

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN BEBEDERO CON SISTEMA DE FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN PARA DOTAR DE AGUA A LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS, ESFOT**

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

**MERCEDES MAGALLI BONILLA ACURIO**

[m.b.d.water@hotmail.com](mailto:m.b.d.water@hotmail.com)

**DIRECTOR: Ph.D. Ing. ANA LUCÍA BALAREZO**

[ana.balarezo@epn.edu.ec](mailto:ana.balarezo@epn.edu.ec)

**Quito, septiembre 2017**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Mercedes Magalli Bonilla Acurio, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente utilizado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

**Mercedes Magalli Bonilla Acurio**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente proyecto fue desarrollado por la señora Mercedes Magalli Bonilla Acurio, bajo mi supervisión.

---

**Ph.D. Ana Lucía Balarezo**  
**DIRECTORA DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por haberme permitido alcanzar, un logro más en mi vida y seguir adelante con cada uno de los nuevos retos que la vida ha puesto en mi camino.

A mis abuelos quienes con sus consejos sabios y oportunos han sido el soporte fundamental de mi vida.

A mis amigos y compañeros quienes han estado presentes durante mi carrera universitaria.

A la Escuela Politécnica Nacional y a todos y cada uno de mis profesores quienes han compartido sus conocimientos, en especial Ing. Raúl Zambrano, Ing. Jorge Terán, que pudieron orientarme y brindarme información oportuna.

Expreso también un agradecimiento especial a mi maestra tutor, PhD. Ana Lucía Balarezo quién pudo compartirme parte de sus conocimientos en la realización del presente proyecto.

A la familia de mi esposo, por cuidar de mi hijo y por el apoyo incondicional brindado, en especial a la Señora Gladys Hidalgo.

**Magalli Bonilla**

## **DEDICATORIA**

A la memoria de mi abuelo Juan Bonilla, por todas las buenas enseñanzas, su ejemplo de lucha, sacrificio y honradez que me dejó.

A mi hijo por su sacrificio y apoyo brindado, pues a pesar de su corta edad me ha dado la valentía necesaria para concluir mis metas planteadas.

A mi suegra y a mi tía política que siempre han estado junto a mí dándome la fortaleza necesaria para continuar con mis estudios.

A mi esposo por ser parte importante de mi vida, por su confianza infinita y sobre todo por fortalecer mis metas en los momentos de debilidad.

**Magalli Bonilla**

## TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA.....	V
TABLA DE CONTENIDO .....	VI
RESUMEN .....	XII
ABSTRACT .....	XIII
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2.1. OBJETIVO GENERAL .....	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	4
CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL .....	5
2.1. EL AGUA .....	5
2.2. POTABILIZACIÓN DEL AGUA .....	5
2.2.1. CALIDAD DEL AGUA.....	6
2.2.2. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS .....	6
2.2.2.1. <i>Parámetros físicos</i> .....	7
2.2.2.2. <i>Parámetros químicos</i> .....	8
2.2.2.3. <i>Parámetros bacteriológicos</i> .....	10
2.3. PROCESOS DE FILTRACIÓN DE AGUA.....	11
2.3.1. FILTROS DE CARBÓN .....	11
2.3.2. FILTROS DE POLIPROPILENO .....	11
2.3.3. FILTROS DE CERÁMICA.....	12
2.4. MÉTODOS DE DESINFECCIÓN .....	12
2.4.1. DESINFECCIÓN DEL AGUA .....	12
2.5. NORMAS PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA .....	13
2.5.1. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1108:2011: AGUA POTABLE. REQUISITOS.....	13

2.5.2. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2200:2008: AGUA PURIFICADA ENVASADA. REQUISITOS .....	14
2.5.3. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2169:98: AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS .....	15
2.6. AGUA EMBOTELLADA Y BEBEDEROS .....	16
2.6.1. ORIGEN DEL AGUA EMBOTELLADA .....	16
2.6.2. ORIGEN DEL BEBEDERO DE AGUA .....	17
2.6.3. MEDICIÓN DEL CAUDAL .....	17
CAPÍTULO 3. EJECUCIÓN .....	18
3.1. ENCUESTA APLICADA A LOS ESTUDIANTES PREVIOS A LA INSTALACIÓN DEL BEBEDERO .....	18
3.2. DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE TOMA DE AGUA POTABLE EN LA ESFOT .....	19
3.2.1. UBICACIÓN .....	19
3.2.2. RED DE DISTRIBUCIÓN AGUA POTABLE .....	19
3.2.3. AUTORIZACIONES INTERNAS .....	19
3.2.4. DISEÑO COMPUTARIZADO DE LA RED DE TUBERÍAS Y DEL BEBEDERO .....	21
3.3. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS .....	23
3.3.1. TIPO Y PREPARACIÓN DE RECIPIENTES PARA EL MUESTREO .....	24
3.3.2. LLENADO DE LOS RECIPIENTES .....	24
3.3.3. REFRIGERACIÓN DE LAS MUESTRAS .....	25
3.3.4. IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS .....	25
3.3.5. RESULTADOS DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA RED DE SUMINISTRO .....	25
3.4. PROCESO DE LA INSTALACIÓN DEL BEBEDERO .....	29
3.4.1. ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN .....	29
3.4.1.1. Fases de filtración .....	30
3.4.2. CONSTRUCCIÓN DE LA CARCAZA DEL BEBEDERO, EN ACERO INOXIDABLE .....	31
3.4.3. EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES PARA LA INSTALACIÓN DE LA LÍNEA DE AGUA POTABLE .....	33
3.4.3.1. Remoción de la capa vegetal .....	33

3.4.3.2.	<i>Remoción del camino en la zona de tránsito peatonal</i> .....	33
3.4.3.3.	<i>Instalación de válvulas en la zona de suministro de agua de la red municipal</i> .....	34
3.4.3.4.	<i>Instalación de la línea de agua y reacondicionamiento del área verde y zona peatonal</i> .....	35
3.4.3.5.	<i>Construcción del soporte del bebedero</i> .....	36
3.4.3.6.	<i>Instalación del bebedero</i> .....	37
3.5.	COSTOS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN .....	38
3.6.	CÁLCULO DEL CAUDAL DEL SISTEMA .....	38
3.7.	HIGIENE Y SEGURIDAD.....	39
3.8.	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	39
3.9.	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	41
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		45
4.1.	IMPLEMENTACIÓN Y CALIDAD DEL AGUA DE SUMINISTRO AL BEBEDERO .....	45
4.2.	RESULTADOS DE LA ENCUESTA APLICADA PREVIA A LA INSTALACIÓN DEL BEBEDERO .....	46
4.2.1.	PREGUNTA 1: ¿CONSUME USTED AGUA EN ENVASE PLÁSTICO PERSONAL?.....	46
4.2.2.	PREGUNTA 2: ¿CUÁNTAS BOTELLAS DE AGUA CONSUME A LA SEMANA? .....	47
4.2.3.	PREGUNTA 3: ¿CUÁNTO GASTA AL MES EN AGUA EMBOTELLADA? .....	48
4.2.4.	PREGUNTA 4: ¿LE GUSTARÍA CONTRIBUIR CON EL MEDIO AMBIENTE? ..	48
4.2.5.	PREGUNTA 5: ¿SI TUVIERA LA OPORTUNIDAD DE TENER AGUA GRATIS Y SEGURA USTED LA CONSUMIRÍA? .....	48
4.2.6.	PREGUNTA 6: ¿CONOCE USTED BEBEDEROS DE AGUA GRATUITOS? .....	48
4.2.7.	PREGUNTA 7: ¿LE GUSTARÍA TENER UN BEBEDERO DE AGUA FILTRADA, PARA BEBER GRATUITAMENTE EN LA UNIVERSIDAD?.....	49
4.3.	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA FILTRADA SUMINISTRADA Y CONSUMIDA EN LA ESFOT .....	49
4.4.	CAPACITACIÓN AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO DE LA EPN .....	54



CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	55
5.1. CONCLUSIONES .....	55
5.2. RECOMENDACIONES.....	56
BIBLIOGRAFÍA .....	58
ANEXOS.....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas .....	13
<b>Tabla 2.</b> Requisitos microbiológicos .....	14
<b>Tabla 3.</b> Requisitos físicos del agua purificada envasada o agua purificada mineralizada envasada.....	15
<b>Tabla 4.</b> Requisitos microbiológicos para muestra unitaria o de anaquel .....	15
<b>Tabla 5.</b> Comparación de la calidad del agua potable de la red municipal y los establecidos en la NTE INEN 1108:2011 y la INEN 2200:2008 .....	27
<b>Tabla 6.</b> Comparación de la calidad del agua potable obtenida en el bebedero con los de la red municipal y los establecidos en la NTE INEN 1108:2011 y la NTE INEN 2200:2008.....	40
<b>Tabla 7.</b> Consumo de agua filtrada por usuarios de la ESFOT en febrero y marzo de 2017 ...	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema general de la potabilización del agua .....	6
<b>Figura 2.</b> Ubicación de la instalación .....	20
<b>Figura 3.</b> Parte posterior de las oficinas administrativas, red de agua potable de la ESFOT ...	20
<b>Figura 4.</b> Sitio de propuesta para la instalación del bebedero .....	21
<b>Figura 5.</b> Imagen 3D tramo inicial de tubería, toma principal de agua potable municipal .....	22
<b>Figura 6.</b> Imagen 3D del tramo final de tubería. Suministro al bebedero de propuesta para la instalación del bebedero .....	22
<b>Figura 7.</b> Imagen 3D del detalle en el tramo final de la tubería de suministro al bebedero .....	23
<b>Figura 8.</b> Detalle dimensional del bebedero .....	23
<b>Figura 9.</b> Toma de muestras .....	25
<b>Figura 10.</b> Diseño del sistema de filtración .....	29
<b>Figura 11.</b> Procedimiento para el montaje de cada unidad de filtración .....	31
<b>Figura 12.</b> Construcción del bebedero .....	32
<b>Figura 13.</b> Remoción de la capa vegetal. Instalación de tubería de suministro al bebedero ....	33
<b>Figura 14.</b> Rotura zona de tránsito peatonal .....	34
<b>Figura 15.</b> Válvula instalada en la zona de conexión con la red municipal .....	34
<b>Figura 16.</b> Calibración de la válvula de reducción de presión .....	35
<b>Figura 17.</b> Reacondicionamiento de la capa vegetal .....	35
<b>Figura 18.</b> Reacondicionamiento de la zona peatonal e instalación de rejilla en la línea de desagüe (resaltado en rojo) .....	36
<b>Figura 19.</b> Construcción de la pared para soporte del bebedero .....	36
<b>Figura 20.</b> Instalación del bebedero .....	37
<b>Figura 21.</b> Aspecto final del bebedero .....	38
<b>Figura 22.</b> Cumplimiento de las normas de higiene y seguridad .....	39
<b>Figura 23.</b> Resultados de la pregunta 1 de la herramienta de recolección de datos .....	47
<b>Figura 24.</b> Resultados de la pregunta 2 de la herramienta de recolección de datos .....	47
<b>Figura 25.</b> Resultados de la pregunta 3 de la herramienta de recolección de datos .....	48
<b>Figura 26.</b> Resultados de la pregunta 6 de la herramienta de recolección de datos .....	49

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo el diseñar e implementar un bebedero de acero inoxidable con sistema de filtración y desinfección en la Escuela de Formación de Tecnólogos, ESFOT, de la Escuela Politécnica Nacional, EPN, a fin de dotar de agua de bebida a la población estudiantil y no estudiantil, que frecuenta el área, y con ello reducir la generación de botellas plásticas personales descartadas.

El proyecto inició con el muestreo y caracterización fisicoquímica y bacteriológica del agua de suministro al bebedero. Considerando los resultados del análisis se diseñó el sistema de filtración-desinfección requerido para remover el cloro residual, sólidos suspendidos y posibles Coliformes fecales y/o totales. Seguidamente, se seleccionó el lugar de instalación del bebedero en base al criterio de ubicación accesible, visibilidad y cercanía con los consumidores, y sobre todo considerando el fácil acceso para personas con capacidades especiales. Luego se construyó la carcasa del bebedero, en acero inoxidable, en función del volumen del sistema de filtración. Finalmente, se instaló el bebedero tomando en cuenta la altura promedio del usuario.

La calidad del agua que ingresa al bebedero cumple con la NTE INEN 1108-2011: Agua Potable-Requisitos, es decir, es apta para el consumo humano. El agua que sale del bebedero, cumple con la NTE INEN 2200:2008: Agua de Bebida-Requisitos. El sistema de filtración del bebedero removió el 100% de cloro libre residual, 70,8% del hierro, 50% de nitratos, 6% de los sólidos totales y 1% de conductividad.

Con la implementación de este primer bebedero en la ESFOT, la población de estudiantes, personal administrativo y otros usuarios que transitan por el lugar, actualmente tienen acceso a agua de bebida. Se recomienda instalar más bebederos, en puntos estratégicos del campus EPN, para abastecer a la mayor cantidad de usuarios y en consecuencia se vea reducida el número de botellas plásticas desechadas.

**Palabras Claves:** Agua potable, bebedero, botellas plásticas, filtración.

## ABSTRACT

This research had as main objective to design and implement a stainless-steel drinking fountain with filtration and disinfection system, in the “Escuela de Formación de Tecnólogos, of the Escuela Politécnica Nacional”, to provide drinking water to the people who studied and work in this area, and thus, reduce the generation of personal plastic bottles.

The project began with the sampling of the drinking water supply and its physicochemical and bacteriological characterization. Considering these results, the filtration system was designed to remove chlorine, suspended solids and possible fecal and / or total coliforms. Next, the stainless-steel case was constructed, considering access for people with special abilities and the height of the average user. Finally, the place of installation of the fountain was selected based on the criterion of accessible location, visibility and closeness to the consumers.

The quality of the water which enters to the drinking fountain complies with the norm INEN 1108-2011: Drinking Water-Requirements, therefore, it is suitable for human consumption. The water that it is supplied of the drinking fountain complies with the norm INEN 2200:2008: Drinking Water-Requirements. The filtration system eliminated 100% of chlorine free residue, 70.8% of iron, 50% of nitrates, 6% of total solids and 1% of conductivity.

With the implementation of this first drinking fountain in ESFOT, the population of students, administrative staff and other users passing through the site now have access to quality (filtered) drinking water. Therefore, it is recommended to install other similar troughs at strategic points. The development of this work resolves an ESFOT need and can be used as a model to implement in other areas of the same university or in other places.

**Keywords:** Drinking water, Filtration, Fountain water, Plastic Bottles.

# **CAPÍTULO 1.**

## **INTRODUCCIÓN**

El cuidado por el medio ambiente, y la reducción de residuos plásticos en la actualidad es de preocupación a nivel mundial. En las Instituciones educativas se ha podido visualizar la generación de botellas plásticas debido al consumo de agua embotellada, gaseosas y bebidas azucaradas (Robles M. , 2005).

Al visualizar este escenario se propone el desarrollo del presente proyecto integrador, el cual tiene como objetivo principal: la implementación de un bebedero de acero inoxidable a partir de su diseño estructural y de su sistema filtración y desinfección, en la Escuela de Formación de Tecnólogos, de la Escuela Politécnica Nacional. Con la instalación y puesta en marcha de este equipo, se satisface una necesidad de la comunidad politécnica, al contar con un sistema que permite a los usuarios consumir agua de bebida de calidad similar al del agua embotellada, ahorrándoles recursos económicos y beneficiando al medio ambiente, por la reducción de residuos plásticos, que surge a raíz del consumo de agua embotellada.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El agua es uno de los recursos naturales más abundantes en el planeta y fuente de vida para todos los organismos (Almirón, sf). Con el constante crecimiento de la población y su consumismo, la calidad del recurso hídrico se ha venido deteriorando convirtiéndose en un problema ambiental (OMS, 2016).

Por la magnitud de la contaminación, el hombre ha tratado de buscar soluciones e innovaciones, dando lugar a nuevas tecnologías como es la industria del agua embotellada, que inicialmente se pensó sería una solución, pero con el tiempo se observó que ocasiona un nuevo problema ambiental, aún más grave, como es la generación de residuos plásticos a nivel mundial (Maldonado, 2012). En este sentido, Rojas (2010) indica que un 40% de la población en Quito

consume agua embotellada diariamente, un 45% semanalmente, 5% quincenalmente y un 10% con una frecuencia mensual. Por otra parte, en el mismo estudio se reporta que un 47% de los encuestados consume agua embotellada por aspectos relativos a su salud.

Las instituciones del sector público y privado han instalado bebederos de agua con el objetivo de minimizar esta problemática, de esta manera se reemplaza el agua embotellada y se disminuyen los costos asociados a la adquisición de este producto.

- **Problema Económico.** - Una botella de 500 ml cuesta aproximadamente entre 30 - 35 centavos de USD (Rojas, 2010), si una persona consume una botella diaria por cinco días gasta entre 1.5 y 1.75 USD semanalmente y al mes entre 6 y 7 USD, multiplicado por doce meses el gasto total es entre 72 y 84 USD, para cinco mil estudiantes con este consumo la cifra anual asciende a 360.000 – 420.000 USD.

- **Problema Ambiental.** - El consumo diario de agua embotellada genera residuos plásticos (PET), Ortiz (2013) menciona que estas botellas son un derivado del petróleo, que, al usarlas, origina el agotamiento de un recurso natural no renovable del planeta, adicionalmente, los residuos generados por las mismas y vertidos al medio ambiente pueden demorar entre 100 y 500 años en degradarse.

- **Problema Contaminación hídrica.** – La red de distribución del agua potable puede presentar diversos problemas que inciden en la contaminación de este líquido. Las tuberías pudieran estar mal diseñadas, y, por lo tanto, el agua queda estancada lo que origina crecimiento microbiológico de organismos que pueden causar enfermedades. Un mal manejo de las cisternas o cruces con líneas de aguas residuales pudieran ser otras causas de contaminación hídrica en la red de suministro (OMS, 2006).

La Escuela Politécnica Nacional es una institución pública de educación superior, en la cual laboran aproximadamente 10.000 personas entre estudiantes, docentes y personal administrativo, en un horario de 7:00 a 21:00 horas. En el campus no existen sitios estrictamente destinados para la hidratación, a no ser en las áreas de localización de los sanitarios. Por esta

razón, la población estudiantil, empleados administrativos y docentes, se ven obligados a consumir agua embotellada, ocasionando problemas ambientales y económicos, como los mencionados anteriormente. En este sentido, el desarrollo de este proyecto de titulación ayuda a disminuir el consumo de botellas plásticas, así como también sirve de modelo para instalar bebederos en otros lugares dentro del campus politécnico y, de esta manera, iniciar la cultura de agua de bebida de “cero costos” en la comunidad.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un bebedero de acero inoxidable con sistema de filtración y desinfección, en la Escuela de Formación de Tecnólogos, de la Escuela Politécnica Nacional, para dotar de agua a la población estudiantil y no estudiantil, que frecuenta el área, y con ello reducir la generación de botellas plástica personales.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la calidad del agua de la Escuela de Formación de Tecnólogos.
- Determinar las características del sistema de filtración y desinfección en función de la calidad del agua.
- Diseñar el bebedero de acero inoxidable considerando las necesidades del usuario y el entorno.
- Instalar el bebedero con sistemas de filtración y desinfección.
- Evaluar la eficiencia del bebedero instalado con respecto a la calidad del agua
- Realizar un análisis comparativo de la instalación del bebedero versus el consumo de agua embotellada, en la ESFOT.
- Elaborar el manual de usuario y mantenimiento.



### **1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Al comprar agua embotellada las personas se hidratan con agua confiable, pero inconscientemente generan residuos plásticos, por tal motivo, en algunas universidades han optado por instalar bebederos de agua de calidad similar al agua embotellada, como por ejemplo la Universidad Nacional Autónoma de México quien instaló bebederos en el campus, para que los estudiantes puedan beber agua libre de contaminantes y reduzcan la compra de botellas PET (ExpokNews, 2013).

