

Implementación de un sistema de purificación de agua apta para el consumo de universidades*

Implementation of a water purification system suitable for consumption by universities

Iván Villafuerte López**
 José Maximiliano Proaño Intriago***
 Andrés Ronaldo Rodríguez Navarrete****

RESUMEN

Existe una gran necesidad de puntos de abastecimiento de agua potable consumible en las entidades públicas, en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) no es la excepción, según una encuesta realizada a los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería (FCI). El objetivo de este proyecto es implementar un sistema de purificación de agua apta para el consumo en la facultad de ciencias de la ingeniería para disminuir el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida de la comunidad universitaria. Proyecto que se lleva a cabo debido a la necesidad de agua potable consumible y gratuita para la comunidad universitaria. Se diagnosticó el estado actual del agua “potable” que ingresa a las instalaciones de la FCI mediante análisis como indica la norma NTE INEN 1108:2014

* Artículo original derivado del Proyecto “Implementación de un sistema de purificación de agua apta para el consumo de la Facultad de Ciencias de Ingeniería para mejorar la calidad de vida de la comunidad universitaria” Financiado por “Universidad Técnica Estatal de Quevedo” en el 2019

** Master en Ingeniería Industrial. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo – Ecuador. Email: mvillafuerte@uteq.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2848-6877>. Google académico: https://scholar.google.es/citations?hl=es&view_op=list_works&gmla=AjsN-F7WQJNPaOr0p3EIIFF46YyDEjo0ytf_LIVH5RxI0IMa6n-BTUmyiFHYyIGzZoBdT_y4KkSvZLowfD-0PcJbVtGFbxxWTcRzdul9ZohDj4drEnTnBBI&user=96HaO2gAAAAJ

*** Ingeniero Industrial. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo – Ecuador. Email: andres.rodriguez2014@uteq.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3417-1302>. Google académico: https://scholar.google.es/citations?hl=es&view_op=list_works&gmla=AjsN-F7WQJNPaOr0p3EIIFF46YyDEjo0ytf_LIVH5RxI0IMa6n-BTUmyiFHYyIGzZoBdT_y4KkSvZLowfD-

**** Ingeniero Industrial. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo – Ecuador. Email: jose.proano@uteq.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9167-1824>. Google académico: https://scholar.google.es/citations?hl=es&view_op=list_works&gmla=AjsN-F7WQJNPaOr0p3EIIFF46YyDEjo0ytf_LIVH5RxI0IMa6n-BTUmyiFHYyIGzZoBdT_y4KkSvZLowfD-

JOURNAL OF BUSINESS
and entrepreneurial
studies

ISSN: 2576-0971



<https://doi.org/10.37956/jbes.v4i2.76>

Atribución/Reconocimiento-NoComercial- CompartirIgual 4.0 Licencia Pública Internacional — CC

BY-NC-SA 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.es>

Journal of Business and entrepreneurial

Julio - diciembre Vol. 4 - 2 - 2020

<http://journalbusinesses.com/index.php/revista>

eISSN: 2576-0971

journalbusinessentrepreneurial@gmail.com

Recepción: 04 febrero 2019

Aprobación: 16 Abril 2020

Pag 61 - 75

encontrando parámetros que no cumplen con los límites establecidos tales como en los parámetros físicos la turbiedad y en los parámetros químicos la cantidad de fosfato como indica la tabla 8 del documento.

Palabras clave: abastecimiento de agua potable, Parámetros, Filtración, desinfección

ABSTRACT

There is a great need for consumable drinking water supply points in public entities, at the Quevedo State Technical University (UTEQ) it is not the exception, according to a survey of students of the Faculty of Engineering Sciences (FCI). The objective of this project is to implement a water purification system suitable for consumption in the Faculty of Engineering Sciences to reduce the environmental impact and improve the quality of life of the university community. Project that is carried out due to the need for free, consumable drinking water for the university community. The current state of the “drinking” water entering the FCI facilities was diagnosed through analyzes as indicated by the NTE INEN 1108: 2014 standard, finding parameters that do not comply with the established limits, such as the turbidity physical parameters and the parameters chemical the amount of phosphate as indicated in table 8 of the document.

Keywords: Drinking water supply, Parameters, Filtration, disinfection

INTRODUCCIÓN

Se elaboró el Diagrama de Ishikawa, en donde se disponen las posibles causas de dispersión de las características, de forma que se descubra con claridad la relación existente entre la causa y el efecto, teniendo en cuenta de que: causa = factores y efecto = características. En la figura 1 se muestra el Diagrama de Ishikawa elaborado a partir del análisis sistemático y holístico.

Como se aprecia en el Diagrama fueron identificados como posibles causas que inciden en el problema: EQUIPOS (Inexistencia de Equipos Purificadores, Falta de Vigilancia y Control, Falta de Disponibilidad de Equipos y Productos Químicos), Métodos (Poco Interés Administrativo, Tratamientos de Desinfección Deficientes, Falta de Planificación del Mantenimiento), Medio Ambiente (Redes de Distribución, Generación de Desechos Plásticos, Puntos de Abastecimiento Antihigiénicos), Calidad del Agua (No Cumple con los Parámetros Físicoquímicos ni Microbiológicos) y el Componente Social (Malas experiencias (Enfermedades), Desconfianza al Consumo, Educación Sanitaria y Ambiental).

