A. Red de conexión nacional.
- B. Planta a combustible
- C. Panel solar
- D. Ninguno

13. ¿Cuenta con servicio de agua?

- A. Si
- B. No

14. ¿Cuál es la fuente actual de abastecimiento de agua?

- | | | |
|----------------------|--------------------|---------------------|
| [] Río / Lago | [] Pileta pública | [] Camión Cisterna |
| [] Acequia | [] Manantial | [] Pozo |
| [] Red Domiciliaria | [] Otro | |

15. ¿Con qué tipo de instalaciones sanitarias cuenta su vivienda?

- A. Servicio Sanitario
- B. Letrina
- C. Fosa séptica
- D. Otro
- E. Ninguno

16. ¿Con qué servicio de comunicación cuenta actualmente?

- A. Teléfono convencional.
- B. Celular
- C. Radio
- D. Ninguno

SECCIÓN D: SANEAMIENTO

17. ¿A qué red de saneamiento está conectada su vivienda?

- A. Alcantarillado
- B. Río
- C. Pozo ciego
- D. Ninguno

18. ¿En dónde realizan sus necesidades biológicas?

- A. En el monte
- B. En el río
- C. Sanitario

19. ¿Qué hacen con la basura en su vivienda?

- A. La clasifican adecuadamente
- B. La tira al río
- C. La tira al monte
- D. O la queman

SECCIÓN E: CONDICIONES DE SALUD

20. ¿Cuáles han sido las enfermedades más comunes que usted ha adquirido últimamente?

- A. Diarrea
- B. Tos y gripe
- C. Paludismo
- D. Ninguno

21. ¿En todo el tiempo que ha vivido en la zona se ha enfermado usted por consumir el agua?

☐

SI

☐

NO

22. ¿Hierve el agua que usted consume?

☐

SI

☐

NO

23. En caso de una emergencia médica ¿qué opciones adquiere?

- A. Se auto medica
- B. Asiste a un Centro de Salud cercano
- C. Se traslada a la ciudad del Puyo
- D. Ninguna de las anteriores

SECCIÓN F: CONFORMIDAD

24. ¿En todo el tiempo que ha vivido usted en la Comunidad de Pual como califica el servicio de agua?

- A. Excelente
- B. Bueno
- C. Malo
- D. Otra respuesta

25. ¿En todo el tiempo que ha vivido usted en la Comunidad de Pual como califica la calidad del agua?

- A. Excelente
- B. Bueno
- C. Malo
- D. Otra respuesta

26. ¿Estaría de acuerdo usted con la construcción de un nuevo sistema abastecimiento de agua para mejorar el servicio y por ende la cantidad y calidad que no garantiza el actual sistema de agua?

- A. SI
- B. NO
- C. Otra Respuesta

SECCIÓN G: COLABORACIÓN

27. En caso de comenzar con la construcción de un nuevo sistema de abastecimiento agua que brinde las garantías necesarias para el consumo humano de la comunidad ¿cómo estaría usted dispuesto a colaborar?

- A. Físicamente
- B. Económicamente
- C. Física y Económicamente
- D. O de otra forma

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

9.2.Lista de personas encuestadas.

Tabla 38. Listado de personas encuestadas.

N°	Nombre y Apellido	N°	Nombre y Apellido
1	Teodora Tapuy	23	Edison Castillo
2	Carlos Molina	24	Andrea Castillo
3	Miguel Vargas	25	Lidia Piedad Tapuy
4	Ramón Peaz	26	Lizeth Castillo
5	Patricio Enrique Ilianes	27	Patricio Tapuy
6	Nestor Camilo Ilianes	28	Roberto Alvarado
7	Danilo Tapuy	29	Vicenta Tapuy
8	Marcelo Tapuy	30	Pablo Tapuy
9	Ricardo Vargas	31	Rosario Tapuy
10	Carlos Tapuy	32	Telmo Tapuy
11	Cristobal Tapuy	33	Magdalena Cadena
12	Valerio Tanchima	34	Henry Tapuy
13	Rosa Tapuy	35	Alex Tapuy
14	Ramón Alvarado	36	Solange Tapuy
15	Yadira Tapuy	37	Shirley Tapuy
16	Alvaro Andy	38	Carla Tapuy
17	Angel Tegená	39	Tania Viteri
18	María Tegená	40	Juan Carlos
19	Jhonny Tapuy	41	Lelisbeth Andy
20	Karen Castillo	42	July Ilianes
21	Ronny Castillo	43	Virginia Ilianes
22	Rosa Ilianes		

Fuente: Elaboración propia del autor.