Actualmente, la ESFOT no cuenta con suficientes sitios acondicionados para el aprovisionamiento de agua potable de consumo humano gratuita (bebederos), por lo tanto, los estudiantes tienen que comprar agua embotellada. Por esta razón, se propone este proyecto integrador en la Escuela de Formación de Tecnólogos, que servirá para disminuir el consumo de agua embotellada y evitar la generación de residuos plásticos que afectan considerablemente al medio ambiente.

La implementación del bebedero de acero inoxidable con un sistema de filtración y desinfección dota de agua potable de calidad (según las Normas Técnicas Ecuatorianas INEN 1108:2011 y 2200:2008) en un punto accesible, similar al agua embotellada, favoreciendo saludablemente a los estudiantes, docentes, trabajadores y externos. Además, sirve de modelo para instalar estos equipos en otros puntos estratégicos dentro del campus politécnico.

## **CAPÍTULO 2.**

### **MARCO CONCEPTUAL**

#### **2.1. EL AGUA**

El agua es una molécula formada por hidrógeno y oxígeno siendo el factor abiótico más importante de la tierra, ya que aproximadamente el 71% de la superficie de la misma está cubierta por esta sustancia, y resulta imprescindible para la supervivencia de los seres vivos. El agua presenta propiedades físicas y químicas importantes, debido, principalmente, a sus puentes de hidrógeno, que se originan a partir de su composición química y estructura dipolar (Carbajal & González, 2012) y (Hernández, 2010).

El agua se puede encontrar en estado sólido, líquido y como vapor; es una sustancia que, en su estado puro, debe ser incolora, inodora e insípida (Carbajal & González, 2012).

#### **2.2. POTABILIZACIÓN DEL AGUA**

El agua para ser considerada apta para el consumo humano necesita pasar por diversas operaciones físicas y procesos químicos, que en conjunto se conocen como plantas de potabilización (OMS, 2006).

La OMS (2016) indica que “el agua contaminada puede transmitir enfermedades como diarrea, cólera, disentería, fiebre tifoidea y poliomielitis. Se estima que la contaminación del agua provoca más de 502 000 muertes por diarreas, al año”.

Los procesos de potabilización generalmente incluyen: toma del agua cruda de la fuente natural, desarenado, clarificación (coagulación, floculación y sedimentación), filtración y desinfección (Malón, 2012), como se muestra en la Figura 1.

### 2.2.1. CALIDAD DEL AGUA

La definición de calidad del agua es un proceso que presenta un enfoque múltiple donde se evalúan las características físicas, químicas y biológicas de este fluido, con relación a su calidad natural, los posibles efectos sobre los seres vivos y los usos previstos, entre ellos: consumo humano, riego, recreación, industrial (Sierra, 2016). Para establecer la calidad del agua según su uso, se definen límites permisibles a una serie de parámetros indicadores de contaminación que varían en número, naturaleza y valor según la utilización del agua, las cuáles se encuentran establecidas en la legislación de cada país. En el Ecuador, estos valores están establecidos en el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

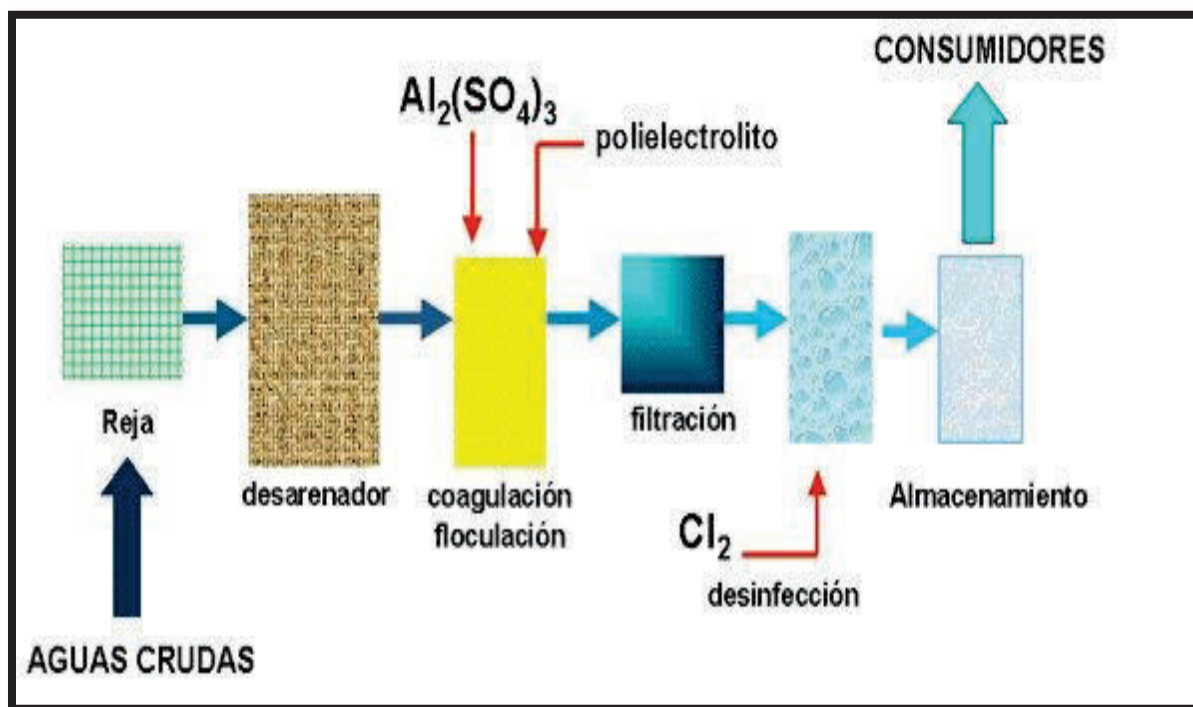


Figura 1. Esquema general de la potabilización del agua  
Fuente: (Illescas, 2014)

### 2.2.2. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

En el Ecuador, los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos que deben ser monitoreados en el agua potable se encuentran establecidos en la NTE INEN 1108:2011 (INEN , 2011). A

continuación, se presenta información teórica de los parámetros analizados en esta investigación.

### **2.2.2.1. Parámetros físicos**

Son aquellos que pueden determinarse por medio de los sentidos, es decir las propiedades organolépticas de una sustancia, en este caso el agua. Algunos de ellos son: color, olor, sabor, sólidos, turbidez, temperatura, etc. No dan indicios claros del nivel de contaminación, pero en el caso del agua potable, existen a nivel nacional e internacional estándares (límites máximos) que deben cumplirse para garantizar la potabilidad de este líquido.

En la presente investigación los parámetros físicos a determinar fueron:

#### **➤ Color**

El origen del color en el agua se debe a la presencia en solución de diversas sustancias que originan dicho fenómeno, entre ellas: humus, iones metálicos naturales y materia orgánica disuelta. Dentro de la definición de color pueden diferenciarse dos tipos, dependiendo de la metodología que se utilice en el laboratorio. Se puede determinar el “color verdadero”, se mide luego de haber removido los elementos que originan la turbiedad. El segundo, es el “color aparente” incluye todos los compuestos que originan la turbiedad como por ejemplo la materia en suspensión, por lo tanto, se determina con la muestra original sin filtrado ni centrifugado (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013).

#### **➤ Conductividad**

La conductividad es una medida de la capacidad que tiene el agua de conducir electricidad y esto se debe fundamentalmente a los iones que contiene la misma. A mayor cantidad de iones mayor conductividad tendrá la muestra de agua (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013). La conductividad puede ser un parámetro útil para evaluar la calidad del agua dulce. Cada cuerpo o tipo de agua tiene un rango de conductividad más o menos constante, si algún contaminante,

como cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio, es introducido de manera excesiva, la conductividad puede verse alterada o modificada y, por lo tanto, se puede evaluar la variación en la concentración de minerales sin analizar cada ion por separado (Red Mapsa, 2007).

#### ➤ **Turbidez**

La turbidez o también denominada turbiedad es el efecto óptico que genera la dispersión de los rayos de luz que inciden sobre una muestra y la atraviesa, este fenómeno es producido generalmente por materia en suspensión, tal como arcilla, tierra, limo, entre otras. La turbidez no necesariamente afecta a la salud de quien consume el agua, pero genera un rechazo desde el punto de vista organoléptico ya que el agua presenta una apariencia “sucia”. La especificación para la turbidez en agua potable es de 1 NTU (Unidad de turbidez nefelométrica) (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013).

#### **2.2.2.2. Parámetros químicos**

Los parámetros químicos tomados en cuenta en este proyecto fueron los siguientes:

#### ➤ **Nitritos y Nitratos**

Los compuestos nitrogenados presentes en las aguas naturales están íntimamente relacionados con el ciclo del nitrógeno, la mayor parte del nitrógeno aparece en forma gaseosa en la atmósfera (78% en volumen) en forma oxidada constituye una relativamente importante fracción en los suelos y sustancias orgánicas (tejidos de animales o vegetales que lo extraen de la atmósfera para su metabolismo) (Gómez, 2011).

En el medio ambiente los iones nitrogenados más comunes son el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Generalmente el nitrito se convierte a nitrato quien se mantiene más estable. El nitrato es fundamental para el crecimiento de las plantas y por lo tanto se utiliza como fertilizante. Otras fuentes de nitrato pueden ser: pozos sépticos, estiércoles y materia vegetal en descomposición.

El nitrato es muy soluble por lo que rápidamente puede llegar a las fuentes de agua o infiltrarse en el suelo contaminando las aguas subterráneas (Sigler & Bauder, 2012).

➤ **Hierro**

Es un elemento esencial para el metabolismo de animales y plantas, en distintos tipos de aguas, como por ejemplo las subterráneas, suele encontrarse en forma de  $Fe^{+3}$ , dependiendo del contenido de oxígeno y de otros elementos (carbonatos, bicarbonato, sulfatos). La concentración de este elemento en el agua está controlada por procesos de equilibrio químico como oxidación-reducción, precipitación y disolución de hidróxidos, carbonatos y sulfuros formación de complejos especialmente con materia orgánica y también por la actividad metabólica de animales y plantas (Gómez, 2011).

➤ **Manganeso**

Es esencial para el metabolismo de las plantas, se puede encontrar en suspensión o en su forma tetravalente o trivalente, esta última forma un complejo soluble muy estable. En cantidades apreciables produce sabor desagradable en el agua lo que evita a menudo su ingestión en grandes dosis, que podría afectar al sistema nervioso central (Quintero & Herrera, 2014).

➤ **Sólidos totales**

Los sólidos totales pueden afectar la calidad del agua de diversas formas. Dependiendo de su concentración pueden ser estéticamente insatisfactorias para su consumo o utilización en procesos industriales. El nivel de sólidos totales permite establecer y ajustar los procesos y operaciones de tratamiento de aguas (físico y químico) (Clalíz, 2017).

➤ **Cloro residual**

Según la NTE INEN 1108:2011 el cloro residual es la cantidad de cloro que permanece remanente luego de 30 minutos de haber sido dosificado en el agua (INEN, 2011). Es necesario

resaltar que el cloro residual debe medirse en aquellas aguas donde se utilice cloro como compuesto químico de desinfección.

Para la determinación del cloro libre residual se utiliza el método iodimétrico según la norma APHA 4500 Cl B Modificado (American Public Health Association, 1992).

### ➤ **Fluoruros**

“El flúor se encuentra en el agua naturalmente o por adición en forma controlada. El flúor previene efectivamente las caries dentales en concentraciones aproximadas de 1,0 mg/L. Algunas fluorosis pueden ocurrir cuando el nivel del flúor excede los límites recomendados” (INEN, 1984), que, según la NTE INEN 1108:2011 es de 1,5 mg/L (límite máximo permitido). Por ello es muy importante controlar este parámetro.

#### **2.2.2.3. Parámetros bacteriológicos**

El análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la ingestión de agua contaminada. El examen no implica la búsqueda directa de los gérmenes patógenos, ya que estos no sobreviven mucho tiempo fuera del cuerpo de los animales y del ser humano de manera que no son fácilmente detectados en el agua. Por ello, se utilizan los organismos no patógenos, que siempre están presentes en el tracto intestinal de los humanos y animales, y se excretan junto con los patógenos, pero en mayor número (Robles & Ramirez, 2013).

Estos organismos no patógenos (los más utilizados son los coliformes) son ideales para ser empleados como indicadores de contaminación fecal. Estos pueden sobrevivir durante varias semanas bajo condiciones ideales en el medio acuático por lo que pueden detectarse de manera fácil y confiable. La presencia de los mismos se considera un índice evidente de contaminación fecal y, por tanto, de microorganismos patógenos (Robles & Ramirez, 2013).

## **2.3. PROCESOS DE FILTRACIÓN DE AGUA**

“La filtración convencional usa como medio filtrante un material poroso formado por un compuesto granular (grava, arena, antracita, etc.)”. El fluido que se requiere filtrar circula a través de un lecho poroso, ya sea por gravedad o utilizando presión, de esta manera los sólidos quedan retenidos en los intersticios del material filtrante (Condorchem Envitech, 2014).

En la presente investigación se destacan los siguientes sistemas, que pueden mejorar sustancialmente la calidad del agua que es suministrada por el bebedero diseñado:

### **2.3.1. FILTROS DE CARBÓN**

El carbón activado en bloque es un poderoso adsorbente elaborado a base de materiales carbonosos, utilizado en el sector industrial en la recuperación de solventes, control de olores, descontaminación de aguas, decoloración de licores, jugos, purificación de aire, etc. (Navarrete, Quijano, & Vélez, 2014).

El carbón activado es un sólido que tiene propiedades que lo han hecho muy útil en el tratamiento de aguas. Una de ellas es que tiene una gran estructura porosa que le garantiza una elevada superficie específica y capacidad adsorbente de una gran variedad de contaminantes. Está formado principalmente por carbono (aproximadamente un 90%) y posee otros átomos como oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, etc. (Martínez, 2012).

### **2.3.2. FILTROS DE POLIPROPILENO**

Los filtros de polipropileno eliminan sólidos en suspensión, filtran partículas mayores a cinco micras como lodo, óxido, arena fina, etc. (Aguamarket, 2017).



La filtración por cartuchos es la técnica de filtración más aconsejada para aquellas aplicaciones cuyas exigencias en cuanto a calidad y seguridad sean elevadas. “Los cartuchos filtrantes están fabricados en diferentes materiales, polipropileno, polietersulfona, PTFE, celulosa, nylon, acero inoxidable, etc., determinándose el empleo de uno u otro en función de las características del fluido a filtrar y de la calidad final deseada (Sefiltra, 2017).

### **2.3.3. FILTROS DE CERÁMICA**

La cerámica es un material poroso que permite filtrar diferentes tipos de sustancias objetables en el agua de bebida. Debido a que sus poros son extremadamente pequeños (diámetro entre 0.3 y 0.6 micras) (Lerma, 2012) es posible que microorganismos como bacterias queden retenidas, permitiendo, por lo tanto, desinfectar el agua.

Según indica Lerma (2012) los filtros de cerámica son capaces de remover *E.coli* y gran parte de coliformes totales y fecales. Rivera (2004) indica que la ONU recomienda utilizar este tipo de filtros, ya que son de muy bajo costo y puede potabilizar el agua contaminada.

## **2.4. MÉTODOS DE DESINFECCIÓN**

### **2.4.1. DESINFECCIÓN DEL AGUA**

Es un proceso mediante el cual se destruyen a los microorganismos patógenos presentes en el agua. Hay muchas maneras de realizar la desinfección, una es natural, donde se dejan morir progresivamente las bacterias ya sea por acción de la luz del sol.

Otro mecanismo es la desinfección física, donde se utiliza la acción del calor, radiación UV, microfiltración, entre otros. Por último, la desinfección química donde se utiliza el cloro, ozono, entre otros compuestos (Lenntech, 2017). En esta investigación el proceso de desinfección es del tipo física, ya que se realiza a través de un filtro de cerámica que posee propiedades de retener cierto tipo de microorganismos, como se explicó en la sección anterior.

## 2.5. NORMAS PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA

### 2.5.1. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1108:2011: AGUA POTABLE. REQUISITOS

La norma que regula la calidad de agua de consumo humano es la NTE INEN 1108:2011: Agua potable. Requisitos. En las Tablas 1 y 2 se pueden observar los límites máximos permitidos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, que garantizan la potabilidad del agua.

**Tabla 1.** Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<b>Inorgánicos</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual <sup>1)</sup>	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub>	mg/l	0,2
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,1
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,01

<sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos  
 \* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup>Po, <sup>224</sup>Ra, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>234</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>239</sup>Pu  
 \*\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>60</sup>Co, <sup>89</sup>Sr, <sup>90</sup>Sr, <sup>129</sup>I, <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb, <sup>228</sup>Ra

Fuente: (INEN , 2011)

**Tabla 2.** Requisitos microbiológicos

	<b>Máximo</b>
Coliformes fecales <sup>(1)</sup> : - Tubos múltiples NMP/100 ml ó - Filtración por membrana UFC/ 100 ml	<1,1 * <1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/100 litros	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm <sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm <sup>3</sup> ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
<sup>(1)</sup> ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

Fuente: (INEN , 2011)

### **2.5.2. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2200:2008: AGUA PURIFICADA ENVASADA. REQUISITOS**

Esta norma presenta los requisitos que debe cumplir el agua purificada envasada apta consumo humano.

Como agua purificada envasada, carbonatada o no, se conocen a los tipos de aguas destinadas al consumo humano, que sometidas a un proceso fisicoquímico y de desinfección de microorganismos, cumple con los requisitos establecidos en la NTE INEN 2200:2008 y es envasada en recipientes de cierre hermético e inviolable, fabricados de material grado alimentario (INEN, 2008). Los requisitos se muestran en la Tabla 3 y 4.

En este sentido, es necesario acotar que la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), creada mediante Decreto Ejecutivo N° 310 del 17 de abril de 2014, ejerce la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la cantidad y calidad de agua en sus fuentes y zonas de recarga, la calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y en todos los usos, aprovechamientos y destinos del agua. (ARCA, 2015).

El control y vigilancia de la calidad del agua embotellada es llevada a cabo por el Ministerio de Salud Pública.

**Tabla 3.** Requisitos físicos del agua purificada envasada o agua purificada mineralizada envasada

<b>REQUISITOS</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Color expresado en unidades de color verdadero (UTC)	--	5
Turbiedad expresada en unidades nefelométricas de turbiedad NTU	--	3
Sólidos totales disueltos expresados en mg/l: - Agua purificada envasada - Agua purificada mineralizada envasada	-- 250	500 1000
pH a 20°C: - no carbonatada, - carbonatada, - proceso de ósmosis y destilación	6,5 4,0 5,0	8,5 8,5 7,0
Cloro libre residual, mg/l	0,0	0,0
Dureza, CaCO <sub>3</sub> , mg/l	-	300
Olor y sabor	inobjetable	

Fuente: (INEN, 2008)

**Tabla 4.** Requisitos microbiológicos para muestra unitaria o de anaquel

	<b>Límite máximo</b>
Aerobios mesófilos, UFC/ml	$1,0 \times 10^2$
Coliformes NMP/100 ml	< 1,8
Coliformes UFC/100ml	< $1,0 \times 10^0$
NOTA: Los valores < 1,8 y < $1,0 \times 10^0$ significan ausencia, o no detectables	

Fuente: (INEN, 2008)

### **2.5.3. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2169:98: AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS**

La NTE INEN 2169:98 (1998) regula la calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras, establece las precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar muestras de agua y describe las técnicas de conservación más usadas.

De forma general para el manejo y conservación del agua se norman lo siguientes aspectos:

- El uso de recipientes apropiados
- Preparación de recipientes
- Llenado del recipiente

- Refrigeración y congelación de las muestras
- Filtración y centrifugación de muestras
- Adición de preservantes
- Identificación de las muestras
- Transporte de las muestras
- Recepción de las muestras en el laboratorio.

## **2.6. AGUA EMBOTELLADA Y BEBEDEROS**

### **2.6.1. ORIGEN DEL AGUA EMBOTELLADA**

El denominado fenómeno *Manufactured Demand* (demanda manufacturada) es el origen del agua embotellada. Consiste en crear un problema que antes no existía para darle una solución al mismo, para multiplicar las ventas. Su fin es únicamente económico (Hernandez, 2011).

