

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

PROYECTO INTEGRADOR

**IMPLEMENTACIÓN DE UN FILTRO LENTO DE ARENA PARA
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA EN LA ESCUELA COMUNITARIA
FISCAL CHIMBORAZO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

ESTEBAN ANDRÉS MALLAMAS MIÑO

esteban.mallamas@hotmail.com

MARJORIE PRISCILA PÁLIZ ALCÍVAR

mayu.pm@hotmail.com

DIRECTOR: ING. LUÍS ALEJANDRO MACHADO SALAZAR

alejandro.machado@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. LUÍS ÁNGEL JARAMILLO SÁNCHEZ

luis.jaramillo@epn.edu.ec

Septiembre, 2018

DECLARACIÓN

Nosotros, Esteban Mallamas y Marjorie Páliz, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

ESTEBAN ANDRÉS MALLAMAS MIÑO

MARJORIE PRISCILA PÁLIZ ALCÍVAR

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Esteban Mallamas y Marjorie Páliz, bajo nuestra supervisión.

ING. Alejandro Machado
DIRECTOR

ING. Luís Jaramillo
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más profundos agradecimientos a mis padres, Marco y Lúgia, quienes son y serán una parte fundamental en mi vida, por sus consejos y enseñanzas de superación. Siempre han estado dándome palabras de aliento y apoyándome en todo lo que me he propuesto.

A mis hermanos, Marco, Mayra y Luís, que siempre han estado conmigo brindándome su apoyo en los momentos más difíciles y animarme a lograr una meta más en mi vida que se está haciendo realidad.

A mis sobrinos que sin duda han sido mi fuerza para superarme y poder ser un ejemplo para ellos.

A mi compañera de tesis, Marjorie, por tu confianza y mucho esfuerzo estamos cumpliendo una meta más y culminando una etapa linda de nuestras vidas. Gracias por tu paciencia infinita y dedicación que tuviste para que el proyecto salga de manera exitosa. Sin antes terminar fuiste y serás mi más linda casualidad.

ESTEBAN MALLAMAS

DEDICATORIA

Mi proyecto de grado dedico a: mis padres y Marjorie, quienes sin duda han estado conmigo en los momentos buenos y malos; brindándome su amor y apoyo incondicional contribuyendo a lograr una meta más en mi vida.

ESTEBAN MALLAMAS

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la virgencita de Guadalupe, por darme fuerzas para cumplir esta etapa de mi vida.

A mis padres, Darwin y Marilyn, su apoyo incondicional y palabras de aliento.

A mis abuelitos, Moisés y María, por confiar en mí, su apoyo ha sido de vital importancia para culminar con esta etapa de mi vida, los amo abuelitos.

A mis tías y tío, Mariuxi, Marilú, Juanita y William, gracias por toda la colaboración y apoyo que me han brindado, son los mejores tíos gracias por demostrarme cada día su cariño.

A mis primos, Omar y Anderson, son mi motivo de superación para darles ejemplo.

A los padres de Esteban, Ligia y Marco, quienes me han acogido en su hogar como un miembro de su familia, gracias por la confianza depositada.

A mi compañero de tesis, Esteban, mi enamorado, amigo, confidente y compañero, quien me enseñó que los miedos son parte de la vida y hay que superarlos, te agradezco por todo lo vivido a lo largo de la preparación académica y elaboración de este proyecto, fuiste y serás mi mejor recuerdo.

A mi amigo y confidente, Jorgito, quien es mi ejemplo a seguir, persona a quien admiro mucho por su humildad y personalidad, gracias amigo por todo tu apoyo desde mucho antes de mi ingreso a la universidad y en la elaboración de este proyecto, eres el mejor.

A mi amiga, Kary, todo el apoyo que me has brindado, has estado en los momentos más difíciles de mi vida dándome palabras de aliento.

MARJORIE PÁLIZ

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a la madre, confidente y amiga, a la mujer que más amo y mi orgullo, la que me llena de amor todos los días, sin el apoyo de esta mujer luchadora y abnegada hoy no estaría cumpliendo esta meta, mi motivo de lucha y mi inspiración a seguir y no dejarme vencer, tú mi amada Marilyn.

MARJORIE PÁLIZ

ESTEBAN Y MARJORIE AGRADECEN

A los Ingenieros Luís Jaramillo y Alejandro Machado, por su tiempo, consejos y ayuda que nos han brindado, fueron de suma importancia, no solo en el ámbito de la elaboración de este proyecto sino también en la formación personal.

A nuestros amigos de universidad, Lesli y Jefito, gracias por estar junto a nosotros en las buenas y malas, quienes han colaborado en el desarrollo del proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	1
1.1.1. General	1
1.1.2. Específicos	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación del proyecto	2
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Filtración lenta de arena (FLA)	3
2.2. Maduración del filtro	3
2.3. Medios filtrantes granulares	4
2.4. Lechos filtrantes granulares	4
2.5. Lechos de soporte	4
2.6. Requisitos de los medios filtrantes granulares	4
2.6.1. Granulometría	4
2.6.2. Coeficiente de uniformidad	5
2.6.3. Materia Orgánica	5
2.6.4. Solubilidad en ácido clorhídrico	6
2.6.5. Gravedad o peso específico	6
2.7. Desinfección	7
2.7.1. Ácido Tricloroisocianúrico	7
2.7.2. Dosificador de cloro por contacto o erosión	8
2.7.3. Demanda de cloro	8
3. METODOLOGÍA	8
3.1. Levantamiento de la Línea base	8
3.1.1. Medición del caudal	8
3.1.2. Muestreo	8

3.1.3. Descripción del muestreo	9
3.1.4. Puntos de muestreo	11
3.1.5. Caracterización del agua.....	14
3.2. Diseño del filtro.....	23
3.2.1. Granulometría.....	25
3.2.2. Análisis de la materia orgánica.....	26
3.2.3. Determinación de la solubilidad en ácido clorhídrico	27
3.2.4. Determinación del peso específico	27
3.2.5. Dimensionamiento del filtro	28
3.3. Implementación del filtro.....	33
3.3.1. Instalación del filtro lento de arena en la casa barrial la Sierra	33
3.4. Desinfección	37
3.4.1. Determinación de la demanda de cloro.....	37
3.5. Evaluación de las estructuras que componen el sistema de abastecimiento de agua para su mantenimiento	39
3.6. Socialización del proyecto	40
3.6.1. Público objetivo de la comunicación	40
3.6.2. El Mensaje	40
3.6.3. Estrategias empleadas para la socialización	40
3.6.4. Acciones que se efectuaron para la socialización	40
3.6.5. Análisis FODA	41
3.7. Informe de costos	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Medición del caudal Método Volumétrico.....	42
4.2. Caracterización del agua.....	42
4.3. Diseño del filtro.....	48
4.3.1. Análisis Granulométrico.....	48
4.3.2. Análisis de la materia orgánica	51
4.3.3. Análisis de Solubilidad en ácido clorhídrico	52
4.3.4. Análisis del Peso específico	53

4.3.5. Resumen de cálculos del diseño del filtro lento de arena.....	53
4.3.6. Construcción del filtro lento de arena.....	54
4.4. Determinación de la demanda de cloro.....	59
4.4.1. Dosificación	60
4.5. Mantenimiento	61
4.5.1. Descripción de la red principal de agua	61
4.5.2. Mantenimiento en Estructuras de abastecimiento de agua	62
4.6. Socialización del proyecto	71
4.6.1. FODA.....	73
4.7. Informe de costos	74
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1. Conclusiones.....	78
5.2. Recomendaciones.....	81
6. BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABLA

TABLA 1 AGENTES DESINFECTANTES	7
TABLA 2 LISTA DE EQUIPOS PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN CAMPO	10
TABLA 3 DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	12
TABLA 4 ÍNDICE DEL NMP DE BACTERIAS CUANDO SE UTILIZA TRES ALICUOTAS DE 1ml POR DILUCIÓN	20
TABLA 5 TIPO DE TRATAMIENTO	24
TABLA 6 FILTRACIÓN DIRECTA DESCENDENTE.....	24
TABLA 7 NUMERACIÓN DE TAMICES	25
TABLA 8 VALORACIÓN DE LA PLACA ORGÁNICA CON LA ESCALA DE GARDNER	26
TABLA 9 TASAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL.....	28
TABLA 10. VOLUMEN AÑADIDO PARA LA DEMANDA DE CLORO	38
TABLA 11 MEDICIÓN DE CAUDAL	42
TABLA 12 RESULTADOS DE LAS CARACTERIZACIONES EN ACOMETIDA DE LA CASA BARRIAL Y COMPARACIÓN CON LAS NORMAS VIGENTES EN EL ECUADOR	43
TABLA 13 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN EN LA OPERACIÓN DEL FLA	44
TABLA 14 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN EN LA OPERACIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA	45
TABLA 15 EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LA FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN	46
TABLA 16 NOMBRES COMERCIALES DE LOS AGREGADOS.....	48
TABLA 17 AGREGADOS GRUESOS.....	49
TABLA 18 AGREGADOS FINOS	50
TABLA 19 DETERMINACIÓN DE IMPUREZAS ORGÁNICAS EN AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.....	51
TABLA 20 SOLUBILIDAD EN ÁCIDO CLORHÍDRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS	52
TABLA 21 PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS GRUESOS Y AGREGADOS FINOS	53
TABLA 22 TABLA DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO	55
TABLA 23 CLORO AÑADIDO VS CLORO RESIDUAL	59
TABLA 24 MANTENIMIENTO EN LA CAPTACIÓN	63
TABLA 25 MANTENIMIENTO EN LA POZA	64
TABLA 26 MANTENIMIENTO EN EL TANQUE DE HORMIGÓN.....	65
TABLA 27 MANTENIMIENTO EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CRUDA..	66
TABLA 28 MANTENIMIENTO EN EL FLA.....	67

TABLA 29 MANTENIMIENTO EN EL CLORADOR POR CONTACTO	68
TABLA 30 MANTENIMIENTO EN EL TANQUE DE AGUA TRATADA.....	69
TABLA 31 MANTENIMIENTO PARA EL FLA.....	70
TABLA 32 INFORME DE COSTOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL AGUA.....	74
TABLA 33 INFORME DE COSTOS DEL AGENTE DESINFECTANTE	75
TABLA 34 INFORME DE COSTO DEL MATERIAL FILTRANTE GRANULAR.....	75
TABLA 35 INFORME DE COSTOS DE LOS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FLA.....	76
TABLA 36 INFORME DE COSTO DE LA MANO DE OBRA	77
TABLA 37 INFORME DE COSTO DEL TRANSPORTE	77

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	5
ECUACIÓN 2 MÉTODO VOLUMÉTRICO	8
ECUACIÓN 3 SÓLIDOS TOTALES.....	22
ECUACIÓN 4 SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN.....	22
ECUACIÓN 5 SOLUBILIDAD DE ÁCIDO CLORHÍDRICO	27
ECUACIÓN 6 MÉTODO GEOMÉTRICO.....	28
ECUACIÓN 7 MÉTODO VOLUMÉTRICO	29
ECUACIÓN 8 CAUDAL MEDIO.....	29
ECUACIÓN 9 ÁREA DE FILTRACIÓN	29
ECUACIÓN 10 ÁREA DEL TANQUE DE 55 GALONES	30
ECUACIÓN 11 DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DEL AFLUENTE	30
ECUACIÓN 12 ÁREA DE ORIFICIOS	30
ECUACIÓN 13 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD	31
ECUACIÓN 14 NÚMERO DE LATERALES	31
ECUACIÓN 15 NÚMERO DE ORIFICIOS POR LATERAL	31
ECUACIÓN 16 NÚMERO TOTAL DE ORIFICIOS	32
ECUACIÓN 17 ECUACIÓN GENERAL DE LAS DILUCIONES.....	37
ECUACIÓN 18 DOSIS DE CLORO	38
ECUACIÓN 19 CÁLCULO DE LA DOSIS DE CLORO	60

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS PARA EL MUESTREO.....	9
FIGURA 2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DESDE LA FUENTE HASTA LA CASA BARRIAL	11
FIGURA 3 EQUIPO YSI 30 MEDIDOR DE TEMPERATURA Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	15
FIGURA 4 EQUIPO HACH HQ30D MEDIDOR DE OXÍGENO DISUELTO	15
FIGURA 5 ACCUMENT 115 MEDIDOR DE pH.....	16
FIGURA 6 EQUIPO 2100P ISO MEDIDOR DE TURBIEDAD.....	16
FIGURA 7 PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO Y MEDICIÓN DE pH.....	17
FIGURA 8 CONTEO DE TUBOS POSITIVOS.....	18
FIGURA 9 RESIEMBRA PRUEBA CONFIRMATIVA.....	19
FIGURA 10 SÓLIDOS TOTALES SECADOS A 103-105 ° C MÉTODO APHA 2540 B.....	23
FIGURA 11 PLACA ORGÁNICA DE COLORES ESTANDAR.....	26
FIGURA 12 NIVEL DE AGUA.....	32
FIGURA 13 ACONDICIONAMIENTO DEL TANQUE.....	33
FIGURA 14 MONTAJE DEL FLA.....	34
FIGURA 15 NIVEL DE AGUA Y CLORADOR POR CONTACTO.....	35
FIGURA 16 CLORADOR POR CONTACTO	35
FIGURA 17 RED DE DRENAJE	36
FIGURA 18 LAVADO DEL MEDIO FILTRANTE GRANULAR	36
FIGURA 19 EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS PARA SU MANTENIMIENTO	39
FIGURA 20 COMPARACIÓN DE VALORES DE LA CARACTERIZACIÓN ENTRE AGUA CRUDA Y AGUA FILTRADA	47
FIGURA 21 COMPARACIÓN DE VALORES DE LA CARACTERIZACIÓN ENTRE AGUA FILTRADA Y AGUA CLORADA.....	47
FIGURA 22 MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	48
FIGURA 23 GRÁFICA DE LA DEMANDA DE CLORO.....	59
FIGURA 24 UBICACIÓN DE LA PASTILLA DE CLORO EN EL CLORADOR.....	60
FIGURA 25 LOCALIZACIÓN DE LA RED PRINCIPAL DESDE LA CAPTACIÓN HASTA LA CASA BARRIAL	61
FIGURA 26 ESTADO DE LA RED PRINCIPAL	62
FIGURA 27 TABULACIÓN DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS A LOS HABITANTES DEL BARRIO LA SIERRA	71

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto integrador tiene como fin mejorar la calidad de agua en la Escuela Comunitaria Fiscal Chimborazo, que actualmente funciona como una área comunitaria debido al nuevo Registro Oficial N° 417 LEY ORGÁNICA DE EDUCACIÓN INTERCULTURAL, en la cual menciona “La incorporación de la comunidad educativa a la sociedad del conocimiento en condiciones óptimas” es por ello que las instalaciones de la escuela son usadas para el desarrollo de programas dirigidos al adulto mayor por parte del MIES, llamándose así casa barrial la Sierra.

El tratamiento que se propone es un filtro lento de arena; permite remover del 99 al 99.9% bacterias, quistes y huevos de E.Coli y materia orgánica que en la mayoría de los casos son causantes de problemas gastrointestinales y deterioran la salud (Silva, Potabilización, procesos y diseño de plantas, 2015, pág. 279).

1.1. Objetivos

1.1.1. General

Implementar un filtro lento de arena con el propósito de mejorar la calidad del agua para la Escuela Comunitaria Fiscal Chimborazo, pretendiendo la posible implementación en las viviendas del barrio la Sierra por parte del GAD.

1.1.2. Específicos

Objetivo 1.- Evaluar la calidad de agua a través de análisis de laboratorio para el levantamiento de la línea base.

Objetivo 2.- Determinar las características de la arena mediante pruebas de laboratorio para el diseño del lecho filtrante.

Objetivo 3.- Tratar el agua mediante la implementación de un filtro y desinfección, con el propósito de mejorar la calidad del líquido vital.

Objetivo 4.- Generar un informe de costos para la implementación de un solo filtro y desinfección de tal modo que el GAD de la Parroquia de Nono tengan conocimiento del valor estimado al proyecto.

Objetivo 5.- Socializar a los habitantes del barrio la Sierra mediante reuniones en la Escuela Comunitaria Fiscal Chimborazo para que el periodo de diseño del filtro se cumpla.

1.2. Planteamiento del problema

El agua es un recurso natural incoloro, inodoro e insaboro que proviene de fuentes superficiales y subterráneas, permite la vida y es indispensable para el desarrollo de comunidades, es por ello que los Gobiernos Autónomos Descentralizados GADs tienen como finalidad impulsar el desarrollo territorial acorde a sus competencias, por ejemplo, garantizar a la comunidad agua de buena calidad amparándose en las normativas vigentes (Barrezueta, 2010).

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Nono 2012 – 2025, en las líneas estratégicas en asentamientos humanos, establece cubrir el déficit de servicios básicos y sociales coordinando con las empresas prestadoras de estos servicios, las cuales son fundamentales para el bienestar de los habitantes mediante el programa “Mejoramiento de infraestructura en servicios básicos, así como la cobertura de agua potable” (Narváez, 2012).

El GAD ha visto la necesidad de mejorar la calidad de agua debido a que cada vivienda del barrio la Sierra capta el agua de distintos manantiales provenientes de alta montaña, es decir cada hogar tiene una fuente de abastecimiento. En compañía de un representante de la junta parroquial de Nono la Sra. Fanny Zurita manifestó lo siguiente: “Una de las soluciones planteadas por el GAD fue entregar a cada uno de los hogares un tanque de almacenamiento de 1200 litros para mejorar las condiciones de distribución del agua” (Zurita, 2017).

Mediante observaciones de simple inspección en compañía con la vocal de la junta parroquial en el barrio la Sierra, se apreció que los habitantes del lugar no están dando el uso adecuado a dichos tanques, se evidenció que los contenedores de agua están al exterior de las viviendas sin protección a las condiciones climáticas y con presencia de plagas, así como también tiene gran cantidad de sedimentos depositados en el fondo del tanque.

1.3. Justificación del proyecto

El consumo de agua de mala calidad en zonas rurales siempre ha sido uno de los problemas que afrontan las autoridades, debido a factores económicos que atraviesan los países en vías de desarrollo. Para empresas prestadoras de estos servicios no resulta rentable implementar proyectos de tratamiento de agua potable, debido a que en zonas rurales el área comprendida es de baja densidad poblacional, por esta razón, estas poblaciones año tras año han sido desatendidas referentes a servicios básicos (Torres, Villanueva, & Sonia, 2014).

1.8 millones de personas mueren cada año debido a enfermedades gastrointestinales producto del consumo de agua contaminada, a causa de los malos hábitos de higiene tales como: preparación de alimentos y lavado de manos han dado lugar al aumento del índice de enfermedades estomacales en zonas rurales (Dr.Wook, 2004).

Las comunidades han optado por desarrollar métodos de tratamientos caseros como cloración por goteo y el hervido de agua hasta su punto de ebullición (entre 90°C y 100°C), dichos métodos no aseguran en su totalidad la descontaminación del agua ya que algunos microorganismos como los facultativos tienen la capacidad de sobrevivir en condiciones más allá del punto de ebullición y frente a reacciones químicas producidas entre el agua y el cloro (Dr.Wook, 2004).

Por tal motivo, es conveniente implementar un filtro lento de arena que brinde ciertas características como bajo costo en construcción, fácil operación, así como también son adaptables a zonas rurales de difícil acceso, es por ello que esta alternativa se ajusta a un contexto económico, social y ambiental que con este trabajo se desea abordar.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Filtración lenta de arena (FLA)

La filtración lenta es un método de purificación del agua mediante un proceso físico-biológico, utilizado para separar impurezas suspendidas, coloides, reducción de bacterias y virus, además retiene materiales que pueden ser flóculos, precipitados de calcio, hierro y manganeso esto es posible mediante el paso del agua por medios granulares de diferentes granulometrías, y es así que la calidad del agua mejora considerablemente (Secretaría del Agua , 2014, págs. 220-221).

2.2. Maduración del filtro

Características de la capa biológica

A medida que el afluente atraviesa el medio filtrante granular, la arena fina retiene el conjunto de bacterias, materia orgánica y nutrientes presentes en el agua cruda, el conjunto de estos elementos permite la formación de la capa biológica o schmutzdecke; la cual es una capa fina, viscosa, y de color café.

Las bacterias que son retenidas por la arena fina oxidan la materia orgánica para obtener energía que requieren para su metabolismo y utilizan parte de este material para su crecimiento y alimentación. El tiempo de formación de la capa biológica es de treinta días aproximadamente, pero esto depende de las características del agua cruda (Vargas, 2002, págs. 8,9).

2.3. Medios filtrantes granulares

El medio filtrante granular es el conjunto de partículas granulares que deben ser durables e inertes, además estas deben estar exentas de materia orgánica, micaceas, limos y arcilla (INEN 2149:2013, 2017, pág. 1).

2.4. Lechos filtrantes granulares

Son distintas capas de medio filtrante ubicados una encima de otra de diferentes granulometrías y espesores (INEN 2149:2013, 2017, pág. 1).

2.5. Lechos de soporte

Capas de material granular grueso que cubre la red de drenaje impidiendo así el paso del medio filtrante (INEN 2149:2013, 2017, pág. 1).

2.6. Requisitos de los medios filtrantes granulares

2.6.1. Granulometría

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado, por lo tanto se lo determina por dos clases de ensayo: el primero es por el tamizado de partículas gruesas (gravas y arena) para ello se usa los tamices de malla que son de alambre con aberturas cuadradas y el segundo es por la sedimentación para la fracción fina del suelo (limo y arcilla) (Sánchez, s.f.).

Método del tamizado

El ensayo consiste en separar la muestra del agregado seco de masa conocida a través de una serie de tamices con aberturas progresivamente menores, cuyo objetivo es determinar los tamaños de las partículas (ASTM C 136-01, 2001, pág. 1).

Tamaño de la muestra

Agregado fino: el tamaño de la muestra de ensayo, después del secado será de 300g como mínimo.

Agregado grueso: el tamaño de la muestra del agregado grueso debe cumplir con la siguiente tabla: **ver anexo I.**

Grueso y fino: se debe tomar en cuenta los criterios de tamaño de la muestra para el agregado grueso (ASTM C 136-01, 2001).

2.6.2. Coeficiente de uniformidad

Es la relación del tamaño de la abertura del tamiz por el cual pasa el 60% de la muestra representativa del material filtrante, dividida por el tamaño efectivo de dicha muestra. (INEN 2149:2013, 2017, pág. 1)

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

ECUACIÓN 1 COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

Donde:

D_{60} : Es la abertura del tamiz por el cual pasa el 60% de una muestra representativa del material filtrante.

D_{10} : Es la abertura del tamiz por el cual pasa el 10% de una muestra representativa del material filtrante llamado también tamaño efectivo.

Gráfica granulométrica

Los datos que se obtiene del análisis granulométrico se representa en forma de una curva semilogarítmica, que en el eje de la abscisa se muestra la escala logarítmica que representa la abertura del tamiz y en la ordenada una escala lineal que representa el porcentaje acumulado (Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, 2012).