En las principales ciudades del Ecuador, de forma incipiente, en instituciones como centros de salud y universidades, tanto del sector público como privado, se han instalado bebederos dotados de sistemas de purificación y desinfección para obtener agua apta para el consumo humano con el objetivo de reducir el consumo de agua embotellada, eliminando los costos que se generan al adquirir este producto. De esta manera se reduce la contaminación del medio ambiente provocada por los residuos de los plásticos de un solo uso.

En la Universidad Técnica Estatal de Quevedo no existe un punto de abastecimiento público que brinde agua apta para el consumo de los estudiantes, docentes y personal en general que permita la hidratación de los mismos de manera gratuita. Producto de esta carencia, toda la comunidad universitaria se ven forzados a consumir agua embotellada, lo que trae como consecuencia gastos económicos y, al mismo tiempo, propicia un grave daño al medio ambiente. Teniendo en cuenta esta problemática, el desarrollo y ejecución de este proyecto de titulación contribuye a reducir

el desecho de envases plásticos de un solo uso, permitiendo de esta manera el cuidado y preservación del medio ambiente.

Problema Económico: una botella con agua de 500ml cuesta 0.50ctvs; si un estudiante consume una botella al día gasta \$2.50 a la semana, \$10 mensualmente y \$60 por semestre, tomando en cuenta un universo de 2000 estudiantes asistiendo en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería el gasto asciende a \$240.000,00 al año (\$120.000,00 por semestre).

Problema Ambiental: en el mundo se generan millones de toneladas de residuos plásticos, el consumo intensivo y creciente del agua embotellada provoca la acumulación de inmensas cantidades de desechos plásticos en vertederos, alcantarillas, lechos de ríos y esteros que surcan las zonas pobladas, generando contaminación. Sumado a todo esto los largos cientos de años que se requieren para su degradación, constituyen la primera causa de contaminación ambiental. Como objetivo se plantea implementar un sistema de purificación de agua apta para el consumo en la facultad de ciencias de la ingeniería para disminuir el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida de la comunidad universitaria.

La eliminación de desechos plásticos necesita el aporte de todos y, en ese contexto, la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo no puede mostrarse ausente ante la imperativa obligación que todos tenemos, de coadyuvar con medidas prácticas y eficientes que sirvan para mitigar los efectos perjudiciales que se originan de la contaminación generada por los desechos plásticos.

El cuerpo humano no almacena el agua, por eso, la cantidad que perdemos cada día debe restituirse para garantizar el buen funcionamiento del organismo. Para cualquier persona sana, la sed es una guía adecuada para tomar agua, excepto para los bebés, los deportistas y la mayoría de las personas ancianas y enfermas. En estos casos, conviene programar momentos para ingerir agua ya que ante la gran demanda y los mecanismos fisiológicos que determinan la sed en estas situaciones pueden condicionar desequilibrios en el balance hídrico con importantes consecuencias para la salud o el rendimiento físico o intelectual. (Iglesias Rosado, y otros, 2011)

La Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) 1108, precisa como agua potable a el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano sin riesgo de contraer enfermedades. (INEN, 2014)

El acceso al agua potable es una cuestión importante en materia de salud y desarrollo en los ámbitos nacional, regional y local. En algunas regiones, se ha comprobado que las inversiones en sistemas de abastecimientos de agua y de saneamiento pueden ser rentables desde un punto de vista económico, ya que la disminución de los efectos adversos a la salud y la consiguiente reducción de los costos de asistencia sanitaria es superior al costo de las intervenciones. Dicha información es válida para diversos tipos de inversiones, desde las grandes infraestructuras de abastecimiento de agua al tratamiento del agua en los hogares. (OMS, 2008)

El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria. La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución. (Clara, 2005)

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud (FAO 1993). (Agricultura, 1993)

La calidad del agua se define por las características físicas, químicas, biológicas, microbiológicas y radiológicas que se evalúan a través del análisis de diversos parámetros cuyos resultados se comparan con valores de referencia que dependen del uso, aprovechamiento del agua y de la conservación de los ecosistemas. (Secretaría del Agua, Agencia de Regulación y Control del Agua, Ministerio del Ambiente, & Ministerio de Salud Pública, 2016)

En la siguiente tabla pueden apreciar los principales parámetros físicos, químicos y biológicos para determinar la calidad del agua.

Tabla 1: Indicadores de la calidad del agua

Parámetros Físicos	Sólidos o residuos, turbiedad, color, olor, sabor y temperatura.
Parámetros Químicos	Aceites y grasas, conductividad eléctrica, alcalinidad, cloruros, dureza pH, sodio, sulfatos
Parámetros Biológicos	Algas, bacterias (coliformes termo tolerantes y coliformes totales), recuento heterotrófico, protozoos, virus y helmintos patógenos.

FUENTE: (CHÁVEZ DE ALLAÍN A. M., 2012), (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 2008)

Las diversas actividades generadas por el hombre han provocado una modificación de las características de los recursos hídricos, alcanzando niveles de contaminación que hacen el agua no apta para consumo humano, por esta razón los procesos para tratar el agua son cada vez más complejos. El agua potable debe estar libre de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas o nocivas para la salud, y cumplir con las normas bacteriológicas y fisicoquímicas establecidas. El agua es un recurso valioso y escaso, por lo tanto la población debe utilizarla de forma racional. (Chulluncuy, 2011)

Según (Chulluncuy, N., 2011). La contaminación del agua es producida principalmente por vertimiento de aguas servidas, basura, relaves mineros y productos químicos. En estas condiciones el ciclo del agua ya no tiene la capacidad suficiente para limpiarla, por ello, se requieren diversos procesos para desinfectarla y hacerla apta para consumo humano.