9.3.Fotografías.



Figura 5. Entrada a la Zona de Estudio: Comunidad Pual, Parroquia Curaray, Cantón Arajuno



Figura 6. Encuestando a la población de la Comunidad Pual

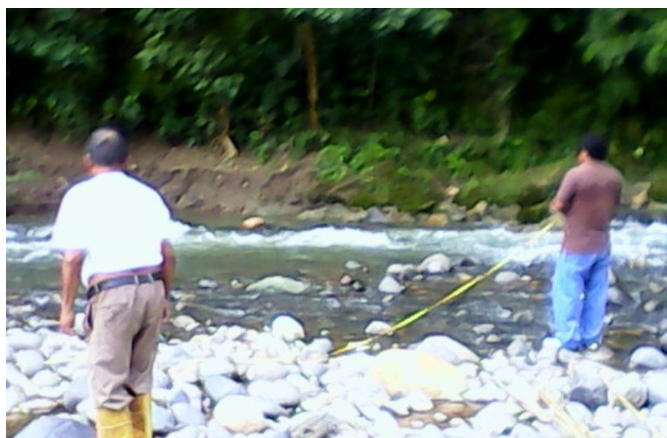


Figura 7. Medición del caudal del río Villano.



Figura 8. Aforamiento de la fuente elegida.



Figura 9. Análisis del pH del Agua de la fuente agua elegida.



Figura 10. Recolección de muestras de agua para análisis microbiológico.

9.4.Resultados de los análisis físico químico y bacteriológicos de la fuente de agua.

 CESTTA LABCESTTA SGC	CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 3013183 ESPOCH (FACULTAD DE CIENCIAS) RIOBANABA - ECUADOR	 LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008
--	---	--

INFORME DE ENSAYOS No: 920
ST: 14 – 347 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: Jonás Israel Lozada Proaño
Atn. Jonás Israel Lozada Proaño
Dirección: Parroquia Veracruz
Puyo-Pastaza
20 de Septiembre del 2015

FECHA: 1
NÚMERO DE MUESTRAS: 2015/09/04 – 08:30
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/09/02 – 14:00
FECHA DE MUESTREO: 2015/09/04 – 2015/09/20
FECHA DE ANÁLISIS: Agua Natural
TIPO DE MUESTRA: LAB-A 773-14
CÓDIGO LABCESTTA: 1602
CÓDIGO DE LA EMPRESA: Sistema de agua potable comunidad Pual del cantón Arajuno-
PUNTO DE MUESTREO: Pastaza

ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico- Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Egdo. Israel Lozada
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B	Unidades de pH	6,07	-	±0,10
Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1	UNT	15,8	-	±8%
Sólidos Totales Disueltos	PEE/LABCESTTA/11 Standard Methods No. 2540 C	mg/L	<50	-	±21%
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 Standard Methods No 3500-Fe B 3030- E3111B	mg/L	0,39	-	±39%

 SGC	CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfax: (03) 3013183 ESPOCH (FACULTAD DE CIENCIAS) RIOBAMBA - ECUADOR	 LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008
---	---	--

*Manganeso	PEE/LABCESTTA/39 APHA 3111 B, 3030 B	mg/L	<0,05	-	-
Coliformes Totales	PEE/LABCESTTA/47 Standard Methods No 9222 B	UFC/100 ml	36600	-	±20%
Amoniaco	PEE/LABCESTTA/20 EPA Water Waste No 350.2	mg/L	0,30	-	±46%
Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No 4500 – NO ₂ – B	mg/L	3,67	-	±20%
Nitritos	PEE/LABCESTTA/17 Standard Methods No 4500 – NO ₂ – B	mg/L	<0,03	-	±27%
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 Standard Methods No 4500-SO ₄ E	mg/L	<8	-	±33%
Fosfatos	PEE/LABCESTTA/21 Standard Methods No 4500-P B5/ 4500-PC	mg/L	<1,7	-	±23%