2.6.3. Materia Orgánica

La presencia de materia orgánica en los sedimentos depende del aporte de material orgánico presente en los organismos que habitan en las aguas, también consiste en productos de descomposición vegetal, la cual aparece en forma de humus.

Los principales componentes de materia orgánica son: carbono orgánico, nitrógeno orgánico, fósforo total, pigmentos y carbón hidratado siendo estos compuestos los elementos básicos en la estructura y actividad metabólica de los organismos.

Cabe mencionar que para eliminar el material orgánico es necesario tener un enérgico lavado de los estratos antes de ser dispuestos en el filtro (Jacome de Solorzano & Llanos de Bonilla , 2004).

2.6.4. Solubilidad en ácido clorhídrico

El ensayo consiste en colocar una cantidad de muestra de valor conocido, en solución de ácido clorhídrico, hasta que los materiales solubles en el ácido sean disueltos como por ejemplo el carbonato de calcio presente en los restos de conchas, huevos de criaturas marinas y rocas calizas en pequeñas cantidades.

La finalidad de este ensayo es determinar la pérdida de masa del material (arena, gravilla y grava) (INEN 2149:2013, pág. 8).

2.6.5. Gravedad o peso específico

Se define como la relación entre la masa de un volumen conocido de sólidos y la masa del mismo volumen de agua destilada libre de gas a una misma temperatura.

Para calcular la gravedad específica es importante analizar el tamaño de la partícula ya que mediante este parámetro se elige el tipo de ensayo a realizarse.

- Gravedad específica para partículas mayores a la malla N° 4 ASTM Según el método C-127 en este ensayo se tomó en cuenta el principio de Arquímedes, el cual menciona que un cuerpo dentro de una masa de agua desplaza un volumen de agua igual al del cuerpo sumergido (Determinación de la gravedad específica de los sólidos, 2004, págs. 2,3).
- Gravedad específica de los sólidos menores a la malla N° 4 ASTM según Norma Chilena 1532, el ensayo consiste en obtener el volumen de un peso conocido de granos de suelo previamente secados en el horno y dividirlo por el peso del mismo volumen de agua, para ello se usa un picnómetro. (Determinación de la gravedad específica de los sólidos, 2004, pág. 4).
- La fuente de error en este ensayo es la inadecuada eliminación de aire, cuando se incorpora en la muestra del suelo al agua, tanto el agua como el suelo contienen aire disuelto. Se remueve el aire de ambos materiales para que se produzca la disminución en el peso del frasco que contiene la mezcla de suelo – agua (Determinación de la gravedad específica de los sólidos, 2004).

La eliminación de aire puede ser de las siguientes maneras:

- Al vacío se lo debe realizar al menos por un tiempo de 15 minutos para que se produzca la eliminación de aire completamente y se debe agitar el picnómetro de manera suave para permitir la remoción del aire contenido.

- Someter a ebullición al picnómetro con la mezcla de suelo-agua por un tiempo de 30 minutos, agitar el picnómetro de manera ocasional con la finalidad de remover el aire.
- Someter el picnómetro con la mezcla agua – suelo a baño maría por 10 minutos de hervor, serán suficientes para ayudar a expulsar el aire contenido, se debe esperar a que el picnómetro alcance la temperatura ambiente para continuar con el ensayo (Norma Chilena, 2004, pág. 5).

2.7. Desinfección

Es un proceso de purificación, cuya finalidad es eliminar organismos patógenos que pueden afectar a la salud del ser humano (INEN 2655:2012).

Factores que afectan a la desinfección

- **Temperatura:** Afecta a la difusión del desinfectante y la solubilidad del cloro en el agua.
- **pH:** Es de suma importancia debido a que pH >8 el poder bactericida es menor, a diferencia que a pH entre 3 a 7 los microorganismos son eliminados en forma efectiva.
- **Materia orgánica:** Se pierde desinfectante por acción de la oxidación de la materia orgánica (Silva, Potabilización , procesos y diseño de las plantas, 2015).

TABLA 1 AGENTES DESINFECTANTES

Químicos	Físicos	Compuestos orgánicos	Compuestos inorgánicos	Ácidos minerales y alcalinizantes
Cloro	Calor	Fenoles	Metales pesados: oro y plata	Oxidantes
Ozono	Ondas cortas (ultravioletas)	Sales cuaternarias de amonio		Permanganato de potasio
Dióxido de cloro	Radiaciones gama			Peróxido de hidrógeno
	Ultrasonido			

Fuente: (Silva, Potabilización, procesos y diseño de plantas, 2015, pág. 306)

2.7.1. Ácido Tricloroisocianúrico

Es un agente desinfectante químico; su presentación es en tabletas de 20g, que contiene un alto contenido de cloro al (90%) y tiene una lenta disolución. El Ácido Tricloroisocianúrico presenta

una alta estabilidad en solución acuosa, ya que no se degrada a cloro gas por exposición a luz ultravioleta del sol. En cuanto al poder bactericida, en pH cercanos a 7 produce alrededor de un 50% de ácido hipocloroso y alrededor de un 12% de hipoclorito (González, 2011).

2.7.2. Dosificador de cloro por contacto o erosión

Trabajan con tabletas de diferentes tamaños donde se disuelven gradualmente las pastillas de cloro a una tasa predeterminada mientras fluye agua alrededor de ellas con el fin de ir diluyendo las mismas (Lic. Campos, 2013, pág. 7).

2.7.3. Demanda de cloro

Es un ensayo que permite identificar mediante el uso de una gráfica el punto de intersección entre el cloro añadido y el cloro residual deseado (Arboleda, 2000).

3. METODOLOGÍA

3.1. Levantamiento de la Línea base

3.1.1. Medición del caudal

La medición del caudal se realizó por el método volumétrico, para ello se usó un cronómetro y una jarra de volumen conocido, la medición del caudal se efectuó en: la captación, tanque de almacenamiento de agua cruda, filtro lento de arena y tanque de almacenamiento de agua tratada (Manual de Hidrometría, 2005, pág. 7).

$$Q = \frac{V}{T}$$

ECUACIÓN 2 MÉTODO VOLUMÉTRICO

Donde:

Q: Caudal (l/s)

V: Volumen (l)

T: Tiempo (s)

3.1.2. Muestreo

Las primeras campañas de muestreo para evaluar la calidad del agua se realizaron en las estaciones de invierno y verano, las cuales se efectuaron con la finalidad de identificar si existe

variación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, así como también determinar la calidad de agua que consumían los habitantes.

Una vez implementado el filtro lento de arena se esperó un tiempo de treinta días para efectuar el tercer muestreo, debido a que en este lapso de tiempo, se formó la capa biológica sobre el lecho filtrante, la cual juega un papel importante en la efectividad del tratamiento (Ing.Sánchez, Ing.Latorre, & Ing.Galvis, 2015) y así evaluar la eficiencia del filtro y con ello constatar el mejoramiento de la calidad del agua, los criterios a tomarse en cuenta en el muestreo fueron los siguientes:

- Lugar de muestreo
- Elección tipo de muestra
- Elección de los parámetros
- Elección de los equipos
- Elección de los recipientes
- Manipulación y transporte de muestras
- Indumentaria de seguridad



FIGURA 1 EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS PARA EL MUESTREO

Fuente: Mallamas – Páliz. (2017).

3.1.3. Descripción del muestreo

Lugar del muestreo

Previo a la campaña de muestreo se realizó una inspección en campo, para identificar el acceso al lugar y los puntos a realizar el muestreo.

Elección tipo de muestra

Se tomó muestras puntuales, las cuales fueron transportadas al laboratorio para evaluar si el agua que consumían los habitantes de la casa barrial la Sierra cumple con los límites máximos permisibles de la calidad de agua para consumo humano que se establece en las normativas vigentes (INEN 2176:2013).

Elección de los parámetros

Los parámetros físico-químicos y microbiológicos fueron seleccionados en base al “Capítulo sexto Potabilización del agua”, obtenido de la Secretaría del Agua, en la cual establece los criterios para la selección del tipo de tratamiento siendo estos: turbiedad, color, alcalinidad, pH y NMP (Secretaría del Agua , 2014, pág. 183).

Para la utilización de la filtración lenta se tomó el criterio de la Tabla 3 de la Norma Técnica Ecuatoriana 2655:2012, en la que se establece “Las características generales del agua cruda a ser tratada mediante la tecnología de filtración directa descendente” cuyos parámetros a analizar son: turbiedad, color verdadero, coliformes totales, coliformes fecales y sólidos suspendidos totales (INEN 2655:2012).

Elección de los equipos

Previo a la campaña de muestreo se calibró y verificó los equipos a utilizar con finalidad de que los resultados sean confiables.

TABLA 2 LISTA DE EQUIPOS PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN CAMPO

Parámetro	Equipo usado
Temperatura	Conductímetro Modelo:YSI 30
Oxígeno disuelto	Oxímetro Modelo:HACH HQ30d
Turbiedad	Turbidímetro Modelo:HACH 2100P
Conductividad eléctrica	Conductímetro Modelo:YSI 30
pH	Potenciómetro Modelo:Accument 115

Fuente: Mallamas – Páliz. (2017).

Elección de los recipientes

Los recipientes en los que se tomó la muestra fueron botellas ámbar de medio litro y fundas plásticas para coliformes.

Manipulación y transporte de muestras

Cada una de las botellas fue etiquetada y para su transporte se las colocó en el cooler, manteniendo una temperatura entre 1 y 5 °C con el uso de hielo; al llegar al laboratorio se almacenó las alícuotas en la nevera (INEN 2169:2013).

Indumentaria de seguridad

En la verificación del terreno se observó que, para el acceso a los puntos de muestreo, se requería de indumentaria de seguridad como son botas y mandil, así como también para la recolección y manipulación de las muestras se usó guantes.

Se realizó un check list de muestreo **ver anexo II**, esta herramienta permitió organizar la instrumentación necesaria para que se efectúe el muestreo.



3.1.4. Puntos de muestreo



FIGURA 2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DESDE LA FUENTE HASTA LA CASA BARRIAL

Fuente: Google Earth

TABLA 3 DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Captación	Descripción	
	<p>La lámina de agua que escurre por el talud natural no es aprovechada en su totalidad debido a que la captación está de forma rudimentaria, con la colocación de dos mangueras de 3/4" y una tubería sanitaria de PVC de 4" al aire libre, además se observó que el lugar en su alrededor posee mucha vegetación propia del lugar, lo cual evidencia que nunca ha tenido algún tipo de protección ni limpieza.</p>	
<p>COORDENADAS (UTM)</p> <p>17M</p>		
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="180 947 362 1010">766730</td> <td data-bbox="362 947 621 1010">9992158</td> </tr> </table>		766730
766730	9992158	
Punto de contaminación (Poza)	Descripción	
	<p>La poca cantidad de agua que escurre por el talud natural de la captación pasa a esta estructura de forma circular, en la cual se observó que en su construcción únicamente se ha realizado con piedras unidas con cemento para formar los bordes, así como también se encuentra tapada con un zinc que está en proceso de oxidación.</p> <p>En el fondo se encontró depositado una gran cantidad de sedimento, lo cual le convertía en un punto de contaminación. Además, se constató que, en este punto, debido a la gran cantidad de sedimento obstruía el paso de agua a la siguiente estructura.</p>	

Tanque de hormigón		Descripción
		<p>El tanque de almacenamiento es de hormigón armado tiene aproximadamente 25 años desde su construcción, en la parte externa de la estructura se observó la presencia de vegetación esto es debido a la falta de mantenimiento.</p> <p>El ingreso del agua al tanque es mediante un codo de 90° para una tubería sanitaria PVC de 4", pero la manguera que conduce el agua al tanque es de 3/4" es por ello que los moradores del sector ubicaron una piedra con la finalidad de empatar las dos estructuras.</p> <p>La tubería de rebose no presentaba algún tipo de accesorio que permita cumplir su función, se visualizó que de la tubería de rebose se había ubicado una manguera de 1 1/2" la cual es usada para proveer del líquido vital al ganado.</p> <p>La tubería de salida no posee ningún accesorio que permita unir la tubería que conduce al agua hasta la Casa Barrial.</p>
COORDENADAS (UTM)		
17M		
766717	9992168	
Casa Barrial		Descripción
		<p>La tubería de la acometida a la Casa Barrial es de 1/2", se observó que el flujo de agua no es continuo, debido a que desde la fuente y el transcurso de la red de distribución existe la presencia de aire por fisuras en las tuberías.</p>
COORDENADAS (UTM)		
17M		
766419	9992328	

Fuente: Mallamas – Páliz (2017).

3.1.5. Caracterización del agua

Para el levantamiento de la línea base fue necesario determinar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de tal forma que, con estos resultados poder comparar con dos normativas vigentes en el Ecuador, las cuales son: INEN 1108 (Segunda revisión del 2006 y la Quinta revisión del 2014) y los criterios establecidos en la Secretaría del Agua para el diseño de plantas potabilizadoras, con la finalidad de identificar los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles y así, mediante la implementación del filtro lento de arena permitir que estos parámetros estén dentro de la norma. A continuación, se detalla el procedimiento que se efectuó para determinar las características del agua, así como también se tomó en cuenta las técnicas generales para la preservación de muestras que se menciona en la NTE INEN 2169.

Ver anexo III

Medición de parámetros en sitio

Los parámetros que se realizaron en campo fueron: oxígeno disuelto, temperatura, pH, turbiedad y conductividad.

Para la medición de los parámetros en sitio, se tomó las medidas necesarias de manipulación y limpieza de equipos, se limpió las sondas de cada uno de los equipos antes y después de cada medición con agua destilada y se eliminó la humedad con toallas absorbentes.

Temperatura y Conductividad eléctrica

La temperatura y conductividad se midió con el conductímetro, previo a la medición del parámetro se hizo la lectura del manual del equipo, se enfatizó en el literal de calibración en el cual menciona que se debe "comprobar la calibración del sistema y hacer ajustes si es necesario" (YSI Model 30 and 30M Operations Manual, 2007, pág. 13).

Para la medición se observó que la sonda esté totalmente cubierta por la muestra, así como también no permitir que la sonda tenga contacto con las paredes del recipiente ya que esto puede afectar a la lectura, posterior a la medición se anotó los resultados.



FIGURA 3 EQUIPO YSI 30 MEDIDOR DE TEMPERATURA Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Fuente: Mallamas – Páliz. (2017).

Oxígeno disuelto

La medición de oxígeno disuelto se realizó en campo mediante el uso del oxímetro, primero se introdujo la sonda en la muestra, luego se pulsó el botón "Medición" y se observó en la pantalla del equipo la palabra "Estabilizado" y se procedió anotar el resultado.

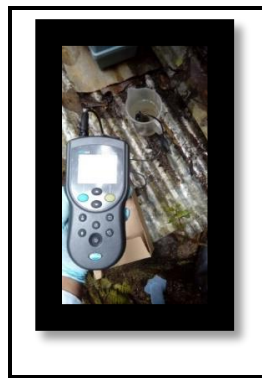


FIGURA 4 EQUIPO HACH HQ30D MEDIDOR DE OXÍGENO DISUELTO

Fuente: Mallamas – Páliz. (2017).

pH

Para la medición del pH se usó el potenciómetro, para ello previo a la medición en campo, el equipo fue verificado con soluciones buffers, se limpió el electrodo con agua destilada y se retiró la humedad con toallas absorbentes, este procedimiento se realizó antes y después de la medición con cada una de las soluciones, una vez verificado el equipo se introdujo el electrodo en la muestra y se procuró que el electrodo no tenga contacto con las paredes del recipiente para que la medición sea correcta, así como también se observó que en la pantalla del equipo aparezca la palabra "Estable" para tomar nota del resultado (Yip, 2012, pág. 6).



FIGURA 5 ACCUMENT 115 MEDIDOR DE pH

Fuente: Mallamas – Páliz. (2017).

Turbiedad

Para la medición de turbiedad se realizó el método Nefelométrico con la ayuda del equipo turbidímetro, este “dispersa la luz en un ángulo de 90°” (Hach, 2004, pág. 14) permitiendo así la medición de la materia en suspensión que contiene la muestra. Para el procedimiento primero se calibró el equipo, luego en una celda limpia se colocó agua desmineralizada para encerrar el equipo, se tomó la muestra en otra celda homogenizando tres veces para adaptar el recipiente a la muestra. Con papel absorbente se limpió totalmente la celda para evitar cualquier interferencia de luz, finalmente se colocó en el equipo y se midió.



FIGURA 6 EQUIPO 2100P ISO MEDIDOR DE TURBIEDAD

Fuente: Mallamas – Páliz. (2017).

Medición de parámetros en el laboratorio

Los parámetros que se realizaron en el laboratorio fueron: coliformes totales y fecales, color aparente y verdadero, sólidos (totales, disueltos y suspendidos), hierro y alcalinidad.

Es importante mencionar que la medición de los parámetros se efectuó el mismo día que se realizó el muestreo.

Coliformes

El grupo Coliformes se divide en dos pruebas; presuntiva y confirmativa determinando coliformes totales y fecales respectivamente. La Técnica utilizada fue 9221 B “Técnicas estandarizadas de fermentación en tubo múltiple (NMP) para coliformes totales” (Clesceri, Greenberg, & Eaton, 1998).

Coliformes Totales

Prueba Presuntiva

Para la determinación de coliformes totales primero se seleccionó el número de diluciones a realizar, este criterio se lo elige dependiendo la procedencia del agua a analizar. En este caso se realizó 4 diluciones (10^0 , 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}), la determinación se efectuó por duplicado, es decir, se efectuó por cada muestra dos veces la misma prueba, con la finalidad de aumentar el grado de confiabilidad del método.

El medio a utilizar fue el caldo de lactosa y el indicador purpura de bromocresol, cabe mencionar que se toma 13 g del medio de cultivo y 0,1 g del indicador purpura de bromocresol por cada litro de agua destilada y se ajusta el pH a $6,9 \pm 2$ con hidróxido de sodio (0,1N) (Clesceri, Greenberg, & Eaton, 1998).



FIGURA 7 PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO Y MEDICIÓN DE pH

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

Con ayuda de un dispensador se colocó 10 ml en los tubos de ensayo con el medio, luego se tapó con capuchones de algodón los tubos de ensayo. Para la preparación del agua de dilución se usó las soluciones tampón A y B, donde se tomó 1,25 ml de la solución A y 5 ml de la solución B por cada litro de agua destilada. De la misma forma con la ayuda del dispensador se colocó 9 ml en los tubos de dilución.

Luego de haber finalizado estos procesos se colocó en la autoclave para su esterilización: el medio de cultivo, el agua de dilución y puntas de la micropipeta por un tiempo de 2 horas.

Cuando la esterilización finalizó, se sacó el material y se dejó a temperatura ambiente por 30 minutos, el área de trabajo se esterilizó, para ello se limpió con alcohol y se usó el mechero tipo bunsen. Para la inoculación, primero se tomó 1 ml de la alícuota con la micropipeta previamente esterilizada en el mechero y se vertió en el agua de dilución 10^0 , luego se homogenizó bien el tubo de dilución y con otra punta se tomó 1ml de la dilución 10^0 para añadir en los tres tubos con el caldo lactosado y para la siguiente dilución que es 10^{-1} , 1 ml respectivamente, se desechó esta punta y se tomó otra, de la dilución 10^{-1} se tomó 1 ml y se vertió en los tres tubos que contenían el medio de cultivo y para la siguiente dilución que es 10^{-2} , este proceso se realizó hasta terminar con la dilución 10^{-3} . Cabe recalcar que al cambiar la punta de la micropipeta se debe esterilizar y homogenizar tres veces previamente a tomar la muestra y diluciones.

Finalmente se ingresó el medio inoculado en la incubadora a $35\pm 0,5^\circ\text{C}$ en un tiempo de 48 horas. Luego se realizó el conteo de tubos positivos en el cual se identificó el cambio de color violeta a amarillo debido a la fermentación que realizan las bacterias en el medio (Clesceri, Greenberg, & Eaton, 1998).



FIGURA 8 CONTEO DE TUBOS POSITIVOS

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

Coliformes Fecales

Prueba Confirmativa

Primero se preparó el medio de cultivo EC dependiendo el número de tubos positivos en la prueba presuntiva, para el cual se pesó 37 g del medio y se disolvió en un litro de agua destilada, luego se comprobó que el pH esté en un rango de $6,9\pm 2$, caso contrario se ajustó con hidróxido de sodio (0,1N), luego se colocó el medio de cultivo EC en el dispensador para dosificar 10 ml en los tubos de ensayo, se introdujo tubos Durham invertidos procurando que estos tubos no contengan burbujas de aire y se colocó las tapas en cada tubo de ensayo. Para concluir, se ingresó en la autoclave a una temperatura de 121°C para su esterilización en un tiempo de 2 horas.

Al finalizar la esterilización, se dejó que se enfrié a temperatura ambiente. Se limpió y desinfectó con alcohol el área de trabajo para tener un ambiente aséptico, luego se tomó los tubos positivos de la prueba presuntiva y se colocó en una gradilla ordenada, posterior a esto, se tomó los tubos que contenían el medio EC y se colocó en una gradilla copiando el proceso anterior mencionado. Se tomó el asa de siembra y con la ayuda del mechero tipo bunsen se esterilizó hasta que se ponga en rojo vivo, se esperó a que el asa este a temperatura ambiente para introducir en el tubo positivo de coliformes totales procurando que se vea una burbuja en el centro de la misma, luego se introdujo en el tubo que contenía el medio EC. Este proceso se realizó tres veces por tubo positivo de la prueba presuntiva (Clesceri, Greenberg, & Eaton, 1998).

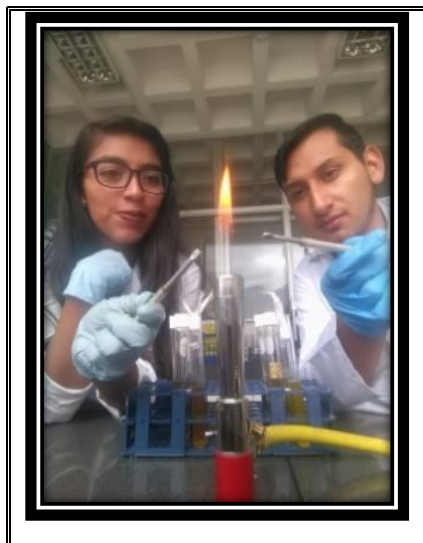


FIGURA 9 RESIEMBRA PRUEBA CONFIRMATIVA

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

Terminada la resiembra, se procedió a ingresar a la incubadora a una temperatura de 45°C±0,2 en un tiempo de 24 horas (Clesceri, Greenberg, & Eaton, 1998).

Para la determinación de coliformes Totales y Fecales se utilizó la técnica estadística del Número Más Probable (NMP), **ver tabla 4**, para ello se seleccionó una serie de tres diluciones, en las cuales se contabilizó los tubos positivos, con la finalidad de tomar una triplete y buscar el valor en tabla de NMP, que da una confianza del 95% (Clesceri, Greenberg, & Eaton, 1998).