Al diseñar un sistema de tratamientos de agua, en especial en el área rural, debe tomarse a la desinfección no como un elemento más, si no como un componente vital del sistema. En muchos casos, quien diseña un sistema de provisión de agua en una pequeña comunidad no solo toma a la ligera a la desinfección, si no que prioriza la producción de agua (cantidad), ante la seguridad de la misma. Ya se ha comentado que ninguna opción válida dentro de la tecnología apropiada es desechable ni se puede desestimar. Pero si es importante que en la selección de esta tecnología se tomen en cuenta condiciones tales como los recursos disponibles y la posibilidad de soporte técnico en los aspectos sociales, económicos y culturales de la comunidad. (Solsona & Méndez, 2002)

Ya se ha comentado que ninguna opción válida dentro de la tecnología apropiada es desechable ni se puede desestimar. Pero si es importante que en la selección de esta tecnología se tomen en cuenta condiciones tales como los recursos disponibles y la posibilidad de soporte técnico en los aspectos sociales, económicos y culturales de la comunidad. (Solsona & Méndez, 2002)

Pero también debe reconocerse que no existe el desinfectante o la técnica que sea igualmente ideal o perfecto. Todas las técnicas que se presentan en esta investigación y que son las que se han desarrollado y se utilizan en todo el mundo, son excelentes, pero no son perfectas. Todas y cada una de ellas pueden sufrir objeciones: que no aniquilan todos los microorganismos, que no sirven para eliminar quistes o parásitos, que no dejan residual en la red, que dependen de

productos químicos que no se producen en la comunidad, que producen subproductos de la desinfección, que son más o menos complicadas, más o menos caras o más o menos difíciles de operar. (Solsona & Méndez, 2002)

Una planta de tratamiento de aguas potables es el conjunto de instalaciones, destinadas a mejorar la calidad del agua, que se localizan en un espacio físico relativamente reducido. Frecuentemente, la totalidad de los tratamientos que se efectúan sobre el agua de un abastecimiento se realizan en la planta de tratamiento. Sin embargo, en ocasiones, se realizan otros tratamientos fuera de la planta, ya sea en la captación (desbaste grueso o fino, desarenado, predecantación, reclaración), e incluso en la red de distribución (reclaración). Así pues una planta de tratamiento es una instalación a la que llega una materia prima: agua bruta (o semielaborada) que, en términos generales, será un agua impotable y sale un producto elaborado: agua potable. Puede considerarse entonces como una auténtica “fábrica de agua potable”. (RODRÍGUEZ, 2008)

López, Olivera, Rey, Nava aseveran que: “Los sistemas de suministro de agua para consumo es el conjunto de estructuras, materiales, procesos, operaciones y el recurso humano utilizado para la captación, aducción, pretratamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución del agua para consumo”. (López Casas, Olivera Martínez, Rey Benito, & Nava Tovar, 2011)

Como lo citan Cando y Guerra en su tesis: “Debido al incremento de la contaminación, el agua potable se ha visto afectada, entre otros recursos necesarios para el ser humano, las impurezas que presenta este líquido vital sin mencionar las grandes cantidades de cloro que se usa para regularizar el suministro, da como consecuencia que no se apta para el consumo humano, como consecuencia la población busca otras alternativas como el consumo de agua purificada. (Alvares Miño, 2013)

Dar seguimiento sistemático y permanente, continuo o periódico, mediante reportes cuyo contenido está establecido en la normativa y en el permiso ambiental, que contiene las observaciones visuales, los registros de recolección, los análisis y la evaluación de los resultados de los muestreos para medición de parámetros de la calidad y/o de alteraciones en los medios físico, biótico, socio-cultural; permitiendo evaluar el desempeño de un proyecto, actividad u obra en el cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental y de la normativa ambiental vigente. (ambiente, 2015)

Son lo que se denominan propiedades organolépticas o determinables por los sentidos. No suelen ser una medida precisa del nivel de contaminación, aunque su presencia es un indicio de que la depuración de un efluente no está siendo correcta. Tiene gran importancia en aguas potabilizables, por el rechazo que puede darse en el consumidor al detectar colores, olores o sabores que no asocia con “agua pura”. (Jimenez, 2014)

El agua posee muchas cualidades térmicas importantes. Por ejemplo, tiene un elevado calor específico. No está sometida a fluctuaciones de temperatura rápida ya que puede absorber o perder grandes cantidades de calor con cambios relativamente pequeños de temperatura. La temperatura del agua cambia gradualmente como consecuencia de los cambios estacionales. (Spellman & Drinan, 2014)

Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y magnesio coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición y la presencia de taninos y ácido húmico. El color natural del agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente. (Rojas, 1999)

Son los materiales que permanecen en el agua, luego de que ésta es filtrada, para determinar los sólidos suspendidos. Los sólidos disueltos en el agua resultan de la acción solvente del agua, luego de actuar sobre sólidos, líquidos y gases.