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

CENTRO DE SERVICIOS
TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA
TECNOLÓGICA AMBIENTAL
LABORATORIO DE ANÁLISIS
AMBIENTAL E INSPECCIÓN
ESPOCH


Ing. Marcela Erazo
JEFE DE LABORATORIO

9.5. Planos del diseño un sistema de tratamiento agua para la comunidad de Pual.

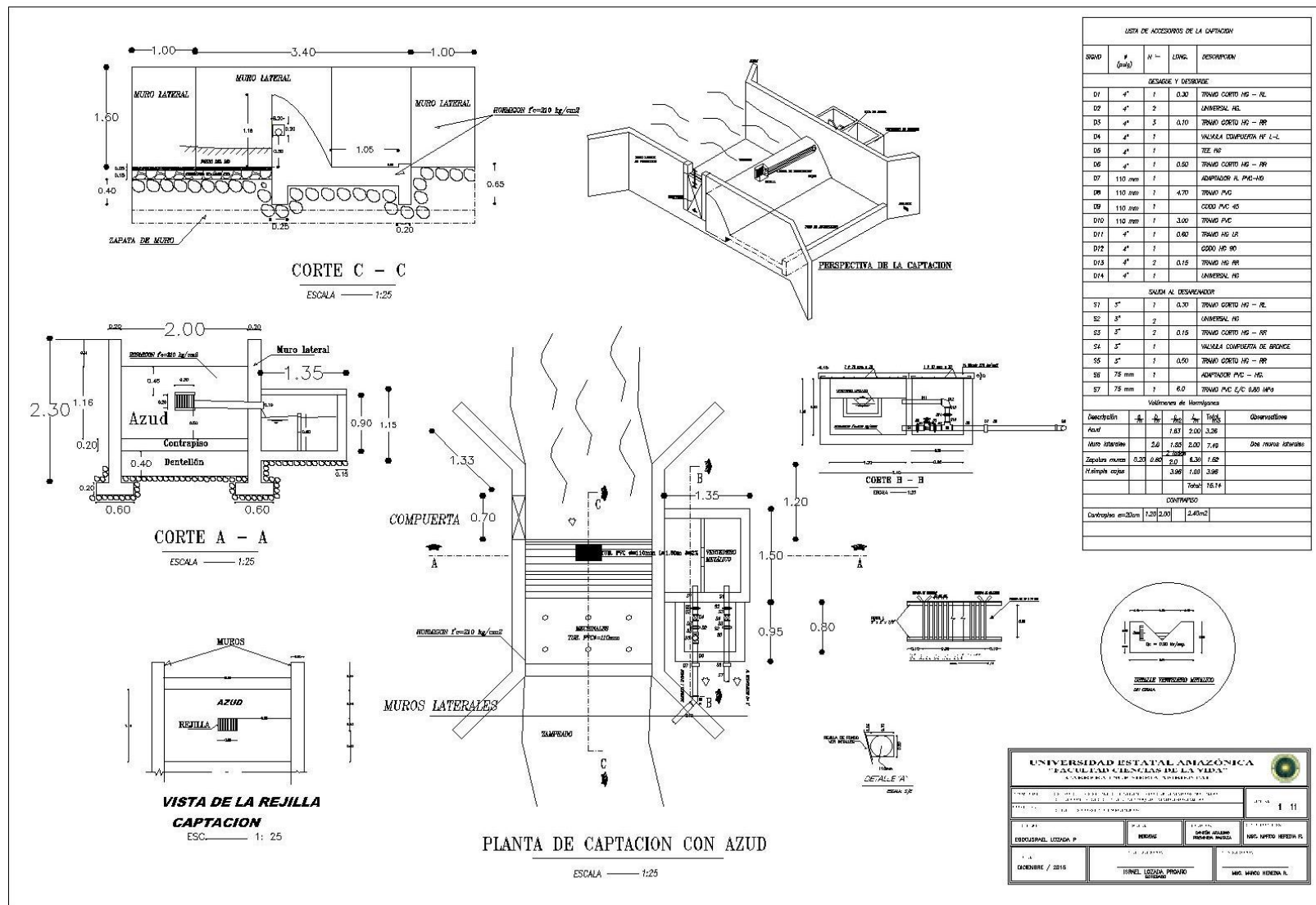


Figura 11. Detalles constructivos de la captación.