El origen del agua embotellada es uno de los múltiples ejemplos de dicho fenómeno. En los años 70 grandes compañías se dieron cuenta de que la venta de refrescos estaba estancada. Empezaron a preocuparse de que bajasen las ventas a causa de las propiedades calóricas de los mismos, y temían que la gente volviese a beber únicamente agua del grifo. Perrier fue la primera compañía que lanzó dicho producto, convenciendo a los clientes para comprar un producto que puede ser totalmente gratis. Dicha estrategia fue trazada siguiendo los siguientes procesos (Hernandez, 2011).

En primer lugar, asustar a la gente a través de los medios de comunicación haciendo creer que el agua del grifo no era segura (Hernandez, 2011).

En segundo lugar, seducir al comprador utilizando imágenes y publicidad engañosa. La mayoría de las botellas muestran fotografías de vírgenes lagos y montañas para que el consumidor conecte idea de naturaleza y frescura al producto, y por último, otorgar falsos beneficios al producto (Hernandez, 2011).

### **2.6.2. ORIGEN DEL BEBEDERO DE AGUA**

En 1896, Halsey W. Taylor perdió a su padre por la fiebre de tifoidea causada por agua contaminada. Años más tarde, como Supervisor de la planta de coches Packard Motor, Taylor se dio cuenta que la disentería era enfermedad mortal que rápidamente atacaba a sus trabajadores ocasionando su muerte. Estas experiencias personales inspiraron a Halsey W. Taylor a dedicar su vida a ofrecer un equipo que despache agua segura a la población. Así inicia en 1912 el desarrollo de su primer modelo de bebedero produciéndolo en la ciudad de Warren, Ohio (Aquafilt, 2017).

A lo largo de los años la empresa tuvo grandes contribuciones e innovaciones, destacando la aplicación de la “*Double Bubbler™*” en sus equipos, esto quiere decir que se proyectan dos corrientes separadas en la boquilla del equipo, haciendo que converjan para formar una pirámide abundante de agua en la cima del chorro para tener una hidratación más completa y satisfactoria (Aquafilt, 2017).

### **2.6.3. MEDICIÓN DEL CAUDAL**

Es necesario medir la cantidad de agua de las fuentes, para saber la cantidad de población para la que puede alcanzar. El aforo es la operación de medición del volumen de agua en un tiempo determinado. Esto es, el caudal que pasa por una sección de un curso de agua.

Existen varios métodos para determinar el caudal de agua y los más utilizados son los métodos: volumétrico y de velocidad-área. El primero es utilizado para calcular caudales hasta con un máximo de 10 l/s y el segundo para caudales mayores a 10 l/s.

## CAPÍTULO 3.

### EJECUCIÓN

#### 3.1. ENCUESTA APLICADA A LOS ESTUDIANTES PREVIOS A LA INSTALACIÓN DEL BEBEDERO

La encuesta tiene como objetivo conocer la opinión de una muestra poblacional representativa de usuarios del bebedero, con respecto al consumo de agua embotellada, al suministro de agua de bebida a través de un bebedero en el área de la ESFOT, y al interés en preservar el medio ambiente, se diseñó una encuesta. Las preguntas 1, 4, 5, 6 y 7 fueron del tipo cerrada, de elección única, dicotómicas, y sus posibles respuestas eran Si o NO. Las preguntas 2 y 3 era cerradas, de elección única, politómicas. Ver anexo 3.

La muestra representativa fue calculada con la siguiente ecuación matemática (Bolaños, 2012):

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

n = Tamaño muestra.

N = Tamaño de la población, N = 10000.

Z = Valor correspondiente a la distribución de Gauss,  $Z_{\alpha} = 1.96$ .

p = Prevalencia esperada del parámetro a evaluar, p = 0.5.

q = 1 - p.

e = Error que se prevé cometer, e = 5%.

Sustituyendo los valores en la ecuación 1, se tiene que el tamaño muestral es de:

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5 * 10000}{(0.05)^2 * (10000 - 1) + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5} = 26$$

## **3.2. DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE TOMA DE AGUA POTABLE EN LA ESFOT**

Para determinar los puntos de toma de agua en la Escuela de Formación de Tecnólogos, se consideraron los siguientes aspectos:

### **3.2.1. UBICACIÓN**

En el pasaje ubicado entre las oficinas Administrativas de la ESFOT y la calle Andalucía se observó como de mayor afluencia de estudiantes, docentes y población flotante. La población estudiantil transita a diario desde las Facultades hacia el Centro de Educación Continua y viceversa. Por ello, se consideró que esta era una ubicación estratégica, donde el equipo de suministro de agua potable podría ser visualizado y utilizado por los transeúntes. Ver Figura 2.

### **3.2.2. RED DE DISTRIBUCIÓN AGUA POTABLE**

Se indagó en el Departamento de Servicios Generales de la institución, la ubicación de la red interna de distribución de agua potable de la ESFOT, una vez obtenida la información, se evidenciaron varios puntos de toma de agua, uno de ellos localizado en la parte posterior de las oficinas administrativas, siendo este el lugar más cercano a la zona seleccionada para la instalación del bebedero. Ver Figura 3.

### **3.2.3. AUTORIZACIONES INTERNAS**

Para obtener la autorización para la instalación del bebedero en la ESFOT, se entregó al Departamento de Servicios Generales especificaciones técnicas para la ejecución del proyecto, incluyendo planos en 3D. Por lo que se procedió a realizar durante un fin de semana (Anexo 4), las mediciones de distancia en el terreno (entre la toma de agua y el lugar de instalación del bebedero) y tomar fotografías para documentar la actividad. Ver Figura 4.



Una vez ejecutado el levantamiento topográfico se elaboró los planos y se presentó al Departamento de Servicios Generales para la autorización y emisión del permiso para las obras de albañilería e instalación del bebedero (Anexo 5).



**Figura 2.** Ubicación de la instalación



**Figura 3.** Parte posterior de las oficinas administrativas, red de agua potable de la ESFOT



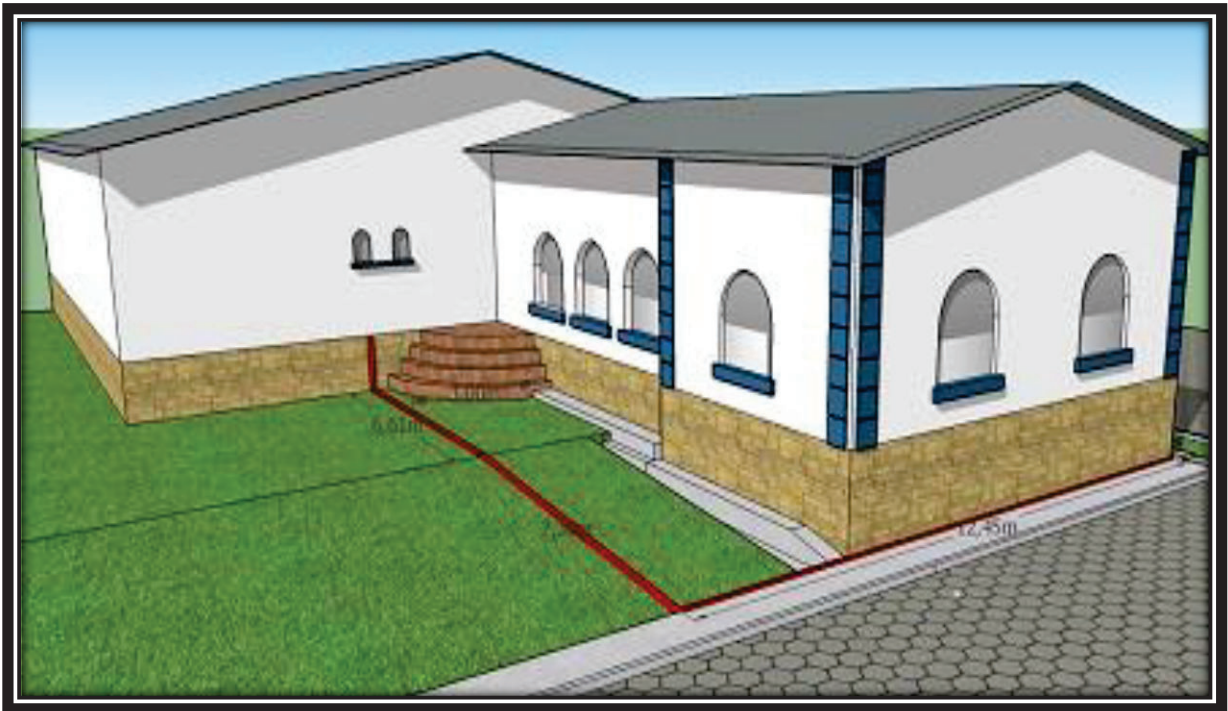
**Figura 4.** Sitio de propuesta para la instalación del bebedero

### **3.2.4. DISEÑO COMPUTARIZADO DE LA RED DE TUBERÍAS Y DEL BEBEDERO**

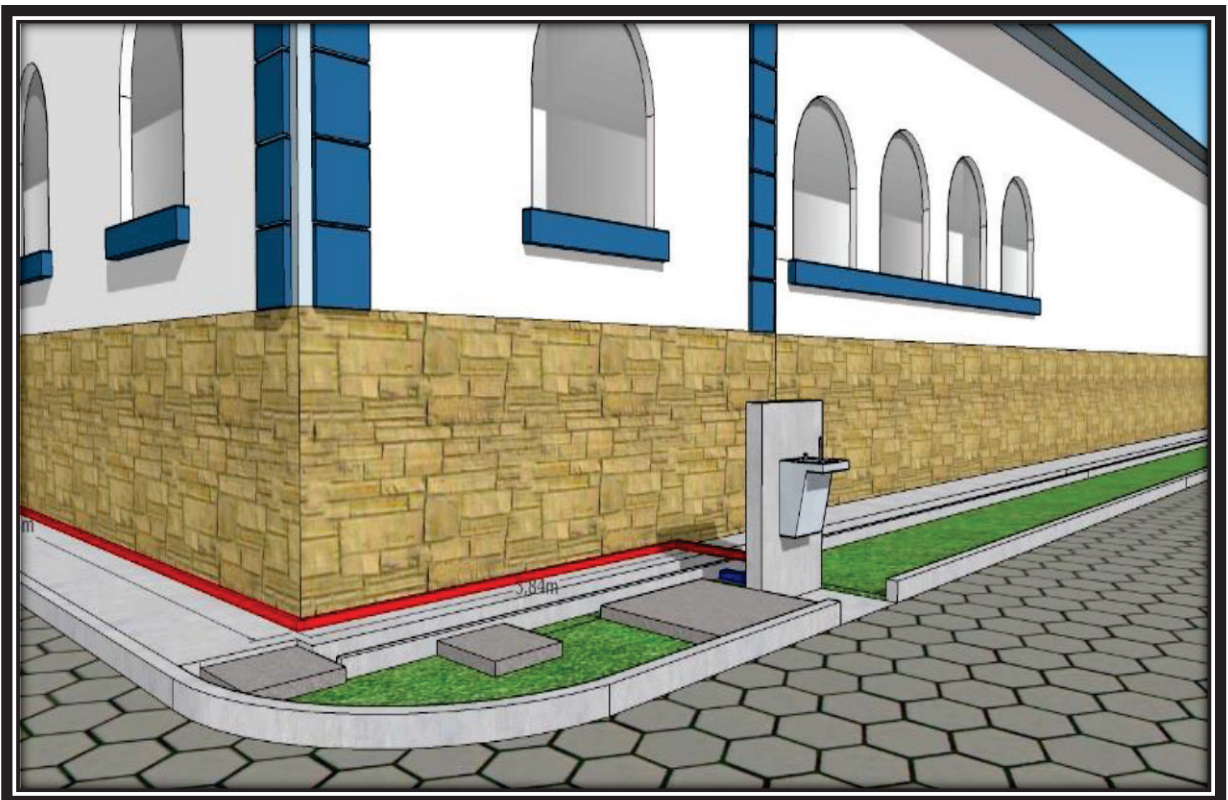
Las figuras 5, 6, 7 y 8 muestran el diseño computarizado de la tubería de suministro de agua al bebedero y su dimensionamiento.

El detalle dimensional mostrado en la Figura 8, fue tomado en base a las Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones, Volumen 3 Tomo 5 relativo al diseño de bebederos (2015) sobre todo, en el dimensionamiento para la accesibilidad de usuarios, así como también para personas discapacitadas, considerando lo establecido en el Artículo 58 de la Ley Orgánica de Discapacitados (Asamblea Nacional, 2012).

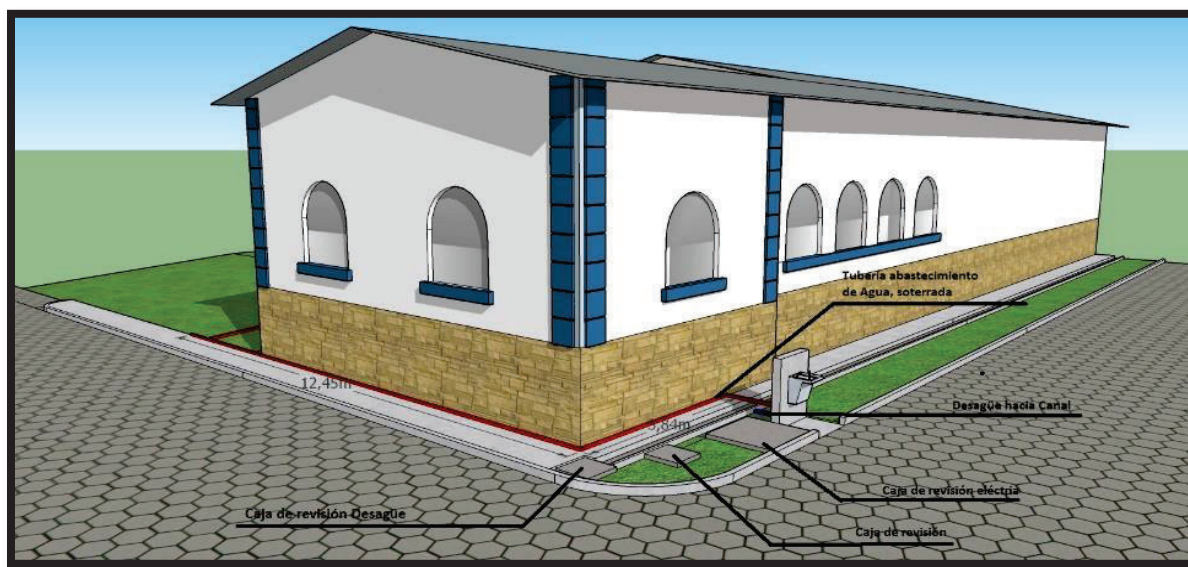
Las imágenes de las Figuras 5, 6, 7 y 8 fueron elaboradas por la autora en el programa SketchUp.



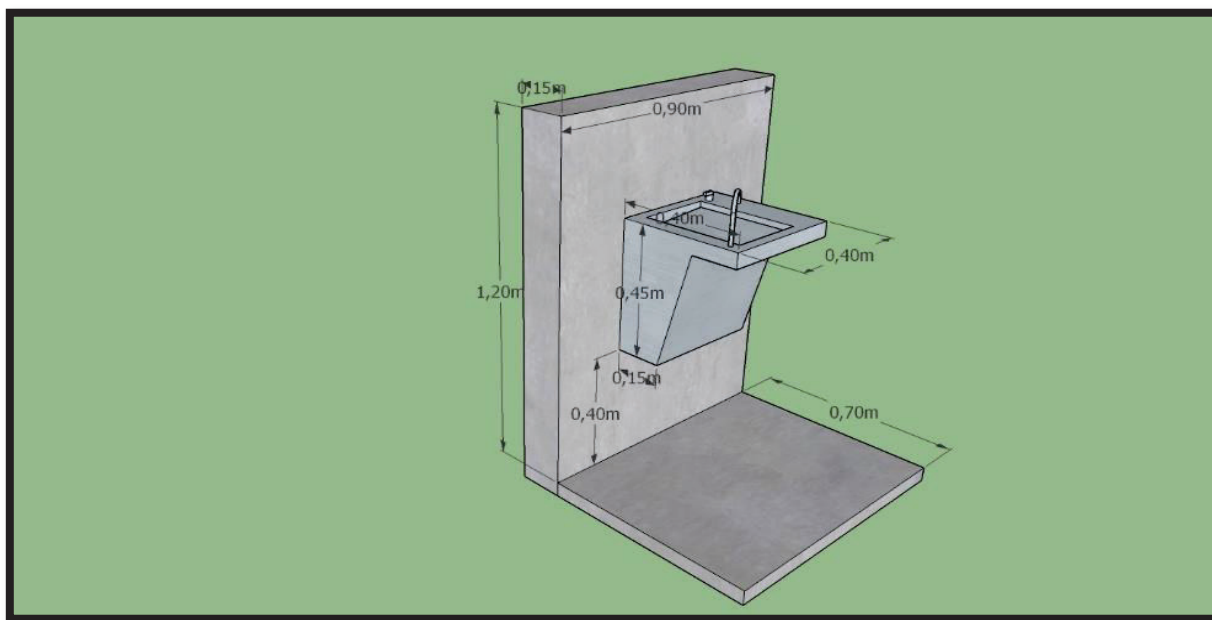
**Figura 5.** Imagen 3D tramo inicial de tubería, toma principal de agua potable municipal



**Figura 6.** Imagen 3D del tramo final de tubería. Suministro al bebedero de propuesta para la instalación del bebedero



**Figura 7.** Imagen 3D del detalle en el tramo final de la tubería de suministro al bebedero



**Figura 8.** Detalle dimensional del bebedero

### 3.3. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS

Para conocer la calidad del agua que ingresará al bebedero y realizar el diseño del mismo, para luego comparar con la calidad del agua tratada, se evaluaron parámetros físicos, químicos y

microbiológicos, tal y como lo establecen la NTE INEN 1108:2011 para agua potable y la NTE INEN 2200:2008 para agua envasada. Los parámetros analizados fueron: cloro residual, color, turbiedad, fluoruros, nitritos, nitratos, coliformes fecales (medidos en la Planta de Tratamiento Puengasí, Ver Anexo 6), adicionalmente, manganeso, hierro, conductividad, sólidos totales y coliformes totales para asegurar la calidad del agua filtrada.

Con el objetivo de llevar a cabo los análisis previstos, se realizó un muestreo del agua proveniente de la red de suministro de la ESFOT considerando las recomendaciones indicadas en la NTE INEN 2169:98. El procedimiento que se realizó en esta investigación fue el siguiente:

### **3.3.1. TIPO Y PREPARACIÓN DE RECIPIENTES PARA EL MUESTREO**

Se escogieron recipientes plásticos estériles, de diferentes tamaños y de boca ancha. Se empleó plástico como material porque no presenta interferencias para los análisis a realizar. El tipo y preparación de recipientes se llevó a cabo según lo establecido en la NTE INEN 1205:1983 (INEN, 2012).

### **3.3.2. LLENADO DE LOS RECIPIENTES**

Los recipientes utilizados para los análisis fisicoquímicos se llenaron completamente, sin dejar espacio de aire para luego ser tapados herméticamente.

De esta manera se evita exista interacción entre la fase gaseosa y la líquida y que puedan ocurrir cambios en la naturaleza de la muestra. Este paso es fundamental, ya que muchos de los parámetros que pudieran reaccionar son los que se han planificado medir en esta investigación, específicamente el hierro (pudiera oxidarse) y el color (pudiera variar debido a las reacciones del resto de los componentes) (INEN, 1998).

En el caso de las muestras para los análisis microbiológicos no se llenaron completamente, se dejó un espacio antes de tajarla, para posteriormente poder agitarla.

### 3.3.3. REFRIGERACIÓN DE LAS MUESTRAS

Las muestras fueron refrigeradas hasta el momento que se entregaron en el laboratorio, para ello se utilizó una heladera con baño de hielo para garantizar una temperatura entre 2 y 5°C.