Los efectos más notables de los sólidos disueltos sobre la calidad del agua son las propiedades cancerígenas o tóxicas de alguno de ellos directamente o indirectamente (mediante combinación con otros elementos). (Gómez, 2000)

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida y otros microorganismos microscópicos), la turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. Aunque no se conocen los efectos directos de la turbiedad sobre la salud, esta afecta la calidad estética del agua, lo que muchas veces ocasiona el rechazo de los consumidores. Por esta razón, si bien las normas de calidad establecen un criterio para turbiedad en la fuente de abastecimiento, ésta debe mantenerse mínima para garantizar la eficacia del proceso de desinfección. (Mejía Reinoso, 2010)

El agua en forma líquida es un compuesto con una gran capacidad para disolver sales que inicialmente se hallaban en fase sólida e incorporarlas al medio acuoso. De esta forma, es muy común que encontremos en ella una variada, en número y magnitud, concentración de compuestos inorgánicos en forma iónica que en conjunto definen su salinidad. La cantidad de iones disueltos puede ser analizada en un laboratorio o interpolada a partir de la capacidad del agua de transmitir corriente eléctrica y, en este caso, hablamos de la salinidad en términos de conductividad eléctrica. (Urenda, 2016)

Los parámetros químicos están relacionados con la capacidad de solvencia del agua, por lo que no resultan ser tan fáciles de determinar como los parámetros físicos. Para la determinación de los parámetros químicos, se necesita de un laboratorio que realice pruebas específicas. (Gómez, 2000)

Los compuestos orgánicos naturales contienen carbono y consisten en materia orgánica biodegradable como los desechos de procesos biológicos, residuos humanos y heces animales. Los microbios aerobios rompen las complejas moléculas orgánicas y las convierten en productos finales más simples y más estables. La degradación microbiana rinde como productos finales dióxido de carbono, agua, fosfatos y nitratos. (Spellman & Drinan, 2014)

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número iones hidrogeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra. Los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica. Cuando una sustancia es neutra el número de los átomos de hidrógeno y de oxhidrilos son iguales. Cuando el número de átomos de hidrógeno (H^+) excede el número de átomos del oxhidrilo (OH^-), la sustancia es ácida. (Sawyer, Mccarthy, & Parkin, 2001)

En general la dureza es igual a la concentración de cationes polivalentes del agua. El valor de la dureza determina, por tanto, su conveniencia para uso. La dureza total se considera aproximadamente igual a la dureza producida por los iones calcio y magnesio.

En las aguas naturales, los bicarbonatos son la principal forma de alcalinidad: por lo tanto, la parte de la dureza total químicamente equivalente a los bicarbonatos presentes en el agua es considerada como la dureza carbonácea.

Toda dureza que no esté químicamente relacionada con los bicarbonatos se considera dureza no carbonácea, esto incluye principalmente sulfatos, cloruros y nitratos de calcio y magnesio. (Rojas, 1999)

Según la revista científica de ecosistemas publicada en el año 2007 de López, Gonzales, Díaz, Castro y García publicado en el año 2007, titulado "Biodiversidad y bienestar humano" indica que el agua es esencial para la vida, el bienestar y la productividad, sin embargo se ve afectada

por las actividades humanas, la escasa protección de las fuentes de agua y su deterioro gradual por la progresiva contaminación. (Lopez , González , Díaz , Castro , & García Llorente, 2007) Según el estudio de Romero publicado en el año 1999, titulado “Potabilización del agua”, indica que la purificación del agua es uno de los problemas de las ingenierías de más urgente solución. El objetivo inmediato es proveer a toda la sociedad de agua potable, porque de esta manera cada comunidad satisface un requerimiento fundamental para su bienestar y comodidad. (Rojas, 1999) Según el estudio de Chullucuy publicado en el año 2011, titulado “Tratamiento de agua para el consumo humano” las diversas actividades generadas por el hombre han provocado una modificación de las características de los recursos hídricos, alcanzando niveles de contaminación que hacen el agua no apta para consumo humano, por esta razón los procesos para tratar el agua son cada vez más complejos. El agua potable debe estar libre de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas o nocivas para la salud, y cumplir con las normas bacteriológicas y fisicoquímicas establecidas. (Nadia Cristina Chullucuy Camacho , 2011) Según el estudio de Reyes publicado en año 2006, titulado “Surtidor de agua potable para el transeúnte de los paseos peatonales del centro cívico de Santiago” el bebedero público es una fuente de agua potable, de chorro pequeño, pensada para satisfacer la necesidad momentánea y puntual de un transeúnte de saciar la sed. Se encuentra generalmente en espacios públicos como plazas, parques, paseos peatonales, escuelas, etc. Es el elemento urbano que reemplaza a las fuentes de antaño que proveían de agua potable, sólo que de forma más sencilla en todo sentido; volumen reducido y donde el papel de la forma prepondera como agente físico. (Reyes Simpson, 2006)

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó la observación directa de cada una de las etapas del proceso de abastecimiento de agua potable, además se aplicó una entrevista al encargado de la empresa de agua potable, así mismo, se realizarán encuestas a la comunidad universitaria, con la finalidad de comprobar la necesidad de un sistema de abastecimiento de agua apta para el consumo. Mediante un diagrama Ishikawa se conocerá las principales causas que impiden que exista una generación constante de agua potable en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Mediante esta técnica se recopiló la información de diferentes fuentes de carácter bibliográficas, como libros e internet que facilitan la conformación del marco referencial con el propósito de abordar una adecuada conceptualización del tema a tratar. De acuerdo a la calidad del agua que recibe la universidad se empleará un sistema de filtrado y desinfección con el que se obtendrá agua de calidad que cumpla las normas reguladoras pertinentes. Se evalúan las condiciones del sistema de distribución del agua de cómo llega a la universidad el líquido vital, se realiza los análisis físicos-químicos y microbiológico respectivamente, a través de sus resultados se determina si cumple o no con las normas de calidad NTE INEN 1108-2011. (Agua Potable) Para la implementación de un sistema de purificación de agua consumible se certificara que el agua cumpla con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos requeridos de acuerdo a la norma reguladora pertinente.