TABLA 4 ÍNDICE DEL NMP DE BACTERIAS CUANDO SE UTILIZA TRES ALICUOTAS DE 1ml POR DILUCIÓN

Tubos Positivos				Tubos Positivos				Tubos Positivos				Tubos Positivos			
10 ml	1ml	0,1 ml	NMP	10 ml	1ml	0,1 ml	NMP	10 ml	1ml	0,1 ml	NMP	10 ml	1ml	0,1 ml	NMP
0	0	0	<3	1	0	0	3.6	2	0	0	9.1	3	0	0	23
0	0	1	3	1	0	2	7.2	2	0	1	14	3	0	1	39
0	0	2	6	1	0	2	11	2	0	2	20	3	0	2	64
0	0	3	9	1	0	3	15	2	0	3	26	3	0	3	95
0	1	0	3	1	1	0	7.3	2	1	0	15	3	1	0	43
0	1	1	6.1	1	1	1	11	2	1	1	20	3	1	1	75
0	1	2	9.2	1	1	2	15	2	1	1	27	3	1	2	120
0	1	3	12	1	1	3	19	2	1	3	34	3	1	3	160
0	2	0	6.2	1	2	0	11	2	2	0	21	3	2	0	93
0	2	1	9.3	1	2	1	15	2	2	1	28	3	2	1	150
0	2	2	12	1	2	2	20	2	2	2	35	3	2	2	210
0	2	3	16	1	2	3	24	2	2	3	42	3	2	3	290
0	3	0	9.4	1	3	0	16	2	3	0	29	3	3	0	240
0	3	1	13	1	3	1	20	2	3	1	36	3	3	1	460
0	3	2	16	1	3	2	24	2	3	2	44	3	3	2	1100
0	3	3	19	1	3	3	29	2	3	3	53	3	3	3	>1100

Fuente: (NTE INEN 1529-6)

Color

La medición de color se realizó con la ayuda del método 8025 HACH, cabe recalcar que el color de una muestra se divide en color aparente que se mide tal cual como es tomada, en cambio el color verdadero es aquel que se pasa la muestra por un filtro de fibra de vidrio 0,2u. A continuación, se describe el procedimiento:

- **Color Aparente**

Se tomó dos celdas, una como blanco en la cual se colocó agua destilada y en la otra se colocó la muestra, en los dos casos se aforó hasta 10 ml y se homogenizó tres veces.

Antes de ingresar las celdas con la muestra al porta cubeta del espectrofotómetro, se limpió con papel absorbente para no tener ninguna interferencia en la medición (Hach Company, 2000).

En el Espectrofotómetro se eligió el programa y se enceró con el blanco, luego se colocó la muestra en la otra celda y se procedió a medir.

- **Color Verdadero**

Para la medición de color verdadero, primero se armó el equipo de filtración con la bomba de vacío, se colocó el filtro de fibra de vidrio con la cara rugosa hacia arriba, posteriormente se enjuagó el filtro con 50 ml de agua destilada para eliminar cualquier tipo de impurezas, se desechó los 50 ml del enjuague, luego se vertió otros 50 ml de agua destilada la cual se filtró y se usó para la celda del blanco.

Para la muestra se tomó 50 ml y se pasó a través del filtro, posteriormente de la muestra filtrada se tomó 10 ml y se colocó en una segunda celda, luego se midió y se tomó apuntes (Hach Company, 2000).

Hierro total HACH 8008

Previo a la medición del parámetro se enceró el equipo con agua destilada, se seleccionó en el equipo el programa 267 Hierro FerroVer, luego se llenó la celda con 10 ml de la muestra, después se ubicó el reactivo en la celda con la muestra y se esperó un lapso de 3 minutos a que el reactivo reaccione con la muestra, se verificó la presencia de hierro debido al cambio de coloración de las muestras, se limpió el exterior de la celda y se la transfirió al soporte porta cubetas y se midió. La onda utilizada fue de 510 mm (Hach Company, 2000).

Sólidos totales secados a 103-105 ° C APHA 2540 B

- Preparación de los crisoles

Previo a la ejecución del ensayo primero se enjuagó a los crisoles con agua destilada y se los sometió a la estufa durante una hora, después se ubicó los crisoles en el desecador alrededor de media hora y se los pesó.

- Análisis de la muestra

Se ubicó en los crisoles 50 ml de la muestra, se dejó la muestra evaporar por el lapso de una hora en la estufa a 103-105 ° C, se transfirió el crisol al desecador con la finalidad de equilibrar la temperatura y se pesó (Clesceri, Greenberg, & Eaton, 1998).

$$\frac{\text{mg de sólidos totales}}{l} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{vol. de muestra ml}}$$

ECUACIÓN 3 SÓLIDOS TOTALES

Donde:

A: Peso de residuo seco + crisol mg

B: Peso inicial del crisol

Sólidos totales en suspensión secados a 103-105 ° C APHA 2540 D

- Preparación de los filtros

Se preparó el disco de filtrado de fibra de vidrio, la cara rugosa hacia arriba del equipo de filtrado al vacío, se lavó el disco con tres volúmenes de 20 ml de agua destilada, una vez lavado los filtros se los ubicó en la estufa a 103-105 ° C durante una hora, después se trasladó los filtros al desecador para equilibrar la temperatura y se pesó (Clesceri, Greenberg, & Eaton, 1998).

- Análisis de la muestra

Se midió 100 ml en la probeta de cada muestra y se filtró, se lavó con tres volúmenes de agua destilada permitiendo el drenaje completo de los sólidos retenidos en las paredes de la probeta y se continuó succionando hasta observar que el filtro se hayan secado, se transfirió el producto a una cápsula y se ubicó en la estufa a 103 -105 ° C durante una hora después se colocó la cápsula en el desecador por media y se pesó (Clesceri, Greenberg, & Eaton, 1998).

$$\frac{\text{mg de sólidos totales en suspensión}}{l} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volumen de la muestra ml}}$$

ECUACIÓN 4 SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN

Donde:

A: Peso del filtro +residuo seco mg

B: Peso del filtro mg



FIGURA 10 SÓLIDOS TOTALES SECADOS A 103-105 ° C MÉTODO APHA 2540 B

Fuente: Mallamas – Páliz. (2017).

Alcalinidad APHA 2320

Se colocó 100 ml de la muestra en un matraz 250 ml, se verificó el pH de las muestras y como resultado se obtuvo pH menores a 8.3, es decir presentaron alcalinidad total, se agregó tres gotas de indicador de fenolftaleína a cada una de las muestras se observó el cambio de color a rosa, se tituló con H_2SO_4 , 0.02 N hasta un viraje incoloro y se registró el volumen utilizado, se agregó dos gotas de naranja de metilo y se tituló con H_2SO_4 , 0.02 N se observó el cambio de color de amarillo a anaranjado con un $pH=4.5$ de igual forma se registró el volumen utilizado de ácido (Clesceri, Greenberg, & Eaton, 1998).

3.2. Diseño del filtro

La caracterización del agua debe proveer al diseñador la información suficiente en temas de características físicas, químicas y bacteriológicas del agua así como también a las variaciones de la calidad con respecto al tiempo principalmente en los parámetros de turbiedad, color, alcalinidad, pH y NMP de coliformes fecales y totales por 100 ml de la muestra (Secretaría del Agua, 2014).

De acuerdo a los estudios iniciales de la caracterización del agua, permitió identificar el tipo de agua según la clasificación que establece la Secretaría del Agua. **Ver anexo IV**

El tipo de agua C está más relacionada a las características de agua del que está siendo abastecida a la casa barrial.

Una vez que se identificó el tipo de agua se procedió a escoger el tipo de tratamiento.

El “tipo de agua C puede requerir además un pre-tratamiento, sedimentación simple y/o filtración lenta según los siguientes criterios” (Secretaría del Agua , 2014, pág. 185). **Ver tabla 5**

TABLA 5 TIPO DE TRATAMIENTO

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA	TRATAMIENTO PROBABLE
Turbiedad media < 10 NTU NMP < 1000 col/100 ml	Filtración Lenta
Turbiedad media < 50 NTU NMP < 1000 col/100 ml	Filtración lenta con Pre-tratamiento
Turbiedad media < 150 NTU NMP < 5000 col/100 ml	Filtración lenta con Sedimentación simple y pre-tratamiento

Fuente: (Secretaría del Agua , 2014)

Previo al diseño e implementación del filtro lento de arena se revisó la normativa NTE INEN 2655:2012 “Implementación de plantas potabilizadoras prefabricadas en sistemas públicos de agua potable” en la cual establece las características generales del agua cruda a ser tratada mediante el sistema de filtración directa descendente. **Ver tabla 6**

TABLA 6 FILTRACIÓN DIRECTA DESCENDENTE

Parámetros	Valor
Turbiedad (NTU)	100%≤100
	95%≤25
	90%≤10
Color verdadero (Pt-Co)	100%≤50
	95%≤25
	90%≤20
Coliformes totales (NMP/100 ml)	100%≤1000
Escherichia Coli (NMP/100 ml)	100%≤500
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	100%≤100
	95%≤25

Fuente: (NTE INEN 2655)

Frente a la inseguridad con respecto a la calidad de agua por parte de los habitantes que consumen el agua de la casa barrial, se escogió implementar un filtro lento de arena con la finalidad de mejorar las características físicas, químicas y microbiológicas del líquido vital y que dichos parámetros puedan estar dentro de los límites máximos permisibles de las normativas que rigen en el país con respecto al consumo humano.

3.2.1. Granulometría

Las muestras a analizar fueron secadas a una temperatura de 110°C por el transcurso de 24 horas con el objetivo de que la humedad no afecte los resultados, luego se ubicó los tamices en orden decreciente según el tamaño de abertura, este procedimiento se lo realizó en base al tipo de agregado que se analizó, según la tabla 7, se retiró la muestra del horno y se dejó que se enfríe a temperatura ambiente, luego se procedió a pesar el tamaño de la muestra, se colocó la muestra en el tamiz superior y se ubicó en el agitador mecánico por el tiempo de tres minutos, una vez transcurrido este tiempo se pesó la masa retenida en cada tamiz, luego se tomó nota y después de pesar se sumó los valores de las masas retenidas en cada uno de los tamices, con la finalidad de verificar que el valor de la masa inicial no difiera en ± 3 de la suma de los pesos retenidos en cada tamiz para su aceptación. (ASTM C 136-01, 2001, pág. 3)

Para la representación gráfica de la curva granulométrica, fue necesario calcular el porcentaje que pasa en cada tamiz es por ello que se usó el programa Excel en el cual se realizó una tabla.

Ver anexo V

TABLA 7 NUMERACIÓN DE TAMICES

Tamiz (ASTM)	Tamiz (mm)	Abertura real (mm)	Tipo de suelo
3"	80	76.12	Grava
2"	50	50.80	
1 1/2"	40	38.10	
1"	25	25.40	
3/4"	20	19.05	
3/8"	10	9.52	
N ° 4	5	4.76	Arena gruesa
N ° 10	2	2.00	Arena media
N ° 20	0.90	0.84	
N ° 40	0.50	0.42	
N ° 60	0.30	0.25	Arena fina
N ° 140	0.10	0.105	
N ° 200	0.08	0.074	

Fuente: (Análisis Granulométrico)

3.2.2. Análisis de la materia orgánica

El análisis de la materia orgánica se llevó a cabo mediante la prueba colorimétrica con hidróxido de sodio. Para esta prueba se realizó la siguiente solución, se pesó 3 g hidróxido de sodio y se diluyó en 97 ml de agua destilada, una vez realizada la solución, se tomó un recipiente de vidrio incoloro de capacidad de 350 ml aproximadamente con su tapa hermética y se procedió a rotular con volúmenes de 130 ml y 200 ml. Cabe mencionar, antes de llevar a cabo esta prueba el estrato debe estar completamente seco y sin humedad. (ASTM C 40, 2017, págs. 1,2)

Una vez realizados los pasos anteriores, se agregó el estrato en el recipiente de vidrio hasta la señal de 130 ml, luego se procedió a verter la solución preparada hasta llegar a un volumen de 200 ml, finalmente se agitó vigorosamente y se dejó reposar por un tiempo de 24 horas. (ASTM C 40, 2017, págs. 1,2)

Determinación

Una vez cumplido el tiempo se comparó el color del líquido que está encima de los estratos con la placa orgánica de colores estándar (ASTM C 40, 2017). Cabe señalar que la placa orgánica de colores estándar posee 5 vidrios de diferentes coloraciones que van enumeradas del 1 al 5 que están basados en la escala de colores estándar de Gardner (Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, pág. 4).

TABLA 8 VALORACIÓN DE LA PLACA ORGÁNICA CON LA ESCALA DE GARDNER

N° de color estándar Gardner	N° placa Orgánica
5	1
8	2
11	3 (Max. Permisible)
14	4
16	5

Fuente: (ASTM C 40, 2017)



FIGURA 11 PLACA ORGÁNICA DE COLORES ESTANDAR

Fuente: Mallamas – Páliz (2018).

3.2.3. Determinación de la solubilidad en ácido clorhídrico

Se lavó 10 g de muestra de cada uno de los medios filtrantes con agua destilada, luego para la eliminación de la humedad se ubicaron las muestras en la estufa a una temperatura de 103°C durante 24 horas, después se realizó la solución de ácido clorhídrico al 40% (al volumen) diluyendo 4 volúmenes de HCl con el peso específico de 1.18 a 1.20 con 10 volúmenes de agua destilada.

Se colocó la muestra en un vaso de precipitación y se agregó la solución de ácido clorhídrico, se dejó la muestra durante 24 horas a temperaturas de 18 y 20°C, se secó y lavó la muestra con agua destilada después se procedió a secarla y pesar nuevamente, se aplicó la fórmula que a continuación se observa para determinar el porcentaje que se perdió del material filtrante (Arboleda, 2000).

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso original}} \times 100$$

ECUACIÓN 5 SOLUBILIDAD DE ÁCIDO CLORHÍDRICO

3.2.4. Determinación del peso específico

Gravedad específica para partículas mayores a la malla Nº 4 ASTM Según el método C-127

Se secó la muestra del medio filtrante en el horno a temperaturas de 103 °C por el lapso de 24 horas, después se pesó la muestra de cada agregado (gravilla y grava). Se ubicó 250 ml de agua destilada en una probeta plástica de 1000 ml, luego se ubicó el material granular pesado en la probeta aforada y se anotó el volumen de desplazamiento.

Gravedad específica de los sólidos menores a la malla Nº 4 ASTM según Norma Chilena 1532

Se secó la muestra del medio filtrante en el horno a temperaturas de 103 °C por el lapso de 24 horas, después se pesó la muestra de cada agregado (arena), se aforó el picnómetro con agua destilada y se pesó, luego se agregó el medio filtrante en el picnómetro para la eliminación de aire en la mezcla de suelo – agua, se procedió a someter a ebullición al picnómetro con la mezcla de suelo-agua por un tiempo de 30 minutos, se agitó el picnómetro de manera ocasional con la finalidad de remover el aire y finalmente se esperó a que el picnómetro con la mezcla de suelo-agua este a temperatura ambiente para proceder a pesar.

3.2.5. Dimensionamiento del filtro

Datos del proyecto

Para la vida útil del tanque se tomó en cuenta las especificaciones del manual, en el cual establece que la durabilidad es de 10 años, diámetro de la base superior del tanque es de 0,56 m, diámetro de la base inferior del tanque es de 0,53 m y la altura es de 0,90 m (Plastigama, 2013).

Cálculo de la población futura

Para determinar la población futura se estimó un periodo de diseño de diez años de la vida útil del tanque, la población actual se determinó mediante el uso de encuestas que permitió contabilizar el número de habitantes estimados que asisten a la casa barrial.

La tasa de crecimiento poblacional se seleccionó dependiendo de la región geográfica en la cual se va a ejecutar el proyecto. **Ver tabla 9**

$$Pf = Pa (1 + r)^n$$

ECUACIÓN 6 MÉTODO GEOMÉTRICO

Donde:

Pf: Población futura (Hab)

Pa: Población actual (Hab)

r: Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal

n: Periodo de diseño (años)

TABLA 9 TASAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

Región geográfica	r (%)
Sierra	1,0
Costa, Oriente y Galápagos	1,5

Fuente: (OPS, 2007, pág. 18).

Consumo

Se consideró un consumo de diez litros de agua por habitante (siete litros para cocinar y tres litros para el lavado de utensilios) (OPS, 2007, pág. 8), ya que las actividades que se realizarán son únicamente cocción de alimentos y lavado de utensilios. Es importante mencionar que no se puede hablar de dotación, porque este criterio establece la cantidad de agua que requiere una

persona en un día para satisfacer sus necesidades básicas, por ejemplo: alimentación, higiene personal, lavado de ropa, lavado de utensilios entre otros.

Cálculo del caudal a tratar

$$Q_{if} = \frac{V}{T}$$

ECUACIÓN 7 MÉTODO VOLUMÉTRICO

Donde:

Q_{if}: Caudal de ingreso al filtro (l/s)

V: Volumen (l)

T: Tiempo (s)

Cálculo del caudal medio

$$Q_m = C \times Hab$$

ECUACIÓN 8 CAUDAL MEDIO

Donde:

Q_m: Caudal medio (l/(día)

C: Consumo por habitante (l/(hab × día))

Hab: Habitantes

Cálculo del área de filtración

$$A_f = \frac{Q_m}{T_f}$$

ECUACIÓN 9 ÁREA DE FILTRACIÓN

Donde:

A_f: Área de filtración (m²)

Q_m: Caudal medio (m³/(día)

T_f: Tasa de filtración (m³/(m² día)) (Silva, Potabilización , procesos y diseño de las plantas, 2015, pág. 278)

Cálculo del área del tanque

El cálculo del área del tanque se realizó con la finalidad de verificar si el área de filtración puede ajustarse al área del tanque, ya que se contó con el área del contenedor del filtro y esto fue un limitante, es por ello que los autores debieron acoplarse a los materiales y condiciones del lugar para ejecutar el diseño.

$$At = \frac{\pi D^2}{4}$$

ECUACIÓN 10 ÁREA DEL TANQUE DE 55 GALONES

Donde:

At: Área del tanque el cual contiene el medio granular (m^2)

D: Diámetro del tanque (m)

Por lo tanto

$$Af = At$$

Cálculo de la tubería para el afluyente

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Qm}{v \times \pi}}$$

ECUACIÓN 11 DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DEL AFLUENTE

Donde:

D: Diámetro de la tubería del afluyente (m)

Qm: Caudal medio (m^3/s)

v: Velocidad de diseño para tuberías de filtros 0.3 – 1.2 (m/s)

Diseño de la red de drenaje

Diámetros recomendados: 2mm - 4mm (Silva, Potabilización , procesos y diseño de las plantas, 2015, pág. 280).

Cálculo del área de orificios

$$A_o = \frac{\pi * D^2}{4}$$

ECUACIÓN 12 ÁREA DE ORIFICIOS

Donde:

A_o: Área de orificios (m^2)

D: Diámetro de orificios (m)

Caudal que ingresa por orificio

La red de drenaje se diseñó con el criterio de cumplir con la velocidad límite en cualquier punto de la red que es de 3 m/s.

$$Q_o = A_o * V_o * 86400$$

ECUACIÓN 13 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

Donde:

Q_o : Caudal que ingresa en orificios (m³/día)

A_o : Área de orificios (m²)

V_o : Velocidad en los drenes (m/s)

Número de drenes laterales

Se tomó una separación de 20 cm entre laterales, con el fin de ocupar en su totalidad el área del tanque de 55 galones.

$$\#lat = n * \frac{L}{el}$$

ECUACIÓN 14 NÚMERO DE LATERALES

Donde:

$\#lat$: Número de laterales

n : Número de laterales por lado

L : Longitud total del filtro (m)

el : Separación entre laterales (m)

Número de orificios por lateral

Se tomó una separación entre orificios de 2 cm, por criterio de longitud de los laterales con respecto al diámetro del tanque.

$$\#orif / lateral = 1 * \frac{Ll}{e}$$

ECUACIÓN 15 NÚMERO DE ORIFICIOS POR LATERAL

Donde:

$\#orif / lateral$: Número de orificios por lateral

Ll : Longitud de cada lateral (m)

e : Separación entre orificios (m)

Nota: Se multiplica por 1, debido a que se realizó un solo agujero en cada dren.

Cabe mencionar que la separación entre orificios es de 2 cm, pero para el cálculo de orificios por lateral se sumó 4 mm de diámetro del orificio.

Número total de orificios

$$\# \text{Total orif} = \# \text{lat} * \# \text{orif/lateral}$$

ECUACIÓN 16 NÚMERO TOTAL DE ORIFICIOS

Donde:

Total orif: Número total de orificios

#lat: Número de laterales

#orif/ lateral: Número de orificios por lateral

Pérdidas de carga del filtro

Para medir las pérdidas de carga producidas por: el material filtrante granular, orificios del drenaje, tuberías y accesorios; se instaló un nivel de agua que tiene el criterio de tubos comunicantes, con la finalidad de medir las pérdidas que se producen.

Además el nivel de agua va a permitir identificar cuando el filtro necesita mantenimiento (Arboleda, 2000, pág. 461).



FIGURA 12 NIVEL DE AGUA

Fuente: Mallamas – Páliz. (2017).

Composición del Lecho filtrante

Para la selección del número de capas y espesor de cada material filtrante se realizaron pruebas pilotos a escala laboratorio para poder determinar, escoger y diseñar un filtro lento de arena con el cual se tenga resultados satisfactorios, es importante mencionar que en distintas bibliografías existe variación en la ubicación de los materiales filtrantes y espesor.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de los medios filtrantes granulares que fueron ubicados en el tanque de 55 galones.

3.3. Implementación del filtro

3.3.1. Instalación del filtro lento de arena en la casa barrial la Sierra

Habilitación del tanque de almacenamiento de agua cruda

Previo a la implementación del filtro se habilitó un tanque de hormigón armado, con el objetivo de proveer al filtro un flujo continuo de agua y que la capa biológica no se fracture, cabe mencionar que el agua desde la captación hasta la acometida a la casa barrial llegaba con bolsas de aire debido a conexiones incorrectas a lo largo de la red principal. **Ver anexo VI**

Desbroce de vegetación para la ubicación del filtro lento de arena

Se retiró la vegetación presente en el sitio con el propósito de construir un piso de concreto de 1.50 m x 2 m y una caseta, con el objetivo de proteger al filtro y al clorador por erosión. **Ver anexo VII**

Habilitación de tanque de almacenamiento de una planta paquete

El tanque es de forma circular con una capacidad de 1500 litros, éste es abastecido por la cisterna de agua cruda, con el objetivo de almacenar agua sin tratamiento y ésta sea usada para las descargas en los inodoros, además, este sistema permite disminuir el consumo de agua tratada en la casa barrial, siendo así, la mejor alternativa para el ahorro de agua tratada. En el **anexo VIII** se puede observar el diagrama de funcionamiento del sistema del tratamiento propuesto.

Acondicionamiento del tanque de 55 galones

En éste tanque se realizó tres perforaciones con la ayuda de un taladro, uno en la parte superior que es por donde ingresa el agua cruda y los otros dos en la parte inferior del tanque, uno para la purga y el otro para la salida del efluente.