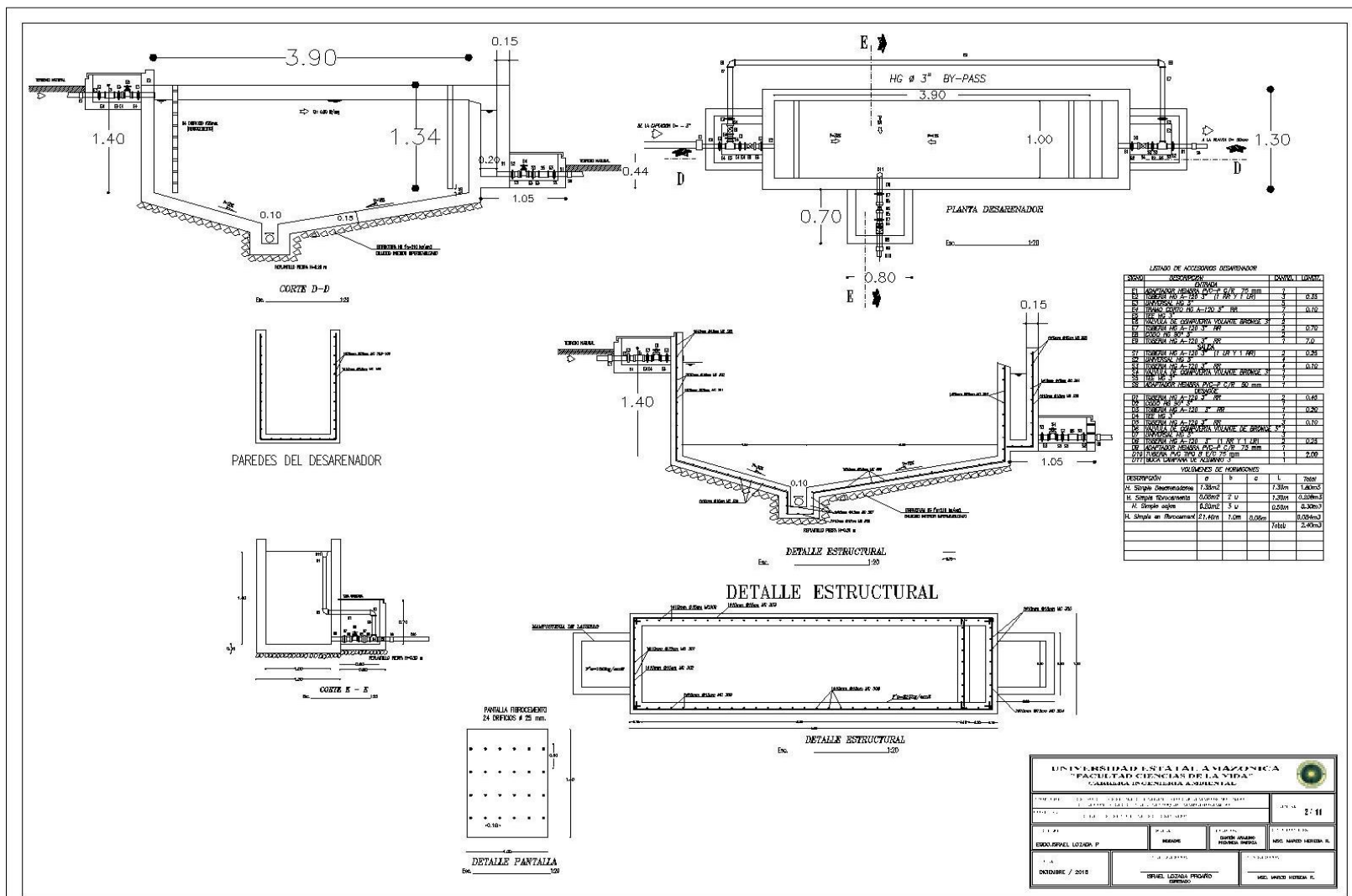
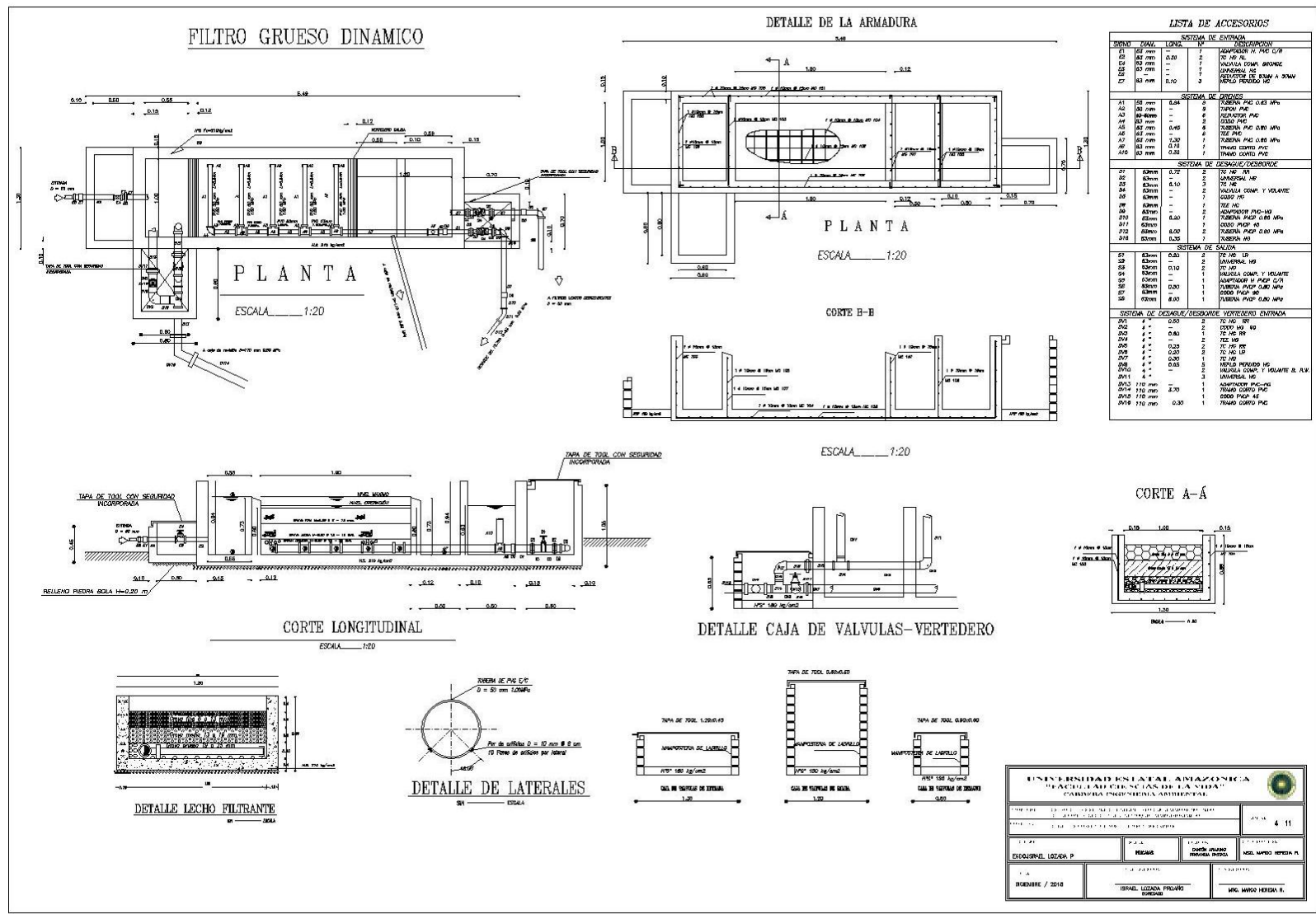


Figura 12. Detalles estructurales del desarenador.



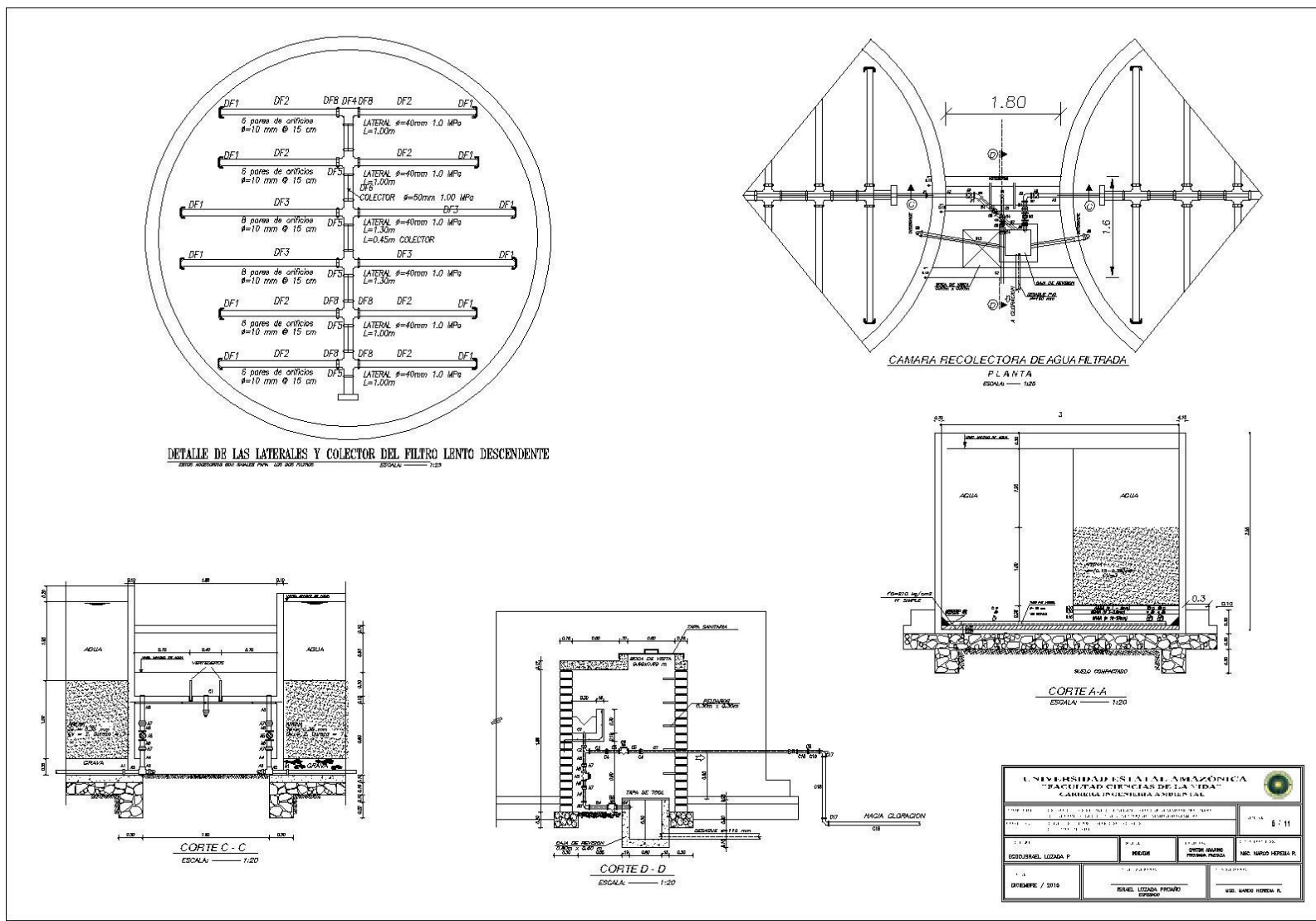
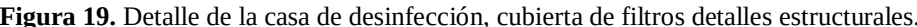
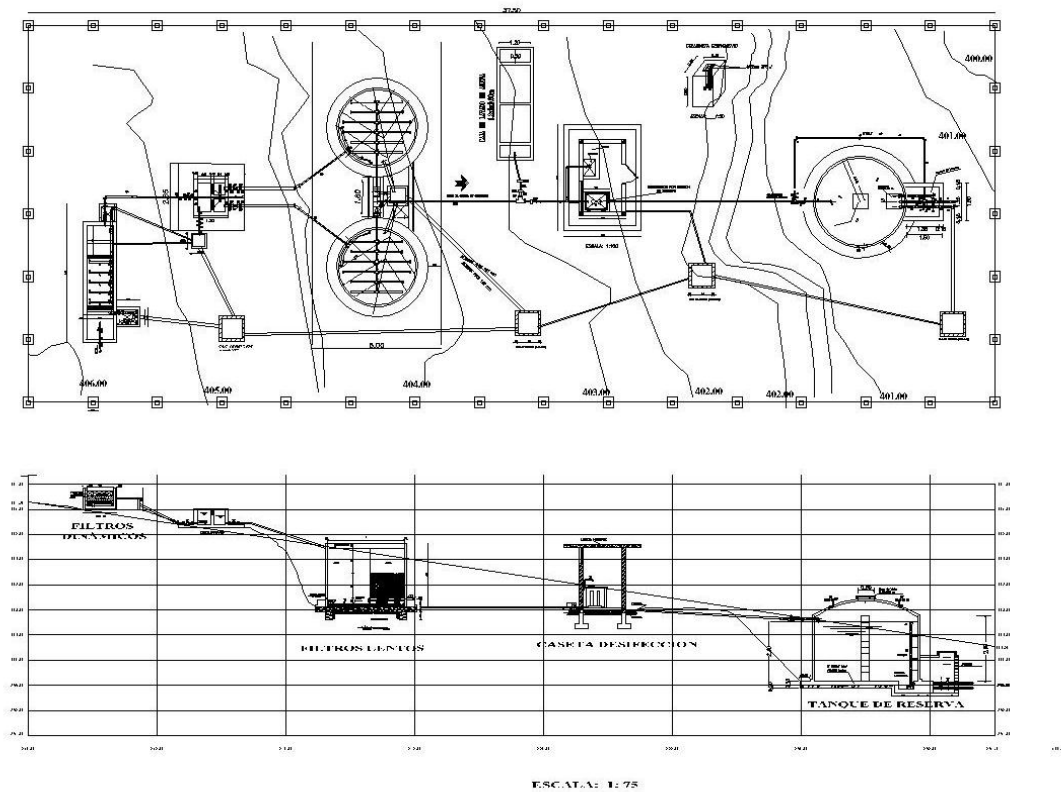


Figura 16. Detalles de filtros lentos de ferrocemento.





UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA "FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA" CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL			
PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA EL COMPLEJO EDUCATIVO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA			FECHA: 11/11
PROFESOR: INGENIERO LUISA P.	ESTUDIANTE: INGENIERO	FECHA DE ENTREGA: 05 DE ABRIL DEL 2016	FECHA DE CALIFICACIÓN: 05 DE ABRIL DEL 2016
FECHA DE ENTREGA: 05 DE ABRIL DEL 2016	FECHA DE CALIFICACIÓN: 05 DE ABRIL DEL 2016	FECHA DE CALIFICACIÓN: 05 DE ABRIL DEL 2016	

Figura 21. Implantación del sistema de tratamiento de agua.