RESULTADOS

Como primer paso, se toman cinco muestras de agua en diferentes puntos de la Facultad, las mismas se envían a un laboratorio para análisis físicos, químicos y microbiológicos, dando como resultado el no cumplimiento en los requerimientos de la norma en los parámetros de: turbiedad donde el limite permisible es 5 y el resultado fue de 7.1, fosfatos donde el limite permisible es

0.3 y el resultado fue de 0.71 y cloro libre donde el límite permisible es 0.3 – 1.5 y el resultado fue de 0.27. Con este antecedente se escogen seis métodos de purificación y se utiliza una herramienta de selección, como el “proceso analítico Jerárquico”, para saber cuál es el más idóneo de acuerdo a nuestro requerimiento. Dicha herramienta es una técnica estructurada para tratar con decisiones complejas. En vez de prescribir la decisión «correcta», el proceso analítico ayuda a los tomadores de decisiones a encontrar la solución que mejor se ajusta a sus necesidades y a su comprensión del problema. Para la ponderación de los mismos se utiliza la escala SAATY, dando como resultado que el método que obtuvo la valoración más alta es el Filtro de carbón activado.

El sistema de filtración implementado en esta investigación está conformado por tres fases: la primera fase, filtro de polipropileno el cual es utilizado principalmente para la remoción de sedimentos (sólidos totales, óxido de hierro, lodo arena, fina, y otras sustancias que genera turbidez) (Aguamarket, 2017). Segunda fase, filtro de carbón activado en bloque, 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 conformado principalmente por carbono (aproximadamente un 90%) y posee otros átomos como oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, etc. (Martínez, 2013). Tercera fase, filtro de cerámica, el cual permite filtrar diferentes tipos de sustancias objetables en el agua de consumo humano. Debido a que sus poros son extremadamente pequeños (diámetro entre 0.3 y 0.6 micras) permitiendo una desinfección del agua, según indica (Lema, 2012), los filtros de cerámica son capaces de remover E. Coli (Bacteria Escherichia 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.

En la construcción del bebedero se utilizó una lámina de acero inoxidable 304 – 2B, El acero inoxidable es un material que por su autoprotección contra la oxidación, corrosión y sus excelentes propiedades mecánicas tiene una extensa aplicación en la fabricación de productos de alta resistencia a la corrosión (industria química), exigencia de asepsia (industria alimenticia y farmacéutica), (Eduardo, 2007). (Jácome Soria & Vicente Romero, 2017) Expresa que los aceros inoxidables austeníticos (serie 300, acero al cromo - níquel) tienen la capacidad protectora en ambientes oxidantes como lo son: el atmosférico, agua natural, soluciones alcalinas y en algunos ácidos como el nítrico.

Para el diseño dimensional se siguió las directrices estipuladas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción, la cual establece los requisitos técnicos de diseño, mínimos y/o máximos que corresponden a las características básicas de uso y ocupación, para permitir la accesibilidad universal de todas las personas en los entornos construidos. (NEC – HS – AU. 2016). Igualmente lo estipulado en la NTE INEN 2314: Accesibilidad a las Personas al Medio Físico. Elementos Urbanos, esta norma establece los requisitos de diseño y ubicación de los elementos urbanos en espacios públicos y privados con acceso al público. (INEN, 2017).

Como paso final se procede a tomar muestras del agua que suministra del bebedero y al observar los resultados de laboratorio se verifica que el sistema mejora la calidad del agua en todos los parámetros que requiere la norma, obviamente incluyendo la turbiedad, fosfatos y cloro libre; que eran las propiedades que no estaban dentro de los límites permisibles para el consumo en la muestra original.

DISCUSIÓN

Según los resultados del estudio realizado por (Plúas Fernández, 2015), sobre la calidad del agua apta para consumo humano en la parroquia Venus del Río Quevedo, determina que el agua no cumple con los parámetros de turbiedad, color aparente, fosfato, hierro, y cloro residual, según la norma NTE INEN 1108-2014. Agua Potable: Requisitos. Ello es acorde con lo que se encontró en los análisis del agua se corrobora que en el parámetro físico turbiedad y fosfato están fuera de los límites permitidos por la norma. Así mismo (López Ortega, 2017) en su investigación, calidad de agua de consumo humano en el sistema de abastecimiento de agua potable, coinciden en el no cumplimiento de los límites permisibles en el parámetro físico turbidez.

A partir de los hallazgos encontrados por (Baque Mite, y otros, 2016), expresan que en sus análisis microbiológicos la presencia de coliformes fecales superó los límites máximos permisibles por la norma y estos autores recomiendan un monitoreo permanente con el fin de identificar los focos de contaminación. Estos resultados no guardan relación con nuestro estudio, ya que no se encontró la presencia de coliformes fecales. Esta diferencia significativa puede ser contrastada por lo identificado por (López Ortega, 2017), en su diagnóstico situacional, en el cual se muestran que el 80% de los domicilios de los sectores en estudio emplean pozos sépticos como medio de evacuación de las aguas servidas, producto de la ausencia de alcantarillado sanitario, lo que a su vez puede haber contribuido a la aportación de tal carga fecal. Cabe anotar que nuestro estudio fue realizado en el año 2019 con muestras tomadas únicamente dentro del campus universitario, especialmente en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería el cual cuenta con el servicio de alcantarillado desde el año 2017.