FIGURA 13 ACONDICIONAMIENTO DEL TANQUE

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

Instalación de tuberías y accesorios de entrada al filtro

La acometida al filtro se realizó con tubería de media pulgada, en la cual se ubicó una llave de paso para su mantenimiento. Posterior a esta se colocó una unión universal con el fin de facilitar el montaje del filtro y reparación de posibles fugas. Finalmente se ubicó en el orificio superior la junta de tanque en el cual se acopla la válvula de flotador que permite controlar el ingreso de agua cruda.



FIGURA 14 MONTAJE DEL FLA

Fuente: Mallamas – Páliz (2018).

Instalación de tuberías y accesorios de salida al filtro

La línea de salida del filtro posee dos orificios en la base del tanque: uno es para la purga y el otro es para la salida del agua filtrada.

En el orificio de la purga se colocó una junta de tanque de 1", en esta se acopló en la parte externa del filtro una válvula de bola del mismo diámetro, con el objetivo de realizar el primer ingreso de agua al filtro para eliminar el aire contenido en el material filtrante y para la eliminación de posibles sedimentos en su mantenimiento.

En el orificio para salida del agua filtrada se ubicó de la misma forma una junta de tanque que se acopla en la parte exterior con un codo y una tubería PVC de 1" la cual tiene una altura al nivel de la arena fina, y así impedir que la capa sobrenadante de agua no descienda hasta la base del filtro, debido a que el filtro debe permanecer con agua con el objetivo de permitir la formación de la capa biológica.

Seguido a esta instalación se colocó una unión reductora de 1" – 1/2" y se conectó a una llave de paso de 1/2", con la finalidad de regular el paso de agua filtrada al dosificador de cloro por contacto.



FIGURA 15 NIVEL DE AGUA Y CLORADOR POR CONTACTO

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

El dosificador de cloro por contacto se construyó con el uso de una Tee de 1", acoplado a este en cada extremo un bushing reductor 1"- 1/2". El cuerpo del clorador está formado por una tubería de 20 cm con diámetro nominal de 1", en este se insertó un capuchón donde se colocó las pastillas de cloro y así, terminando con el tratamiento propuesto.

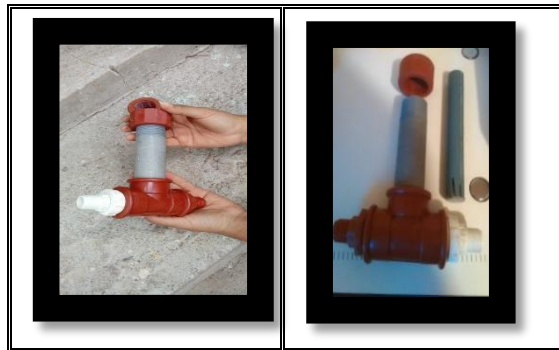


FIGURA 16 CLORADOR POR CONTACTO

Fuente: Mallamas – Páliz (2018).

Instalación de la red de drenaje

La red de drenaje se colocó en la base del filtro con una pendiente de 1% al 2% (Arboleda, 2000, pág. 559). Las perforaciones se realizaron con la ayuda de una broca de 4mm, procurando que éstas sean lo más uniforme posible.

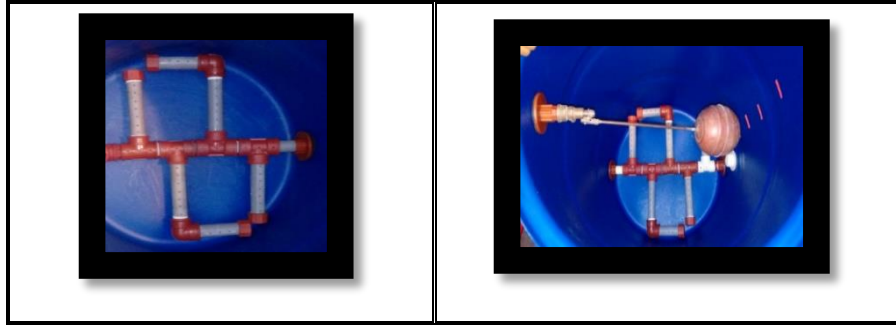


FIGURA 17 RED DE DRENAJE

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

Preparación del medio filtrante granular

El medio filtrante granular debe estar visiblemente libre de arcilla, polvo y material micácea, como lo menciona la NTE INEN 2149:2013, es por esto que se lavó el medio filtrante granular con agua potable y se volvieron a efectuar los ensayos incluyendo la materia orgánica para identificar si el nivel de carga orgánica en la escala de GARDNER se redujo, así como también, la prueba de solubilidad en ácido clorhídrico para determinar la pérdida de peso de cada material.

Para separar los agregados finos y gruesos contenidos en el medio filtrante granular se lo efectuó mediante el uso de tamices, en el caso de la arena, se realizó este procedimiento para conseguir un tamaño efectivo de 0.34 mm y un coeficiente de uniformidad de 1.90, en tanto que, para el resto de medios filtrantes granulares (arena gruesa, grava fina y grava gruesa) el objetivo fue conseguir el tamaño efectivo correspondiente a cada uno.



FIGURA 18 LAVADO DEL MEDIO FILTRANTE GRANULAR

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

Ubicación del medio filtrante granular en el tanque de 55 galones

Una vez ubicado el sistema de drenaje, se colocó y acomodó el lecho de soporte al sistema de drenaje para que este quede firme y no presente inconvenientes al momento de ubicar el resto de los lechos de soporte.

Además, se dispuso la grava fina seguida de la arena gruesa y finalmente la arena fina. Ubicados los materiales filtrantes granulares se procedió hacer el llenado del filtro con el afluente, el llenado del filtro con agua cruda se lo realizó de forma ascendente, ya que esto permitió eliminar el aire contenido entre los espacios del medio filtrante granular de manera que el filtro lento de arena no se tape.

3.4. Desinfección

3.4.1. Determinación de la demanda de cloro

Para hallar la demanda de cloro primero se realizó una solución madre donde se diluyó una tableta de 20 g en un litro de agua, luego, mediante el uso de la ecuación general de diluciones, **Ver ecuación 17**, permitió determinar el volumen que se utilizó para diluir en una segunda solución madre de un litro, debido a que la primera solución tenía una elevada concentración de cloro que fue de 20000 mg/l. La segunda solución madre posee una concentración de 500 mg/l, a partir de ésta se tomó la cantidad en volumen para cada una de las demandas de cloro mediante el uso de la ecuación de diluciones. **Ver tabla 10**

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

ECUACIÓN 17 ECUACIÓN GENERAL DE LAS DILUCIONES

Donde:

C_1 : Concentración de la solución original.

V_1 : Volumen de la solución original.

C_2 : Concentración de la solución resultante en las mismas unidades que C_1 .

V_2 : Volumen de la solución resultante.

TABLA 10. VOLUMEN AÑADIDO PARA LA DEMANDA DE CLORO

Volumen añadido (ml)	Concentración de cloro añadido (mg/l)
1	0,5
2	1
3	1,5
4	2
5	2,5
6	3
7	3,5

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018).

Después de haber identificado el volumen de la solución a tomar para las distintas concentraciones, se procedió a colocar un litro de la muestra de agua filtrada en siete vasos de precipitación, luego con ayuda de pipetas graduadas se colocó al mismo tiempo el volumen que corresponde en cada vaso de precipitación con sus respectivas concentraciones, se dejó actuar por un tiempo de 30 minutos.

Una vez transcurrido este lapso de tiempo se procedió a medir el cloro residual de cada vaso de precipitación con ayuda del medidor de cloro y pH.

Finalmente, los resultados obtenidos se plasmaron en una gráfica donde: en el eje de las abscisas se colocó los datos de la concentración de cloro añadido y en el eje de las ordenadas se ubicó la medición de cloro residual.

Determinación de la dosis de cloro

Luego de determinar la demanda de cloro, se debe obtener la dosis que se halla con la siguiente expresión:

$$Dosis = Demanda\ de\ cloro \frac{mg}{l} + Cloro\ residual \frac{mg}{l}$$

ECUACIÓN 18 DOSIS DE CLORO

3.5. Evaluación de las estructuras que componen el sistema de abastecimiento de agua para su mantenimiento

Para el mantenimiento en cada una de las estructuras, que compone éste tratamiento de agua, se determinó por medio de observaciones por parte de los proponentes del proyecto y en conjunto con los habitantes del barrio la Sierra, se identificó que se debe realizar un mantenimiento preventivo, con el objetivo de que el tratamiento del agua no tenga inconvenientes debido al taponamiento de alguna de las estructuras por la presencia de sedimentos o material flotante.



FIGURA 19 EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS PARA SU MANTENIMIENTO

Fuente: Mallamas – Páiz. (2017).

3.6. Socialización del proyecto

3.6.1. Público objetivo de la comunicación

La entidad y comunidad a quien se dirigió la información son:

- **Autoridades del Gobierno Descentralizado de la parroquia Nono**

Son quienes están interesados en que el proyecto se ejecute en los distintos barrios que componen la parroquia de Nono, por ende, la información que se entregó fue: el informe de costos y un manual de funcionamiento del Filtro Lento de Arena.

- **Barrio de la zona de influencia directa**

Es la comunidad del barrio la Sierra, con quienes se tuvo un contacto directo a fin de brindarles información del proyecto, tanto en las fases de construcción, operación y mantenimiento del Filtro Lento de Arena.

3.6.2. El Mensaje

La socialización se realizó con el fin de tener un ambiente amigable con los actores y su aceptación total con el proyecto, también se dio a conocer que se puede mejorar la calidad de vida consumiendo agua en mejor estado.

3.6.3. Estrategias empleadas para la socialización

Las estrategias que se realizaron para la socialización son las siguientes:

1. Las encuestas de percepción del proyecto se dirigieron a todos los habitantes que asisten a los programas del MIES, alfabetización, control médico y comedor comunitario.
2. Se colocó flyers en la casa barrial, negocios y lugares turísticos de la zona informando acerca del proyecto.
3. Reuniones informativas

Ver anexo IX

3.6.4. Acciones que se efectuaron para la socialización

- Las encuestas de percepción fueron enfocadas en saber cómo las personas ven este tipo de proyectos, si les beneficia o no, si han tenido problemas de salud a causa de ingerir el agua sin ningún tipo de tratamiento.
- Utilizando el espacio que proporciona la casa barrial, negocios y los lugares turísticos del lugar, se colocó flyers donde se dio a conocer los beneficios que se obtienen al implementar este tipo de filtros y como cambiaría su calidad de vida.

- Las reuniones fueron precedidas por los tesisistas, con el objetivo de realizar mingas con la comunidad. También sirvió para informarles como fue el proceso de construcción, operación y mantenimiento del filtro. Cabe mencionar que las reuniones se realizaron eventualmente los fines de cada mes.

3.6.5. Análisis FODA

Con el uso de la herramienta de un análisis FODA se diagnosticó el impacto que tiene el proyecto para la comunidad, en este se identificó factores internos (debilidades y fortalezas) y externos (amenazas y oportunidades), que pueden afectar de forma positiva y negativa al funcionamiento del proyecto.

3.7. Informe de costos

En el informe de costos se detalla el precio de cada uno de los procesos necesarios para la implementación de un filtro lento de arena los cuales son:

- Caracterización del agua, para cuantificar el valor estimado que se requirió en el análisis de la calidad del agua, se solicitó una proforma al Centro de Investigación y Control Ambiental CICAM, donde se detalla el valor unitario por parámetro y por muestra.
- Para la estimación de los costos del material filtrante, el agente desinfectante y accesorios que se utilizaron para la construcción, los mismos que se determinaron mediante facturas emitidas por los proveedores donde se adquirió dichos productos. Cabe mencionar que para la preparación del material filtrante tiene un costo adicional debido a que se realiza el tamizado y lavado de los estratos.
- Por otro lado, el valor de mano de obra se estimó tomando en cuenta el salario que se fija por unidad de tiempo de los trabajadores y de la dirección técnica. Según lo establece el Código de Trabajo (Ministerio de Trabajo, 2015).
- Por último, el costo de transporte cubre el traslado de materiales de filtración e implementos para la construcción del filtro y transporte de visitas a campo desde el sector el Labrador hasta la casa barrial la Sierra, cuyo valor se determinó mediante la investigación en campo de tarifas de fletes.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Medición del caudal Método Volumétrico

TABLA 11 MEDICIÓN DE CAUDAL

Estructura	Medición (l/s)
Captación	0,23
Tanque de almacenamiento de agua cruda	0,17
Filtro Lento de Arena	0,06
Agua para sanitarios	0,06
Tanque de almacenamiento de agua tratada	0,019

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018).

Como se observa en la **tabla 11**, el caudal que proporciona la captación es suficiente para abastecer el consumo que se requiere para cumplir con las actividades que se van a efectuar en la casa comunal.

4.2. Caracterización del agua

Después de obtener los resultados de la caracterización del agua, se realizó una comparación entre los resultados obtenidos en sitio y en el laboratorio con dos normativas vigentes del Ecuador las cuales son: NTE INEN 1108 (Segunda revisión del 2006 y la Quinta revisión del 2014) y la normativa de la Secretaría del Agua.

A continuación, se presenta las tablas con los resultados de la caracterización y sus correspondientes comparaciones con las normativas mencionadas.

Una vez realizada la caracterización del agua, se identificó que los parámetros: coliformes totales, fecales, color aparente, hierro total y turbiedad no cumplen con los valores máximos permisibles de las normas Secretaría del Agua y la NTE INEN 1108.

Mediante la instalación del filtro lento de arena se observó la eficiencia de remoción en cada uno de los parámetros que no estaban dentro de los valores máximos permisibles, así como también de aquellos que cumplían con las normativas. **Ver tabla 12**

TABLA 12 RESULTADOS DE LAS CARACTERIZACIONES EN ACOMETIDA DE LA CASA BARRIAL Y COMPARACIÓN CON LAS NORMAS VIGENTES EN EL ECUADOR

Parámetros	Verano	Invierno	Unidades	INEN 1108	Resultado	Secretaría del Agua		Resultado
	Afluyente	Afluyente		Máximo permisible		Recomendable	Permisible	
<i>Alcalinidad</i>	87	115	mg/l CaCO ₃	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Coliformes fecales</i>	7	7	NMP/100ml	<1	NO CUMPLE	0	50	NO CUMPLE
<i>Coliformes totales</i>	93	23	NMP/100ml	<1	NO CUMPLE			
<i>Color aparente</i>	46	65	PtCo	15	NO CUMPLE	5	15	NO CUMPLE
<i>Color verdadero</i>	24	26	PtCo	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Conductividad</i>	180,1	128	µs	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Hierro +2</i>	0.40	0,45	mg/l Fe 2+	.....	.....	.....	.....
<i>Hierro Total</i>	0,54	0,52	mg/l Fe	0.3	NO CUMPLE	0,3	0,5	NO CUMPLE
<i>Oxígeno disuelto</i>	7,9	7,57	mg/l	.....	.....	6	80% de saturación	CUMPLE
<i>pH</i>	7,8	7,9	...	6,5-8.5	CUMPLE	7 - 8,5	6 - 8,5	CUMPLE
<i>Sólidos disueltos</i>	224	170	mg/l	1000	CUMPLE	.....	.....	.....
<i>Sólidos suspendidos</i>	84	94	mg/l	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Sólidos totales</i>	308	264	mg/l	.....	.....	1500	1000	CUMPLE
<i>Temperatura</i>	17	15	°c	.....	.....	.....	No exceda 5°C de la T media de la región	CUMPLE
<i>Turbiedad</i>	7,8	6,41	NTU	5	NO CUMPLE	1	10	CUMPLE

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018); (INEN 1108, 2014); (Secretaría del Agua , 2014).

TABLA 13 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN EN LA OPERACIÓN DEL FLA

Parámetros	Efluente filtro	Unidades	INEN 1108	Resultado	Secretaría del Agua		Resultado
			Máximo permisible		Recomendable	Permisible	
<i>Alcalinidad</i>	30	mg/l CaCO ₃	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Coliformes fecales</i>	0	NMP/100ml	<1	CUMPLE	0	50	CUMPLE
<i>Coliformes totales</i>	23	NMP/100ml	<1	NO CUMPLE			
<i>Color aparente</i>	13	PtCo	15	CUMPLE	5	15	CUMPLE
<i>Color verdadero</i>	13	PtCo	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Conductividad</i>	115,6	µs	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Hierro +2</i>	0,01	mg/l Fe 2+	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Hierro Total</i>	0,16	mg/l Fe	0,3	CUMPLE	0,3	0,5	CUMPLE
<i>Oxígeno disuelto</i>	7,7	mg/l	.....	.....	6	80% de saturación	CUMPLE
<i>pH</i>	7,8	...	6,5-8.5	CUMPLE	7 - 8,5	6 - 8,5	CUMPLE
<i>Sólidos disueltos</i>	218	mg/l	1000	CUMPLE	.....	.....	.....
<i>Sólidos suspendidos</i>	38	mg/l	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Sólidos totales</i>	256	mg/l	.....	.....	1500	1000	CUMPLE
<i>Temperatura</i>	15	°c	.....	.....	.....	No exceda 5°C de la T media de la región	CUMPLE
<i>Turbiedad</i>	1,68	NTU	5	CUMPLE	1	10	CUMPLE

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018); (INEN 1108, 2014); (Secretaría del Agua , 2014)

TABLA 14 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN EN LA OPERACIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA

Parámetros	Efluente en el tanque de almacenamiento	Unidades	INEN 1108	Resultado	Secretaría del Agua		Resultado
			Máximo permisible		Recomendable	Permisible	
<i>Alcalinidad</i>	30	mg/l CaCO ₃	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Coliformes fecales</i>	0	NMP/100ml	<1	CUMPLE	0	50	CUMPLE
<i>Coliformes totales</i>	0	NMP/100ml	<1	CUMPLE			
<i>Color aparente</i>	11	PtCo	15	CUMPLE	5	15	CUMPLE
<i>Color verdadero</i>	10	PtCo	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Conductividad</i>	117	µs	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Hierro +2</i>	0,02	mg/l Fe 2+	.....	.....	.....	.....
<i>Hierro Total</i>	0,12	mg/l Fe	0,3	CUMPLE	0,3	0,5	CUMPLE
<i>Oxígeno disuelto</i>	6,95	mg/l	.....	.....	6	80% de saturación	CUMPLE
<i>pH</i>	7,5	...	6,5-8,5	CUMPLE	7 - 8,5	6 - 8,5	CUMPLE
<i>Sólidos disueltos</i>	192	mg/l	1000	CUMPLE	.....	.....	.....
<i>Sólidos suspendidos</i>	42	mg/l	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Sólidos totales</i>	234	mg/l	.....	.....	1500	1000	CUMPLE
<i>Temperatura</i>	15,3	°c	.....	.....	.....	No exceda 5°C de la T media de la región	CUMPLE
<i>Turbiedad</i>	1,50	NTU	5	CUMPLE	1	10	CUMPLE

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018); (INEN 1108, 2014); (Secretaría del Agua , 2014)

TABLA 15 EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LA FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN

Parámetros	Unidades	Verano	Efluente en el filtro	Eficiencia %	Tanque de almacenamiento	Eficiencia %
		Afluente				
<i>Coliformes fecales</i>	NMP/100ml	7	0	100,00	0	100,00
<i>Coliformes totales</i>	NMP/100ml	93	23	75,27	0	100,00
<i>Color aparente</i>	PtCo	46	13	71,74	11	76,09
<i>Color verdadero</i>	PtCo	24	13	45,83	10	58,33
<i>Hierro +2</i>	mg/l Fe 2+	0,4	0,01	97,50	0,02	95,00
<i>Hierro Total</i>	mg/l Fe	0,54	0,16	70,37	0,12	77,78
<i>Sólidos disueltos</i>	mg/l	224	218	2,67	192	14,28
<i>Sólidos suspendidos</i>	mg/l	84	38	54,76	42	50,00
<i>Sólidos totales</i>	mg/l	308	256	16,9	234	24,02
<i>Turbiedad</i>	NTU	7,8	1,68	78,46	1,5	80,77

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018); (INEN 1108, 2014); (Secretaría del Agua , 2014)

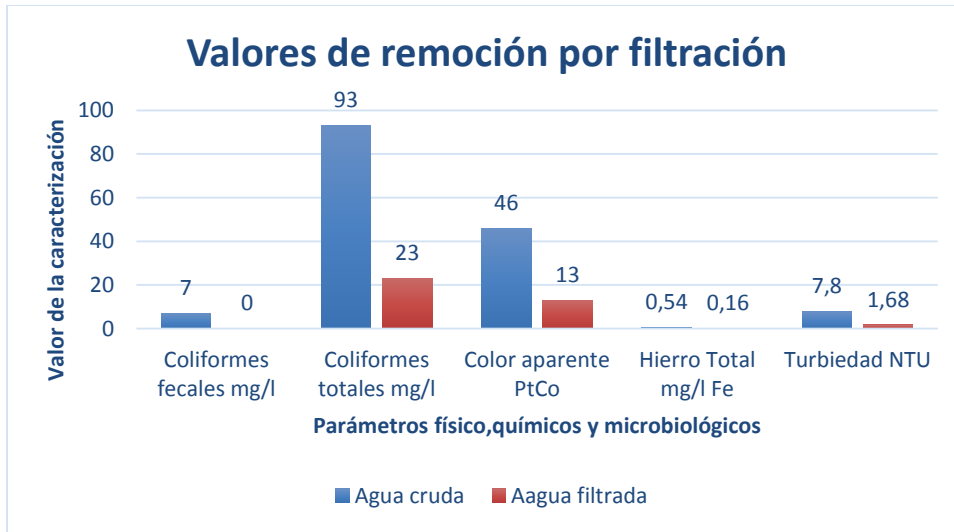


FIGURA 20 COMPARACIÓN DE VALORES DE LA CARACTERIZACIÓN ENTRE AGUA CRUDA Y AGUA FILTRADA

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

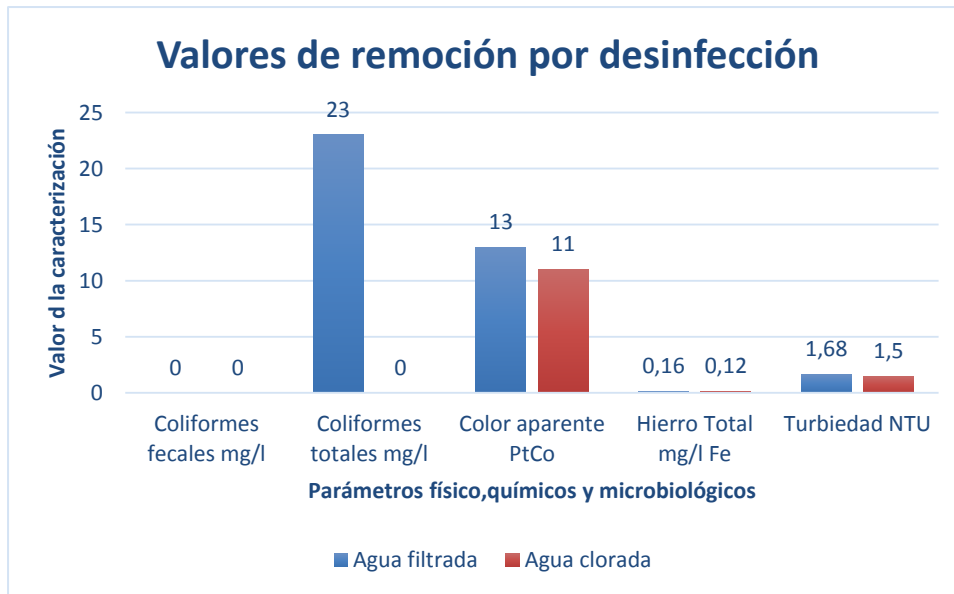


FIGURA 21 COMPARACIÓN DE VALORES DE LA CARACTERIZACIÓN ENTRE AGUA FILTRADA Y AGUA CLORADA

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

La eficiencia de remoción de contaminantes por medio de la filtración y desinfección es notoria, como se observa en la Figura 20 y 21. Estos resultados avalan el poder de remoción para ser utilizados como sistemas de tratamiento de agua en zonas rurales.