### 3.3.4. IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

Las muestras se identificaron de manera clara y permanente, tal y como lo establece la norma. La identificación tenía la siguiente información: Fecha, hora, nombre de la persona que tomó la muestra, número de muestra, punto de muestreo, y tipo de agua. Ver figura 9.

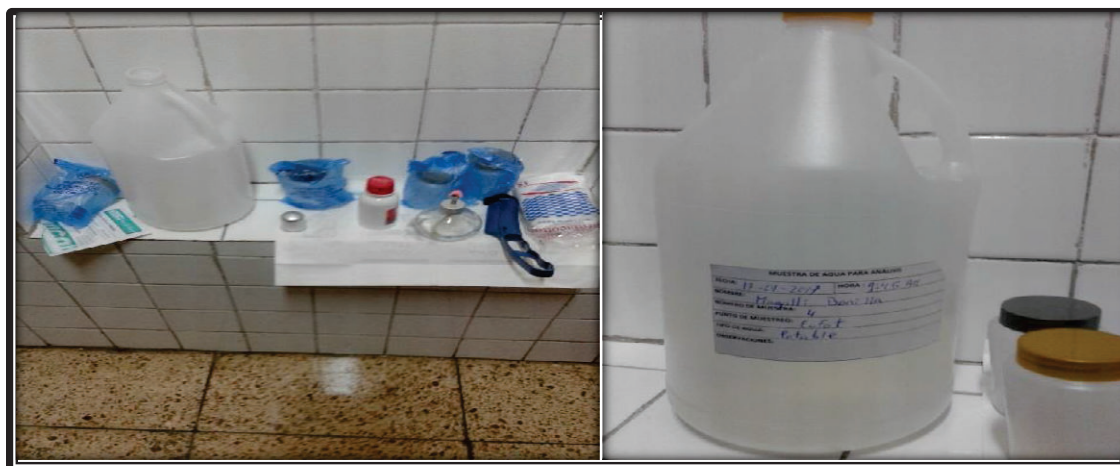


Figura 9. Toma de muestras

A continuación, las muestras se trasladaron al laboratorio para llevar a cabo los análisis planteados.

### 3.3.5. RESULTADOS DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA RED DE SUMINISTRO

Los resultados de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos de la red de suministro de la ESFOT se muestran en la tabla 5. Para comparar estos resultados se anexan los valores de la planta de tratamiento de Puengasí y los establecidos por la NTE INEN 1108:2011 y la NTE

INEN 2200:2008. Analizando los resultados de la tabla 5 para cada parámetro se observa lo siguiente:

El cloro libre residual de la planta de tratamiento de Puengasí cumple con lo exigido en la NTE INEN 1108:2011, más el de la red de suministro se encuentra por debajo de valor mínimo establecido, esto puede deberse a que el cloro es un elemento altamente oxidante, probablemente reaccionó con materia orgánica (ya sea crecimiento microbiológico o no) que se encontraba en la línea de suministro. Mantener un residual de cloro en el agua de la red de suministro es imprescindible, ya que esto garantiza que no haya crecimiento microbiológico. Ahora bien, para el agua envasada el cloro libre residual debe ser 0, por lo tanto, se debe diseñar un filtro que pueda remover éste residual de cloro y lograr cumplir la NTE INEN 2200:2008.

El color en la red de suministro cumple con la NTE INEN 1108:2011 más no se puede hacer una comparación directa con la NTE INEN 2200:2008 (quien exige un valor de 5) ya que el límite de detección reportable para el análisis efectuado a la red de suministro es  $<8$ , por lo tanto, no se tiene el valor absoluto del resultado. Considerando que es posible que este parámetro no cumpla la norma para el agua envasada es recomendable instalar un filtro que permita mejorar este parámetro y así asegurar un valor de color menor a 5.

La conductividad no está normada, pero puede ser comparada con el agua de salida el sistema diseñado. La conductividad es una medida indirecta de la cantidad de iones presentes en la muestra de agua, si se disminuye su valor se está garantizando un agua con una menor cantidad de sustancias disueltas que en muchos casos pueden originar sabores y colores indeseados, por lo tanto, se estaría mejorando su calidad organoléptica.

Los fluoruros detectados en Puengasi y en la red de suministro cumplen la NTE INEN 1108:2011. Pequeñas cantidades de flúor en el agua sirve para prevenir la caries dental, pero si la concentración es elevada puede causar Fluorosis, de allí que el límite recomendable sea de 1,5 ppm. El hierro no se encuentra establecido en la norma, pero, tal y como se comentó con la conductividad, se evaluó a la salida del bebedero y se comparó con el valor reportado en la Tabla 3.

**Tabla 5.** Comparación de la calidad del agua potable de la red municipal y los establecidos en la NTE INEN 1108:2011 y la INEN 2200:2008

<b>Parámetro</b>	<b>Datos de la salida de la planta de tratamiento de Puengasi**</b>	<b>Datos de la muestra tomada en la red de suministro de la ESFOT*</b>	<b>Valor establecido por la NTE INEN 1108:2011 para el agua potable</b>	<b>Valor establecido por la NTE INEN 2200:2008 para el agua envasada</b>
<b>Físicos y Químicos</b>				
Cloro libre residual (mg/L)	1,32	<0,24	0,3 a 1,5	0
Color (HAZEN)	---	<8	15	5
Conductividad (µs/cm)	---	208,0 (19,8°C)	---	---
Fluoruros (mg/L)	0,09	<0,70	1,5	1,5
Hierro (mg/L)		0,24		---
Manganeso (mg/L)	---	<0,04	0,4	0,4
Nitratos (mg/L)	0,3	0,4	50	50
Nitritos (mg/L)	0	<0,01	0,2	0,1
Sólidos totales (mg/L)	---	146	---	500
Turbidez (NTU)	0,3	<4	5	3
<b>Bacteriológicos</b>				
Coliformes totales (NMP/100mL)	---	<1,1	---	<1,8
Coliformes fecales (NMP/100mL)	<1,1	<1,1	<1,1	---

\*El método utilizado para cada análisis se puede verificar en el Anexo 1 y 7.

\*\* (EPMAPS, 2016)



Una disminución en el valor del hierro mejora las características organolépticas ya que este parámetro puede ser el causante de coloración y mal sabor en el agua y se relaciona con la durabilidad de los filtros.

El caso del manganeso es similar al del hierro, aunque este parámetro ha sido limitado en la NTE INEN 1108:2011. En la red de suministro se encuentra muy por debajo de lo que exige la norma. Disminuir sus valores puede dar los mismos beneficios señalados para el hierro.

Los valores obtenidos de nitratos y nitritos cumplen lo establecido en la norma. Las concentraciones presentes no representan daños a la salud, a pesar de ello, en esta investigación, pueden utilizarse para verificar la eficiencia del sistema de tratamiento diseñado en la remoción de compuestos solubles.

El valor de sólidos totales no se encuentra establecidos en la NTE INEN 1108:2011, pero son, en parte, los causantes de la turbidez en el agua. Los sólidos totales pueden alterar el color del agua e incluso, dependiendo de la naturaleza de los mismos su sabor. Por ello este parámetro se determinó para ser comparado con el valor del agua tratada. Disminuir los sólidos totales mejora las características organolépticas del agua y alarga la vida útil del sistema de filtración. Los equipos más recomendados para la disminución de los sólidos totales son los filtros.

Los valores de turbidez cumplen con lo establecido en la NTE INEN 1108:2011. En el caso de la norma para agua envasada, la Planta de Tratamiento Puengasí cumple, y la red de suministro no puede compararse directamente, el límite de detección reportable ( $<4$ ) está por encima del límite establecido en la NTE INEN 2200:2008, aunque observando el valor de Puengasí es muy probable que el valor real en la muestra cumpla con lo establecido. La turbidez es otro de los parámetros que alteran las características organolépticas del agua, como se mencionó en los sólidos totales (incluso están interrelacionados) por lo que disminuir este parámetro mejoraría la calidad del agua de consumo.

Todos los parámetros bacteriológicos cumplen la norma la cual indica que un valor menor a 1,1 significa que en el ensayo del número más probable ningún tubo de la serie de tubos analizados

fue positivo (EPMAPS, 2016). A pesar de ello, es recomendable realizar una desinfección final (justo antes de su consumo) y de esa manera garantizar que no haya contaminación puntual o accidental. Esta fase genera mayor confianza en el consumidor final.

### 3.4. PROCESO DE LA INSTALACIÓN DEL BEBEDERO

#### 3.4.1. ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN

Las unidades de filtración son los componentes más importantes del sistema, los cuales garantizan que el agua presente las características adecuadas para ser bebida, tanto desde el punto de vista organoléptico como químico. Basado en los resultados de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos obtenidos de la línea de agua principal, se diseña un sistema de filtración básico, conformado por un filtro polipropileno, un filtro de carbón activado en bloque y, finalmente, un filtro de cerámica. Ver Figura 10.

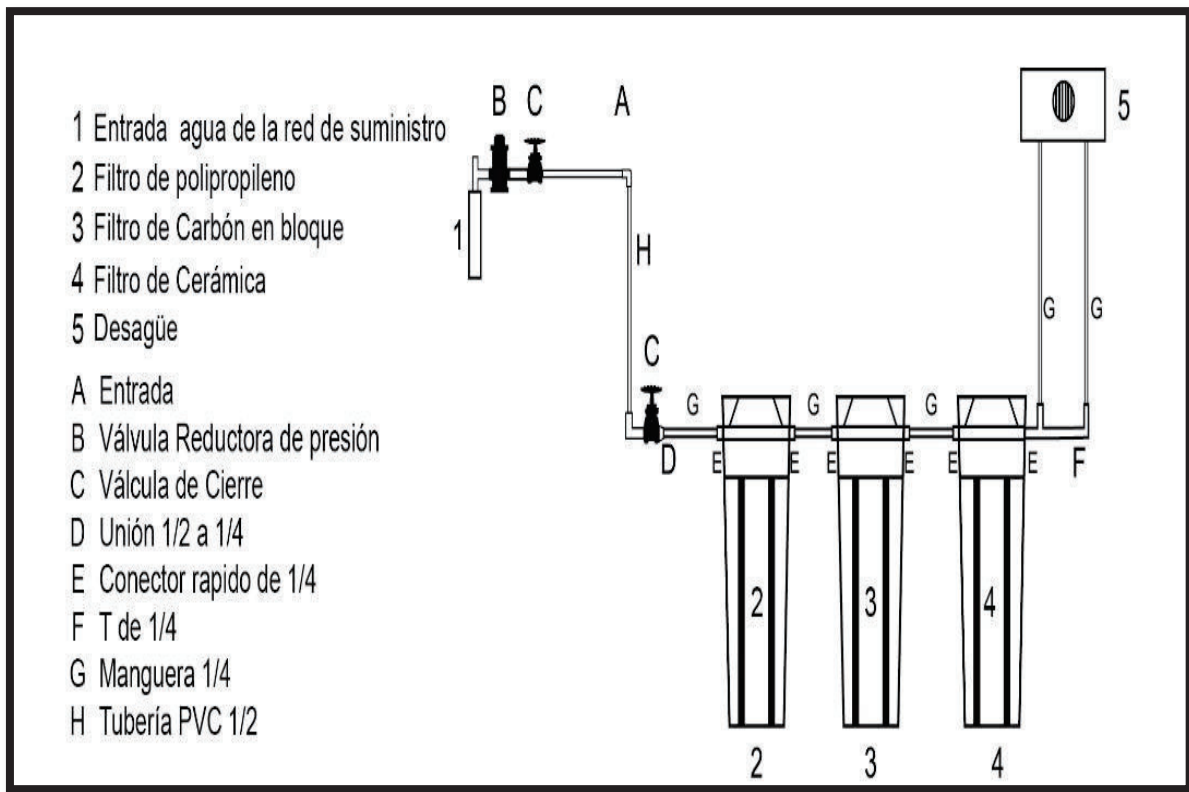


Figura 10. Diseño del sistema de filtración

Se reguló el caudal de entrada al sistema de filtración colocando en la red de suministro una válvula reguladora de presión, la cual se ajustó para trabajar entre 35 a 45 psi, según lo recomendado en la ficha técnica de los cartuchos, que pueden observarse en los anexos 8, 9 y 10.

El sistema de filtración diseñado para el bebedero actuará como un tratamiento terciario, puesto que el agua de suministro de la red es potable, disminuirá los valores de algunos parámetros y producirá agua similar a la embotellada.

#### **3.4.1.1. Fases de filtración**

- **Primera fase:** filtro de polipropileno es utilizado principalmente para la remoción de sedimentos (sólidos totales, óxidos de hierro y otras sustancias que generan turbidez), que modifican la estética del agua.
- **Segunda fase:** filtro de carbón activado en bloque permite eliminar olores y sabores del agua por presencia de algunos compuestos químicos solubles, adsorbe el contenido de cloro residual, aspecto de gran importancia ya que este elemento se utiliza en algunas plantas potabilizadoras para la desinfección del agua mismo que cambia el sabor del agua.
- **Tercera fase:** en esta fase se realiza micro filtración con cerámica que permite retener impurezas que no hayan sido eliminadas por los dos sistemas anteriores, e incluso puede retener microorganismos.

Debido a las necesidades particulares de este sistema de filtración, cada elemento fue analizado por separado, se definió su estructura y los filtros, carcaza, conectores, manguera, válvulas fueron adquiridos por separado y posteriormente, se realizó el ensamblaje como se muestra en la Figura 11.

Esta instalación se considera del tipo piloto, ya que, en función de su aceptación y desempeño servirá de modelo para instalar otras unidades similares en puntos estratégicos del campus universitario. De allí que no se haya considerado una instalación de mayor capacidad.

### 3.4.2. CONSTRUCCIÓN DE LA CARCAZA DEL BEBEDERO, EN ACERO INOXIDABLE

Una vez realizado el montaje de los filtros se llevó a cabo la construcción de la carcasa del bebedero. La lámina de acero utilizada para la bandeja superior y que estará en contacto con el agua no consumida es de acero inoxidable N°403 y el de la carcasa inferior (soporte del bebedero) de acero inoxidable N° 304. Ambas láminas presentan excelentes ventajas para el uso que se les da en este proyecto, entre ellas, alta resistencia a la corrosión y de manera particular el N° 403 es el utilizado para la fabricación de lavavajillas ya que es grado sanitario.

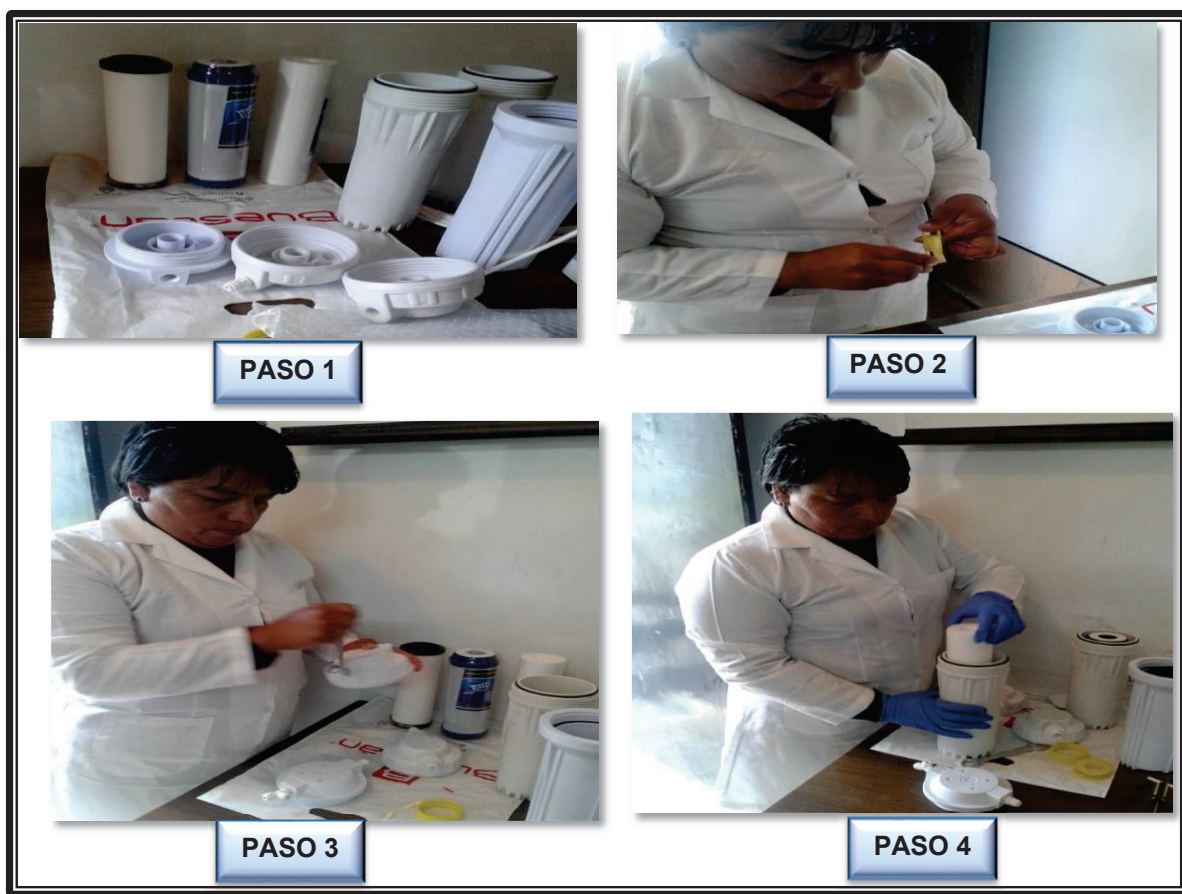


Figura 11. Procedimiento para el montaje de cada unidad de filtración

Las láminas fueron cortadas y soldadas hasta obtener cada una de las piezas del bebedero. Para dar un acabado óptimo final desde el punto de vista visual y dar mayor protección al metal, se procedió a rociar todas las piezas con un recubrimiento en aerosol de color plata-cromado. Una muestra de las labores que se ejecutaron durante esta fase puede visualizarse en la Figura 12.



**Figura 12.** Construcción del bebedero

### **3.4.3. EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES PARA LA INSTALACIÓN DE LA LÍNEA DE AGUA POTABLE**

Para realizar la instalación de la línea de agua potable desde la toma de la red de distribución de agua de la ESFOT hasta el punto de instalación del bebedero se ejecutaron los siguientes pasos:

#### **3.4.3.1. Remoción de la capa vegetal**

Se removió la cantidad de césped necesaria, en la zona que estaba cubierta con el mismo, para la acometida de la tubería de suministro de agua tratando de ocasionar el mínimo impacto ambiental posible. Ver Figura 13.

#### **3.4.3.2. Remoción del camino en la zona de tránsito peatonal**

Igual que la remoción del césped, fue necesario remover una sección de la zona de tránsito peatonal construida de cemento. Ver Figura 14.



**Figura 13.** Remoción de la capa vegetal. Instalación de tubería de suministro al bebedero



**Figura 14.** Rotura zona de tránsito peatonal

### **3.4.3.3. Instalación de válvulas en la zona de suministro de agua de la red municipal**

Se colocó una válvula de reducción de presión y una llave de paso para un mejor funcionamiento de la nueva tubería a instalar, de esta manera se logra una presión constante en la línea ya que la presión en la tubería principal de suministro puede tener variaciones que afecten al sistema de filtrado. La llave de presión funciona en un rango de 35 a 45 psi. Previo a su instalación la misma fue regulada a 80 psi de entrada y 35 psi de salida, según las recomendaciones técnicas del fabricante de los filtros. Ver Figura 15 y 16.



**Figura 15.** Válvula instalada en la zona de conexión con la red municipal



**Figura 16.** Calibración de la válvula de reducción de presión

#### **3.4.3.4. Instalación de la línea de agua y reacondicionamiento del área verde y zona peatonal**

Se instaló una tubería de PVC de ½” con sus respectivos accesorios para lograr el recorrido de diseño, hasta llegar al punto de instalación del bebedero. Posteriormente, se reacondicionó la capa vegetal y el área peatonal que habían sido retiradas y adicionalmente se colocó una rejilla en la línea del desagüe para evitar la entrada de roedores al sistema. Ver Figuras 17 y 18.



**Figura 17.** Reacondicionamiento de la capa vegetal





**Figura 18.** Reacondicionamiento de la zona peatonal e instalación de rejilla en la línea de desagüe (resaltado en rojo)

### 3.4.3.5. Construcción del soporte del bebedero

Luego de realizar la instalación de la línea de agua, se construyó el soporte y la pared posterior donde se ubicaría el bebedero. Los materiales usados fueron bloques y cemento. Las dimensiones del soporte son: 70 cm de profundidad y 90 cm de ancho. La pared posterior es de 120 cm de alto por 90 cm de ancho. Ver Figura 19.



**Figura 19.** Construcción de la pared para soporte del bebedero

### 3.4.3.6. Instalación del bebedero

Una vez terminada la obra civil se procedió a instalar el bebedero en conjunto con el sistema de filtración. Los filtros llevan el siguiente orden: polipropileno, carbón activado en bloque y cerámica. En el interior del bebedero se colocó una reducción de un medio de pulgada a un cuarto de pulgada, para realizar la conexión de mangueras al sistema de filtración y una válvula de compuerta, para evitar la entrada de agua en el caso de algún percance con el suministro o labores de mantenimiento y reparación.

Por último, se verificó que no exista fuga de agua en los filtros, tuberías, llaves y mangueras después de unos días de control de funcionamiento, se pintó el muro posterior para mejorar el aspecto visual del mismo. Ver Figura 20.



**Figura 20.** Instalación del bebedero

En la instalación del bebedero se tomó en cuenta la accesibilidad para el usuario, así como también para personas discapacitadas, considerando lo establecido en el Artículo 58 de la Ley Orgánica de Discapitados (sección séptima) donde se indica que “se debe garantizar a las personas con discapacidad la accesibilidad y utilización de bienes y servicios de la sociedad. En

toda obra pública o privada de acceso público deberán preverse accesos e instalaciones adecuadas para personas con discapacidad” (Asamblea Nacional, 2012).

Finalmente, en la Figura 21 se muestra el bebedero en la actualidad.

### 3.5. COSTOS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN

Los costos asociados al proceso de construcción del sistema del bebedero, así como las labores de plomería y reacondicionamiento de la zona intervenida se muestran en el anexo 11.

### 3.6. CÁLCULO DEL CAUDAL DEL SISTEMA

Este procedimiento se llevó a cabo para la medición de caudal del bebedero. Se tomó el volumen en un cilindro graduado de 500 ml y se tomó el tiempo con un cronómetro. La división del volumen entre el tiempo dio como resultado el caudal del mismo, este procedimiento se realizó por triplicado. El valor obtenido fue de: 18,9 ml/s.



**Figura 21.** Aspecto final del bebedero

### 3.7. HIGIENE Y SEGURIDAD

Se tuvo en cuenta el cumplimiento de las normas de higiene y seguridad en cada uno de los pasos durante la construcción e instalación del sistema. Todas las personas involucradas utilizaron equipos de protección personal, en el campo: chaleco, guantes, casco, gafas y adicionalmente en el laboratorio, mandil. El sitio de trabajo fue cercado con cinta plástica de acordonamiento peligro. Ver Figura 22.

### 3.8. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

Posterior a la instalación del bebedero y luego de la puesta en marcha, se procedió a tomar muestras del agua suministrada por el mismo, considerando la NTE INEN 2169:98. Estas muestras se trasladaron al laboratorio para realizar los análisis físicos y químicos: cloro libre residual, color, conductividad, fluoruros, hierro total, manganeso, nitratos, nitritos, sólidos totales y desde el punto de vista microbiológico, coliformes fecales y totales, utilizando como base los métodos indicados en el anexo 1.



**Figura 22.** Cumplimiento de las normas de higiene y seguridad

Los valores se tabulan y comparan con los determinados en la red de suministro (Tabla 5) y los establecidos en la NTE INEN 1108:2011 y la NTE INEN 2200:2008, correspondientes a la calidad del agua potable y del agua purificada envasada, respectivamente. Estos resultados se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Comparación de la calidad del agua potable obtenida en el bebedero con los de la red municipal y los establecidos en la NTE INEN 1108:2011 y la NTE INEN 2200:2008

Parámetro	Red de suministro de la ESFOT	Agua filtrada (salida del bebedero) *	Valor establecido por la NTE INEN 1108:2011 para el agua potable	Valor establecido por la NTE INEN 2200:2008 para el agua envasada
<b>Físicos y químicos</b>				
Cloro libre residual (mg/L)	<0,24	<0,24	0,3 a 1,5	0
Color (HAZEN)	<8	<8	15	5
Conductividad (µs/cm)	208,0 (19,8°C)	206	---	---
Fluoruros (mg/L)	<0,70	<0,70	1,5	1,5
Hierro (mg/L)	0,24	<0,07	---	---
Manganeso (mg/L)	<0,04	<0,04	0,4	0,4
Nitratos (mg/L)	0,4	<0,2	50	50
Nitritos (mg/L)	<0,01	<0,01	0,2	0,1
Sólidos totales (mg/L)	146	137	---	500
Turbidez (NTU)	<4	<4	5	3
<b>Bacteriológicos</b>				
Coliformes totales (NMP/100mL)	<1,1	<2		<1,8
Coliformes fecales (NMP/100mL)	<1,1	<1,1	<1,1	

Fuente: Bonilla, M. (2017)

\*El método utilizado para cada análisis se puede verificar en el marco teórico y en el Anexo 12.

### 3.9. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A continuación, se muestra el manual de operación y mantenimiento del sistema:

<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL ECO BEBEDERO</b>
<b>1. Descripción del sistema</b>
<b>1.1. Descripción general</b> El Sistema cuenta con: <ul style="list-style-type: none"><li>• Dos válvulas de cierre (llave de paso) una en la toma del agua de la red de suministro y otra en la entrada del bebedero y de esta manera bloquear el paso del agua en el momento de hacer mantenimiento o reparaciones en el Sistema.</li><li>• Una válvula reguladora de presión que permite mantener una presión constante en el Sistema y evitar alteraciones y/o daños en los equipos.</li><li>• En la zona inferior del bebedero se encuentran tres filtros utilizados para el tratamiento del agua:<ul style="list-style-type: none"><li>- El primer filtro contiene cartucho de polipropileno. Ver anexo 8.</li><li>- El Segundo contiene cartucho de carbón en bloque activado Pentek EP-10. Sus características se muestran en el anexo 9.</li><li>- El tercer cartucho es de cerámica Doulton 10". Ver anexo 10.</li></ul></li><li>• El suministro de agua se efectúa a través de dos accesorios, una llave con cuello de cisne y una llave tipo push, ambos con sus respectivas válvulas. El agua remanente cae en una bandeja de acero inoxidable y es drenada por una tubería de PVC.</li><li>• Ver diagrama de flujo a continuación.</li></ul>

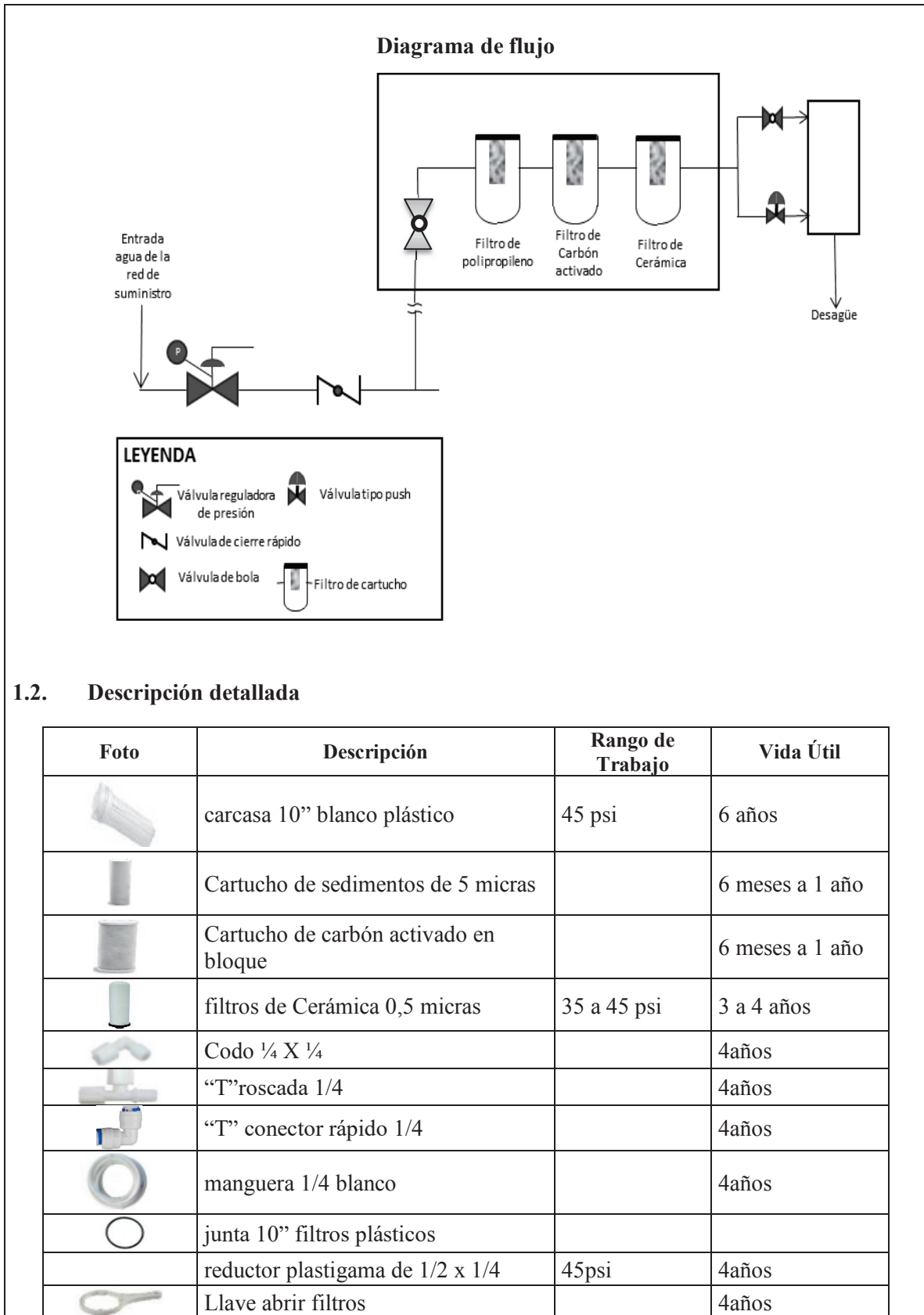





Foto	Descripción	Rango de Trabajo	Vida Útil
	Clip azul		4años
	grifo		2 años
	llave push		2 años

## 2. Operación

Para el personal responsable del equipo:

- Verificar que haya suministro de agua de la red municipal.
- Verificar que las válvulas del Sistema se encuentren abiertas.
- Verificar que no haya elementos obstructivos en la bandeja y canal de desagüe.
- Pulsar o abrir la válvula que suministra el fluido y verificar el caudal suministrado. Si el equipo estuvo algún tiempo fuera de servicio, dejar abierta la válvula al menos 3 minutos.

Para los usuarios:

- Pulsar o abrir la válvula que suministra el fluido y consumir.
- Verificar el adecuado cierre de las válvulas para evitar pérdidas de agua.

## 3. Mantenimiento continuo

- Verificar una vez al mes el estado general de válvulas y partes metálicas.
- Una vez a la semana, o cuando la inspección visual lo detecte, lavar el bebedero y las llaves despachadoras de agua con detergente, preferiblemente clorado.
- Lavar el filtro de cerámica con estropajo verde (vileda) y guantes, cada mes o cuando disminuya el caudal.

### 3.1. Mantenimiento anual

Se recomienda cambiar los filtrantes una vez al año o dependiendo del uso del equipo y la calidad del agua a tratar.

- **Pasos para cambiar los filtros del bebedero**

**Paso 1:** retire los tornillos del bebedero de la parte frontal.

**Paso 2:** Cierre la llave de paso que se encuentra dentro del bebedero.

**Paso 3:** Abra el grifo y deje correr el agua. Una vez que deje de salir agua, entonces cierre el grifo.

**Precaución:** Siempre encontrara agua en las mangueras y en los filtros utilice un recipiente, paño, etc. debajo de las conexiones para recoger el agua presente.

**Paso 4:** sacar el clip del conector y presionar con los dedos el conector y hale la manguera.

**Paso 5:** coloque la llave de filtros hasta el fondo y gire la carcasa hacia la izquierda para aflojarlo.



**Paso 6:** Retire el filtro de la carcasa. Limpie con cloro, lave con abundante agua el interior de la carcasa.

**Paso 7:** Coloque los nuevos filtros en la carcasa, cierre la carcasa y ajuste girando hacia la derecha. Conecte nuevamente las mangueras en el mismo orden de paso 4

**Precaución:** las carcasas tienen juntas en la parte superior, Si no ajusta puede untar con vaselina de petróleo las juntas, asegúrese que estén correctamente asentadas sobre el canalillo antes de apretarlas. No intercambie la posición de las carcasas

**Paso 8:** Abra la llave de paso, luego el grifo. No beba en seguida deje correr unos 10 minutos el agua puede tener un color negro, debido al destiñe del carbón activo.

**Paso 9:** Abra la llave del depósito para que éste se llene con agua limpia y lista para consumir.

- Realizar el cambio de cartuchos de filtrado de acuerdo al tiempo recomendado en la sección 1.2 (Descripción detallada) o si disminuye apreciablemente el caudal, para ello se debe retirar la tapa frontal del bebedero, desmontar cada unidad de filtrado con su llave respectiva, desenroscar la tapa y proceder al cambio del cartucho. Posteriormente, regresar el Sistema a su condición original y verificar el flujo de agua.

#### 4. Uso incorrecto del equipo

- Suministrar agua que no sea de la red municipal.
- Utilizarlo como mesa, escalera o mueble de soporte.
- Realizar trabajos de pintura y solventes cerca del equipo.
- Pintar la carcasa externa.
- Utilizar químicos agresivos para su mantenimiento.

#### 5. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Problema	Causa	Solución
No sale agua	Válvulas cerradas- Falta de suministro de la red principal	Verificar suministro- Verificar apertura de válvulas
	Filtro tapado	Sustituir los cartuchos
	Obstrucción de tubería	Verificar el estado de las tuberías
Agua de color o sucia	Falta de mantenimiento	Realizar drenado del Sistema, dejar abierta la llave de 5 a 10 minutos. Si no mejora la situación sustituir cartuchos
Poca agua	Falta de presión o canales obstruidos	Llevar a cabo las acciones indicadas en los puntos anteriores. Verificar la válvula reguladora de presión.

## **CAPÍTULO 4.**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El aumento del consumo del agua embotellada en los últimos años ha traído como consecuencia mayor gasto económico de las personas que usan este servicio y mayor generación de botellas plásticas, por esta razón el suministro de agua de bebida a través de un bebedero fue el objetivo principal de este proyecto, lo que generará grandes beneficios a quien lo implementa y a sus usuarios. En el caso de la ESFOT, existía la necesidad de este servicio, el cual logró suplirse de manera efectiva, eficiente y a un costo razonable, mediante este proyecto integrador, cumpliendo las expectativas de los objetivos planteados inicialmente y brindando a la comunidad universitaria agua potable de alta calidad de manera gratuita y continua.

#### **4.1. IMPLEMENTACIÓN Y CALIDAD DEL AGUA DE SUMINISTRO AL BEBEDERO**

La implementación del proyecto integrador denominado “Diseño e implementación de un bebedero con sistema de filtración y desinfección para dotar de agua a la Escuela de Formación de Tecnólogos” se llevó a cabo en varias fases: en primer lugar, se realizó la evaluación de la calidad del agua afluyente al bebedero que en este caso fue agua potable, suministrada por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EMAPS), obteniéndose que la misma cumple con la NTE INEN 1108:2011: Agua Potable-requisitos, por consiguiente, es apta para el consumo humano. Sin embargo, no cumplió con la NTE INEN 2200:2008 para el agua envasada o embotellada en los valores de cloro residual, color y turbidez. El color y turbidez son parámetros del tipo organoléptico, en cambio, el cloro residual es de tipo químico, que en exceso puede alterar el sabor del agua; lo que pudiera causar rechazo para ser consumida directamente. La Tabla 5 presenta los resultados del agua antes de pasar por el bebedero.

La segunda fase, fue el diseño, instalación y puesta en marcha del bebedero. Para el diseño se consideraron los parámetros que no cumplieron con la NTE INEN 2200:2008: Agua purificada envasada-Requisitos, en este sentido se implementó los procesos de micro filtración, para remover sólidos (filtro de polipropileno), de adsorción, para remover iones (filtro de carbón activado) y desinfección, para eliminar microorganismos (filtro de cerámica).

La instalación del bebedero se llevó a cabo de manera satisfactoria, cumpliendo con todos los pasos y normas exigidas e interviniendo la zona con el menor impacto ambiental posible. Tanto las áreas verdes como las áreas cementadas fueron reestablecidas al culminar las obras de albañilería. Los materiales utilizados para la instalación de la línea de suministro y desagüe (tuberías, codos, reducciones, válvulas, etc.) así como los filtros, carcasa, soporte y bandeja superior, son específicos para su uso en agua de bebida. El costo total de la instalación y puesta en marcha del sistema fue de USD 915,16 (Ver anexo 11 para más detalles), valor que se considera aceptable al comparar con los beneficios ambientales generados, como reducción de botellas plásticas residuales y suministro de agua de bebida en la ESFOT. Las Figuras 20 y 21 muestran el bebedero instalado y operando. Actualmente (abril 2017) el bebedero cuenta con gran afluencia de usuarios. Por lo tanto, se cumplió a cabalidad el objetivo general de la investigación.

## **4.2. RESULTADOS DE LA ENCUESTA APLICADA PREVIA A LA INSTALACIÓN DEL BEBEDERO**

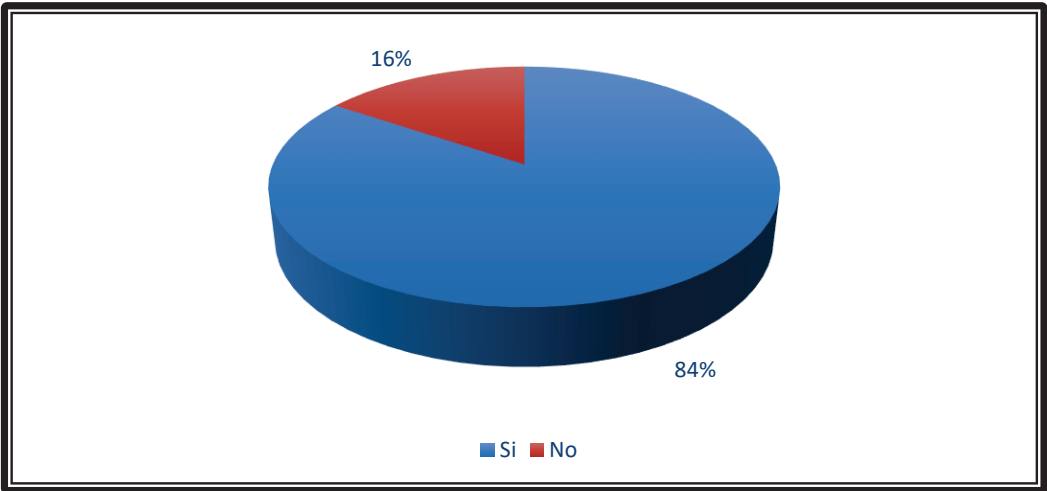
A continuación, se presenta de forma gráfica los resultados de cada una de las preguntas llevadas a cabo en la muestra calculada.