En la elección del método de potabilización del agua se optó por un sistema de filtración en múltiples etapas (FiME) la cual es la combinación de unidades de pretratamiento con filtración con la finalidad de obtener un efluente de calidad. Según (Organización Panamericana de Salud, 2005) la tecnología de filtración en múltiples etapas puede estar conformado por dos o tres procesos de filtración dependiendo del grado de contaminación de las fuentes de agua. El primer filtro constituye la etapa de pretratamiento el cual permite reducir la concentración de sólidos suspendidos produciendo agua de baja turbiedad, libre de impurezas suspendidas, seguido de la etapa principal de tratamiento en donde se lleva la remoción gradual de materia fina y microorganismos, que consiste en ajustar el sabor del agua y eliminar partículas de cloro, olor y todo tipo de impurezas orgánicas que puedan ser perjudiciales para el organismo. Por último la etapa de desinfección, la cual es una barrera de seguridad que permite retener impurezas y microorganismos que no hayan sido eliminadas por los dos procesos anteriores.

Las unidades de filtración son los componentes más importantes del sistema, los cuales garantizan que el agua cumpla con los parámetros establecidos por la normativa pertinente (NTE INEN 1108:2014 Agua Potable) para que esta sea apta para el consumo humano, tanto desde el punto de vista organoléptico como químico.

Con la implementación de este equipo se impulsa y motiva a mitigar el consumo de agua embotellada en envases plásticos de un solo uso (PET), dentro del campus universitario. Según (DW, 2017) el consumo mundial de plástico está causando problemas cada vez mayores a nuestro planeta. Por un parte, el plástico ofrece ventajas sobre otros materiales porque es ligero, económico, resistente y duradero. Por otra, plantea un problema enorme para el medio ambiente. (Leonel, 2013) Señala que el modo creciente de estos productos también alberga la pregunta de cómo la población los desecha después de que pasan a ser obsoletos, pues sus

componentes son contaminantes para el planeta. La forma inadecuada de deshacerlos de estos es un peligro ambiental, debido a que no se les da el tratamiento adecuado una vez que concluya su vida útil, convirtiéndose, por ende, en un equivalente a contaminación.

La contaminación del agua por medio del plástico es un severo problema, una de las vías de ingreso de estos al mar son los ríos, además de los drenajes pluviales y las aguas servidas. La acumulación de plásticos ha alterado las condiciones del mar, en el Océano Pacífico flota una gran cantidad de pedazos plásticos que se lo conoce como “El parche de basura del pacífico”. (Elías, 2015) Afirma que: “Estas islas de basura son una demostración cabal del daño que el ser humano le está haciendo a los océanos, y por lo tanto al planeta”. (Elías, 2015)

En cifras, la contaminación por plásticos en el mar es de 8 millones de toneladas al año, no se tiene datos exactos sobre la cantidad total de plásticos en los mares, pero según expertos estiman unos 550 billones de fragmentos plásticos; además de no incluir los fragmentos que hay en el fondo marino o en las playas, del total 80 por ciento proviene de la tierra. (Greenpeace, 2016)

Un estudio realizado por Euromonitor Internacional determina que en el Ecuador se consume más agua embotellada que bebidas gaseosas. El último reporte en 2018 indica que el consumo de agua embotellada se ubicó en 41,2 litros per cápita (por persona), frente a las bebidas gaseosas de 24,6 litros por ciudadano.

Los estudiantes, docentes y público en general de la UTEQ consumen agua de bebidas embotelladas quizás ajenas a este tipo de consideraciones y sus posibles implicaciones o repercusiones. Esta investigación busca concientizar y culturizar a la comunidad universitaria en el sentido de que se debe priorizar un cuidado consciente de los espacios que ocupamos de la naturaleza y el medio ambiente.

CONCLUSIONES

La calidad del agua de la red pública que ingresa al sistema de filtración no cumple con todos los parámetros establecidos por la NTE INEN 1108:2014. Agua Potable: Requisitos. Se optó por instalar un sistema de filtración y purificación en múltiples etapas que consta de tres filtros continuos (con cartuchos de polipropileno, carbón activado en bloque y cerámica) con la finalidad de obtener un efluente de calidad. El diseño dimensional y ubicación del bebedero cumplen con la NTE INEN 2314:2017 Accesibilidad de las personas al medio físico. Elementos urbanos. Y la Norma Ecuatoriana de la Construcción: Accesibilidad universal. Código NEC – HA –AU. La tubería y accesorios plásticos utilizados para conducir el agua potable fueron seleccionados según los requisitos establecidos por la Norma NTE INEN 1372:2010. Y la NTE INEN 2497:2009.

La construcción e instalación del bebedero se produjo de forma satisfactoria, priorizando un cuidado consciente de los espacios que ocupamos de la naturaleza y el medio ambiente. Los resultados de la encuesta realizada a la comunidad universitaria fueron favorables, ya que la mayoría de encuestados están dispuestos a colaborar con la preservación del medio ambiente y al consumo de agua filtrada suministrada por el mismo. Se verificó que el agua suministrada por el bebedero cumple con la norma NTE INEN 1108. Agua Potable. Requisitos. Se elaboró un Manual de Operación y Mantenimiento con información detallada, sobre el correcto uso del bebedero, accesorios, funcionamiento y las herramientas necesarias para llevarlo a cabo.