FIGURA 22 MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

4.3. Diseño del filtro

4.3.1. Análisis Granulométrico

Para expresar los resultados de los análisis granulométricos realizados, se procedió a dividir en dos grupos: el uno en agregados gruesos y el otro en agregados finos, los cuales fueron grava gruesa, grava fina y arena gruesa, arena fina respectivamente.

Las procedencias de las muestras analizadas fueron adquiridas en: una marmolería (Josefina, Carolina 1 mm, Carolina 4 mm y Arena del Río Limón Indanza) y otras traídas de algunos ríos del oriente ecuatoriano (Napo, Baeza y el Salado)

TABLA 16 NOMBRES COMERCIALES DE LOS AGREGADOS

Agregados gruesos		Agregados finos	
Nombre común	Nombre Comercial	Nombre común	Nombre Comercial
Grava Gruesa	Josefina	Arena gruesa	Carolina 1 mm; Arena del río el Salado
Grava fina	Carolina 4 mm	Arena fina	Arena del río Limón Indanza, Arena del río Napo y Arena del río de Baeza.

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

A continuación, se detalla los resultados obtenidos mediante los análisis granulométricos, donde por medio de la curva granulométrica se identificó el D_{10} y D_{60} . **Ver anexos X**

TABLA 17 AGREGADOS GRUESOS

Grava gruesa						
Josefina			Bibliografía			Fuente
Parámetro	Valor	Unidad	Parámetro	Valor	Unidad	
Coefficiente de uniformidad	1,62	----	Coefficiente de uniformidad	---	---	---
Tamaño efectivo	7,01 – 11,35	mm	Tamaño efectivo	5,6 – 23	mm	(CEPIS/OPS, 2006) (Secretaría del Agua , 2014)

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

Grava fina						
Carolina 4mm			Bibliografía			Fuente
Coeficiente de uniformidad	Valor	Unidad	Coeficiente de uniformidad	Valor	Unidad	
Coeficiente de uniformidad	1,36		Coeficiente de uniformidad	---	---	---
Tamaño efectivo	1,66 – 2,27	mm	Tamaño efectivo	1- 5,6	mm	(CEPIS/OPS, 2006) (Secretaría del Agua , 2014)

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

TABLA 18 AGREGADOS FINOS

Arena gruesa						
Carolina 1mm			Bibliografía			Fuente
Parámetro	Valor	Unidad	Parámetro	Valor	Unidad	
Coeficiente de uniformidad	1,62	----	Coeficiente de uniformidad	---	---	---
Tamaño efectivo	0,66 –1,10	Mm				
Arena del río salado			Tamaño efectivo	0,5 -1,5	mm	(Secretaría del Agua , 2014)
Coeficiente de uniformidad	1,87	---				
Tamaño efectivo	0,57–1,08	Mm				

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

Arena fina						
Arena del río Napo			Bibliografía			Fuente
Coeficiente de uniformidad	1,80	---	Coeficiente de uniformidad	1,7 - 2	---		(Secretaría del Agua , 2014)
Tamaño efectivo	0,31	Mm				
Arena del río Baeza						
Coeficiente de uniformidad	2,63	---	Tamaño efectivo	0,15 - 0,35	mm	(CEPIS/OPS, 2005) (Secretaría del Agua , 2014)
Tamaño efectivo	0,22	Mm				
Arena del río Limón Indanza						
Coeficiente de uniformidad	1,90	---				
Tamaño efectivo	0,34	Mm				

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

En la **tabla 17** se puede apreciar que los resultados obtenidos de la grava gruesa y grava fina, están dentro de los parámetros que establece los criterios de diseño de la normativa INEN “(CPE INEN 5 Parte 9-1:1992)” y del CEPIS/OPS. Cabe mencionar que para la selección de los estratos a ser usados en el filtro deben cumplir con los demás análisis los cuales son: determinación de materia orgánica, solubilidad al ácido clorhídrico y el peso específico.

En la **tabla 18** que pertenece a los agregados finos, se tiene que las muestras de nombres comerciales Carolina 1 mm y arena del río Salado cumplen con las especificaciones establecidas en con respecto al análisis granulométrico, sin embargo, de la misma forma estas muestras deben cumplir con los análisis antes mencionados, por otro lado, la muestra del río Baeza no cumple con el coeficiente de uniformidad, el cual la hace no apta para ser utilizada en el filtro, debido a que este coeficiente permite que los poros sean lo suficientemente regulares y así poder asegurar una adecuada porosidad (CEPIS/OPS, 2006).

4.3.2. Análisis de la materia orgánica

TABLA 19 DETERMINACIÓN DE IMPUREZAS ORGÁNICAS EN AGREGADOS FINOS Y GRUESOS

Determinación de impurezas orgánicas en agregados finos	
Muestra	Placa orgánica No
Arena del río Napo	No.1
Arena del río Salado	No.3
Arena del río Baeza	No.3
Arena del río Limón Indanza	Transparente
Carolina 1mm	Transparente

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

Determinación de impurezas orgánicas en agregados gruesos	
Muestra	Placa orgánica No
Carolina 4mm	Transparente
Josefina	Transparente

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

Después de realizar la comparación de las muestras con la placa orgánica se observó que la coloración de la capa superficial de los agregados finos de los ríos Baeza y del Salado presentaron una valoración No.3 (Máx. permisible) en la tabla de materia orgánica, es decir puede contener sustancias orgánicas nocivas. (ASTM C 40, 2017) Es por ello que este tipo de muestras no se las tomó en cuenta como parte de los estratos para la implementación del filtro lento de arena, por otro lado, el agregado del río Napo presentó una valoración de 1, la muestra de la arena del río Limón Indanza no presentó color al momento de la comparación con la tabla, de igual forma, sucedió en la determinación de impurezas orgánicas en los agregados gruesos.

Ver anexo XI

Así como también, se realizó la comparación de resultados con la NTE INEN 2149:2013 en la cual menciona que el medio filtrante granular no sobrepase el color estándar de la ASTM C 40. El agregado fino del río Baeza, Salado y Napo no se tomaron en cuenta para la implementación del filtro lento de arena, debido a que, el resultado de los análisis no estaba dentro de la normativa, así como también, debido al transporte del agregado el costo del proyecto puede incrementar.

4.3.3. Análisis de Solubilidad en ácido clorhídrico

TABLA 20 SOLUBILIDAD EN ÁCIDO CLORHÍDRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

Muestra	Valor	Norma	Valor
Grava (Josefina)	1,08%	(NTE INEN 2149, 2013, pág. 5)	≤5%
Gravilla (Carolina 4mm)	1,28%		
Arena gruesa (Carolina 1 mm)	1,69%		
Arena fina (Arena del río Limón Indanza)	3,95%		

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

Los resultados obtenidos de las muestras analizadas se compararon con la NTE INEN 2149, se determinó que las muestras analizadas se encuentran dentro de los lineamientos de esta normativa.

4.3.4. Análisis del Peso específico

TABLA 21 PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS GRUESOS Y AGREGADOS FINOS

Agregados gruesos			
Muestra	Valor	Norma	Valor
Grava (Josefina)	2,58 g/cm ³	(NTE INEN 2149, 2013, pág. 5)	2,5 Min
Gravilla (Carolina 4mm)	3,14 g/cm ³		

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018).

Agregados finos			
Arena gruesa (Carolina 1 mm)	3,14 g/cm ³	(NTE INEN 2149, 2013, pág. 6)	2,5 Min ; 3,8 Max
Arena fina (Arena del río Limón Indanza)	3,09 g/cm ³		

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018).

Se comparó con la NTE INEN 2149 en la cual establece los requisitos para la implementación de unidades de filtración, donde los valores de los estratos a ser utilizados cumplen con este parámetro.

4.3.5. Resumen de cálculos del diseño del filtro lento de arena

Dimensionamiento	
Datos del proyecto	Valor
Población actual	45 Hab
Vida útil del tanque	10 años
Caudal a tratar	5,2 m ³ /día
Diámetro de la base superior del tanque	0,56 m
Diámetro de la base inferior del tanque	0,53 m








Altura del tanque	0,90 m
Consumo de agua	10 (L/Hab*día)
Parámetros de diseño	Valor
Población futura	50 Hab
Caudal medio	0,5 m ³ /día
Área de filtración	0,25 m ²
Área del tanque	0,25 m ²
Diámetro de la tubería del afluente	1/2 “
Diámetro de orificios	4 mm
Área de orificios del drenaje	1,2 x10 ⁻⁶ m ²
Caudal que ingresa por orificio	0,31 m ³ /día
Número de laterales	5
Número de orificios por laterales	7
Número total de orificios	35
Pérdidas de carga en el filtro	2 cm
Composición del filtro	Espesor
Grava gruesa	0,15 m
Grava fina	0,10 m
Arena gruesa	0,10 m
Arena fina	0,20 m
Altura del agua sobrenadante	0,15 m
Borde libre	0,15 m

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

4.3.6. Construcción del filtro lento de arena

El filtro se realizó en un tanque de 55 galones de capacidad, el cual contiene una capa sobrenadante de agua cruda, un lecho filtrante de agregados de diferentes granulometrías, un sistema de drenaje con el uso de una red de tuberías con orificios para la recolección del agua tratada y válvulas para el control del sistema de filtración que se detallan a continuación.

TABLA 22 TABLA DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO

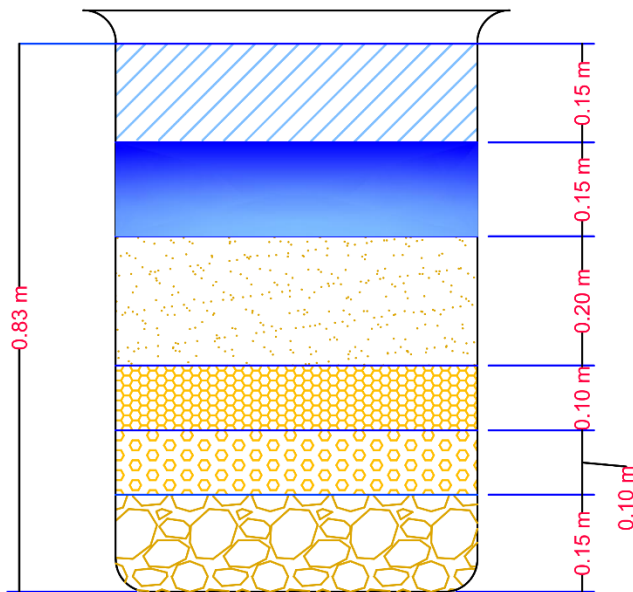
Materiales		
Nombre comercial	Gráfico	Descripción
Tanque		Tanque de plástico de alta densidad de capacidad de 55 galones.
Entrada al tanque		
Llave de paso		Diámetro nominal de 1/2", esta ubicado en la línea de entrada al tanque.
Unión universal		Ubicada en la línea de entrada al tanque, diámetro nominal 1/2".
Junta de tanque		Se utilizó una junta de diámetro nominal de 1/2", está ubicada en la línea de entrada de agua cruda.
Válvula de flotador		Se utilizó una válvula de flotador de diámetro nominal de 1/2", este permite controlar el nivel del afluyente en el tanque.
Sistema de drenaje		
Tee		Se ubicó siete, de diámetro nominal de 1".
Codo de 90°		Se colocó dos, uno en cada lado del sistema de drenaje, de diámetro nominal de 1/2".

Tapón hembra		Se ubicó siete tapones hembra por cada lateral del sistema de drenaje, de diámetro nominal de 1".
Tubería de PVC		Tubería de 1" de PVC que será parte de la red de drenaje.
Salida del tanque		
Juntas de tanque		Se utilizó dos juntas con diámetro nominal de 1", están ubicadas en la línea de salida del tanque para la purga y agua filtrada respectivamente.
Válvula de bola		Diámetro nominal 1", se utilizó para la purga.
Codo 90°		Se colocó dos en la línea de salida de agua filtrada, de diámetro nominal de 1".
Tubería de PVC		Tubería de 1", es parte de la línea de salida del agua filtrada.
Unión reductora		Reductor de 1" a 1/2".

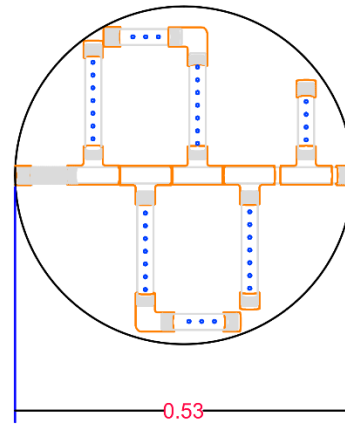
Llave de paso		Diámetro nominal de 1/2". Se utiliza para regular el flujo de agua filtrada.
Material granular filtrante		
Grava gruesa		El tamaño del material granular está en un rango de 7 mm – 11 mm, se utiliza como material de soporte con un espesor de 15 cm.
Grava fina		El tamaño del material granular está en un rango de 1 mm – 2 mm, con espesor de 10 cm.
Arena gruesa		El tamaño efectivo del material granular está en un rango de 0,66 mm – 1,10 mm, con espesor de 10 cm.
Arena fina		El tamaño efectivo del material granular es de 0,34 mm con coeficiente de uniformidad de 1,90 y un espesor de 20 cm.

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

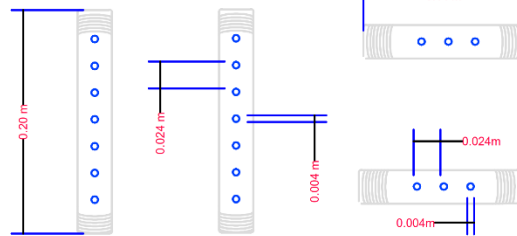
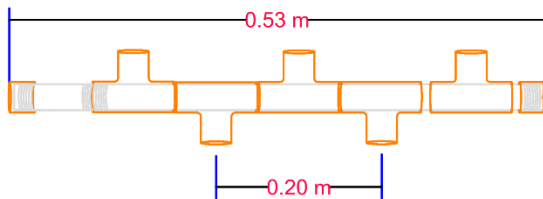
Diseño del Filtro



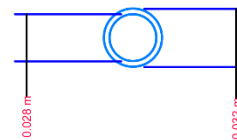
Sistema de drenaje



Dren principal



Tubería PVC 1"



Escuela Politécnica Nacional
ESFOT

Simbología







Título del proyecto: Implementación de un filtro lento para mejorar la calidad de agua en la Casa barrial "La Sierra"

Responsables: Mallamas Esteban
Páiz Marjorie

Contenido: Estructura del FLA

Director: Ing. Alejandro Machado, MSc.

Codirector: Ing. Luís Jaramillo, MSc.

-  Borde libre
-  Capa superficial de agua
-  Arena fina silicica de Te 0.34 mm ; Cu 1.83
-  Arena Gruesa de Te 0.8 - 1 mm
-  Gravilla de Te 1.6 - 2.2mm
-  Grava de Te 9 - 11 mm

4.4. Determinación de la demanda de cloro

TABLA 23 CLORO AÑADIDO VS CLORO RESIDUAL

Volumen (ml)	Cloro Añadido (mg/l)	cloro residual (mg/l)
1	0,5	0
2	1	0
3	1,5	0
4	2	0,2
5	2,5	0,5
6	3	1,5
7	3,5	2

Fuente: (Jácome, 2008)

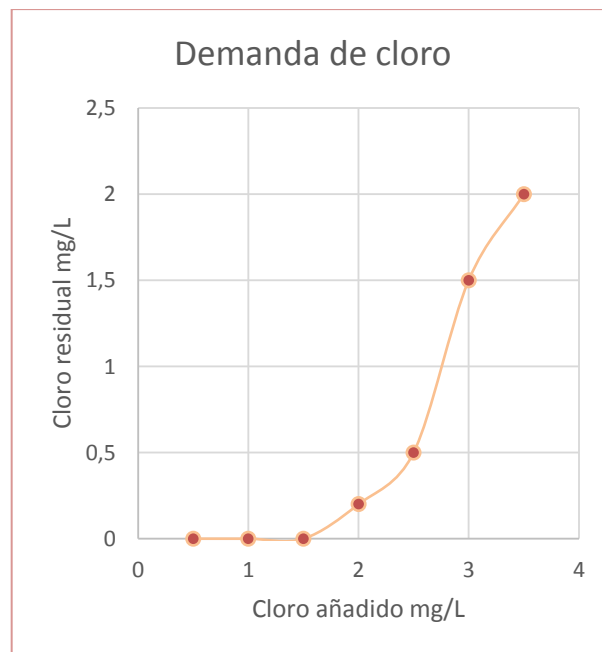


FIGURA 23 GRÁFICA DE LA DEMANDA DE CLORO

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

4.4.1. Dosificación

$$Dosis = Demanda\ de\ cloro\ \frac{mg}{l} + Cloro\ residual\ \frac{mg}{l}$$

ECUACIÓN 19 CÁLCULO DE LA DOSIS DE CLORO

$$D = 3\ \frac{mg}{l} + 1,5\ \frac{mg}{l}$$

$$D = 4,5\ \frac{mg}{l}$$

$$D \approx 0,0045\ \frac{g}{l}$$

Relación de la dosis para el tanque de almacenamiento de agua tratada de 500 litros

$$\begin{array}{ccc} 0,0045\ g & & 1\ l \\ & \swarrow \quad \searrow & \\ X & & 500\ l \\ X = 2,25\ g & & \end{array}$$

La dosis óptima de ácido tricloroisocianúrico es de 2,25 g, ésta dosis será únicamente para el consumo de los 500 litros contenidos en el tanque de almacenamiento de agua tratada. Es decir, una vez que se empieza a consumir los 500 litros se debe ubicar una nueva dosis.

Para la manipulación y dosificación del cloro se deberá tomar en cuenta la indumentaria de seguridad como: Gafas, mascarilla y guantes.

La pastilla de cloro se ubicará en el cartucho del clorador por erosión.



FIGURA 24 UBICACIÓN DE LA PASTILLA DE CLORO EN EL CLORADOR

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018).

4.5. Mantenimiento

4.5.1. Descripción de la red principal de agua

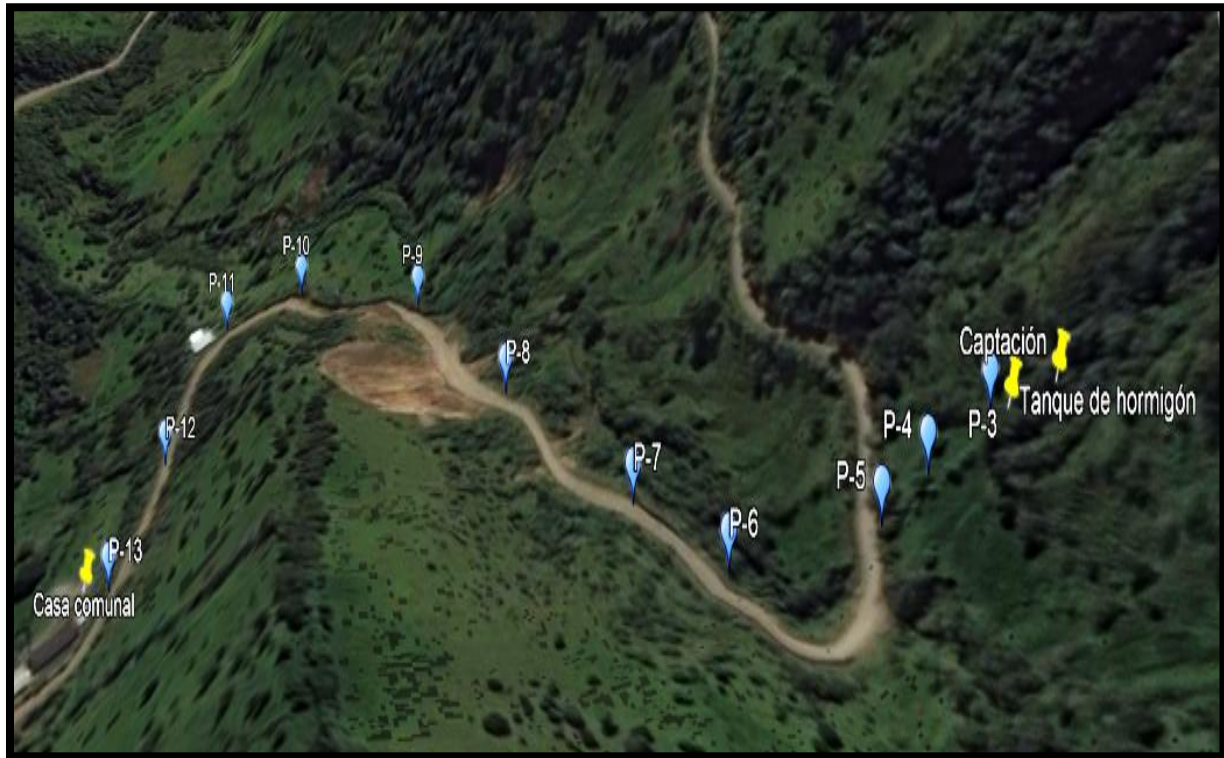


FIGURA 25 LOCALIZACIÓN DE LA RED PRINCIPAL DESDE LA CAPTACIÓN HASTA LA CASA BARRIAL

Fuente: Mallamas – Páliz. (2017).

Con la ayuda de Google Earth se identificó el trazado de la red principal donde se puede apreciar que el sistema de abastecimiento es a gravedad. Además, previo a la identificación se realizó un recorrido a lo largo de la red de agua, desde la fuente hasta la casa barrial. Se observó que la tubería presenta fisuras a lo largo de la red debido a que está expuesta a las condiciones climáticas del lugar, así como también las conexiones entre tuberías no están realizadas de forma técnica, es decir no presentan accesorios. **Ver anexo XII**





FIGURA 26 ESTADO DE LA RED PRINCIPAL

Fuente: Mallamas – Páiz. (2017).

4.5.2. Mantenimiento en Estructuras de abastecimiento de agua



Se utilizó un tipo de herramienta denominada “Gama” en la cual se detalla el conjunto de actividades que se debe realizar en cada una de las estructuras, que a continuación se muestra en las siguientes tablas (García, 2009). Además, en el **anexo XIV** se evidencia el sustento fotográfico de las actividades realizadas en cada una de las estructuras, con la colaboración de los habitantes del barrio la Sierra.

TABLA 24 MANTENIMIENTO EN LA CAPTACIÓN

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Estructura	Captación	Frecuencia	Mensual
Materiales		Indumentaria de seguridad	
<ul style="list-style-type: none"> • Pala • Pico • Cepillo 		<ul style="list-style-type: none"> • Botas • Guantes • Casco • Overol industrial 	
Antes	Después	Descripción	
		<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de la tubería que capta el agua. • Desbroce de la vegetación. • Eliminar palos, piedras y hojas que pueden obstruir el paso del agua a la tubería. 	



Fuente: Mallamas – Páliz. (2018)

TABLA 25 MANTENIMIENTO EN LA POZA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Estructura	Punto de contaminación (Poza)	Frecuencia	Mensual
Materiales <ul style="list-style-type: none"> • Pala • Escoba 		Indumentaria de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Botas • Guantes • Casco • Overol industrial 	
Antes	Después	Descripción	
		<ul style="list-style-type: none"> • Inspección del estado y conexión de tuberías. • Desconectar la tubería que tiene conexión al tanque de hormigón para evitar el paso de sedimentos. Limpieza de la estructura <ol style="list-style-type: none"> 1. Purgar el tanque. 2. Eliminación de sedimento con el uso de una pala y un balde. 3. Eliminación de residuos de vegetación. 	



Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

TABLA 26 MANTENIMIENTO EN EL TANQUE DE HORMIGÓN

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Estructura	Tanque de hormigón	Frecuencia	Mensual
Materiales <ul style="list-style-type: none"> • Pala • Escoba 		Indumentaria de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Botas • Guantes • Casco • Overol industrial 	
Antes	Después	Descripción	
		<ul style="list-style-type: none"> • Inspección del estado y conexión de tuberías. • Desconectar la tubería que alimenta al tanque de agua. Limpieza del tanque de hormigón <ol style="list-style-type: none"> 1. Purgar el tanque. 2. Eliminación de sedimento contenido en el tanque mediante el uso de la pala y un balde. 3. Cepillar las paredes internas, externas y tapa. 4. Eliminar el musgo. 	

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

TABLA 27 MANTENIMIENTO EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CRUDA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Estructura	Tanque de almacenamiento de agua cruda	Frecuencia	Mensual
Materiales <ul style="list-style-type: none"> • Pala • Escoba • Llave de tubo 		Indumentaria de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Botas • Guantes • Casco • Overol industrial 	
Antes	Después	Descripción	
		<ul style="list-style-type: none"> • Impedir el paso de agua al tanque de almacenamiento mediante la manipulación de la válvula de flotador. <p>Limpieza del tanque</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Purgar el tanque. 2. Cepillar las Paredes internas del tanque. 3. Sacar el agua remanente con el uso de una pala. 	


Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

TABLA 28 MANTENIMIENTO EN EL FLA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
Estructura	Filtro lento de arena	
Materiales	Indumentaria de seguridad	
<ul style="list-style-type: none"> • Pala • Espátula • Arena fina 	<ul style="list-style-type: none"> • Botas • Guantes • Casco • Overol industrial 	
Antes	Después	Descripción
		<ul style="list-style-type: none"> • Inspección del estado y conexión de tuberías. • Cerrar la llave de paso que abastece de agua al filtro. • El mantenimiento se debe realizar cuando: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Disminuye el caudal. ➤ El nivel de agua sea menor que el de la capa sobrenadante.

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

TABLA 29 MANTENIMIENTO EN EL CLORADOR POR CONTACTO

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Estructura	Hipoclorador por contacto o erosión	Frecuencia	Mensual
Materiales 2,25 gramos de Ácido tricloroisocianúrico		Indumentaria de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Guantes • Mascarilla • Gafas 	
		Descripción <ul style="list-style-type: none"> • Cerrar la llave de paso. • Remover la tapa. • Extraer el cartucho del cuerpo del clorador de contacto. • Limpiar el cartucho, sin hacer uso de un cepillo metálico y eliminar residuos presentes de cloro en las hendiduras. • Introducir el cartucho en el cuerpo del clorador por contacto. • Colocar 2,25 g de ácido tricloroisocianúrico. • Cerrar el clorador por contacto. • Abrir la llave de paso. 	

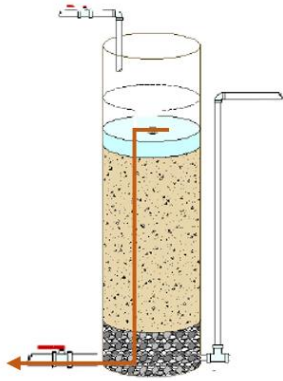
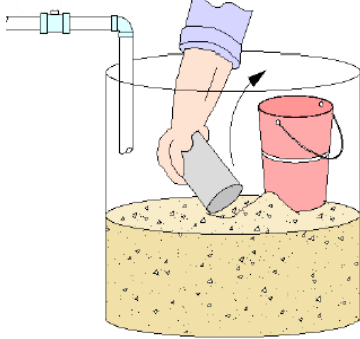
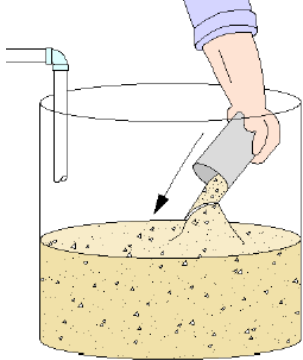
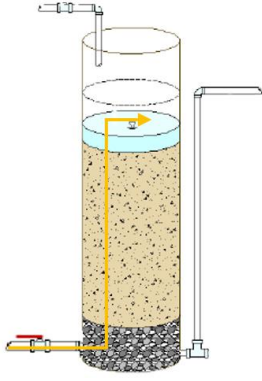
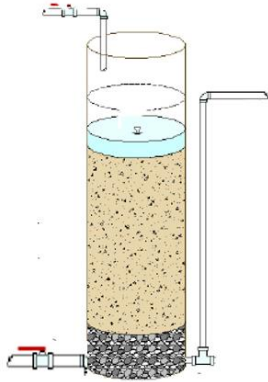

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

TABLA 30 MANTENIMIENTO EN EL TANQUE DE AGUA TRATADA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Estructura	Tanque de almacenamiento de agua tratada	Frecuencia	Cada dos meses
Materiales <ul style="list-style-type: none"> • Pala pequeña • Escoba pequeña 		Indumentaria de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Botas • Guantes • Casco • Overol industrial 	
		Descripción	
		<ul style="list-style-type: none"> • Inspección del estado y conexión de tuberías. • Cerrar la llave de paso del filtro al tanque de almacenamiento de agua tratada. Limpieza del tanque <ol style="list-style-type: none"> 1. Vaciar el tanque 2. Cepillar las paredes internas del tanque <ul style="list-style-type: none"> • Una vez realizada la limpieza en el tanque se debe verificar el correcto funcionamiento del sistema. 	

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018)

TABLA 31 MANTENIMIENTO PARA EL FLA

 <p>1. Drenar el agua sobrenadante por completo mediante la válvula de purga.</p>	 <p>2. Con la ayuda de una espátula raspar la parte superior de la arena aproximadamente de 2 a 3 cm, procurando dejar una parte de la capa biológica.</p>	 <p>3. Ubicar arena nueva o lavada bajo la capa biológica, con el objetivo de que la capa se restaure en menor tiempo.</p>
 <p>4. Una vez ubicada la arena, el ingreso de agua se lo debe realizar por la válvula de purga para eliminar el aire que se encuentra en el medio granular filtrante.</p>	 <p>5. Finalmente, cuando el agua sobrenadante haya llegado hasta el nivel establecido, cerrar la válvula de la purga.</p>	 <p>Recomendación: Para el lavado de la arena no usar detergente ni desinfectantes, usar agua limpia.</p>

Fuente: (Universidad Mayor de San Simón, 2011)

4.6. Socialización del proyecto

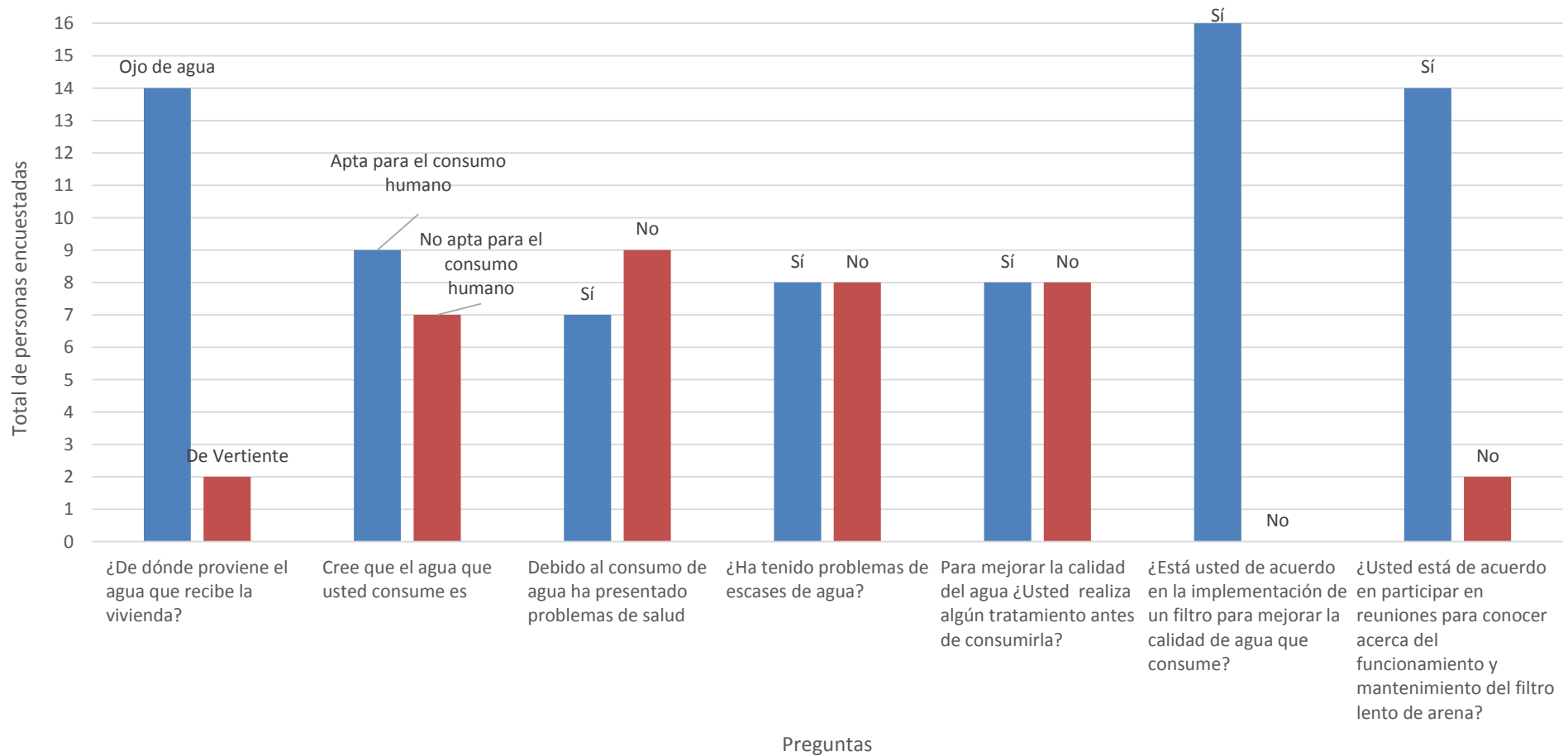


FIGURA 27 TABULACIÓN DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS A LOS HABITANTES DEL BARRIO LA SIERRA

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018).

El número de personas encuestadas fueron dieciséis, mediante el uso de esta herramienta se pudo comprobar que debido a la falta de conocimiento acerca de la calidad de agua hace pensar a los moradores que el agua que ellos beben es apta para el consumo humano.

Además, se evidenció que la mitad de los encuestados realizan el hervido del agua, como lo es común en estas zonas, aun así, dicho tratamiento no asegura la eliminación de carga contaminante.

Como se observa en la figura 27 los habitantes del barrio la Sierra están de acuerdo en la implementación de un filtro lento de arena con la finalidad de que tengan un tratamiento para mejorar la calidad de agua que actualmente consumen.

Es importante mencionar la participación por parte de los habitantes a reuniones en las cuales se habló de temas como el funcionamiento, mantenimiento y operación tanto de las estructuras que componen el sistema y del filtro lento de arena.

4.6.1. FODA



Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

4.7. Informe de costos

TABLA 32 INFORME DE COSTOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

<i>Implementación de un filtro lento de arena en la casa barrial la Sierra</i>			
Detalle	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Color Aparente	1	5	5
Coliformes Fecales	1	27	27
Coliformes totales	1	13,5	13,5
Hierro Total	1	13	13
pH	1	6	6
Sólidos totales	1	10	10
Turbiedad	1	6	6
Cloro Libre Residual	1	8,5	8,5
Logística de provincia	1	50	50
Subtotal			139
IVA 12%			16,68
Valor total			155,68

Fuente: CICAM

TABLA 33 INFORME DE COSTOS DEL AGENTE DESINFECTANTE

Desinfección			
Detalle	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Pastillas de cloro 20g	1	0,25	0,25
Total			0,25

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018).

TABLA 34 INFORME DE COSTO DEL MATERIAL FILTRANTE GRANULAR

Material filtrante granular				
Detalle	Cantidad	Valor unitario Arena bruta	Valor por preparación	Valor total
Grava gruesa 7-11 mm (Saco de 45 KG)	2	6	15	27
Grava fina 1-2 mm (Saco de 45 KG)	2	6	15	12
Arena gruesa 0.66- 1,10 mm (Saco de 45 KG)	2	6	15	12
Arena fina 0,34 mm (Saco de 45)	2	6	15	12
Total				63

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018).

TABLA 35 INFORME DE COSTOS DE LOS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FLA

Accesorios			
Detalle	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Bushing reductor 1"- 1/2"	2	0,25	0,5
Codo de 90° 1"	2	0,51	1,02
Codo de 90° 1/2"	1	0,6	0,6
Junta de tanque 1/2"	1	2,5	2,5
Junta de tanque 1"	2	5	10
Llave de paso 1/2"	2	5,19	10,38
Permatex	1	2,8	2,8
Tanque	1	40	40
Tapón hembra 1/2"	1	0,6	0,6
Tapón hembra 1"	6	1,11	6,66
Tee 1/2"	1	0,8	0,8
Tee 1"	6	2,16	12,96
Teflón	4	0,83	3,32
Tubería de PVC 1/2" por metro	2	1	2
Tubería de PVC 1" por metro	3	3	9
Unión de 1/2"	2	0,7	1,4
Unión reductora 1"- 1/2"	2	2,12	4,24
Unión universal 1/2"	3	1,4	4,2
Válvula de bola 1"	1	1,18	1,18
Válvula de flotador	1	4,5	4,5
Subtotal			119
IVA 12%			14
Total			252

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018).

TABLA 36 INFORME DE COSTO DE LA MANO DE OBRA

Mano de obra			
Detalle	Cantidad	Valor por día	Valor total
Plomero	1	50	50
Dirección Técnica	1	60	60
Total			110

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018).

TABLA 37 INFORME DE COSTO DEL TRANSPORTE

Transporte			
Detalle	Cantidad	Valor por filtro	Valor total
Transporte para el material filtrante	1	50	50
Transporte para la dirección técnica	1	25	25
Total			75

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018).

Valor total por un solo filtro	
Gastos	valor
Costo de parámetros	155,68
Medio granular	63
Costo de accesorios	252
Desinfección	0,25
Transporte	75
Mano de obra	110
Valor Total	655,49

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Una vez realizada la caracterización del agua previo a la implementación del filtro, se concluye que los parámetros: coliformes fecales (7 mg/l), totales (93 mg/l), color aparente (46 PtCo), hierro total (0,54 mg/l Fe) y turbiedad (7,8 NTU) no están dentro de los límites permisibles de las normas vigentes que rigen en el Ecuador con respecto a los requisitos que debe cumplir el agua para que sea apta para el consumo humano.

Debido a la falta de accesorios para la unión entre tuberías y la exposición de las mismas a condiciones climáticas, estas tienden a fragmentarse dando como resultado la pérdida de caudal que llega a la casa barrial.

Los análisis realizados a las muestras de arena y grava a ser usadas como medio filtrante granular, deben cumplir con los requisitos de la norma INEN 2149:2103 con lo que respecta a tamaño efectivo, coeficiente de uniformidad, peso específico, solubilidad en ácido clorhídrico y materia orgánica. Debido al cumplimiento de estos parámetros permitió que exista eficiencia de remoción de contaminantes por parte del filtro lento de arena.

De las muestras analizadas, para obtener el tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad especificados en la norma, se debe realizar primero la eliminación de los gruesos por cribado y de los finos por lavado o de lo contrario, puede existir la alteración de los parámetros del agua cruda.

Para la implementación del filtro lento de arena se debe asegurar un caudal continuo de agua, que permita la formación de la capa biológica en el filtro, caso contrario si el caudal presenta fluctuaciones o bolsas de aire, es posible que la capa biológica se rompa.

La tubería del efluente del filtro tiene una altura que está ligeramente por encima del nivel del lecho filtrante, el cual permite que el nivel de la capa sobrenadante no disminuya. Por el contrario,

si ésta tubería se coloca bajo el medio granular filtrante, el nivel de agua en el filtro desciende en su totalidad produciendo la inactividad de la capa biológica.

Es importante para el manteniendo del filtro colocar un nivel de agua, el cual permite identificar la pérdida de carga producida en el filtro por el criterio de tubos comunicantes.

La implementación del filtro lento de arena permite la remoción de la carga contaminante de los parámetros físico-químicos y microbiológicos que no estaban cumpliendo con los valores establecidos en las normativas vigentes.

La eficiencia de remoción en el filtro lento de arena es de: coliformes fecales (100%), totales (75%), color aparente (71%), hierro total (70%) y turbiedad (78%), así como también, la eficiencia de remoción en el sistema de cloración es de coliformes fecales (100%), totales (100%), color aparente (76%), hierro total (77%) y turbiedad (80%). Lo cual permite que los habitantes del barrio la Sierra consuman agua de mejor calidad.

Para la desinfección el ácido tricloroisocianúrico es la mejor opción, debido a su fácil adquisición y funcionamiento ya que la molécula de cloro está hecha para liberarse en forma lenta en cámaras húmedas como lo es el clorador por contacto o erosión.

El filtro lento de arena, como se comprobó en el campo, construido y puesto en marcha de forma técnica, permite que este funcione como un sistema de tratamiento económico, así como también, fácil adquisición de los materiales que se usaron para su construcción, teniendo en cuenta que se puede implementar esta tecnología en comunidades las cuales tengan sus hogares dispersos y no sea viable la construcción de una planta potabilizadora.

La elaboración del informe de costos del proyecto es de suma importancia ya que de este depende su aceptación o rechazo.

Por medio del informe de costos, se concluyó que la implementación de un filtro lento de arena es elevada para lugares de bajos recursos económicos como son las zonas rurales, su relación costo-beneficio es alta ya que mediante el uso de esta tecnología se puede prevenir enfermedades estomacales las cuales son producidas por el consumo de agua sin tratamiento.

La socialización del proyecto es de vital importancia, para que exista un vínculo entre la comunidad beneficiada y el proyecto, dando como resultado el cumplimiento del programa de mantenimiento establecido por los proponentes del proyecto.

Mediante el uso de las flyers ubicadas en puntos estratégicos, da como resultado la motivación a las personas para conocer acerca del funcionamiento y mantenimiento del filtro lento.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda construir una caja de captación en la fuente para impedir el taponamiento de las tuberías debido a la presencia de material flotante.

La poza como se ha nombrado por los proponentes del proyecto es un punto de contaminación, además cuando ésta se llena de sedimento produce el taponamiento a la manguera que conduce el agua al tanque de hormigón armado de modo que interrumpe el paso de agua a las siguientes estructuras, es por ello que se recomienda la eliminación de esta estructura y hacer la conexión desde de la caja de captación hasta el tanque de hormigón.

La manguera que conduce el agua desde la fuente hasta la casa barrial se encuentra expuesta a lo largo del camino, para ello se recomienda que se realice el cambio total de este tipo de manguera por una que esté acorde a las condiciones del lugar y se excave por lo menos 1 m de profundidad para que no exista rupturas.

Se recomienda que, en la línea de conducción de agua cruda, se debe colocar en los puntos más altos válvulas de ventosa para eliminar el aire que se produce en las mangueras que están parcialmente llenas y en los puntos más bajos colocar válvulas de purga, para eliminar el sedimento.

Si el medio filtrante granular a ser analizado para el uso del tratamiento del agua cruda, tiene a simple vista arcillas, polvo y material micaceaus, se recomienda lavar el material granular previo a realizar cualquier tipo de análisis.

Para la implementación del FLA es necesario ubicarlo en un terreno plano para evitar posibles fisuras en la base del filtro.

Se recomienda construir una caseta para cubrir al filtro de las condiciones climáticas y así, mantener su periodo de diseño.

Hacer en la tapa del filtro un orificio para permitir la ventilación y no se produzca malos olores en el interior del filtro.

