

CIENCIA TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES

INGENIERIA





PROPUESTA DE SELECCIÓN DE EQUIPO PARA LA MEJORA DEL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO PUEBLO NUEVO DEL DISTRITO DE MOCHUMÍ, LAMBAYEQUE.

M. Gonzáles C.¹ y Marco García P.¹

RESUMEN

En nuestro país, la calidad de agua segura y apta para consumo, representa solamente el 0.3 % de toda el agua potable disponible según datos de DIGESA, es por ello que se presenta la propuesta de instalación de una planta de tratamiento de potabilización de agua en el Centro Poblado Pueblo Nuevo, Distrito de Mochumí-Lambayeque. Dicha planta estará conformada por filtro multimedia, filtro de carbón activo, ablandador iónico, filtros pulidores y un sistema automatizado de ósmosis inversa generando agua de calidad a la población de este centro poblado estimada en 350 habitantes, de esta manera se contribuirá a mejorar la calidad de vida, reduciendo los niveles de enfermedades gastrointestinales por el consumo de agua no tratada.

Palabras clave: Potabilización de agua, tratamiento de agua, ósmosis inversa, calidad de vida.

ABSTRACT

In our country, the quality of water safe and suitable for consumption represents only 0.3% of all drinking water available according to data from the DIGESA, which is why the detailed proposal for the installation of a drinking water treatment plant is presented water in Pueblo Nuevo, District of Mochumí-Lambayeque. This plant will be made up of a multimedia filter, activated carbon filter, ionic softener, polishing filters and an automated reverse osmosis system generating quality water for the population of this town, estimated at 350 habitants, thus contributing to improving the quality of life, reducing the levels of gastrointestinal diseases by the consumption of untreated water.

Key words: Water purification, water treatment, reverse osmosis, quality of life.

1. Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias. UNPRG

mgonzalesc@unprg.edu.pe
mgarciap@unprg.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua potable es una cuestión que preocupa en países de todo el mundo, por su repercusión en la salud de la población; según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el impacto por el cambio climático en algunas zonas del planeta, ha generado un nivel drástico de disminución de agua dulce destinada al consumo humano, obligando a las poblaciones a consumir fuentes de agua no confiables, generando problemas graves en la salud de las personas como enfermedades diarreicas, manchas en la piel, parásitos en el organismo, por el consumo de agua no potabilizadas. Se estima que en todo el mundo sigue habiendo 884 millones de personas sin acceso al agua potable, según la ONU, un bien fundamental que repercute en la sanidad, la seguridad y la calidad de vida, especialmente de menores y mujeres. Por ejemplo, las enfermedades que se propagan por el agua causan cada año la muerte a más de 1,5 millones de niños o, lo que es lo mismo, cada 15 segundos muere un niño por una enfermedad causada por la falta de acceso a agua segura para beber, el saneamiento deficiente o la falta de higiene.

En la región Lambayeque, el Centro Poblado Pueblo Nuevo, del distrito de Mochumí, se caracteriza por ser una zona netamente agrícola, siendo la época de verano, donde se incrementa el nivel freático de las aguas; muchas veces estas tienen una elevada concentración de sales de nitratos, sulfatos, fosfatos, restos de insecticidas, material particulado, materia orgánica, microorganismos patógenos entre otros. Estas aguas percolan por filtración hacia las fuentes dulces de abastecimiento al centro poblado. Generalmente el consumo de agua de esta población es abastecida de subsuelo con elevados niveles de sales disueltas, conductividad eléctrica superior a los 1700 uS/cm, parámetros que exceden en todo sentido los niveles fisicoquímicos y organolépticos permitidos por el Ministerio de Salud. Los niveles de desinfección y cloración son incipientes en toda la línea de impulsión y bombeo hacia el tanque de elevación, ya que generalmente el agua no es clorada, porque a la población no le gusta el sabor residual a cloro. Asimismo, según reportes de análisis microbiológicos realizados por la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental, estas presentan niveles

altamente perjudiciales para la salud, correspondiente a bacterias heterotróficas, coliformes fecales, coliformes totales. Esta problemática nos permite plantear como propuesta de solución la instalación de una planta simplificada de tratamiento de agua mediante el diseño de este sistema nos permitiría estar de acuerdo con una de las metas del séptimo Objetivo de

Desarrollo del Milenio-ODM (OMS, 2011), en disminuir a la mitad el porcentaje de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento para el año 2015, dado que la región Lambayeque al 2010 cuenta con un 70 % de cobertura de los servicios de abastecimiento de agua potable.

METODOLOGÍA

El estudio se centra en el Centro Poblado Pueblo Nuevo, perteneciente al distrito de Mochumí, Provincia y Región de Lambayeque, sobre el cual se tomaron datos de los factores asociados al problema de la calidad de agua; asimismo se realiza la descripción del sistema de abastecimiento (Pozo N° 02). Para el

reporte de los datos de la calidad de agua, se realizó el análisis fisicoquímico de las muestras de agua, así como el análisis microbiológico de las mismas. Finalmente se realiza de manera técnica, la Propuesta para el Tratamiento del agua para consumo humano.

RESULTADOS

Características del sistema de abastecimiento: Se ha identificado el Pozo N° 2 que abastece de agua al Centro Poblado Pueblo Nuevo, ya que es el que más agua genera (Tabla 1).

Resultados del análisis fisicoquímico de muestra de agua para consumo humano: Según los resultados obtenidos

en el análisis fisicoquímico del agua (Tabla 2), todos los parámetros se encuentran dentro de los valores requeridos en el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano DS. 031-2010 SA (MINSAL, 2011), salvo el resultado para la conductividad eléctrica a

25 °, el cual se encuentra ligeramente elevado.

Resultados del análisis microbiológico de muestra de agua para consumo humano: Los resultados de la Tabla 3, muestran la presencia de bacterias coliformes totales (4.5 UFC/100 ml) y también bacterias coliformes

termotolerantes (2 UFC/100 ml), las mismas que no deberían aparecer en las muestras de agua para consumo humano, según el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano; lo que denota un problema de contaminación de agua por bacterias en el abastecimiento inicial o almacenamiento.

Tabla 1.

Características del sistema de abastecimiento: Pozo N° 02. C.P. Pueblo Nuevo-Mochumí, Lambayeque.

Ubicación del pozo:	Lado sur este del Centro Poblado Pueblo Nuevo, distrito de Mochumí-Lambayeque.
Altura aprox. de toda la estructura:	12 m
Capacidad de almacenamiento del pozo:	15 m ³
Caudal promedio de impulsión de agua:	2.5 L/seg
Población del C.P. Pueblo Nuevo:	350 personas
Consumo aprox. Poblacional:	29000 L/día
Sistema de almacenamiento:	Tuberías en mal estado, presencia de tierra, paredes con coloración verdosa, el sistema de cloración sin funcionamiento.

Fuente: Elaboración Propia.

Selección de equipo propuesto:

Se propone como alternativa de solución la propuesta de instalación de una planta de potabilización de agua consistente en:

- Sistema compacto de filtración multimedia, con cabezales automáticos.
- Ablandador de agua con resina aniónica o catiónica y con tanque de solución de salmuera.
- Sistema de cloración en línea.

- Filtros pulidores de 5 micras y 1 micra.
- Sistema de ósmosis inversa de 6 membranas.

Planta De Tratamiento De Agua de 1,600 L/h.

El sistema de tratamiento de agua está constituida 100% en acero inoxidable y ensamblado con las marcas General Electric, Pentek, Siemens, etc. Este sistema deberá contener:

Tanque hidroneumático con bomba de 1.5 hp cabezal de acero inoxidable.- da presión y caudal constante a nuestro sistema, es decir da la fuerza para que agua pase por los filtros y llegue al tanque de agua producto.

Filtro multimedia automático (ge - usa).- retiene las impurezas grandes (sólidos en suspensión 25 – 30micras) que atrae el agua al momento de pasar por las camas de arena y quitarle la turbidez al agua.

Filtro de carbón activado automático (ge - usa).- atrae, captura y rompe moléculas de contaminantes, remueve cloro, sólidos pesados como plomo y mercurio además de químicos, sabores y olores.

Ablandador automático (ge – usa).- por intercambio iónico quita sales como el calcio y magnesio responsables de la dureza del agua.

Porta filtro y filtro polydepth 05 micras 4.5 x 20”.- retiene sólidos en suspensión de hasta 5 micras (ejemplo: el cabello humano mide 50 micras).

Porta filtro y filtro polydepth 01 micra 4.5 x 20”.- retiene sólidos en suspensión de hasta 1 micra.

Tanques de almacenamiento de agua bruta (2 de 2500 l):- conectados mediante vasos comunicantes.

Sistema De Osmosis Inversa.

El sistema puede controlar el sabor del agua a través de la retención de sólidos disueltos (sales y minerales), todo el sistema está integrado con un microprocesador además de poder desinfectarse cuando se requiera.

Este sistema propuesto, está constituido en acero inoxidable incluyendo bomba de alta presión, porta membranas y hasta el tornillo más pequeño.

Controlado íntegramente por un microprocesador, cuenta con:

-01 medidor de TDS (Sólidos totales disueltos) de doble medida que monitorea el agua producto final (Mezcla de agua permeada con agua tratada).

-01 estructura auto soportante integrado en acero inoxidable.

-01 medidor de TDS (Medición de agua permeado osmosis y agua producto final)

-06 Membrana de agua salobre USA medida de 4 x 40”.

-06 Carcasa porta membrana 4 x 40 en acero inoxidable.

-01 Electro bomba mutietapica de alta presión hasta de 225 psi de potencia de 3hp F&W USA.

-03 Manómetro para presión.

-03 Válvulas de aguja para control de rechazo en acero inoxidable conexión de ½”.

Tabla 3.

Reporte de análisis microbiológico de muestra de agua para consumo humano. C. P. Pueblo Nuevo-Mochumí, Lambayeque.

ENSAYO	RESULTADOS	REQUERIDO (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. 031 – 2015).
Bacterias Heterótrofas	133 UFC/ ml	500 UFC/ ml a 35°C
Bacterias Coliformes Totales	4.5 UFC/ 100 ml	0 UFC/ 100 ml a 35°C
Bacterias Coliformes Termo Tolerantes	2 UFC/ 100 ml	0 UFC/ 100 ml a 44.5°C

Fuente: Análisis Laboratorio de Microbiología –UNPRG.

DISCUSION

Para que la población pueda tener suficiente abastecimiento de agua potable debe considerarse una combinación a menudo compleja de aspectos sociales y económicos. En los últimos años, las familias, las industrias, los agricultores y los gobiernos han comenzado a reconocer que el agua es un bien económico y no un recurso ilimitado “gratis”; y al ser un bien económico, hay una gran variedad de calidad y nivel de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento que la gente desea y está dispuesta a pagar. El problema del agua potable no tiene solución permanente, por lo que en este aspecto siempre se debe estar buscando nuevas fuentes de aprovisionamiento, realizando estudios hidrológicos para tener a la mano forma de ampliar el sistema. El aumento de la población y el ascenso de su nivel cultural y social hacen insuficiente en poco tiempo las obras

proyectadas, pues las fuentes actuales van haciéndose insuficientes y es necesario utilizar las que están situadas a mayor distancias u otras cuyas aguas requieren tratamiento más elevado para hacerlas adecuadas para el consumo humano.

Con respecto al acondicionamiento de agua para consumo humano, tenemos que éste es un proceso complejo que incluye desde un análisis de los factores físicos y químicos hasta el requerimiento de un diseño de sistemas de tratamiento acorde con estos factores, sumados a la demanda de agua de la población. Desde siempre el diseño de los sistemas de tratamiento empieza con el diseño de instalaciones para el pretratamiento y/o tratamiento físico tales como desarenadores, desbaste, floculadores, sedimentadores, filtros y reservorios de almacenamiento, muchas veces de sencilla operación por los pobladores (Chura y Ardiles, 2005;

-01 Presostato inverso para protección de baja presión.

-01 Rotámetro de 0-8 GPM. Para permeado de ½”.

-01 Rota metro de 0-8 GPM. Para rechazo de ½”.

Tabla 2.

Reporte de análisis fisicoquímico de muestra de agua para consumo humano. C.P. Pueblo Nuevo-Mochumí, Lambayeque.

<i>DETERMINACIÓN</i>	<i>RESULTADOS</i>	<i>REQUERIDO</i> Reglamento de la calidad de agua para consumo humano DS. 031-2010
Color	No se realiza	UCV/escala Pt/Co-15
Olor	Aceptable	Aceptable
Sabor	Aceptable	Aceptable
Temperatura	26.0 °C	-----
Cloro residual	0.0 mg/ L	0.5 mg / L
Conductividad eléctrica(25°C)	1540 uS/cm	1500 uS/cm
pH	6,62	6,5- 8,5
TDS (sólidos totales disueltos)	840 mg /L	1000 mg /L
Carbonatos-(co ³⁻²)	0.0 meq/L	-----
Bicarbonatos -(hco ³⁻¹)	5.6 meq/L	-----
Cloruros -(cl ⁻¹)	5.0 mg l	250mg l
Sulfatos- (so ⁴⁻²)	4.6 mg SO ⁴⁻² /L	250 mg SO ⁴ /L
Calcio- (ca ⁺²)	3.9 meq/L	-----
Magnesio-(mg ⁺²)	3.9 meq/L	-----
Sodio -(na ⁺¹)	2.1 mg Na ⁺¹ /L	200 mg Na / L
Potasio -(k ⁺¹)	0.2 meq /L	-----

Fuente: Análisis Laboratorio. UNPRG.

Casero, 2008), donde pueden incluirse seguidamente las etapas de floculación, sedimentación y filtración (Chulluncuy, 2011; Acevedo, 2012); asimismo la utilización de filtros como arena, grava y carbón activado ayudan a reducir los niveles de contaminación de parámetros como olor, color, turbidez, retención de agentes microbianos, detergentes, cresoles, los cuales mejoran la calidad del agua para ser consumida por la comunidad (Herrera, 2015). Por otro lado Destéfano (2008), sostiene que se hace necesario construir plantas de manera simplificada, reduciendo considerablemente la cantidad de tubos y válvulas, a un costo más económico y en áreas reducidas, cuya operación y mantenimiento es más económico que de las plantas convencionales. Asimismo, concluye que los avances encontrados en los procesos de filtración han permitido proponer sistema de baterías filtrantes sin reguladores de caudal que operan con velocidades decrecientes, simplificando la construcción de galería de tubos que anteriormente era indispensable.

Otra de las ventajas de este sistema de filtración es el lavado de un filtro con el flujo proveniente de otras unidades en operación. En esta propuesta se incluye la utilización de un filtro multimedia automático que retiene las impurezas

grandes (sólidos en suspensión 25 – 30 micras), atrayendo el agua al momento de pasar por las camas de arena y quitarle la turbidez al agua. Asimismo un filtro de carbón activado automático que atrae, captura y rompe moléculas de contaminantes, remueve cloro, sólidos pesados como plomo y mercurio además de químicos, sabores y olores.

El efecto de la precloración en los procesos de tratamiento de agua para el consumo humano, orientado a la eliminación de organismos microscópicos indeseables y dañinos para la salud, es experimentalmente previsible. Esto es, se prevee que serán destruidos la mayoría de estos microorganismos, con el simple hecho de aplicar una dosis adecuada de un desinfectante común, como cloro o hipoclorito de calcio; sin embargo, el efecto de la precloración, orientado ya a la operación de las unidades de procesos en una planta de filtración rápida, específicamente en los filtros, no resulta tan claramente previsible. Asimismo la precloración ayuda a la reducción de la materia orgánica y a la eliminación de la densidad bacteriológica en los tanques de almacenamiento, (Santiago, Bracho y Torres, 2013). Como lo manifiesta Lossio (2012), es importante asegurar que exista cloro libre en todos los puntos de la red de distribución de agua; sin embargo, el

hecho de encontrar cloro en el agua demuestra que no se ha introducido materia orgánica que consumiera el cloro. Según Ríos-Tobón, et. al., 2017, el monitoreo de todos los organismos presentes en el agua para consumo humano es poco realista debido a la gran diversidad de patógenos que se sabe están presentes en las fuentes de abastecimiento y a los diversos métodos requeridos para la concentración y el análisis de ellos. Los principales bio-indicadores establecidos en todo el mundo incluyen coliformes fecales, *Escherichia coli* y Enterococos. Cuando estos microorganismos son descargados en aguas naturales, su presencia denota contaminación fecal y constituyen un riesgo de transmisión de enfermedades para la población humana (Borrego et al., 1990). Los resultados del presente trabajo, muestran la presencia de bacterias coliformes totales y también bacterias coliformes termotolerantes, lo que hace necesario el tratamiento ya que no se encuentra apta para el consumo

humano directo, según el Reglamento de la calidad de agua de la normativa peruana. Según las características de elevada salinidad de los acuíferos en el norte del Perú, Caminati y Caqui (2013), recomiendan colocar un equipo de ósmosis inversa (único equipo que disminuye las sales en el agua) en la planta a construir; este método ha sido tratado desde hace algunos años con éxito, tanto para el tratamiento de agua de consumo general de la población (Rosales, 2004; Chulluncuy, 2011), como para la producción de agua de mesa embotellada (Semino, 2015) e incluso para industrias y actividades diversas (Moreno, 2011), teniendo excelentes resultados, siendo ésta previamente filtrada para separar las partículas que obstruyen los poros, por sus moléculas más grandes. En el presente trabajo se recomienda el empleo del sistema de ósmosis inversa de acuerdo a las características del agua del C.P. Pueblo Nuevo-Mochumí.

CONCLUSIONES

Se caracterizan las condiciones de abastecimiento del pozo N° 02 del Centro Poblado Pueblo Nuevo, del distrito de Mochumí, Lambayeque, lugar de donde se obtiene el agua que es consumida por la población del distrito de Mochumí,

teniendo como particularidades resaltantes la presencia de tuberías en mal estado, presencia de tierra, paredes con coloración verdosa y el sistema de cloración sin funcionamiento.

Según los resultados de los parámetros fisicoquímicos, todos los valores están de acuerdo al reglamento de la calidad de agua para consumo humano DS. 031-2010, salvo la conductividad eléctrica que se encuentra ligeramente por encima de los valores de dicha norma.

Se encontraron valores de los parámetros microbiológicos elevados en

lo que respecta a bacterias coliformes totales y termotolerantes, lo que indica que el agua no es apta para el consumo humano y se requiere urgentemente de un tratamiento adecuado.

Se recomienda un sistema de filtración y ósmosis inversa según las características encontradas para la retención de sólidos disueltos: partículas de sales y minerales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J. (2012) Proceso fotocatalítico como alternativa para la potabilización de agua. Tesis de Maestría en Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Procesos. Universidad EAFIT. Medellín-Colombia.
- Borrego, J., Córna, R. Moriño, M., Martínez, E. y Romero P. 1990. Coliphages as an indicator of fecal pollution in water. Their survival and productive infectivity in natural aquatic environments. *Wat. Res.* 24, 111-116.
- Caminati, A. y Caqui, R. (2013). Análisis y diseño de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura. Tesis Facultad de Ingeniería. Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura-Perú.
- Casero, D. (2008). Potabilización del agua. Módulo de Maestría en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua 2007/2008. EOI. Escuela de Negocios. España.
- Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Rev. De Ing° Industrial.* 29: 153-170.
- Chura, E. y Ardiles, R. (2005). Propuesta de una pequeña planta de tratamiento de agua potable en el medio rural de Tacna. *Ciencia y Desarrollo.* 9:87-90.
- Destefano J. (2008). Diseño preliminar de una planta de tratamiento de agua para el consumo humano en los distritos de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera de la Reyna, Provincia de Andahuaylas, Region Apurimac. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Area

- de Hidráulica. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Herrera, M. (2015). Diseño de la Planta de tratamiento de agua potable para el sistema de riego Cayambe- Olmedo. Tesis para optar el Título de Ingeniero Ambiental. Universidad Internacional SEK-Ecuador.
- Lossio M. (2012). Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro pobladores rurales del distrito de Lancones. Tesis de Pre Grado de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de Piura-Perú.
- MINSA. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Dirección General de Salud Ambiental – Ministerio de Salud. Lima-Perú.
- Moreno, J. (2011). Diseño de Planta de Tratamiento de Agua de Osmosis Inversa para la Empresa Dober Osmotech de Colombia Ltda. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecatrónico. Facultad de Ingenierías. Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali-Colombia.
- OMS (2011). Estadísticas Sanitarias Mundiales. Organización Mundial de la Salud.
- Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. y Gutiérrez-Builes, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Rev. Fac. Nac. Salud Pública, 2017; 35(2): 236-247
- Rosales, R. (2004). Desarrollo del prototipo para la potabilización de agua para comunidades rurales. Tesis para obtener el Título de Ingeniera Civil. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Unidad Zacatenco. México.
- Santiago,, D., Bracho, N. y Torres, D. (2013). Potabilización del agua empleando tratamientos no convencionales en poblaciones rurales. Centro de Investigación del Agua, Universidad del Zulia- Venezuela.
- Semino, F. (2015). Producción de agua de mesa por ósmosis inversa para autoabastecimiento de UDEP. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Facultad de Ingeniería. Universidad de Piura-Perú.