REFERENCIAS

- Agricultura, O. d. (1993). *EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN*. ROMA, Italia: FAO.
- Aguamarket. (15 de 5 de 2017). *Aguamarket*. (Aguamarket) Recuperado el 11 de 8 de 2019, de <https://www.aguamarket.com/sql/empresas/emp.asp?Empresa=9760>
- Alvares Miño, L. (12 de 2013). Consumo de Agua Embotellada y salud: percepción de estudiantes de Enfermería e Ingeniería Ambiental de la Universidad de Magdalena. *Revista Cultural de Cuidado*, 10, 58 - 69. Recuperado el 15 de 2020 de 2019
- Ambiente, M. d. (2015). *Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria*. Quito: Editora Nacional.
- Baque Mite, R., Simba Ochoa, L., Gonzales Osorio, B., Santuance, P., Díaz Ocampo, E., & Cadem Arevalo, L. (2016). *Calidad del agua destinada al consumo humano*. Milagro: UNEMI.
- Chulluncuy, C. N. (16 de mayo de 2011). Tratamiento de agua para consumo. *Ulima*(29), 153 - 170. doi:10.26439/ing.ind2011.n029.232
- Clara, M. R. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Tropical Agricultural Research and Higher Education Center.
- Cobos Mora, F. J., Lombeida García, E., Carbo Avellán, S. C., & Chávez Betancourt, R. X. (febrero de 2019). *EUMED*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/02/cultivo-cacao-ecuador.html>
- Corvo, H. S. (18 de agosto de 2019). *lifeder*. (paul) Obtenido de <https://www.lifeder.com/cuello-de-botella/>
- Crespo, W. (s.f.). *automatizacion industrial wordpress*. (paul) Recuperado el 17 de 08 de 2019, de <https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacionindustrial/>
- Cuvi Ramírez, M. B., Rodríguez Guerra, Y., Elena Carrera, K. M., Azansa, M., & Soria Rea, S. (2013). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5271969.pdf>
- Díaz Coronel, G. T., Torres Navarrete, E. D., Álava Ormaza, S., González Osorio, B., & Cruz Rosero, N. (2010). *Ciencia y Tecnología*. Obtenido de http://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/CI_3n22010.pdf
- Dijk, J. A. (2017). *The International Encyclopedia of Media Effects*. Ámsterdan.
- DW. (3 de 2 de 2017). *Deutsche Welle*. (Voltastrae 6) Recuperado el 13 de 11 de 2019, de <https://www.dw.com/es/pl%C3%A1stico/t-40060520>

- E, E. F. (09 de junio de 2019). *nuevatribuna*. (paul solorzano) Obtenido de <https://www.nuevatribuna.es/articulo/medio-ambiente/el-agua-embotellada-el-gran-negocio/20110118045144040036.html>
- Eduardo, L. B. (2007). *Caracterización del efecto de abrasivos revestidos en la rugosidad superficial en el acero inoxidable SAE - 304*. Santiago de Cali: Universidad Autonoma de Occidente.
- El Ceo. (10 de 04 de 2019). <https://elceo.com>. Obtenido de <https://elceo.com/tecnologia/la-relacion-entre-los-smartphones-y-los-adultos-mayores-en-mexico-no-es-tan-mala-como-parece/>
- El Comercio. (10 de junio de 2016). *El Comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/ciudades-ecuador-polucion-enfermedades-contaminacion.html>
- Elías, R. (2015). *Mar de plástico, una revisión del plástico en el mar*. Mar de Plata: Revista de Investigación de Desarrollo Pesquero.
- Fontana, A. A. (01 de 09 de 2009). El apoyo familiar en el proceso de integración educativa de Heredia, Alajuela, Costa Rica.
- Gil García, D. (23 de febrero de 2016). *Master Universitario en Política Económica y Economía Pública*. Obtenido de <https://www.uv.es/uvweb/master-politica-economica-economia-publica/es/blog/influye-crecimiento-economico-medio-ambiente-1285949223224/GasetaRecerca.html?id=1285959012054>
- Gómez, I. C. (2000). *Saneamiento ambiental*. San José, Costa Rica: Universidad estatal a distancia.
- GONZÁLEZ, A. N. (18 de agosto de 2019). *el blog salmon*. (paul) Obtenido de <https://www.elblogsalmon.com/conceptos-de-economia/que-son-el-van-y-el-tir>
- Greenpeace. (24 de 5 de 2016). *Greenpeace Org*. Recuperado el 1 de 11 de 2019, de <https://es.greenpeace.org/es/>
- Hidalgo F., L. P. (2013). *La soberanía alimentaria: un análisis del concepto*. Quito: La isla.
- Iglesias Rosado, C., Villarino Marin, A., Martinez, J., Cabrerizo, L., Gargallo, M., Lorenzo, H., . . . Salas-Salvado, J. (2011). Importancia del agua en la hidratación de la población española: documento. *Nutrición hospitalaria*, 26(1), 27 - 36. Recuperado el 17 de Julio de 2019, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112011000100003
- INEN, I. E. (2014). NTE INEN 1108: Agua potable. Requisitos. Quito: INEN.
- Jácome Soria , D., & Vicente Romero, C. (2017). . *Jácome Soria y Vicente Romero (2017), expresan que los aceros inoxidables austeníticos (serie 300, acero al cromo - níquel) tienen la capacidad protectora en ambientes oxidantes como lo son: el atmosférico, agua natural, soluciones alcalinas y en al*. Quito: ESPOL.