### **4.2.1. PREGUNTA 1: ¿CONSUME USTED AGUA EN ENVASE PLÁSTICO PERSONAL?**

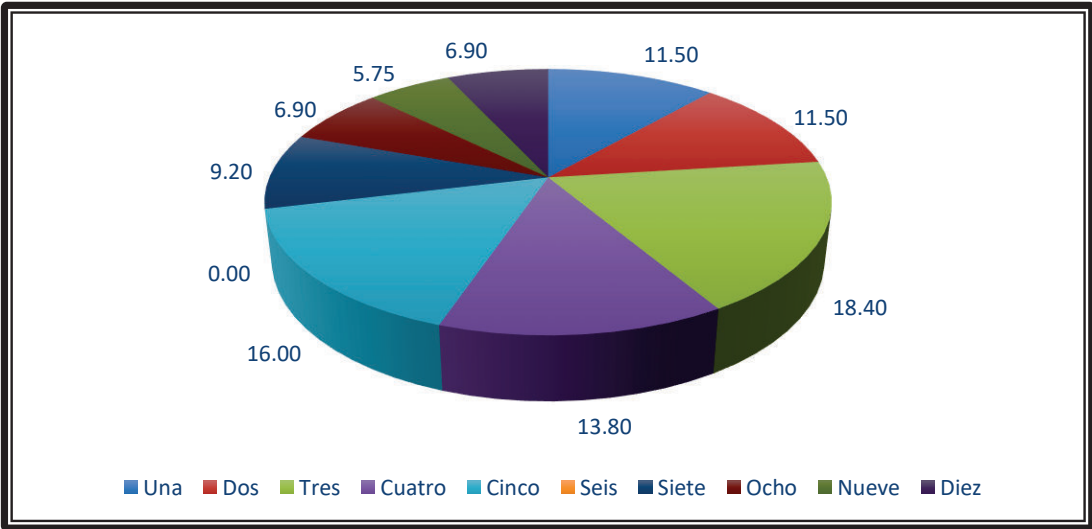
Un 84% de la muestra consume agua en envase plástico personal y un 16% de la muestra no consume agua en envase plástico personal. Estos resultados pueden visualizarse en la Figura 23.

**4.2.2. PREGUNTA 2: ¿CUÁNTAS BOTELLAS DE AGUA CONSUME A LA SEMANA?**

En este caso se encontró que los porcentajes más altos oscilaron entre el consumo de una a 5 botellas diarias con valores que iban entre 11 y 18% de los encuestados. Ninguna persona reportó el consumo de 6 botellas de agua y entre el 5 y 9% indicaron que consumían 7, 8, 9 y hasta 10 botellas de agua. Ver Figura 24.



**Figura 23.** Resultados de la pregunta 1 de la herramienta de recolección de datos



**Figura 24.** Resultados de la pregunta 2 de la herramienta de recolección de datos

#### 4.2.3. PREGUNTA 3: ¿CUÁNTO GASTA AL MES EN AGUA EMBOTELLADA?

Un 32% indica que gasta aproximadamente USD 10 y un 68% que gasta aproximadamente USD 5. Ninguna persona reportó un gasto mayor a 1USD 0. Ver figura 25.

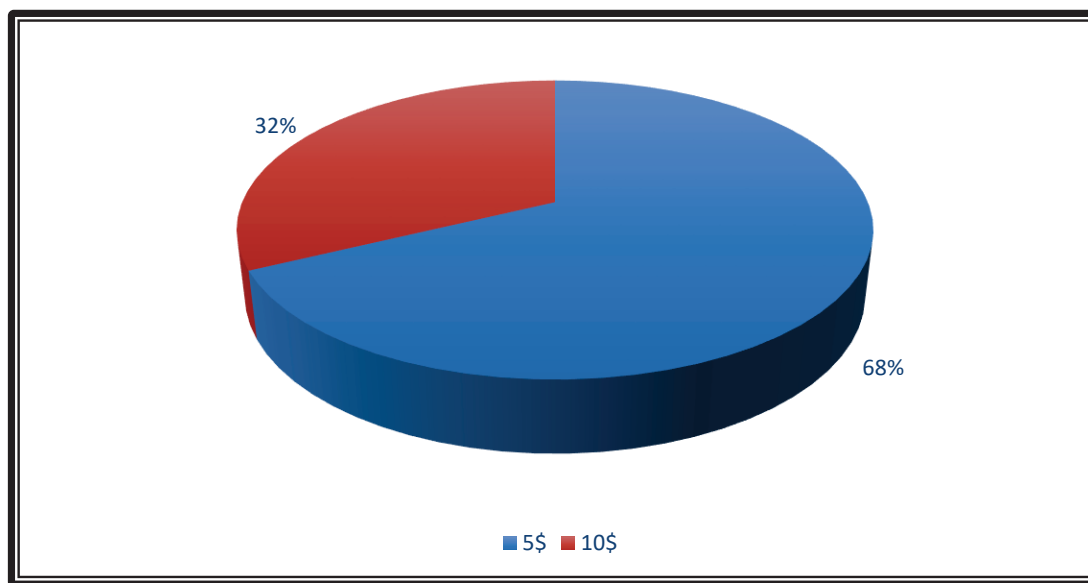


Figura 25. Resultados de la pregunta 3 de la herramienta de recolección de datos

#### 4.2.4. PREGUNTA 4: ¿LE GUSTARÍA CONTRIBUIR CON EL MEDIO AMBIENTE?

El 100% de los encuestados han respondido afirmativamente a esta pregunta.

#### 4.2.5. PREGUNTA 5: ¿SI TUVIERA LA OPORTUNIDAD DE TENER AGUA GRATIS Y SEGURA USTED LA CONSUMIRÍA?

La totalidad de los encuestados respondieron afirmativamente a la pregunta 5.

#### 4.2.6. PREGUNTA 6: ¿CONOCE USTED BEBEDEROS DE AGUA GRATUITOS?

El 63% de la muestra afirma conocer bebederos de agua gratuitos, por el contrario, un 37% indica una respuesta negativa. Ver Figura 26.

#### 4.2.7. PREGUNTA 7: ¿LE GUSTARÍA TENER UN BEBEDERO DE AGUA FILTRADA, PARA BEBER GRATUITAMENTE EN LA UNIVERSIDAD?

El 100% de los encuestados está de acuerdo con tener un bebedero de agua filtrada gratuitamente.

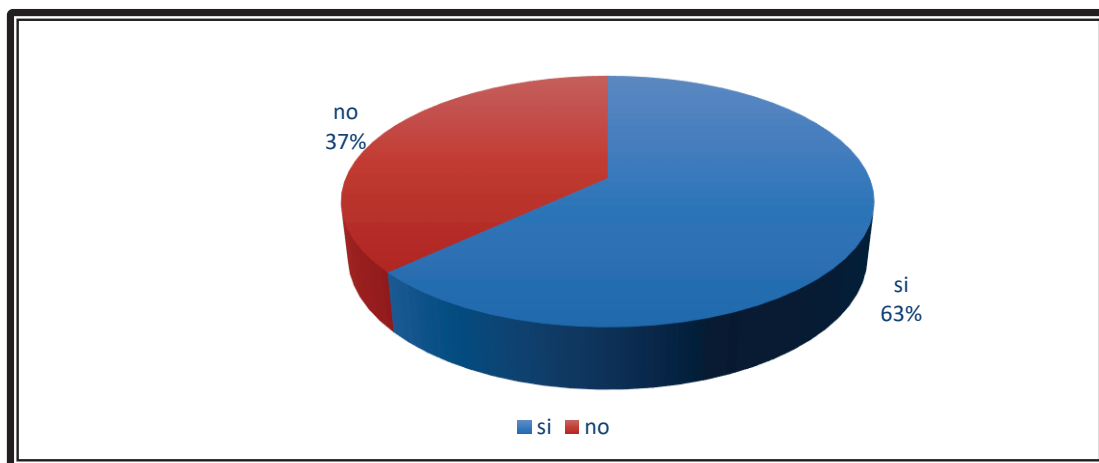


Figura 26. Resultados de la pregunta 6 de la herramienta de recolección de datos

#### 4.3. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA FILTRADA SUMINISTRADA Y CONSUMIDA EN LA ESFOT

Al evaluar la calidad del agua suministrada por el bebedero, se evidenció que el sistema de filtración-adsorción mejoró la calidad del agua en los siguientes parámetros: nitritos, hierro total, conductividad y sólidos totales, los cuales influyen directamente en las características organolépticas del agua suministrada y, por ende, la aceptación por parte de todos los usuarios. A pesar de que dichos parámetros disminuyeron, es necesario resaltar que todos los valores de los ensayos físicos, químicos y bacteriológicos cumplieron a cabalidad lo exigido por la NTE INEN 1108:2011 y la NTE INEN 2200:2008, en los casos que el límite de detección reportable permitió hacer la comparación precisa.

Como se puede observar en la Tabla 6, la conductividad, el hierro, los nitratos y los sólidos totales disminuyeron a la salida del bebedero, lo que trae como consecuencia mejoras de las características organolépticas del agua que fluye por el bebedero.

El cloro libre residual del agua filtrada cumple con lo exigido en la NTE INEN 1108:2011, y coincide con el resultado de la red de suministro. En vista de esto, y considerando que la NTE INEN 2200:2008 establece un valor de cloro residual de cero (0) se realizó en campo el análisis de cloro residual por colorimetría, obteniéndose como resulta 0 mg/l de este compuesto, por lo que se puede concluir que este parámetro cumple con la NTE INEN 2200:2008.

El color en la red de suministro y en el agua filtrada cumple con la NTE INEN 1108:2011 más no se puede hacer una comparación directa con la NTE INEN 2200:2008 (quien exige un valor de 5) ya que el límite de detección reportable para el análisis efectuado a la red de suministro es <8, por lo tanto, no se tiene el valor absoluto del resultado.

La conductividad no se encuentra limitada en la norma, pero como se evidencia en la Tabla 6 se presenta una ligera disminución en la salida del bebedero en comparación con la entrada del mismo, lo que indica que parte de los sólidos disueltos (la conductividad es una medida indirecta de los mismos) han sido retenidos por el sistema de filtración. En muchos casos, parte de estos sólidos disueltos son los causantes del color de la muestra, por lo que pudiera ser un indicativo indirecto de que el color también pudo haber disminuido. La disminución de la conductividad favorece las características organolépticas del producto (salida del bebedero).

La concentración de fluoruro tanto en la entrada como en la salida del filtro es <0,7 mg/L cumpliendo lo estipulado en la NTE INEN 1108:2011 y la 2200:2008. Pequeñas cantidades de flúor en el agua sirven para prevenir la caries dental, pero si la concentración es elevada puede causar Fluorosis, de allí que el límite recomendable sea de 1,5 ppm.

El hierro no se encuentra establecido en la norma, pero, tal y como se comentó con la conductividad, se evalúa a la salida del bebedero y se compara con el valor reportado de la red de suministro. A pesar de que ambos valores cumplen la norma 1108:2011 el hierro fue el

parámetro que presentó la mayor reducción de 0,24 mg/L a <0,07 mg/L (70,8%) lo que es indicativo que el sistema de filtración actúa muy eficientemente en la remoción de este parámetro. Una disminución en el valor del hierro mejora las características organolépticas ya que este parámetro puede ser el causante de la saturación de los filtros y el mal sabor en el agua. Así que, seguramente, el agua filtrada obtenida no generará rechazos de los consumidores por este factor además la durabilidad de los filtros será mayor.

La concentración de manganeso del agua filtrada coincide con la del agua de entrada, debido a las bajas concentraciones y al límite de detección no es posible verificar si hubo una disminución de este parámetro. Ambos cumplen con un amplio margen lo establecido en la NTE INEN 1108:2011.

Los valores obtenidos de nitratos y nitritos cumplen lo establecido en la norma. Las concentraciones presentes no representan daños a la salud, a pesar de ello, se puede observar una disminución del 50% de los nitratos y para los nitritos el límite de detección reportable del método (<0,01 mg/l) no permite evidenciar si hubo o no remoción de este parámetro. Este alto porcentaje de remoción de los nitritos, que en la mayoría de los casos forman compuestos solubles o se encuentra en su forma iónica coincide con la disminución de la conductividad.

Los sólidos totales disminuyeron en un 6%. Esto evidencia la eficiencia del sistema de filtración, principalmente del cartucho de polipropileno quien es el responsable principal de la remoción de estos contaminantes.

Los valores de turbidez, tanto de la entrada como de la salida del sistema de filtración cumplen con lo establecido en la NTE INEN 1108:2011, pero dichos valores no pueden compararse directamente con la NTE INEN 2200:2008 ya que, el límite de detección reportable (<4) está por encima del límite establecido en dicha norma. Como se mencionó anteriormente, los sólidos totales disminuyeron, y estos representan una medida indirecta de la turbidez del agua, por lo tanto, es muy probable que la turbidez también haya disminuido, aunque no se puede establecer en que magnitud.



Los coliformes fecales, tanto de la red de suministro como del agua filtrada cumplen con lo establecido en la norma ( $<1,1$  NMP/100ml) este valor indica que en el ensayo del número más probable (NMP) ninguno de los tubos de la serie analizados fue positivo.

En el caso de los coliformes totales, el agua de la red de suministro se encuentra por debajo de lo establecido en la NTE INEN 2200:2008 ( $<1,8$  NMP/100mL) y, para el agua filtrada, no se puede hacer una comparación directa ya que el límite de detección reportable de este análisis (el cual se llevó a cabo en un laboratorio diferente) es de  $<2$  NMP/100mL, en este caso es necesario resaltar que este laboratorio no está dentro del alcance de la acreditación, de allí el resultado reportado.

#### **4.3.1. CAUDAL DE AGUA SUMINISTRADO**

Según el cálculo realizado en la sección 3.6 el caudal de agua filtrada que suministra el bebedero es de 18,9 mL/s. Con este valor, y utilizando el concepto de caudal (volumen/tiempo) es posible determinar la cantidad de botellas de agua de 500 mL que abastece diariamente el bebedero, en el horario de 7:00 a 21:00 h, siendo aproximadamente 1890 botellas. Aunque desde el punto de vista técnico esto es posible, operativamente no es muy recomendable ya que el sistema de filtrado y el resto de los componentes se deteriorarían con mayor rapidez y, por otra parte, resultaría incómodo para los usuarios que se encuentren en una zona alejada del bebedero tener que desplazarse hasta el mismo para surtirse del servicio.

A partir de la observación directa del uso y consumo del bebedero durante los meses de febrero y marzo se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 7.

Es necesario destacar que durante los meses de febrero y marzo no había actividad regular en el recinto universitario, sólo los cursos de inglés, además, el bebedero había sido instalado recientemente y muchas personas desconocían de su existencia, y finalmente, por la estación de invierno se presentaron días de lluvia intensa. Todos estos factores afectaron de manera negativa el uso del equipo durante esos dos meses. Por las razones mencionadas anteriormente, se infiere que el consumo indicado en la Tabla 7 no es representativo para llevar a cabo una estimación

adecuada del uso y consumo del agua filtrada suministrada por el bebedero, sobre todo en las condiciones normales de funcionamiento y en la época de verano donde el consumo de agua de los usuarios debería incrementarse por el aumento de la temperatura ambiental.

**Tabla 7.** Consumo de agua filtrada por usuarios de la ESFOT en febrero y marzo de 2017

Mes	Semana	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Observaciones
<b>Febrero</b>	06- al 12	2	10	2	7	1	
	13- al 19	8	0	0	0	3	Llovió todo el día
	20- al 28		25	0		35	
<b>Marzo</b>	06- al 12	29	30	14	17	28	
	13- al 19	3	5	0	0	4	Llovió todo el día
	20- al 28	45	12	32	7	12	
<b>TOTAL</b>		<b>87</b>	<b>82</b>	<b>48</b>	<b>31</b>	<b>83</b>	<b>331</b>

Por observación directa en una semana del mes de abril (con actividades normales en la universidad) se evidenció un consumo promedio diario de aproximadamente 100 botellas de 500 ml, lo que representan 50 litros de agua filtrada por día, 250 l/semana (considerando 5 días a la semana), 1000 l/mes, 12000 l/año.

Con todo esto y para evaluar el impacto de la instalación y puesta en marcha del bebedero, en función del consumo de agua embotellada, se realizó una entrevista no estructurada al personal encargado de la venta de este producto, en las zonas aledañas a la ubicación del bebedero.

En dicha entrevista y a través de los datos de compra semanal de botellas de agua de 500 ml efectuada por estos negocios, quedó en evidencia que el consumo de agua embotellada disminuyó considerablemente. Antes de la instalación del bebedero la venta semanal promedio era de 96 botellas de agua (8 paquetes de 12 botellas cada uno) y entre los meses de marzo y abril, la venta promedio fue de 36 botellas semanales (3 paquetes de 12 botellas cada uno). Por

lo tanto, se observa una reducción en la venta de 60 botellas de agua, lo que representa una disminución del 62,5%.

Desde el punto de vista ambiental esto implica que semanalmente se reduce la emisión de 60 botellas plásticas de PET. Una botella de 500 ml de este plástico pesa aproximadamente 8,7 g (Tecnología del Plástico, 2012), lo que implica una disminución de vertido al medio ambiente de 522 g diarios y 14,6 kg mensual de este material.

#### **4.4. CAPACITACIÓN AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO DE LA EPN**

Para garantizar el adecuado funcionamiento y mantenimiento del bebedero diseñado e instalado, se realizó una capacitación al personal de mantenimiento de la EPN con el objetivo de presentarles el manual de operación y diagrama de flujo del equipo. La capacitación tuvo una duración aproximada de una hora incluyendo un periodo de preguntas y respuestas para aclarar las dudas que se presentaron durante la explicación. En el anexo 13 se muestra la hoja de control de los que asistieron a esta actividad.

## **CAPÍTULO 5.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- La calidad del agua que ingresa al bebedero cumple con la NTE INEN 1108-2011: Agua Potable-Requisitos, es decir, es apta para el consumo humano.
- El agua que sale del bebedero, cumple con la NTE INEN 2200:2008: Agua de Bebida. Requisitos. El sistema de filtración del bebedero removió el 100% de cloro libre residual, 70,8% del hierro, 50% de nitratos, 6% de los sólidos totales y 1% de conductividad.
- El sistema de micro filtración-adsorción consta de tres filtros continuos (con cartuchos de polipropileno, carbón activado y cerámica) que lograron reducir los valores de los siguientes parámetros: nitritos, hierro total, conductividad y solidos totales en función a lo determinado en la red de suministro, por lo tanto, el sistema de filtración logró su objetivo.
- En general, para la calidad del agua en Quito se constató que se cumple lo establecido por el fabricante de los cartuchos filtrantes en cuanto a su vida útil, el de carbón activado y polipropileno deben ser sustituidos cada 6 meses y el de cerámica debe ser lavado cada 2 meses. Aunque debe considerarse que esta frecuencia de sustitución y lavado dependerá del uso del bebedero y la calidad del agua suministrada.
- La instalación del bebedero se llevó a cabo de manera satisfactoria e interviniendo la zona con el menor impacto ambiental posible. Las dimensiones del bebedero cumplen con la normativa técnica en cuanto a la accesibilidad para el usuario, así como también para personas de capacidades especiales. Tanto las áreas verdes como las áreas

cementadas fueron reestablecidas. Actualmente (abril 2017), el bebedero presenta gran afluencia de usuarios.

- La encuesta arrojó resultados favorables y que apoyan el presente proyecto integrador; la mayoría de los encuestados están dispuestos a colaborar en la preservación del medio ambiente y al consumo del agua filtrada suministrada por el mismo, esto les brinda un ahorro económico, ya que un gran porcentaje de personas adquiere agua embotellada y suelen gastar entre USD 5 y 10 semanales, adicionalmente se reduce la emisión de botellas de plástico (específicamente PET) al medio ambiente.
- Se elaboró un “manual del usuario” con información relativa a la operación y mantenimiento del bebedero, y se realizó una jornada de capacitación al personal encargado de este proceso.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Replicar la instalación de bebederos de las características descritas en este proyecto integrador en sitios estratégicos del campus universitario, para suministrar agua de bebida a la población universitaria que carece de este servicio de manera gratuita.
- Cumplir el manual de operación y mantenimiento del bebedero para garantizar la calidad del agua suministrada a los usuarios.
- Documentar en forma impresa o digital todos los aspectos concernientes al mantenimiento, reparación o cambios que se realicen en el sistema del bebedero.
- Garantizar que la vía de acceso al bebedero siempre se encuentre despejada, para que las personas con capacidades especiales puedan utilizar este servicio.

- Se recomienda realizar análisis periódicos de la calidad del agua suministrada por el bebedero.
- Se recomienda limpiar el desagüe y la estructura del bebedero semanalmente.

# BIBLIOGRAFÍA

## Libros

- American Public Health Association. (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington: American Public Health Association.
- ARCA. (2015). *Plan de control 2015*. Quito: Agencia de Regulación y Control de la Calidad del Agua.
- Asamblea Nacional. (2012). *Ley Orgánica de Discapacidades*. Quito: Registro Oficial.
- Bolaños, E. (2012). *Muestra y Muestreo*. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Carbajal, Á., & González, M. (2012). *Propiedades y funciones biológicas del agua*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Claliz, H. (2017). *Determinación de sólidos totales en agua*. Calameo.
- Gómez, J. (2011). *Geología, geofísica, hidrógeno química e isótopos, como herramientas para definir un modelo conceptual hidrogeológico, caso de aplicación: acuífero costero del municipio de turbo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Hernández, E. (2010). Importancia del agua para los seres vivos. *Elementalwatson la Revista*, 9-16.
- Illescas, G. (2014). *Estudio de la calidad del agua destinada para consumo humano del sector Nero-Narancay, mediante análisis bromatológico y bacteriológico*. Cuenca: Universidad Católica de Cuenca.
- INEN . (2011). *INEN 1108:2011 Norma Técnica Ecuatoriana "Agua Potable-requisitos"*. Quito: INEN.
- INEN. (1984). *NTE INEN 0985 (1984) (Spanish): Agua Potable. Determinación del fluoruro. Método de Spands*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2012). *Aguas. Muestreo para examen microbiológico*. Quito: INEN.
- INEN. (1998). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*. Quito: INEN.
- INEN. (2008). *NTE INEN 2 200:2008 AGUA PURIFICADA ENVASADA. REQUISITOS*. Quito.
- Instituto de Salud Pública Chile. (2010). *NMP para la determinación de coliformes y coliformes fecales en aguas*. Santiago de Chile: Instituto de Salud Pública Chile.
- Lerma, D. (2012). *Filtros Cerámicos, una alternativa de agua segura*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Maldonado, A. (2012). *La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Martínez, M. (2012). *Preparación y Caracterización de carbón activo a partir de lignina para su aplicación en procesos de descontaminación de aguas*. Madrid: UAM.

- Navarrete, D. F., Quijano, N. R., & Vélez, C. D. (2014). *Elaboración de carbono activado a partir de materiales no convencionales, para ser usado como medio filtrante*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Génova: OMS.
- Ortiz, M. (2013). *Jornada Ecológica*. México: UNAM.
- Quintero, D. P., & Herrera, I. B. (2014). *Microbiología de aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar- Cesar*. Valledupar: Universidad Popular del Cesar.
- Red Mapsa. (2007). *Conductividad*. Uruguay: Asociación Civil Investigación y Desarrollo.
- Rivera, R. (2004). *El Filtron. Filtro cerámico para agua potable*. Nicaragua : IDEASS.
- Robles, E., & Ramirez, E. (2013). *Calidad Bacteriológica y Fisicoquímica del Agua del Acuífero Tepalcingo-Axochiapan, Morelos, Mexico*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Robles, M. (2005). *Estudio sobre la gestión ambiental de las actividades de los bares escolares en Cuenca, durante el periodo lectivo 2004-2005*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Rojas, G. (2010). *Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa embotelladora y comercializadora de agua mineral sin gas, ubicada en la Hacienda Laigua, Provincia de Cotopaxi*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Secretaría de Educación Pública. (2015). *Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones*. México: Secretaría de Educación Pública.
- Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*. Cartagena de Indias: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso.
- Sierra, C. (2016). *Calidad del Agua. Evaluación y diagnóstico*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Sigler, W., & Bauder, J. (2012). *Nitrato y Nitrito*. Montana: Universidad Estatal de Montana .
- Superintendencia de Servicios Sanitarios División Fiscalización. (2007). *Manual de Métodos de Ensayo para Agua Potable*. Santiago de Chile: Superintendencia de Servicios Sanitarios División Fiscalización.

## Documentos electrónicos

- Aguamarket. (15 de Febrero de 2017). *Filtro de polipropileno*. Obtenido de <http://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=21893&nombreproducto=filtro+de+polipropileno>



- Almirón, E. (sf). *El agua como elemento vital en el desarrollo del hombre*. Obtenido de [http://www.observatoriomercosur.org.uy/libro/el\\_agua\\_como\\_elemento\\_vital\\_en\\_el\\_desarrollo\\_del\\_hombre\\_17.php](http://www.observatoriomercosur.org.uy/libro/el_agua_como_elemento_vital_en_el_desarrollo_del_hombre_17.php)
- Aquafilt. (2017 de Febrero de 2017). *Historia sobre Halsey Taylor*. Obtenido de <http://bebederos.com.mx/historia-sobre-halsey-taylor/>
- Calderon, D. (2015). *drcalderonlabs*. Obtenido de [http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis\\_De\\_Aguas/Analisis\\_de\\_%20Color1.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Analisis_de_%20Color1.htm)
- Condorchem Envitech. (30 de 05 de 2014). *Aguas Residuales*. Obtenido de <http://www.aguasresiduales.info/revista/blog/filtracion-mediante-membranas-para-el-tratamiento-de-las-aguas-residuales>
- EPMAPS. (12 de 2016). *Agua Quito*. Obtenido de [http://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/calidad\\_de\\_agua\\_en\\_plantas\\_diciembre-2016.pdf](http://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/calidad_de_agua_en_plantas_diciembre-2016.pdf)
- Hernandez, L. (2011). *La historia del agua embotellada*. Obtenido de <http://queaprendemoshoy.com/la-historia-del-agua-embotellada/>
- Instrumentación Científica Técnica. (2017). *Instrumentación Científica Técnica*. Obtenido de <http://www.ictsl.net/analisisdeaguas/kitsanalisisrapidoschemetrics/chemetrics/kitdefluorurochemetrics.html>
- Jimenez, G. (2017). *Nitritos Técnicas de Análisis*. Obtenido de <http://www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/students/03tecnicas.html>
- Lenntech. (15 de Febrero de 2017). *FAQ de los pasos de la purificación del agua*. Obtenido de <http://www.lenntech.es/pasos-en-purificacion-del-agua.htm>
- Malón, R. (08 de 04 de 2012). *Proceso de potabilización del Agua*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/RolandMaln/proceso-de-potabilizacin-del-agua>
- OMS. (11 de 2016). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>
- Sefiltra. (2017). *Filtros de cartuchos filtrantes*. Obtenido de <http://www.sefiltra.com/filtros-de-cartucho-cartuchos-filtrantes.php>
- Tecnología del Plástico. (2012). *Botellas de PET el peso no lo es todo*. Obtenido de <http://www.plastico.com/temas/Botellas-de-PET,-El-peso-no-lo-es-todo+3088615>

## ANEXOS

### **Anexo 1. Resumen de la metodología experimental para determinar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos**

#### ➤ **Cloro libre residual (APHA 4500 Cl B Modificado)**

Para la determinación del cloro libre residual se utiliza el método iodométrico. La teoría indica que el cloro genera iodo libre a partir del ioduro de potasio (KI) en soluciones a pH=8 o menos. El iodo liberado es titulado con una solución de tiosulfato de sodio con almidón como indicador. (American Public Health Association, 1992)

Procedimiento:

- Seleccionar un volumen de muestra que permita gastar no menos de 20 mL de la solución de tiosulfato de sodio y no menos de 0,2 mL del indicador.
- Utilizar ácido acético para disminuir el pH entre 3 y 4. Añadir el KI y mezclar.
- Titular.
- Corregir el resultado con una titulación de un blanco.
- Calcular y reportar el residual de cloro.

El procedimiento de la medición de cloro residual en campo consiste en el método colorimétrico con ortotoluidina, el cloro libre reacciona con este compuesto formando un complejo de color amarillo, cuya intensidad es directamente proporcional al contenido de cloro elemental presente en la muestra. El procedimiento es el siguiente:

- Se enjuagan las tres celdas con la muestra de agua, mínimo tres veces, con el objeto de evitar interferencias con lecturas anteriores.
- Se llenan las celdas con la muestra de agua hasta la marca, de tal forma que el lado opaco quede al lado contrario del operador.
- A la celda del centro se le agregan 0.5 mL (10 gotas) del reactivo de ortotoluidina.
- Se agita la muestra para homogenizarla con el reactivo, se coloca nuevamente en la base ranurada del comparador y se deja reposar de dos a tres minutos.

- Se coloca el cursor con los estándares de color en la base y se efectúa la comparación, moviendo el cursor de derecha a izquierda, según la intensidad de color hasta igualar los colores de la muestra en la celda y los estándares.
- Las lecturas se deben realizar de tal forma que las celdas reciban luz natural, para obtener una lectura más exacta.

➤ **Color (Método Rápido Merck)**

El ensayo es por colorimetría óptico-visual. Se compara la coloración del agua con una serie de patrones de color, que por unidad de medida simulan 1 ppm de platino como  $\text{PtCl}_6^{-2}$  y 0,5 ppm de cobalto como  $\text{Co}^{+2}$ . (Calderon, 2015) El procedimiento es el siguiente:

- Limpiar las cubetas.
- Añadir en una cubeta la muestra y en otra el blanco.
- Comparar con la escala de colores.
- Reportar el resultado.

➤ **Conductividad (APHA2510 B Modificado)**

Este ensayo se lleva a cabo con un conductímetro. Las celdas de conductividad contienen electrodos de platino. Se utiliza una solución de KCl como referencia estándar. (American Public Health Association, 1992) Procedimiento:

- En primer lugar, debe determinarse la constante de la celda.
- Limpiar la celda y lavarla con una o más porciones de la muestra.
- Llenar la celda con la muestra.
- Medir. El equipo suministra directamente el valor de conductividad.
- Registrar el resultado. (American Public Health Association, 1992)

➤ **Fluoruros (Método rápido Merck)**

Este ensayo se lleva a cabo por colorimetría y se utiliza un kit especial suministrado por la empresa Merck.

“El método del test de fluoruro Vacu-vials® está basado en la reacción entre el fluoruro y una laca o pigmento rojo de zirconio que se forma con el SPADNS. La pérdida de color resultante de la reacción con la laca-pigmento va en función de la concentración de fluoruros”. (Instrumentación Científica Técnica, 2017)

Procedimiento:

- Se toma la ampolla que ya contiene el pigmento rojo de zirconio y se aspira la solución muestra.
- Se agita la ampolla que contiene ambas soluciones.
- Se lleva a un fotómetro o espectrofotómetro para realizar la medida.
- Se registra el resultado.

➤ **Hierro total (APHA 3111 B Modificado)**

La detección del hierro se realiza por espectrofotometría de absorción atómica. El principio es el siguiente: una fracción de muestra previamente digerida es aspirada hacia una llama aire - acetileno posicionado en el paso óptico de un espectrofotómetro de absorción atómica. La muestra en estas condiciones es atomizada. La población de átomos al estado elemental absorbe radiación característica proveniente de una fuente de emisión de líneas atómicas de Fe, la relación entre potencia incidente y potencia transmitida es una medida de la concentración del elemento en la muestra. (Superintendencia de Servicios Sanitarios División Fiscalización, 2007)

El procedimiento en forma resumida es el siguiente:

- Si la muestra contiene material particulado o materia orgánica necesitará un pre tratamiento.
- Digestión de la muestra.
- Ajuste y calibración del instrumento.
- Aspirar la muestra control blanco reactivo del set de análisis que ha sido sometida al mismo proceso de las muestras y registrar la concentración de Fe.
- Aspirar la muestra en estudio. Repetir la lectura en caso de que sea necesario.
- Aspirar agua para análisis grado reactivo exenta de Fe entre muestra y muestra, para evitar contaminación cruzada.
- Reportar los resultados.

➤ **Manganeso (APHA 3111 B Modificado)**

La detección del manganeso se realiza por espectrofotometría de absorción atómica. El procedimiento es similar al de la determinación de hierro.

➤ **Nitratos (APHA 4500 – NO<sub>3</sub> B modificado)**

Los nitratos se determinan por espectrofotometría colorimétrica. Se emplea un electrodo selectivo de ión nitrato.

Procedimiento:

- Se calibra el electrodo con soluciones estándar de concentración conocida.
- Se realiza la curva de calibración del equipo (concentración vs potencial).
- Se mide el potencial de la muestra problema y con ayuda de la curva de calibración se reporta la concentración de  $\text{NO}_3^-$ .

➤ **Nitritos (Colorimétrico)**

“El nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) se determina por la formación de un colorante azo púrpura rojizo producido a pH 2,0-2,5 por acoplamiento de sulfanilamida diazotizada con diclorhidrato de N-(1-naftil)-etilendiamina (diclorhidrato de NED)”. (Jimenez, 2017)

Procedimiento:

- Se prepara una curva de calibración con patrones de concentración conocida.
- Se eliminan los sólidos en suspensión, de ser necesario.
- Se añade el reactivo cromogénico a la muestra.
- Se mide la absorbancia entre 10 minutos y dos horas después de añadir el reactivo.
- Se verifica la concentración utilizando la curva de calibración.
- Se reporta el resultado.

➤ **Sólidos totales (APHA 2540 B Modificado)**

Los sólidos totales se determinan por el método gravimétrico. El procedimiento es el siguiente:

- Preparar la capsula de evaporación y se pesa.
- Seleccionar un volumen de muestra.
- Mezclar la muestra y colocarla en la capsula preparada.
- Llevar la muestra a una placa calefactora y evaporar la muestra evitando ebullición.
- Llevar la muestra evaporada a la estufa a  $103-105^\circ\text{C}$  por 1 hora.
- Enfriar y pesar. La diferencia de peso de la cápsula de evaporación con el residuo seco con la capsula vacía en función del volumen de muestra da como resultado los sólidos totales.
- Reportar el resultado.

➤ **Turbidez (Método rápido Merck)**

El método se basa en la comparación instrumental de la intensidad de la luz dispersada por una muestra problema y la intensidad de la luz dispersada por una muestra patrón de referencia, bajo las mismas condiciones. (Superintendencia de Servicios Sanitarios División Fiscalización, 2007)

Procedimiento:

- Se verifica la calibración del instrumento.
- Se agita la muestra.
- Transferir una alícuota de la muestra a la celda de medición.
- Limpiar cuidadosamente la celda de medición.
- Introducir la celda en el turbidímetro y leer el valor de turbiedad. (Superintendencia de Servicios Sanitarios División Fiscalización, 2007)

➤ **Coliformes totales (SM 9221-B) y coliformes fecales (SM 9221-E)**

Para determinar los coliformes fecales y totales se lleva a cabo el siguiente procedimiento (Instituto de Salud Pública Chile, 2010):

- Test presuntivo:
  - Se utiliza caldo LST con tubos de fermentación y un diluyente.
  - Agitar vigorosamente las muestras.
  - Inocular tubos de caldo LST con las muestras. Realizar diluciones de las mismas.
  - Incluir como control positivo una cepa de *Escherichia coli* y como control negativo una cepa de *Staphylococcus aureus*. Incluir tubos de medios de cultivo sin inocular para controlar la esterilidad de los medios de cultivo.
  - Agitar la gradilla suavemente para mezclar la muestra y el medio de cultivo e incubar los tubos inoculados a  $35^{\circ} \pm 0,5^{\circ} \text{ C}$  y observar la formación de gas en cada tubo a las  $24 \pm 2$  hrs.
  - Transferir todos los tubos que resulten positivos, para realizar el test confirmativo. Los tubos que no presentan gas, se incuban nuevamente y se observa la formación de gas a las  $48 \pm 3$  hrs., y se transfieren si resultan positivos.
  - Anotar la presencia o ausencia de gas en cada tubo en el registro RG-712.00-025. La formación de gas se reconoce por la aparición de burbujas en la campana Durham y significa un test presuntivo positivo para coliformes. La ausencia de gas al término de  $48 \pm 3$  hrs de incubación, significa un test presuntivo negativo para coliformes.
- **Test confirmativo para coliformes fecales**
  - Todos los tubos de fermentación del test Presuntivo, que muestren formación de gas al término de las 24 o 48 hrs. de incubación deben someterse a las pruebas confirmativas.
  - Mezclar el tubo de fermentación del test presuntivo por agitación suave y transferir con un asa de 3 mm. de diámetro o un stick de madera, un inóculo de cultivo viable a tubos de caldo EC

conteniendo tubos de fermentación. Colocar los tubos EC en el baño termostático dentro de 30 minutos después de la inoculación.

- Simultáneamente transferir una asada de cultivo a tubos de fermentación conteniendo caldo BVB para confirmar coliformes. Cuando se transfiere con asa, se deben tener las precauciones de: inocular primero el caldo EC y luego el caldo BVB y de enfriar bien el asa para transferir un inóculo de cultivo viable. Incluir un tubo de caldo bilis verde brillante con una cepa de *Escherichia coli* como control positivo y otro con una cepa de *Staphylococcus aureus* como control negativo.
- Incubar los tubos de caldo EC inoculados, en un baño de agua cubierto a  $44,5^{\circ} \pm 0,2^{\circ} \text{C}$  por  $24 \pm 2$  hrs. El nivel de agua en el baño debe sobrepasar el nivel de caldo dentro de los tubos.
- Incluir un tubo de caldo EC con una cepa de *Escherichia coli* como control positivo de y otro con una cepa de cepa *Enterobacter aerogenes* como control negativo.
- Los tubos de caldo BVB inoculados se incuban a  $35^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , por 24 a 48 horas.
- Observar la formación de gas en los tubos de caldo EC y los tubos de caldo BVB, al término de los períodos de incubación correspondientes. La presencia de gas en los tubos de fermentación de caldo BVB, significa un test positivo para coliformes, ausencia de gas indica test negativo. La presencia de gas en los tubos de fermentación de caldo EC, significa un test positivo para coliformes fecales, ausencia de gas indica test negativo.

## Anexo 2. Requisitos microbiológicos del agua

	Máximo
Coliformes fecales <sup>(1)</sup> : - Tubos múltiples NMP/100 ml ó - Filtración por membrana UFC/ 100 ml	< 1,1 * < 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/100 litros	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm <sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm <sup>3</sup> ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
<sup>(1)</sup> ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

**Fuente:** (INEN , 2011)



Anexo 3. Encuesta aplicada a los estudiantes previos a la instalación del bebedero



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
 ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS  
 CARRERA DE AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



ENCUESTA PERSONAL

1. CONSUME USTED AGUA EN ENVASE DE PLÁSTICO PERSONAL?

	> Sí
	> No

2. CUANTAS BOTELLAS DE AGUA CONSUME A LA SEMANA?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3. CUANTO GASTA AL MES EN AGUA EMBOTELLADA?

	> 5 Dólares
	> 10 Dólares
	> 20 Dólares
	> Más

4. LE GUSTARÍA CONTRIBUIR CON EL MEDIO AMBIENTE?

	> Sí
	> No

5. SI TUVIERA LA OPORTUNIDAD DE TENER AGUA GRATIS Y SEGURA USTED CONSUMIRÍA?

	> Sí
	> No

6. CONOCE USTED BEBEDEROS DE AGUA GRATUITOS?

	> Sí
	> No

7. LE GUSTARÍA TENER UN BEBEDERO DE AGUA FILTRADA, PARA BEBER GRATUITAMENTE EN LA UNIVERSIDAD?

	> Sí
	> No

**Anexo 4. Solicitud de autorización a Servicios Generales de la Escuela Politécnica Nacional para la toma de datos para la elaboración del anteproyecto**

Quito, 26 de Enero del 2017

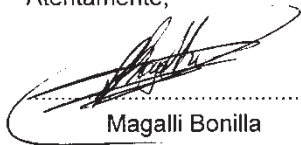
Arq. Alejandro Pazmiño  
**Jefe del Departamento de Servicios Generales**  
**Escuela Politécnica Nacional**  
Presente

De mi consideración:

Por medio de la presente, yo, Mercedes Magalli Bonilla Acurio con cédula de identidad N° 1712179538 estudiante de Agua y Saneamiento Ambiental, me dirijo a usted con el objetivo de solicitar permiso de entrada a mi persona, los días sábado y domingo así como también a los señores Juan Caiza y David Caiza para realizar trabajos de: albañilería y plomería. *el sábado 28-01-2017 y 29-01-2017 de 07:00 am a 18 hoo.*

Agradezco su atención presta.

Atentamente,

  
.....  
Magalli Bonilla



*Autenticado*  
*Vueltas*  
*26-01-2017*

*Copy*  
*26-01-2017*

**Anexo 5. Solicitud de autorización a Servicios Generales de la Escuela Politécnica Nacional para la instalación del sistema de agua potable (bebedero)**

Quito, 01 de Febrero del 2017

Arq. Alejandro Pazmiño Quiroz  
**Jefe del Departamento de Servicios Generales**  
**Escuela Politécnica Nacional**  
Presente

De mi consideración:

Por medio de la presente, yo, Mercedes Magalli Bonilla Acurio con cédula de identidad N° 1712179538 estudiante de Agua y Saneamiento Ambiental, me dirijo a usted con el objetivo de solicitar permiso de entrada al a mi persona así como también al señor Juna Caiza y David Serrano, el día jueves 02 de Febrero desde las 11 de la mañana hasta las 18 horas y el sábado 04 de Febrero desde las 8 de la mañana hasta las 18 horas, para realizar trabajos pendientes de albañilería y plomaría

Agradezco su atención presta.

Atentamente,

  
.....  
Magalli Bonilla



## Anexo 6. Análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua en Puengasi

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN																										
PARÁMETROS OPERATIVOS DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA EN PLANTAS DE TRATAMIENTO																										
PERÍODO: NOVIEMBRE 2015																										
Cód. CPG-CA-01																										
PARAMETRO	UNIDAD	Tipo de método Determinación Método anal. parámetro	Método de análisis	PUENGASI		CONOCOTO		EL TRIQUE		TESALIA		FILTROS PICHINCHA SUR		PALUGHALLO		CHIGA		YARUJAY		EL QUINOCHE		GUYLLABAMBA		GLIÑARO PAQUETE		
				CRUDA	TRATADA	CRUDA	TRATADA	CRUDA	TRATADA	CRUDA	TRATADA	CRUDA	TRATADA	CRUDA	TRATADA	CRUDA	TRATADA	CRUDA	TRATADA	CRUDA	TRATADA	CRUDA	TRATADA	CRUDA	TRATADA	CRUDA
<b>PARAMETROS FISICOS</b>																										
Color	UIC	18	Comparación visual Platino Cobalto	39	1	33	0	30	6	2,5	2,5	2,5	2,5	28	3	38	3	32	3	72	4	35	3	67	4	
Turbiedad	NTU	6	Nefelométrico	7,10	0,00	4,54	0,27	3,00	1,00	0,54	0,35	0,55	0,68	0,45	0,45	4,02	0,24	0,18	0,30	11,07	1,14	5,76	0,70	18,40	1,14	
<b>PARAMETROS INORGANICOS</b>																										
FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	mg/l	1,5	Espectrofotométrico - Spadra	0,40	0,05	0,05	0,00	-	0,24	-	0,14	-	0,16	-	0,15	-	0,18	-	0,24	-	0,16	-	0,36	-	0,18	
NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	3,0	Espectrofotométrico - Diazonación	0,004	0,001	0,003	0,001	0,003	0,002	0,003	0,002	0,001	0,002	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	50	Espectrofotométrico - Reducción cadmio	-	0,45	-	0,35	1,08	0,50	2,56	1,50	2,40	2,70	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	
CLORO LIBRE RESIDUAL (Cl <sub>2</sub> )	mg/l	0,3-1,5	Colorimétrico DPD		1,33		1,21		1,16		1,29		1,24		1,15		1,12		1,11		1,16		1,12		1,13	
<b>PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>																										
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	<1,1	(Enzima sustrato defnido - 7 días múltiples)	7	<1,1	7	<1,1	20	<1,1	2	<1,1	2	<1,1	384	<1,1	96	<1,1	17008	<1,1	167	<1,1	15547	<1,1	34	<1,1	

Nota: \* <1,1 significa que en el ensayo del NMP ninguno de la serie de tubos analizados fue positivo

Fuente: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (2015).

## Anexo 7. Análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de suministro al sistema

### FÍSICOS Y QUÍMICOS



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 43284  
ORDEN DE TRABAJO No. 54848

SOLICITADO POR:	BONILLA MERCEDES		
DIRECCION DEL CLIENTE:	SAN CARLOS		
MUESTRA DE:	AGUA		
DESCRIPCIÓN:	AGUA POTABLE		
FECHA DE RECEPCIÓN:	17/01/2017	HORA DE RECEPCIÓN:	10H39
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 17/01/2017 AL 25/01/2016		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	26/01/2017		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	TRANSPARENTE	ESTADO:	LIQUIDO
		CONTENIDO:	1 GALON
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la factura.		

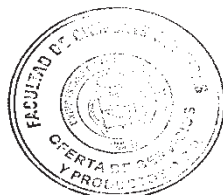
#### RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
COLOR LIBRE RESIDUAL	mg/L	<0,24	MAM-06 / APHA 4500 Cl B MODIFICADO	18,20
COLOR	HAZEN	<8	MAM-76 / METODO RAPIDO MERCK	7,00
CONDUCTIVIDAD	µs/cm	208,0(19,8°C)	MAM 10 / APHA 2510 B MODIFICADO	15,00
FLUORUROS	mg/L	<0,70	MAM-79 / METODO RAPIDO MERCK	11,07
HIERRO TOTAL	mg/L	0,24	MAM-18 / APHA 3111 B MODIFICADO	4,57
MANGANESO	mg/L	<0,04	MAM-20 / APHA 3111 B MODIFICADO	10,77
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,4	MAM-43 / APHA 4500-NO3 B MODIFICADO	22,30
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,010	MAM-81 / COLORIMETRICO HACH 375	22,00
SOLIDOS TOTALES	mg/L	146	MAM-29 / APHA 2540 B MODIFICADO	2,00
TURBIDEZ	NTU	<4	MAM-78 / METODO RAPIDO MERCK	21,00



Acreditación N° OAE LE 1C 04-002. LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAF



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE AREA DE AMBIENTAL



RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33  
Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com

# BACTERIOLÓGICOS



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA  
INFORME DE RESULTADOS

INF.LAB.MI. 35333  
ORDEN DE TRABAJO No. 54847

SOLICITADO POR: BONILLA MERCEDES  
DIRECCIÓN DEL CLIENTE: SAN CARLOS  
MUESTRA DE: AGUA  
DESCRIPCIÓN: AGUA POTABLE  
LOTE: -----  
FECHA DE ELABORACIÓN: -----  
FECHA DE VENCIMIENTO: -----  
FECHA DE RECEPCIÓN: 17/01/2017  
HORA DE RECEPCIÓN: 10H39  
FECHA DE ANÁLISIS: 17/01/2017  
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA: 23/01/2017  
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA  
COLOR: CARACTERÍSTICO  
OLOR: CARACTERÍSTICO  
ESTADO: LÍQUIDO  
CONTENIDO: 250ml  
OBSERVACIONES: LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.  
MUESTREO POR: EL CLIENTE

## INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
INDICE DE COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	<1,1	MMI-11/SM 9221-B
INDICE DE COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	<1,1	MMI-12/SM 9221-E

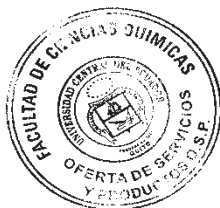
### DATOS ADICIONALES:

NMP/100ml: Número mas probable de coliformes por 100 mililitro



Acreditación N° OAE LE 1C 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE\*



B.P. Magaly Chasi - Msc.  
JEFE ÁREA DE MICROBIOLOGIA



1 / 1

RMI-4.1-04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33  
Teléfono: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com

## Anexo 8. Información del cartucho de polipropileno



**filtro de polipropileno**

Filtro polipropileno 10 x 4 5 micras

El filtro de polipropileno tiene aplicaciones permite filtrar partículas mayores a cinco micras como lodo, óxido, arena fina material, está construido con polipropileno y tiene carcasa porta filtros de 10" x 4" con una duración aproximada en agua potable de 6 meses, soporta temperatura máxima de 65° C su flujo máximo es de 68 lpm con una presión máxima de 100 psi.

Este producto fue fabricado en **Chile** también encuentre toda una variedad de productos para el agua y más

El Filtro polipropileno pertenece a nuestra guía de productos de la categoría filtro para agua de la subcategoría [filtro de agua](#)

Lo invitamos a ser parte de nuestro portal Agumarket, que ofrece y vende el Filtro polipropileno y otros productos. Para que cotice y compre nuestros productos para el agua y más, y también encuentre temas que sean de su interés como [noticias](#), [productos](#), [licitaciones](#), etc.

### 2.5" DIAMETRO - ESPECIFICACIONES

Número de Parte	Descripción	Micron Rating Nominal	Initial ΔP (psi) at Flow Rate (gpm)
SDC-25-0501	2.5" X 4 7/8"	1	0.3 psi at 2 gpm
<b>SDC-25-0505</b>	<b>2.5" X 4 7/8"</b>	<b>5</b>	<b>0.3 psi at 2 gpm</b>
SDC-25-1001	2.5" X 9 7/8"	1	0.6 psi at 5 gpm
SDC-25-1005	2.5" X 9 7/8"	5	0.4 psi at 5 gpm
SDC-25-1010	2.5" X 9 7/8"	10	0.2 psi at 5 gpm
SDC-25-1020	2.5" X 9 7/8"	20	0.2 psi at 5 gpm
SDC-25-1050	2.5" X 9 7/8"	50	0.2 psi at 5 gpm
SDC-25-2001	2.5" X 20"	1	0.6 psi at 10 gpm
SDC-25-2005	2.5" X 20"	5	0.4 psi at 10 gpm
SDC-25-2010	2.5" X 20"	10	0.3 psi at 10 gpm
SDC-25-2020	2.5" X 20"	20	0.3 psi at 10 gpm
SDC-25-2050	2.5" X 20"	50	0.3 psi at 10 gpm
SDC-25-3001	2.5" X 30"	1	0.4 psi at 15 gpm
SDC-25-3005	2.5" x 30"	5	0.3 psi at 15 gpm
SDC-25-3010	2.5" x 30"	10	0.3 psi at 15 gpm
SDC-25-3025	2.5" x 30"	25	0.3 psi at 15 gpm
SDC-25-3075	2.5" X 30"	75	0.3 psi at 15 gpm
SDC-25-4001	2.5" X 40"	1	0.3 psi at 20 gpm
SDC-25-4005	2.5" X 40"	5	0.3 psi at 20 gpm
SDC-25-4025	2.5" X 40"	25	0.2 psi at 20 gpm
SDC-25-4075	2.5" X 40"	75	0.2 psi at 20 gpm

## Anexo 9. Características del filtro de carbón activado Pentek EP-10

### ESPECIFICACIONES Y RENDIMIENTO

PIEZA #	MODELO #	DIMENSIONES MÁXIMAS	CLASIFICACIÓN** (NOMINAL)	INICIAL ΔP (PSI) A ÍNDICE DE FLUJO (GPM)	REDUCCIÓN DEL SABOR Y EL OLOR DEL CLORO A ÍNDICE DE FLUJO
255424-03	EP-5	2,89" x 4,965" (73 mm x 126 mm)	5 micrones	1,3 psi a 0,5 gpm (0,09 bar a 1,89 Lpm)	>3.000 galones a 0,5 gpm (>11.356 L a 1,89 Lpm)
155531-43	EP-10	2,89" x 9,75" (73 mm x 248 mm)	5 micrones	1,7 psi a 1,0 gpm (0,12 bar a 3,8 Lpm)	>6.000 galones a 1,0 gpm (>22.712 L a 3,8 Lpm)
155529-43	EP-20	2,89" x 20" (73 mm x 508 mm)	5 micrones	1,7 psi a 2,0 gpm (0,12 bar a 7,6 Lpm)	>12.000 galones a 2,0 gpm (>45.425 L a 7,6 Lpm)
155698-43	EP-30	2,89" x 30" (73 mm x 762 mm)	5 micrones	2,4 psi a 3,0 gpm (0,17 bar a 11,4 Lpm)	>18.000 galones a 3,0 gpm (>68.137 L a 11,4 Lpm)
155815-03	EP5-40	2,89" x 40" (73 mm x 1.016 mm)	5 micrones	2,0 psi a 4,0 gpm (0,14 bar a 15,1 Lpm)	>24.000 galones a 4,0 gpm (>90.850 L a 15,1 Lpm)
155548-43	EP-BB	4,63" x 9,75" (118 mm x 248 mm)	5 micrones	2,0 psi a 2,0 gpm (0,14 bar a 7,6 Lpm)	>22.000 galones a 2,0 gpm (>83.279 L a 7,6 Lpm)
155583-43	EP-20BB	4,63" x 20" (118 mm x 508 mm)	5 micrones	2,0 psi a 4,0 gpm (0,14 bar a 15,1 Lpm)	>44.000 galones a 4,0 gpm (>166.558 L a 15,1 Lpm)

\*\*Basado en la prueba interna del fabricante.

NOTAS: Los cartuchos pueden contener una pequeña cantidad de restos de carbón (polvo negro muy fino). Después de la instalación, siga las instrucciones para limpiar el cartucho para eliminar las partículas antes de usar el agua. Se recomienda dejar correr el agua del grifo al menos 20 segundos antes de usar el agua para beber o cocinar. Esto es particularmente importante si el grifo no se ha usado a diario. Clasificaciones de micrones basadas en la eliminación del 85 % o más del tamaño de las partículas dadas. Datos obtenidos de las cantidades de partículas reales usando las esferas de Latex y polvo de prueba fina AC. La capacidad que se calcula usando 2 ppm de cloro libre disponible (FAC) a un flujo continuo con una reducción mayor al 90 %.

ADVERTENCIA: No use el sistema con agua microbiológicamente no segura o de calidad desconocida sin desinfectar apropiadamente el sistema antes y después.



## Anexo 10. Información del cartucho de cerámica



### Cartucho Doulton 10" de Cerámica Sterasyl Redc. Quistes y E.Coli

Modelo

### Medidas 2" x 10" antibacteriano Flujo 1.3 gpm @ 45 psi

Se adapta a cualquier portacartuchos del mercado que sea para cartuchos de 10"

\*Eficacia del 100% en grados de filtración de 0.9 micrones

\*Eficacia del 98% en grados de filtración de 0.2 micrones

\*Lavable hasta 60 veces.

\*Bacteriológico muy eficiente filtración con eficacia del >90% en grados de 0.05 micrones

\*Probado con Cryptosporidium vivo con una eficacia de remoción del 100% .

**Anexo 11. Costos asociados a la instalación y puesta en marcha del sistema de agua potable**

<b>COSTOS DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>U</b>	<b>CANT</b>	<b>P. V. (USD)</b>	<b>TOTAL</b>
Replanteo	ml	35	1,25	43,75
Rotura piso duro	m <sup>2</sup>	1,10	3,00	33,36
Extracción capa vegetal	m <sup>2</sup>	4	0,60	9,612
Excavación	m <sup>2</sup>	16,02	7,50	120,15
Instalación tubería ½"	m	35	2,76	96,6
Instalación tubería PVC 2" desagüe	m	4,25	4,21	17,8925
Relleno y compactación	m <sup>3</sup>	11,12	6,17	68,6104
Colocación capa vegetal	m <sup>2</sup>	16,02	2,50	40,05
Reposición pisos (acera)	m <sup>2</sup>	1,10	10,98	12,08
Mampostería para respaldo Bebedero	m <sup>2</sup>	1	11,51	11,51
Incluida mampostería	m <sup>2</sup>	1	7,24	7,24
Pintura para exterior	m <sup>2</sup>	1	4,31	4,31
<b>INSTALACION BEBEDERO</b>				
Elaboración sistema de filtración	Gbl	1	200,00	200
Instalación del bebedero	u	1	50,00	50
Pruebas de funcionamiento	Gbl	1	10,00	10
<b>TOTAL (USD)</b>				<b>915,16</b>

Fuente: Bonilla, M. (2017)

**Nota:** P.V. tomados de la Cámara de Construcción de Quito

## Anexo 12. Análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua filtrada



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS**

**LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL**  
**INFORME DE RESULTADOS**

**INF. LAB. AMB 43360**  
**ORDEN DE TRABAJO No. 55037**

SOLICITADO POR:	BONILLA MERCEDES		
DIRECCION DEL CLIENTE:	SAN CARLOS		
MUESTRA DE:	AGUA		
DESCRIPCIÓN:	AGUA POTABLE FILTRADA		
FECHA DE RECEPCIÓN:	06/02/2017	HORA DE RECEPCIÓN:	15H22
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 06/02/2017 AL 14/02/2017		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	14/02/2017		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA</b>			
CARACTERÍSTICA:	TRANSPARENTE	ESTADO:	LIQUIDO
		CONTENIDO:	1 GALON
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la factura.		

**RESULTADOS**

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
COLOR LIBRE RESIDUAL	mg/L	<0,24	MAM-06 / APHA 4500 CI B MODIFICADO	18,20
COLOR	HAZEN	<8	MAM-76 / METODO RAPIDO MERCK	7,00
CONDUCTIVIDAD	µs/cm	206(19,8°C)	MAM-10 / APHA 2510 B MODIFICADO	15,00
FLUORUROS	mg/L	<0,70	MAM-79 / METODO RAPIDO MERCK	11,07
HIERRO TOTAL	mg/L	<0,07	MAM-18 / APHA 3111 B MODIFICADO	4,57
MANGANESO	mg/L	<0,04	MAM-20 / APHA 3111 B MODIFICADO	10,77
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	<0,2	MAM-43 / APHA 4500-NO3 B MODIFICADO	22,30
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,010	MAM-81 / COLORIMETRICO HACH 375	22,00
SOLIDOS TOTALES	mg/L	137	MAM-29 / APHA 2540 B MODIFICADO	2,00
TURBIDEZ	NTU	<4	MAM-78 / METODO RAPIDO MERCK	21,00



Acreditación N° OAE LE 10 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE



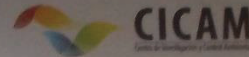
*B.F. Alicia Cepa*  
**B.F. ALICIA CEPÁ**  
**JEFE DE ÁREA DE AMBIENTAL**



1 11

RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33  
Telefax: 3216-740 - Web: [www.facquimuce.edu.ec](http://www.facquimuce.edu.ec) - E-mail: [laboratoriososp@hotmail.com](mailto:laboratoriososp@hotmail.com)



### INFORME DE RESULTADOS

Quito, 20 de febrero de 2017

No. IR17-253

Ref. ST17-49

#### DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: MERCEDES BONILLA

Atención:

Dirección: San Carlos

Identificación de la muestra: ninguna

Fecha de recolección: 17/02/2017

Responsable de toma de muestra:

Teléfono: 2596031

Origen: bebero ubicado en la ESFOT, tomada a la 13h25

Tipo de muestra: Agua potable

Tipo de envase: Plást. estéril

Llegó refrigerada: No

Se utilizó preservante: No

#### LABORATORIO

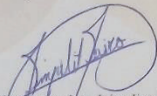
Número de ingreso al laboratorio: M- 253


Fecha de ingreso al Laboratorio: 17/02/2017

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes totales	NMP/100ml	<2	17/02/2017	APHA 9222 C

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

(\*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012  
Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación

  
Realizado por: Ing. Jairo Jimpikit  
ANALISTA RESPONSABLE

  
Revisado por: Ing. Carola Fierro  
DIRECTORA DE CALIDAD