Se recomienda realizar el programa de mantenimiento estipulado por los proponentes del proyecto, para que la eficiencia de remoción de los parámetros se realice en el filtro lento de arena y cloración.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua Tomo 2*. NOMOS S.A.
2. ASTM C 136-01. (10 de 6 de 2001). *Análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos*. Obtenido de ASTM International Standars Worldwide: <https://www.coursehero.com/file/21680125/ASTM-C-136-01-M%C3%A9todo-de-Ensayo-Normalizado-para-determinar-el-An%C3%A1lisis-Granulom%C3%A9trico-de-los-%C3%81ridos/>
3. ASTM C 40. (5 de 7 de 2017). *Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete 1*. Obtenido de ASTM International Worldwide: <https://www.astm.org/>
4. Baroja, E. G. (22 de 8 de 2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Nono*. Obtenido de Perfectura De Pichincha: <http://www.pichincha.gob.ec/>
5. Barrezueta, H. E. (19 de 10 de 2010). Código orgánico de la organización territorial COOTAD. *Registro Oficial*, 7.
6. Castañeda, M. (17 de 12 de 2008). *Establecer la demanda de cloro en el acueducto de Pereira*. Obtenido de Repositorio UTP: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1784/628166286132112.pdf?sequence=1>
7. CEPIS/OPS. (2005). *BVSDE*. Obtenido de GUÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS: <http://www.bvsde.paho.org>
8. CEPIS/OPS. (30 de 1 de 2006). *BVSDE*. Obtenido de Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas: <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/174esp-diseno-FiME.pdf>
9. César García Andreu, J. P., Brotons, F., & Abril, A. (2009). *Universidad de Alicante*. Obtenido de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10998/3/Pr%C3%A1ctica%20N%C2%BA%203%20_Granulometria%20I_.pdf
10. Clesceri, L., Greenberg, A., & Eaton, A. (1998). *Standard Methods*. Washington.
11. *Determinación de la gravedad específica de los sólidos*. (18 de 3 de 2004). Obtenido de Escuela de Ingeniería de la Construcción: http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/gravedad_especifica.pdf

12. Dr.Wook, L. J. (11 de 2004). *OMS*. Obtenido de Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud: http://www.who.int/water_sanitation_health/facts2004/es/
13. García, S. (2009). *Plan de mantenimiento*. Obtenido de RENOVETEC: <http://www.renovetec.com/597-planes-de-mantenimiento/112-planes-de-mantenimiento/294-ejemplo-de-plan-de-mantenimiento>
14. González, A. (13 de 12 de 2011). *Desinfección del agua, mediante el uso de ácido tricloroisocianúrico*. Obtenido de Repositoriotec: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5666/desinfecci%C3%B3n-agua-uso-acido-tricloroisocian%C3%BAro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. Hach. (3 de 6 de 2004). *Turbidímetro portátil 2100P*. Obtenido de HACH: <https://latam.hach.com/>
16. Hach Company. (2000). Color verdadero y aparente. En H. Company, *MANUAL DE ANALISIS DE AGUA Segunda edición en español* (págs. 120-122). Loveland,Colorado, EE.UU.: HACH Company.
17. Hach Company. (2000). Hierro total. En H. Company, *Manual de análisis de agua. Segunda edición en español* (págs. 144-147). Loveland, Colorado: Hach Company.
18. INEN 1108. (24 de 1 de 2014). *Agua Potable .Requisitos*. Obtenido de Servicio Ecuatoriano de Normalización: <http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>
19. INEN. (1992). *CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN*. C.E.C. Quito-Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN.
20. INEN 2149:2013. (31 de 7 de 2017). *Agua. Medios filtrantes granulares utilizados en el tratamiento de aguas.Requisitos*. Obtenido de Servicio Ecuatoriano de Normalización: <http://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20T%C3%A9cnica%20INEN/NTE%20INEN%202149%20-%20AGUA.%20MEDIOS%20FILTRANTES%20GRANULARES%20UTILIZADOS%20EN%20EL%20TRATAMIENTO%20DE%20AGUAS.%20REQUISITOS.pdf>
21. INEN 2169:2013. (10 de 9 de 2013). *Agua.Calidad del agua.Muestreo manejo y conservación de muestras*. Obtenido de Instituto de Normalización Ecuatoriana: https://kipdf.com/agua-calidad-del-agua-muestreo-manejo-y-conservacion-de-muestras_5ab0ffe11723dd439c961a9c.html
22. INEN 2176:2013. (9 de 10 de 2013). *Calidad de agua.Muestreo.Técnicas de muestreo*. Obtenido de Instituto de Normalización Ecuatoriana: <https://es.scribd.com/document/362925862/2176-1>

23. INEN 2655:2012. (22 de 12 de 2012). *Implementación de plantas potabilizadoras prefabricadas en sistemas públicos de agua potable*. Obtenido de Instituto de Normalización Ecuatoriana: <https://archive.org/details/ec.nte.2655.2012>
24. Ing.Sánchez, L. D., Ing.Latorre, J., & Ing.Galvis, G. (14 de 5 de 2015). *Comportamiento de la población de algas y protozoos después de la limpieza de la biomembrana en un filtro lento de arena*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/237359662_COMPORTAMIENTO_DE_LA_POBLACION_DE_ALGAS_Y_PROTOZOOS_DESPUES_DE_LA_LIMPIEZA_DE_LA_BIOMEMBRANA_EN_UN_FILTRO_LENTO_EN_ARENA
25. Lic. Campos, X. (10 de 5 de 2013). *Transferencia de tecnologías alternativas de abastecimiento de agua y saneamiento para comunidades de Baja Verapaz*. Obtenido de FIODM: https://www.sdgfund.org/sites/default/files/Guate_Tecnologias%20alternativas%20de%20OAS.pdf
26. *Manual de Hidrometría*. (19 de 7 de 2005). Obtenido de Facultad de Ingeniería : <https://www.fing.edu.uy/imfia/cursos/hidrometria/material/hidrometria.pdf>
27. Ministerio de Trabajo. (06 de 05 de 2015). *Código de trabajo*. Obtenido de Ministerio de Trabajo: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/C%C3%B3digo-de-Tabajo-PDF.pdf>
28. Narváez, E. G. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Nono*. Obtenido de Perfectura de Pichincha: <http://www.pichincha.gob.ec/>
29. Norma Chilena. (22 de 4 de 2004). *Mecánica de suelos . Determinación de la densidad de partículas sólidas*. Obtenido de KUPDF: https://kupdf.com/download/nch-1532-of1980-densidad-de-solidos_5a137ceae2b6f50d0b41bcaa_pdf
30. OPS. (30 de 1 de 2007). *Criterios básicos para la implementación de sistemas de agua potable y saneamiento en el ámbito rural y pequeñas ciudades*. Obtenido de BVSDE: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/miscela/criteriosas.pdf>
31. Plastigama. (2013). *Tanques Plastigama*. Obtenido de Plastigama: <http://sitio.plastigama.com/productos/construccion/almacenamiento.html>
32. Sánchez, I. N. (s.f.). *Civilgeeks.com*. Obtenido de <https://civilgeeks.com/2013/11/25/granulometria-suelos-ing-nestor-luis-sanchez/>
33. Secretaría del Agua . (20 de 3 de 2014). *Normas para estudio y diseño de a agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Obtenido

- de Secretaría del Agua : https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf
34. Silva, M. (2015). *Potabilización , procesos y diseño de las plantas*. Quito: Edicumbre.
 35. Torres, Villanueva, C., & Sonia. (2014). *El filtro de arena lento*. Obtenido de Universidad Piloto de Colombia UPC: <http://www.unipiloto.edu.co/wp-content/uploads/2013/11/EI-filtro-de-arena-Lento-a-color-para-la-web.pdf>
 36. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. (23 de 3 de 2012). *Análisis del tamaño de partículas de agregados finos y gruesos*. Obtenido de <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/GRANULOMETRIA.pdf>
 37. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. (s.f.). *Impurezas organicas en arenas*. Obtenido de Universidad Centroamericana José Simeón Cañas: <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/IMPUREZAS.pdf>
 38. Universidad Mayor de San Simón. (7 de 7 de 2011). *Menú de alternativas de tratamiento a nivel comunitario y domiciliario* . Obtenido de FUNDESYRAM: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3626>
 39. Vargas, I. L. (17 de 1 de 2002). *Filtación lenta como proceso de desinfección*. Obtenido de <http://www.elaguapotable.com/FILTRACI%C3%93N%20LENTA%20COMO%20PROCESO%20DE%20DESINFECCI%C3%93N.pdf>
 40. Yip, S. (2 de 7 de 2012). Obtenido de Fisher Scientific: http://static.fishersci.com/cmsassets/downloads/segment/Scientific/pdf/accumet/AP110_AP115_AP125_usermanl.pdf
 41. *YSI Model 30 and 30M Operations Manual*. (15 de 1 de 2007). Obtenido de Enviro - Equipment : <https://www.enviroequipment.com/rentals/ysi-30-conductivity-salinity-temperature-rental>
 42. Zurita, S. (11 de 10 de 2017). Características del Barro La Sierra. (E.Mallamas, & M.Pàliz, Entrevistadores) Quito .

ANEXOS

ANEXO I TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA AGREGADO GRUESO

Tamaño máximo nominal (mm)	Tamaño mínimo de la muestra de prueba (Kg)
9.5	1
12.5	2
19.0	5
25.0	10
37.5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Fuente: (ASTM C 136-01)

ANEXO II CHECK LIST PARA EL MUESTREO

EQUIPOS			
Equipo	Código	Verificación	Observaciones
pH-metro			
Conductímetro			
Turbidímetro			
Termómetro			
Cooler			
MATERIAL DE VIDRIO			
Material	Cantidad	Observaciones	
Probeta			
Jarra plástica de 1000 ml			
Botellas Ámbar			
Recipientes Plásticos			
Fundas plásticas			
MATERIALES ADICIONALES			
Nombre	Cantidad	Observaciones	
Piseta			
Toallas Absorbentes			
Esfero			
Masking			
Balde			
Cuerdas			
Hielo			
Pilas			
EQUIPO DE SEGURIDAD			
Nombre	Cantidad	observaciones	
Guantes			
Mandil			
DOCUMENTOS			
Cadena de custodia			

Fuente: Mallamas- Páliz (2018).

ANEXO III TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

Parámetros	Unidad	Técnica de preservación	Tiempo máximo de conservación
Temperatura	°C	Medición En sitio	No aplica
Oxígeno disuelto	mg/l	Medición En sitio	No aplica
Turbiedad	NTU	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C Mantener las muestras almacenadas en la oscuridad.	24 horas
Color aparente	PtCo	Refrigeración 1 °C y 5 °C	5 días
Color verdadero	PtCo	Refrigeración 1 °C y 5 °C	5 días
Conductividad eléctrica	uS	Medición En sitio	No aplica
Sólidos suspendidos totales	mg/l	Refrigeración 1 °C y 5 °C	2 días
Sólidos totales	mg/l	Refrigeración 1 °C y 5 °C	24 horas
Alcalinidad	mg/l CaCO ₃	Refrigeración 1 °C y 5 °C	24 horas
Hierro total	mg/l Fe	Acidificar a entre pH1 a 2 con HNO ₃	1 Mes
pH	N/A	Medición En sitio	No aplica
Coliformes totales	NMP/100 ml	Refrigeración 1 °C y 5 °C	24 horas
Coliformes fecales	NMP/100 ml	Refrigeración 1 °C y 5 °C	24 horas

Fuente: (INEN 2169:2013)

ANEXO IV TIPOS DE AGUA QUE ACORDE A SUS CARACTERÍSTICAS SE DEFINE EL POSIBLE TRATAMIENTO

TIPO DE AGUA	DESCRIPCIÓN
Tipo C	Aguas subterráneas o superficiales provenientes de cuencas no protegidas, que pueden encuadrarse dentro de las normas de calidad para agua potable mediante un proceso que no exija coagulación.

Fuente: (Secretaría del Agua)

ANEXO V EJEMPLO DE CÁLCULO PARA LA CURVA GRANULOMÉTRICA

Peso total	500.1(g)				
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Parcial Retenido (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
# 4	4,750	0,00	0,00	0,00	100,00
# 8	2,360	104,10	20,85	20,85	79,15
#10	2,000	270,40	54,17	75,02	24,98
#12	1,680	71,00	14,22	89,24	10,76
#14	1,400	44,50	8,91	98,16	1,84
# 16	1,180	4,50	0,90	99,06	0,94
#20	0,850	3,20	0,64	99,70	0,30
#25	0,710	0,20	0,04	99,74	0,26
# 30	0,600	0,10	0,02	99,76	0,24
#40	0,425	0,10	0,02	99,78	0,22
#45	0,355	0,10	0,02	99,80	0,20
Bandeja	--	1,00	0,20	100,00	0,00
	Peso Total	499,20			

1 2 3

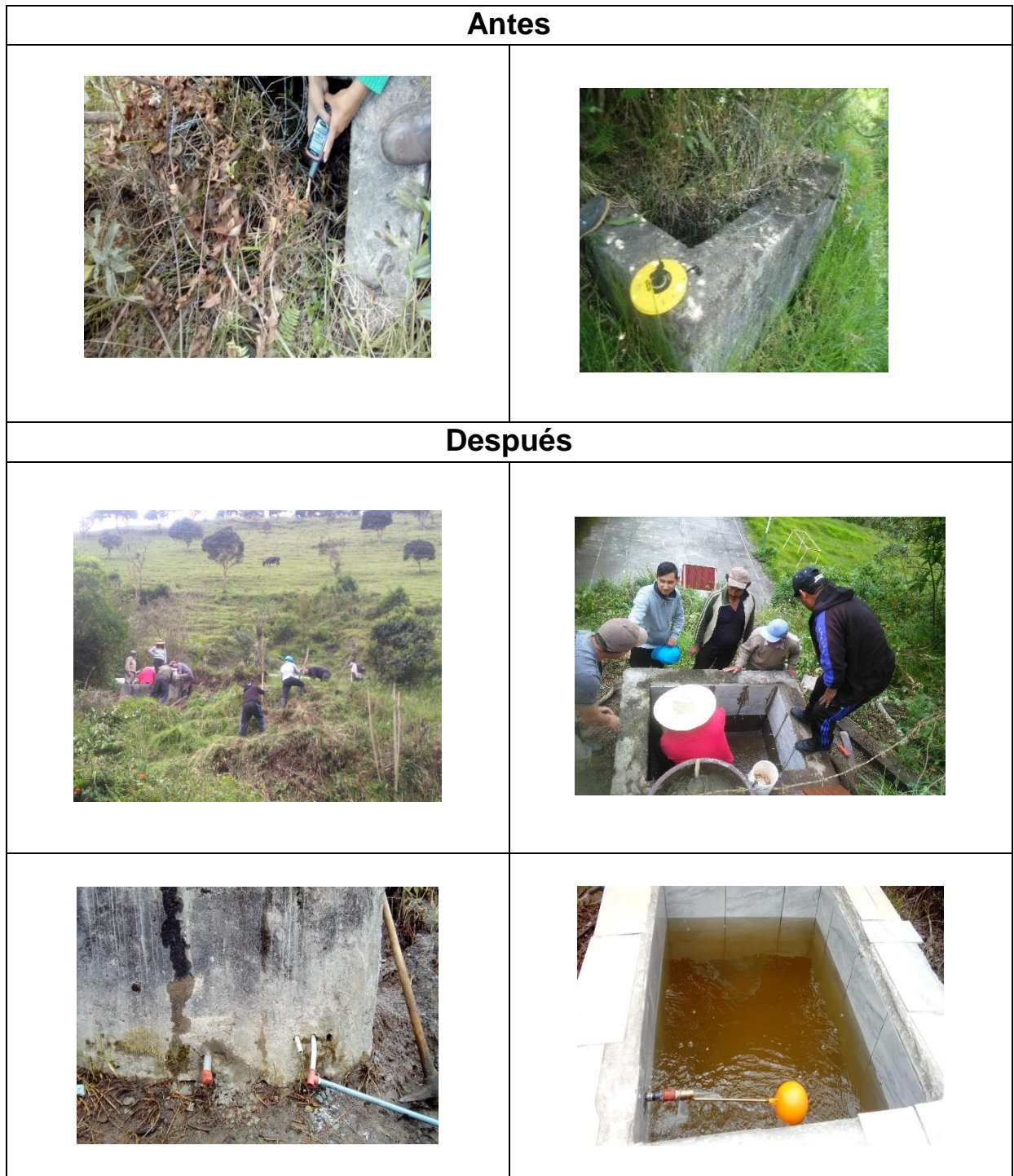
$$1. \text{ Retenido parcial (\%)} = \frac{\text{Ret.parcial} \cdot 100}{\sum \text{Retenidos parciales}}$$

2.% Retenido acumulado = % Ret. parcial + % Ret. acumulado de los tamices de mayor abertura

$$3. \% \text{Pasa} = 100 - \% \text{Retenido acumulado}$$

Fuente: (César García Andreu, Brotons, & Abril, 2009)

**ANEXO VI HABILITACIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CRUDA
PREVIO A LA IMPLEMENTACIÓN DEL FILTRO LENTO DE ARENA**



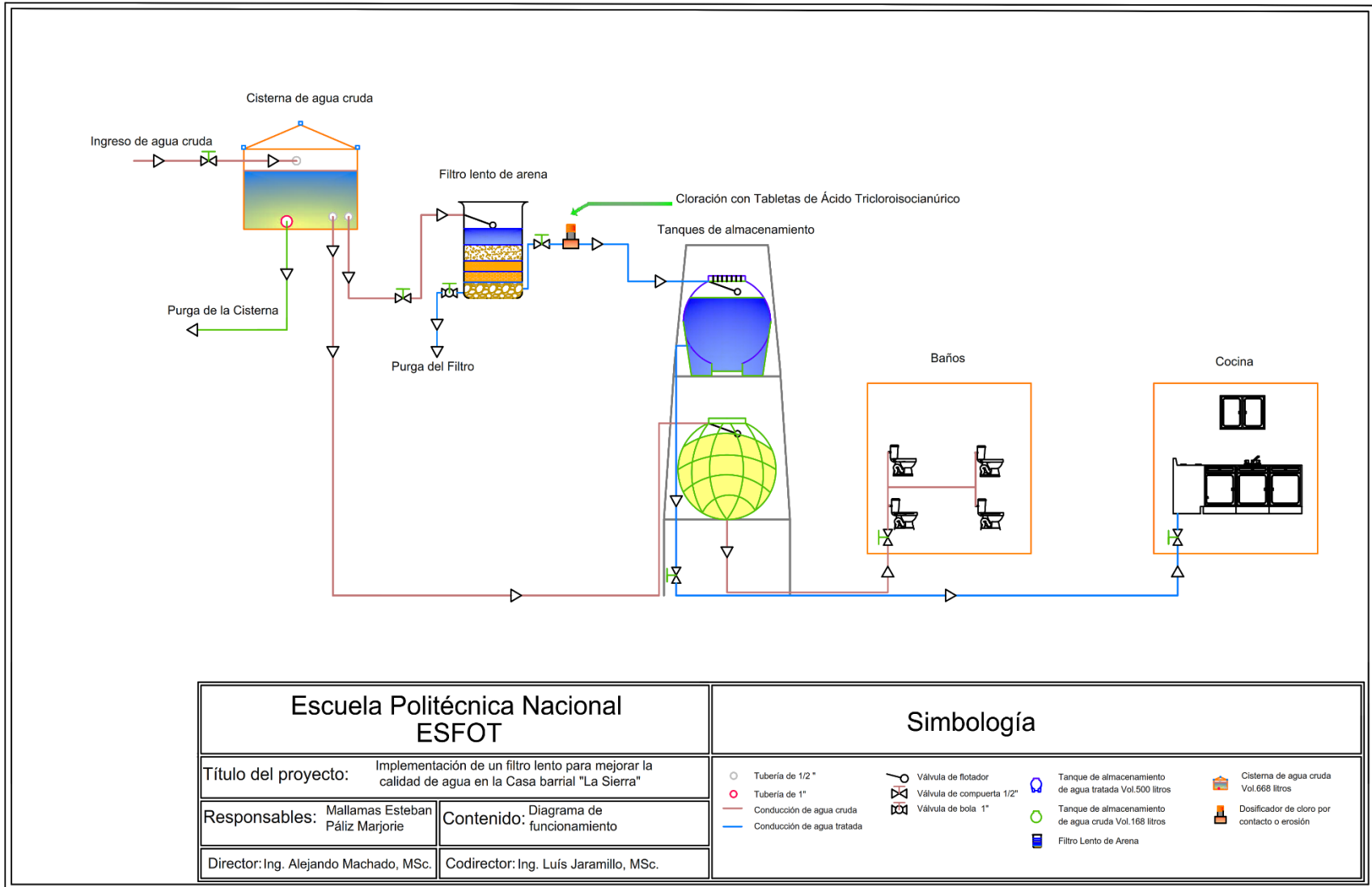
Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

ANEXO VII ADECUACIÓN DEL ÁREA EN DONDE SE IMPLEMENTÓ EL FILTRO LENTO DE ARENA

Antes	
	
Después	
	
	
	

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018).

ANEXO VIII DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL TRATAMIENTO PROPUESTO



Escuela Politécnica Nacional ESFOT	
Título del proyecto: Implementación de un filtro lento para mejorar la calidad de agua en la Casa barrial "La Sierra"	
Responsables: Mallamas Esteban Páliz Marjorie	Contenido: Diagrama de funcionamiento
Director: Ing. Alejandro Machado, MSc.	Codirector: Ing. Luís Jaramillo, MSc.

Simbología			
○ Tubería de 1/2"	○ Válvula de flotador	○ Tanque de almacenamiento de agua tratada Vol.500 litros	○ Cistema de agua cruda Vol.668 litros
● Tubería de 1"	○ Válvula de compuerta 1/2"	○ Tanque de almacenamiento de agua cruda Vol.188 litros	○ Dosificador de cloro por contacto o erosión
— Conducción de agua cruda	○ Válvula de bola 1"	○ Filtro Lento de Arena	
— Conducción de agua tratada			

ANEXO IX ESTRATEGIAS APLICADAS PARA LA SOCIALIZACIÓN

HOJA DE ASISTENCIA A LA SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO



Escuela Politécnica Nacional

ESFOT

Tecnología en Agua y Saneamiento Ambiental



HOJA DE ASISTENCIA

"IMPLEMENTACIÓN DE UN FILTRO DE ARENA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA EN LA ESCUELA FISCAL COMUNITARIA CHIMBORAZO."

Fecha: 17/12/2017

Tema: Socialización del proyecto

Actividades: Construcción del filtro lento de arena

Nombre	Firma	Nombre	Firma
Elvira D. Briza	<i>[Firma]</i>	Luz Borneiros	
M. Orestina	<i>[Firma]</i>	FREDY KOCIMA	<i>[Firma]</i>
Luzmila Zamora	<i>[Firma]</i>	Luzmila Villalba	<i>[Firma]</i>
Maria Alejandra	<i>[Firma]</i>	Andrés Escobar	
Galo Guzmán	<i>[Firma]</i>	Marilde Villalba	<i>[Firma]</i>
Elga Toscano	<i>[Firma]</i>	Rosio Cañar	<i>[Firma]</i>
Nolanda Villalba	<i>[Firma]</i>	Javier Albarasin	<i>[Firma]</i>
Wilson	<i>[Firma]</i>	Grubiel Gualco	<i>[Firma]</i>
Marcelo Morales	<i>[Firma]</i>	Rosendo BARREROS	<i>[Firma]</i>
Gerardo Casare	<i>[Firma]</i>		
Enzo Vergara			
Rosa Morales	<i>[Firma]</i>		
Victoriano Vergara	<i>[Firma]</i>		

[Firma]
Esteban Mallamas

[Firma]
Marjorie Páliz

Fuente: Mallamas- Páliz (2018).

MODELO DE ENCUESTA DE PERCEPCIÓN A PROYECTO



Escuela Politécnica Nacional

ESFOT

Tecnología en Agua y Saneamiento Ambiental



Encuesta para los habitantes del barrio La Sierra de la Parroquia de Nono
"IMPLEMENTACIÓN DE UN FILTRO DE ARENA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA EN LA ESCUELA FISCAL COMUNITARIA CHIMBORAZO."

Datos personales

Nombre del jefe de hogar

Ciro Toscano

Edad

88

Ocupación

Descripción de la vivienda

Adobe

Madera

Caña

Bloque

Ladrillo

Total de pisos

Integrantes de la familia

Niños de 0 a 12 años

Adultos de 35 a 50

Adolescentes 12 a 18

Personas de 50 años en adelante

Características del agua que consume

1. ¿De dónde proviene el agua que recibe la vivienda?

De red pública

De río

De pozo

De ojo de agua

Otros (carro repartidor/agua lluvia)

2. Cree que el agua que usted consume es:

Apta para el consumo humano

No es apta para el consumo humano

Fuente: Mallamas- Páliz (2018).



Escuela Politécnica Nacional

ESFOT

Tecnología en Agua y Saneamiento Ambiental



Encuesta para los habitantes del barrio La Sierra de la Parroquia de Nono
"IMPLEMENTACIÓN DE UN FILTRO DE ARENA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA EN LA ESCUELA FISCAL COMUNITARIA CHIMBORAZO."

3. Debido al consumo de agua ¿Usted ha presentado problemas en su salud?

Si [] ¿Cuál fue la enfermedad? -----

No []

Hace que tiempo -----

4. ¿Ha tenido problemas de escases de agua?

Si [X] ¿En qué época del año? En Verano

No []

5. Para mejorar la calidad de agua ¿Usted realiza algún tratamiento al agua antes de consumirla?

Si [X] ¿Cuál es este tratamiento? Hervir el agua.

No []

Acerca del filtro

Está usted de acuerdo en la implementación de un filtro para mejorar la calidad del agua que consume.

Si [X] ¿Por qué? Porque ayudo a la limpieza del agua.

No [] ¿Por qué? -----

Capacitación

¿Usted está de acuerdo en participar en reuniones para conocer acerca del funcionamiento y mantenimiento del filtro de arena?

Si [X]

No []

Bico Toscano

Firma del encuestado

Andres Mallamas

Esteban Mallamas

[Signature]

Marjorie Páliz

Fuente: Mallamas- Páliz (2018).

FLYERS USADO PARA LA SOCIALIZACIÓN

FILTRO LENTO DE ARENA
Proponentes del proyecto: Mallamas Esteban Páliz Marjorie

El filtro lento de arena es la mejor alternativa para el tratamiento de agua y económico para poblaciones que carecen de agua potable.

El tratamiento que se propone permite remover del 99 al 99.9% de bacterias, virus y huevos de E.Coli y materia orgánica, que en la mayoría de los casos son causantes de problemas gastrointestinales y deterioran la salud.

100% Eficiencia de remoción de coliformes fecales

80% Eficiencia de remoción de turbiedad

76% Eficiencia de remoción del color aparente

77% Eficiencia de remoción del hierro total

Construcción del filtro

Implementación

Desinfección

Comparación de afluente y efluente

Hipopodador de contacto o erosión

Dosificación de cloro

La desinfección de agua para uso humano, tiene por finalidad la inactivación e eliminación de microorganismos y virus que están presentes en el agua.

El proyecto de la implementación del Filtro Lento de Arena se lo realizó en la Casa Barril la Sierra. Te invitamos cordialmente a ser parte de la capacitación del proyecto, que se efectuará el día 26 de agosto del 2018.

ESFOT
ESQUEMA DE COOPERACIÓN
SOCIOPRODUCTIVA

Fuente: Mallamas- Páliz (2018)

REUNIONES CON LOS HABITANTES DEL BARRIO LA SIERRA

SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO

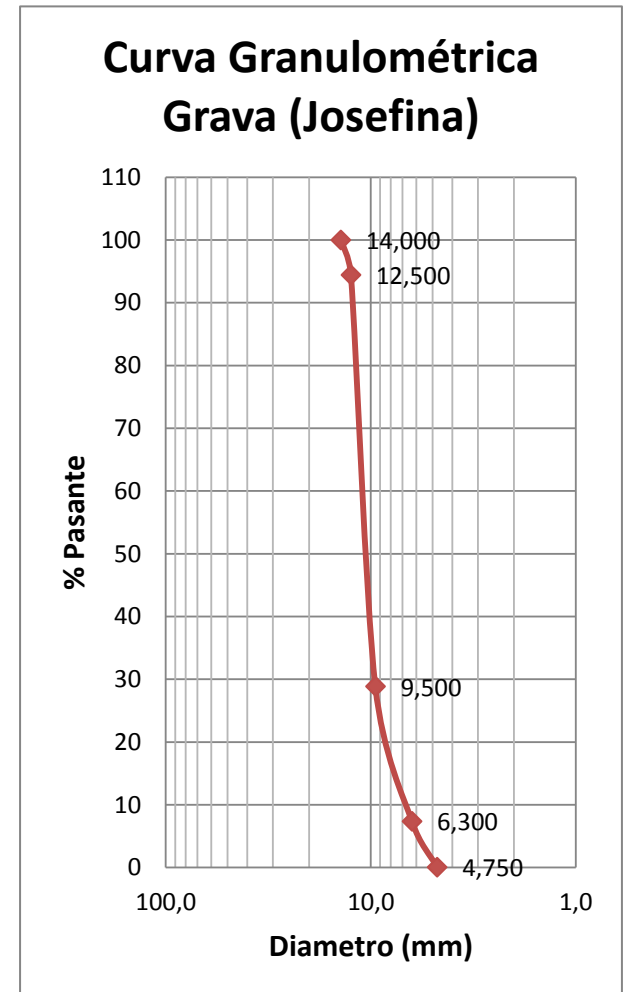


Fuente: Mallamas- Páliz (2018).

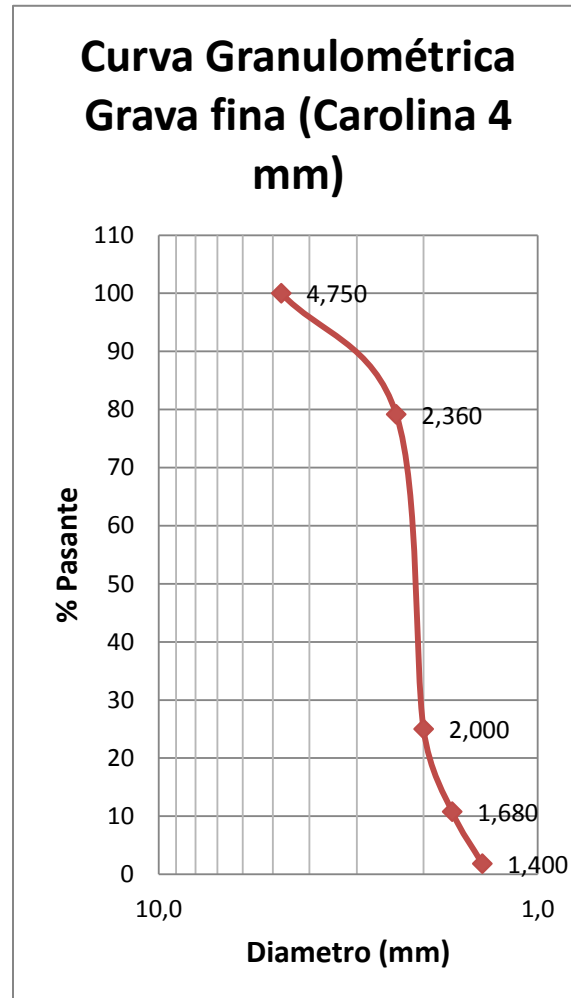
ANEXO X CURVAS GRANULOMÉTRICAS

Agregados gruesos

Grava (Josefina)					
Peso total	1000,7(g)				
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Parcial Retenido (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
# ¾	14,000	0,00	0,00	0,00	100,00
# ½	12,500	55,4	5,54	5,54	94,46
# 3/8	9,500	656,4	65,59	71,13	28,87
# ¼	6,300	214,8	21,46	92,60	7,40
# 4	4,750	73,1	7,30	99,90	0,10
Bandeja	--	1	0,10	100,00	0,00
	Peso Total	1000,70			

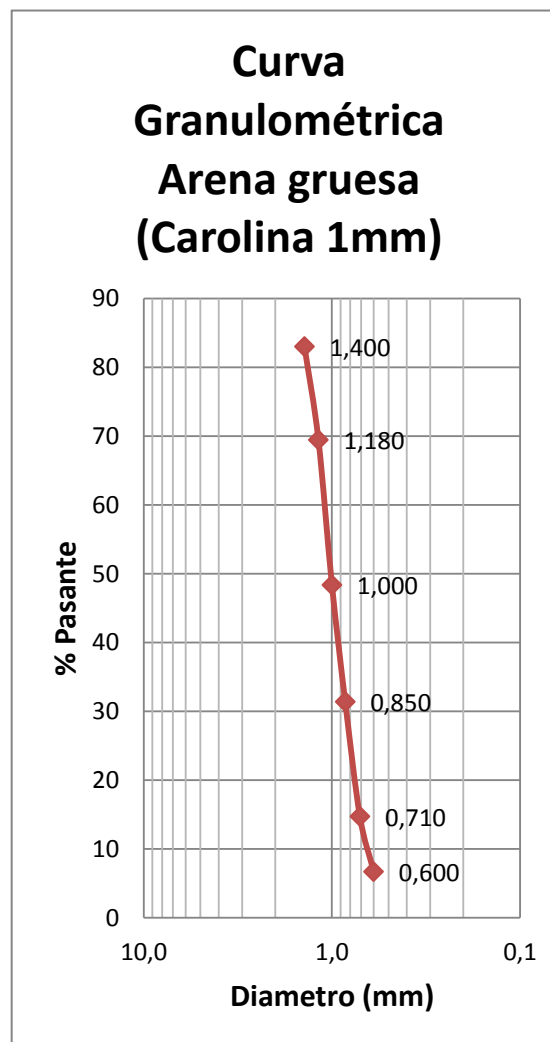


Grava fina (Carolina 4 mm)					
Peso total	500,1(g)				
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Parcial Retenido (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
# 4	4,750	0,00	0,00	0,00	100,00
# 8	2,360	104,10	20,85	20,85	79,15
#10	2,000	270,40	54,17	75,02	24,98
#12	1,680	71,00	14,22	89,24	10,76
#14	1,400	44,50	8,91	98,16	1,84
# 16	1,180	4,50	0,90	99,06	0,94
#20	0,850	3,20	0,64	99,70	0,30
#25	0,710	0,20	0,04	99,74	0,26
# 30	0,600	0,10	0,02	99,76	0,24
#40	0,425	0,10	0,02	99,78	0,22
#45	0,355	0,10	0,02	99,80	0,20
Bandeja	--	1,00	0,20	100,00	0,00
	Peso Total	499,20			

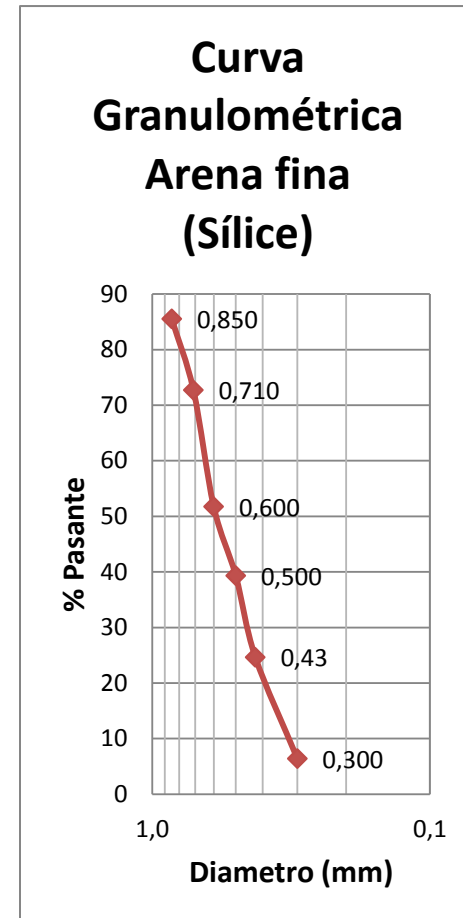


Agregados finos

Arena gruesa (Carolina 1mm)					
Peso total	500(g)				
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Parcial Retenido (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
#14	1,400	84,50	16,96	16,96	83,04
#16	1,180	67,50	13,55	30,51	69,49
# 18	1,000	105,10	21,10	51,61	48,39
#20	0,850	84,60	16,98	68,59	31,41
#25	0,710	83,00	16,66	85,25	14,75
# 30	0,600	39,90	8,01	93,26	6,74
#35	0,500	7,30	1,47	94,72	5,28
# 40	0,43	7,80	1,57	96,29	3,71
# 50	0,300	8,20	1,65	97,93	2,07
# 60	0,250	0,80	0,16	98,09	1,91
#80	0,180	2,10	0,42	98,51	1,49
# 100	0,15	1,10	0,22	98,74	1,26
# 200	0,075	5,70	1,14	99,88	0,12
Bandeja	--	0,60	0,12	100,00	0,00
	Peso Total	498,20			



Arena fina(Sílice)					
Peso total	600(g)				
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Parcial Retenido (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
#20	0,850	86,8	14,49	14,49	85,51
#25	0,710	76,8	12,82	27,30	72,70
# 30	0,600	125,7	20,98	48,28	51,72
#35	0,500	74,3	12,40	60,68	39,32
# 40	0,43	87,9	14,67	75,35	24,65
# 50	0,300	109,3	18,24	93,59	6,41
# 60	0,250	22,9	3,82	97,41	2,59
#80	0,180	15,2	2,54	99,95	0,05
# 100	0,15	0,1	0,02	99,97	0,03
Bandeja	--	0,2	0,03	100,00	0,00
	Peso Total	599,20			



Ejemplo de Cálculo

Cálculo del D_{10} ; D_{60}

Arena fina(Silice)					
Peso total	600(g)				
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Parcial Retenido (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
#20	0,850	86,8	14,49	14,49	85,51
#25	D_1 0,710	76,8	12,82	27,30	72,70
# 30	D_2 0,600	125,7	20,98	48,28	51,72
#35	0,500	74,3	12,40	60,68	39,32
# 40	D_1 0,43	87,9	14,67	75,35	24,65
# 50	D_2 0,300	109,3	18,24	93,59	6,41
# 60	0,250	22,9	3,82	97,41	2,59
#80	0,180	15,2	2,54	99,95	0,05
# 100	0,15	0,1	0,02	99,97	0,03
Bandeja	--	0,2	0,03	100,00	0,00
	Peso Total	599,20			

$$D_{10} = \left(\frac{D_2 - D_1}{\log(\%2) - \log(\%1)} \times (\log(10) - \log(\%1)) \right) + D_1$$

(César García Andreu, Brotons, & Abril, 2009)

$$D_{10} = \left(\frac{0,30 - 0,43}{\log(6,41) - \log(24,65)} \times (\log(10) - \log(24,65)) \right) + 0,43$$

Tamaño efectivo

$$D_{10} = 0,34 \text{ mm}$$

$$D_{60} = \left(\frac{D_2 - D_1}{\log(\%2) - \log(\%1)} \times (\log(60) - \log(\%1)) \right) + D_1$$

(César García Andreu, Brotons, & Abril, 2009)

$$D_{60} = \left(\frac{0,60 - 0,71}{\log(51,72) - \log(72,70)} \times (\log(60) - \log(72,70)) \right) + 0,71$$

$$D_{60} = 0,65 \text{ mm}$$

Coeficiente de Uniformidad

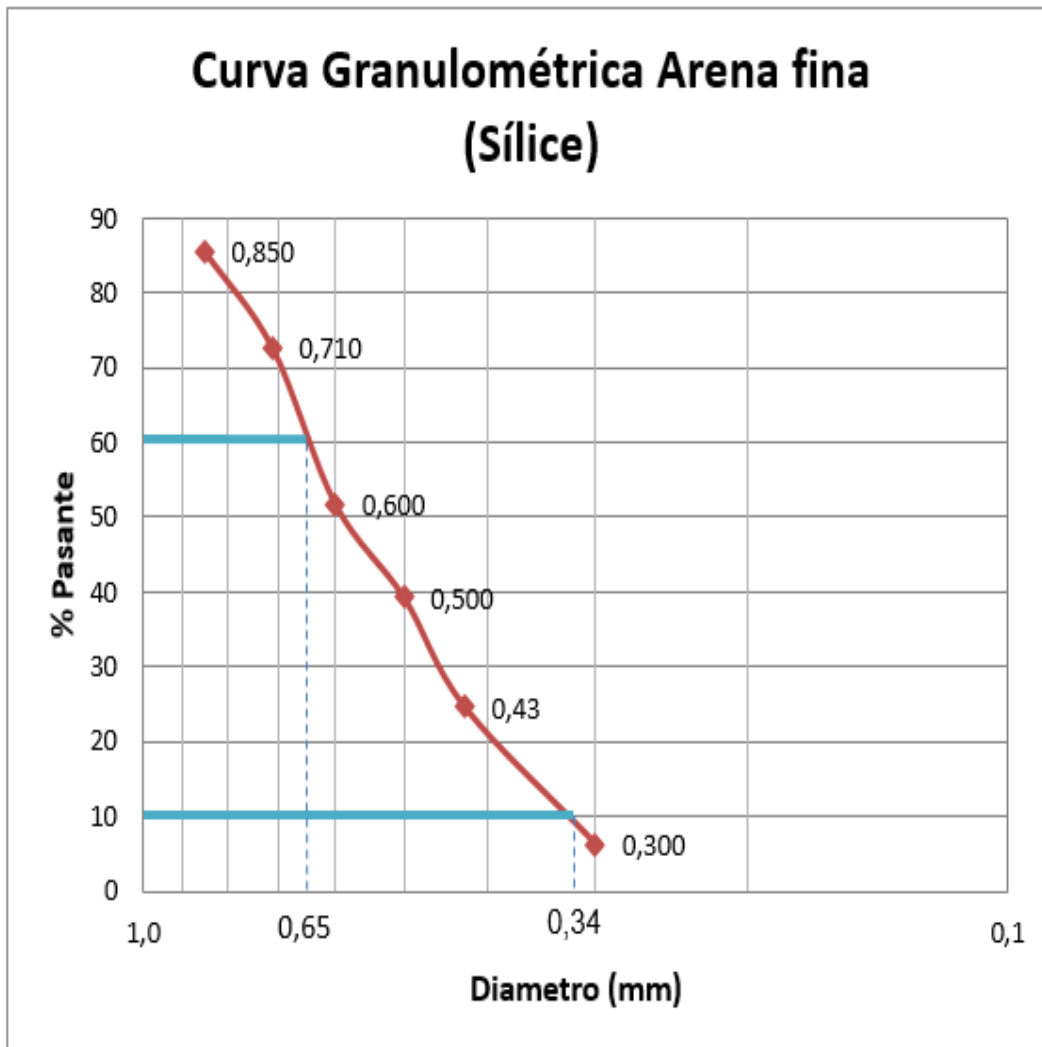
$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

(César García Andreu, Brotons, & Abril, 2009)






$$Cu = \frac{0,65 \text{ mm}}{0,34 \text{ mm}}$$

$$Cu = 1,91$$



Identificación de D10 y D60 en la Gráfica



ANEXO XI COMPARACIÓN DE LAS MUESTRAS CON LA PLACA ORGÁNICA

Determinación de impurezas orgánicas en agregados finos			
Muestra	Placa orgánica No	Muestra	Placa orgánica No
Arena Río Napo	No.1	Arena del Rio Limón Indanza	No. Transparente
			
Arena del Salado	No.3	Carolina 1mm	No. Transparente
			
Arena de Baeza	Placa orgánica No		
	No.3		

Fuente: Mallamas- Páliz (2018).

Determinación de impurezas orgánicas en agregados gruesos	
Muestra	Placa orgánica No
<p>Carolina 4mm</p> 	<p>Transparente</p>
<p>Josefina</p> 	
	<p>No. Transparente</p>

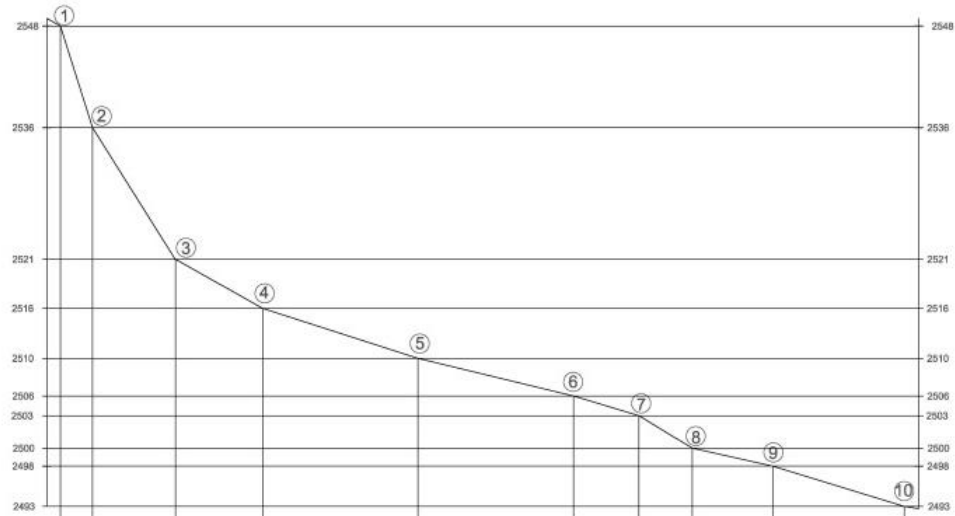
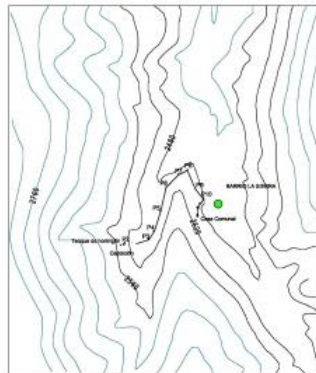
Fuente: Mallamas- Páliz (2018).

ANEXO XII Descripción de la red de distribución

UBICACIÓN



CURVAS DE NIVEL



LONGITUD (m)	21.73	49.72	49.90	88.80	89.00	37.40	30.50	46.00	72.24
DIAMETRO (n)	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	1/2	3/4	3/4	1/2
PENDIENTE %	63.14	31.82	11.29	6.43	4.84	6.03	12.22	4.46	6.13

OBSERVACIONES:

- El material de la red de abastecimiento es de polietileno de baja densidad.
- El flujo es a presión.
- La manguera en toda su trayectoria está expuesta sobre el terreno.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL ESFOT

Contenido:

Perfil longitudinal de la red distribución principal

Escala: X=1:2500
Y=1:500

Fecha:
06/08/2018

Lámina: 1 de 1

Director: Ing. Alejandro Machado, MSc.

Responsables:
Mallamas Esteban
Páiz Marjorie

Codirector: Ing. Luis Jaramillo, MSc.

SIMBOLOGÍA

Tubería de polietileno de baja densidad







Conexión entre tuberías

Cotas del terreno



2521.2

ANEXO XIII MANTENIMIENTO EN LA CAPTACIÓN

Antes del mantenimiento	
	
	
Después del mantenimiento	
	

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

MANTENIMIENTO EN LA POZA

Antes del mantenimiento	
	
Después del mantenimiento	
	
	






Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

MANTENIMIENTO EN EL TANQUE DE HORMIGÓN

Antes del mantenimiento	
	
Después del mantenimiento	
	
	
	

Fuente: Mallamas – Páliz. (2018).

INSTALACIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA AGUA TRATADA

Antes	
	
Después	
	
	

Fuente: Mallamas – Páiz. (2018).