- Jimenez, A. A. (2014). *Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas*. Madrid: Universidad Carlos III.
- La Prensa. (12 de 07 de 2019). <https://www.prensa.com/>. Obtenido de https://www.prensa.com/tecnologia/TECNOLOGIA-ABUELO-EDUCACION-INFORMATICA-SOCIEDAD-FAMILIA_0_4318818254.html
- Lema, M. (2012). *Filtros Cerámicos, una alternativa de agua segura*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Leonel, F. S. (2013). *MÁQUINA EXTRUSORA PARA RECICLAJE DE PLÁSTICO*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Lopez , M., González , J., Díaz , S., Castro , I., & García Llorente, M. (2007). Biodiversidad y bienestar humano. 16(3), 68-79. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/540/54016308.pdf>
- López Casas , J. G., Olivera Martínez , E., Rey Benito, G., & Nava Tovar, G. (2011). *Programa de Vigilancia por laboratorio de la Calidad de Agua para Consumo Humano*. Instituto Nacional de Salud . Bogota: Subdirección Red Nacional de Laboratorios.
- López Ortega, O. F. (2017). *CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA SIETE DE OCTUBRE, DEL CANTÓN QUEVEDO, PROVINCIA DE LOS RÍOS*. Quevedo: UTEQ.
- Martinez, M. (2013). *Preparación y Caracterización de Carbón activado a partir de lignina para su aplicación en procesos de descontaminacion de aguas*. Madrid: UAM.
- Mautone, M. (Noviembre de 2015). *Universidad de las Palmas de Gran Canaria*. Obtenido de https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/19387/2/0618674_00000_0000.pdf
- Mejía Reinoso, T. (2010). *Estudio sobre la calidad de agua potable del cantón Gualaquiza*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Nadia Cristina Chulluncuy Camacho . (2011). *Tratamiento de agua parara el consumo humano*. Lima: Univerdiad de Lima. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495008.pdf>
- OMS, O. M. (2008). *Guías para la calidad del agua potable. Primer apendice*. Recuperado el 15 de 07 de 2019, de https://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq3rev/es/
- Organización Panamericana de Salud. (2005). *Guía para el Diseño de Sistemas de Tratamientos de Filtración en Múltiples Etapas*. Area de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Lima: Organización Mundial de la Salud.
- Pérez, C. (2005). *Revoluciones Tecnologicas y Capital Financiero*. México: Siglo XXI Editores.
- Pew Center Research. (10 de 04 de 2019). pewresearch.org. Obtenido de <https://www.pewresearch.org/>: <https://www.pewresearch.org/>

- Plúas Fernández , M. M. (2015). *CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL PROCESO DE CAPTACIÓN, TRATAMIENTO, DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO EN LA PARROQUIA VENUS DEL RÍO QUEVEDO DEL CANTÓN QUEVEDO, PROVINCIA DE LOS RÍOS*. Quevedo: UTEQ.
- Pozo, D. (diciembre de 2010). Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/875/1/02%20ICA%20103%20TESIS.pdf>
- Reyes Simpson, L. (2006). *Surtidor de agua potable para el transeúnte de los peatonales del centro cívico de Santiago*. Santiago: Universidad de Chile.
- Rivera, R. (2004). *Filtro Cerámico para agua potable*. Nicaragua: IDEASS.
- RODRÍGUEZ, D. C. (2008). *POTABILIZACIÓN DEL AGUA*. Madrid: EOI Escuela de Negocios . Recuperado el 15 de 6 de 2019, de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45471/componente45469.pdf
- Rodríguez, E. R. (30 de 04 de 2011). *Programación educativa para escolares*. Obtenido de down21.org: <https://www.down21.org/revista-virtual/1004-revista-virtual-2011/revista-virtual-abril-2011-numero-119/articulo-programacion-educativa-para-escolares.html>
- Rojas, J. A. (1999). *Potabilización de agua*. Mexico: Alfaomega .
- Ruiz, M. (2016). *Economía y Desarrollo*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0252-85842016000200006
- Santamaría, L. S., & Ramírez Hernández, O. (junio de 2017). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n44/n44a08.pdf>
- Sawyer, C., Mccarthy, P., & Parkin, G. (2001). *Química para la ingeniería ambiental* (4ta ed.). Bogota: MCGRAW-HILL.
- Secretaria del Agua, Agencia de Regulación y Control del Agua, Ministerio del Ambiente, & Ministerio de Salud Pública. (2016). *ENCA Estrategia Nacional de Calidad del Agua*. Quito.
- SERFOR. (febrero de 2016). Obtenido de <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2016/04/Diagn%C3%B3stico-de-viveros-forestales>
- Serrano, I. (2020). *Redes de Computadoras*. Quevedo: Uniandes.
- Solsona , F., & Méndez, J. P. (2002). *Desinfección del Agua*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Spellman, F., & Drinan, J. (2014). *Manual del agua potable*. Zaragoza, España: Acriba.
- Sunkel, G. (2006). *Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en educación en América Latina: una exploración de indicadores*. Santiago: CEPAL.

Universidad Salesiana, E. (14 de 02 de 2014). *De las necesidades educativas especiales a la integración e inclusión*. Obtenido de <https://www.porigualmas.org/>: <https://www.porigualmas.org/articles/79/de-las-necesidades-educativas-especiales-a-la-integraci-n-e-inclusui-n>

Urenda, F. R. (20 de 09 de 2016). *HIDROGEOLOGÍA EMERGENTE*. Barcelona: Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea.