

Sostenibilidad y modelo de gestión del sistema de abastecimiento de agua potable

Sustainability and management model of the drinking water supply system

Herty Joao Pérez Olivas

Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí, UNAN-Managua/FAREM-Estelí

hjoao1100@gmail.com

Nahima Gisell Laguna Balmaceda

Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí, UNAN-Managua/FAREM-Estelí

lagunahima900@gmail.com

Edwin Antonio Reyes Aguilera

Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí, UNAN-Managua/FAREM-Estelí

edwinra11@gmail.com

IDORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0996-1567>

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo principal, evaluar la sostenibilidad y modelo de gestión del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad El Pino, municipio de Estelí. En cuanto al enfoque filosófico el presente estudio es cuantitativo, de corte transversal y de acuerdo a su nivel de profundidad es descriptivo. La recolección de datos se realizó a través del método PROPILAS (Proyecto Piloto de Agua y Saneamiento), la cual tiene como propósito validar y sistematizar propuestas bajo concepto de sostenibilidad, evaluando los factores de gestión para la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable rurales, a fin de determinar la sostenibilidad de los sistemas. Como resultado se encontró que el factor estado del sistema una puntuación de 3.1, este se encuentra en el rango de 2.51-3.50 por lo que se les considera en estado regular o medianamente sostenible. La evaluación de la gestión administrativa se determinó una puntuación de 2.86 se encuentra en el rango de 2.51-3.50 esto quiere decir que se encuentra en estado regular o medianamente sostenible. La administración no cuenta con un cronograma de reuniones, no tiene archivos ni expedientes de las modificaciones del sistema, no realizan capacitaciones del manejo del sistema. El puntaje obtenido en el factor de operación y mantenimiento en el sistema fue de 2.67, lo que indica que se localiza en el rango 1.51-3.50 esto quiere decir que se encuentra en estado malo y no es sostenible (grave proceso de deterioro). Se concluye que el índice de sostenibilidad de todo el sistema de agua potable de acuerdo a los factores de sostenibilidad se califica como un sistema medianamente sostenible o en estado regular. El agua que consumen en esta comunidad desde el punto de vista físico-químico es de buena calidad por lo tanto es apta para su consumo humano.

Palabras clave: Sistema de agua, sostenibilidad, gestión.

Introducción

La presente investigación se realizó con el propósito de conocer y dar a conocer el estado actual del sistema de agua potable en la comunidad El Pino del municipio de Estelí. El objetivo principal fue, evaluar la sostenibilidad y modelo de gestión del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad El Pino, municipio de Estelí.

A nivel nacional Irías y Ruiz Calero (2019) evaluaron la gestión y el estado de los mini acueductos de Sontule y los Plancitos-Estelí, que fueron financiados por Familias Unidas para el beneficio de estas comunidades. En sus resultados obtuvieron que la revisión del estado de las instalaciones que el sistema de bombeo fotovoltaico de Sontule ha sido modificado y desde entonces presenta dificultades en el abastecimiento de agua hacia la comunidad, causando inconformidad a los usuarios.

Concluyeron en que las instalaciones de los mini acueductos se encuentran en estado funcional sin embargo el sistema de la comunidad de Sontule presenta una serie de problemas, lo cual causa que el 80% de la población de la comunidad este en desacuerdo con las actividades realizadas por parte del comité de agua potable y saneamiento a diferencia de la comunidad de los plancitos donde un 58.34% de la población se encuentra satisfechos con las actividades realizadas por el CAPS en esta comunidad.

Moraga, Benavidez y Camas (2021) evaluaron la sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua en la comunidad de Paso Ancho-Estelí, el proyecto fue financiado por una ONG para beneficiar a los habitantes ya que es un proyecto de vital importancia para la comunidad. Obteniendo como resultado dar mantenimiento primeramente a la pila de almacenamiento ya que esta presenta que el caudal de la captación no es siempre constante y que el caudal demandado por la comunidad tampoco lo es, se encuentra deteriorada, presenta fugas de agua y no cuenta con tapadera sanitaria de protección.

Concluyeron que el Sistema de Agua Potable de la comunidad Paso Ancho, de acuerdo al puntaje obtenido en cada evaluación de los factores se obtiene un resultado de 2.61, ubicado en el rango 2.51- 3.50 calificándose como un sistema medianamente sostenibles o en estado regular, esto es debido a que presenta deficiencias en el estado del sistema proceso de deterioro en la infraestructura, ocasionando fallas en el servicio en cuanto a la continuidad, cantidad o calidad, deficiente gestión que ha permitido una disminución en la cobertura y deficiencias en el manejo económico, tales como morosidad o no pago por el servicio, la operación y mantenimiento no son los adecuados existiendo fallas en el servicio. Recomiendan desarrollar talleres de sensibilización y concientización en el uso y cuidado del sistema instalado de manera que se eviten daños que pongan en riesgo el funcionamiento del mismo.

Cordero (2011) entiende por prestación de servicios públicos, todas aquellas actividades que realizan los organismos estatales de manera uniforme y continua, para satisfacer las necesidades básicas de la comunidad. Son ejemplos de servicios públicos: acueducto, electricidad, recolección de residuos, entre otros. Los servicios públicos juegan un papel muy importante dentro de las funciones que desempeña el estado, ya que a través de ellos se refleja la buena marcha de la administración y se responde a las demandas planteadas por la comunidad para mejorar sus condiciones de vida.

Para el caso del servicio de agua potable se conoce como red de abastecimiento de agua potable al sistema que permite que llegue el agua desde el lugar de captación al punto de consumo en

condiciones correctas, tanto en calidad como en cantidad (Zabala Chavarría & Betancur Bustamante, 2017, pág. 14).

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos. Esta publicación se limita al estudio del transporte de fluidos newtonianos incompresibles, y más concretamente de líquidos (Blanco, Velarde, & Fernández, 1994).

Se entiende el concepto de sostenibilidad como la prestación de un cierto nivel de servicio de agua por un período de tiempo indefinido (Smith & Lockwood, 2011). El nivel de servicio se refiere a las características del servicio que el usuario recibe, e incluye la calidad del agua, la cantidad, la continuidad, el acceso y la satisfacción del usuario con el servicio recibido. Al conjunto de estas características se refiere también a la calidad del servicio.

La sostenibilidad se manifiesta a través de los cambios en la calidad del servicio a lo largo del tiempo. Cuando el servicio es sostenible, la calidad se mantiene en un cierto nivel o incluso mejora; cuando la calidad del servicio baja a través del tiempo, el servicio no es sostenible. En cada etapa del ciclo de vida hay factores que influyen en el logro de la sostenibilidad.

Datos de ENACAL (2021) afirman que los municipios en el departamento de Estelí cuentan entre un 60% y 80% en cobertura de agua potable por debajo de otros municipios como Managua, Ocotol, Telica entre otras, en estos casos las zonas rurales son las mayormente afectadas por el desabastecimiento de este suministro.

En la comunidad El Pino, carretera a Limay perteneciente a la ciudad de Estelí, existe un problema de abastecimiento de agua potable debido a que personas de la comunidad afirman que pasan hasta 3 días sin poder recibir nada de este líquido, limitándose a una hora de bombeo por día, a su vez dicen tener diversas enfermedades debido a la falta de higiene que causa la escasez de la misma, además de desconocer la calidad del agua con la que cuentan actualmente.

La comunidad El Pino cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable MABE, inicialmente donado por la fundación Familias Unidas, en este las personas se quejan de no recibir la suficiente cantidad de agua para subsistir, debido a las pocas horas en la continuidad del servicio.

Del mismo modo a pesar de contar con un sistema de abastecimiento de agua eléctrico, no cuentan con un personal encargado del mantenimiento eléctrico, siendo propenso a que cada vez que ocurre una avería en el sistema se vean en la tarea de buscar un especialista y esperar a que este esté disponible para poder poner el sistema en funcionamiento nuevamente, lo mismo pasa con averías grandes en la red de distribución del sistema debido a que la persona encargada no está aun altamente capacitado en fontanería, esto además repercute en que el sistema siempre esté expuesto al mal uso, por lo tanto existen fugas en diversos puntos, así como en las llaves que abastecen de agua potable a la población.

Por consiguiente, la presente investigación es de gran relevancia para obtener resultados a cerca de la situación actual técnica del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad El Pino ubicado en la ciudad de Estelí, asimismo el uso que le da la comunidad y la participación del CAPS responsable de este. Tal información permitirá determinar los factores necesarios para dar salida a

las diferentes problemáticas que afronta la comunidad con respecto al agua potable, así como la aplicación del Objetivo 6 Agua potable y Saneamiento de los ODS apoyando y fortaleciendo la participación de la comunidad en la mejora de la gestión del agua.

Al mismo tiempo la presente permitirá reconocer las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas de agua consumida por la comunidad para así determinar la correcta purificación de esta, no obstante, se plantea concretar las necesidades de mantenimiento del sistema y la sostenibilidad del mismo.

Materiales y métodos

En cuanto al enfoque filosófico, por el uso de los instrumentos de recolección de la información, análisis y vinculación de datos, el presente estudio se fundamenta en la integración sistémica de los métodos y técnicas cuantitativas de investigación, por tanto, se realiza mediante un Enfoque Filosófico de Investigación Cuantitativo. Según el nivel de profundidad del conocimiento es descriptivo, el investigador se limita a medir la presencia, las características o la distribución de un fenómeno en una población en un momento acorde al tiempo, están dirigidos a determinar "cómo es" o "cómo está" la situación de las variables que se estudian en una población.

De acuerdo al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información es prospectivo debido a que se registraron hechos según iban ocurriendo. Según el periodo y secuencia del estudio este es transversal ya que se recolectan los datos en un solo momento, en un tiempo único.

La unidad de análisis de este estudio fue el sistema de bombeo de agua potable de la comunidad, inicialmente se utilizó una encuesta para recopilar información sobre la problemática que existía en la comunidad respecto al agua potable, esto permitió conocer a detalle el problema existente.

El Proyecto PROPILAS (Proyecto Piloto De Agua Y Saneamiento) inició sus actividades el año 1999, contando con el financiamiento de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación – COSUDE-, el acompañamiento del Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial – PAS/BM- y la asesoría técnica de CARE Perú a través del equipo PROPILAS. Desde entonces, su intervención en temas de agua y saneamiento rural se ha desarrollado sucesivamente en los niveles comunal, distrital y regional. La experiencia desarrollada y sistematizada le ha permitido validar propuestas de gestión bajo conceptos de sostenibilidad, eficacia y transparencia, e incidir en políticas y programas sectoriales de nivel nacional, además PROPILAS desde el año 2002 viene usando una metodología para la elaboración de diagnósticos en agua y saneamiento en diversos lugares del país, principalmente en la región de Cajamarca (Gonzales, 2021).

Esta metodología consta de formatos de calificación que contienen preguntas sobre los tres aspectos citados. Cada una de las preguntas en su gran mayoría tienen carácter cualitativo, tienen alternativas de respuestas, y a cada una de las alternativas (para la evaluación de sostenibilidad) se le asigna un valor numérico con los que se hace el cálculo de promedios según el porcentaje de incidencia asignado, estos porcentajes de incidencia se han brindado de acuerdo a la importancia del componente evaluado de cada una de las variables que involucran el estado del sistema, la gestión de los servicios y la operación y mantenimiento.

El procedimiento que se siguió para la recolección de los datos e información se presentan de acuerdo con cada uno de los objetivos planteados en esta investigación. Para recoger la información en campo se utilizaron los siguientes formatos:

Formato 01: Condición actual del sistema de abastecimiento

Es una guía de observación que permitió obtener información sobre el estado actual de cada uno de los componentes del sistema de agua potable. Se realizó a través de la observación directa y manipulando los diferentes accesorios que forman parte de la infraestructura del sistema, realizando el recorrido de todo el sistema acompañado por un representante del CAPS.

Formato 02: Encuesta y guía de información sobre gestión de los servicios, operación y mantenimiento permitió obtener información acerca de la gestión de los dirigentes, administración del sistema, operación y mantenimiento del sistema de agua potable para conocer, si la comunidad tiene un plan de mantenimiento, para ello se entrevistó a un representante del Comité de Agua Potable y saneamiento quien brindó la información necesaria acerca de los factores antes mencionados.

La determinación de las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas del agua se realizaron en el laboratorio LAQUISA ubicado en la ciudad de León; las muestras fueron recolectadas por el equipo de investigación.

Resultados y discusión

Infraestructura del sistema

En la comunidad El Pino fue instalado un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), desde hace 12 años que abastece a los dos sectores de la comunidad los cuales son El Pino N°1 y El Pino N°2, en sus inicios el sistema funcionaba con paneles solares fotovoltaicos los cuales permitían bombear el agua proveniente de un pozo hacia un tanque de almacenamiento y luego por gravedad se abastecen puestos de agua para el consumo de la población.

A pesar de contar con este sistema renovable en sus inicios, este fue finalmente removido, contaba con veinte paneles con potencia de 200W cada uno para alimentar el sistema de bombeo sumergible, pero dos de ellos fueron robados, esto por la falta de seguridad del sistema mismo, por tal razón fue tomada la decisión del cambio del sistema. Este siguió en funcionamiento mediante un generador eléctrico diésel puesto que para estas fechas no existía la red eléctrica de media tensión, posterior a ello es conectado a la red eléctrica convencional momento después de que esta llegase a la comunidad.

La red se diseñó para abastecer a 14 puestos públicos y una demanda de agua estimada de 31.2m^3 . En la etapa de formulación se proyectaba como objeto de estudio a 63 viviendas, actualmente se abastecen a 72 familias.

El sistema es operado por una persona encargada de encender y apagar el sistema cuando sea requerido así mismo las funciones de mantenimiento, pero solo cuando el sistema cuenta con algún tipo de avería es decir un mantenimiento únicamente correctivo. A su vez cuenta con un comité de agua potable y saneamiento (CAPS) legalmente inscrito en la alcaldía de Estelí

En cuanto a la condición técnica del sistema se encontró que:

- La obra de alcance más relevante es el suministro e instalación de 750 m de acometida eléctrica en 220 V.
- El pozo perforado, este tiene una profundidad de 8.10 m y su diámetro es de 3.15 m, nivel estático de 1.85m, diámetro de la tubería PVC de 3 pulgadas además según la persona encargada del mantenimiento del sistema comenta que el pozo en época de verano se obtiene menos agua comparado con el invierno, dando como resultado fechas críticas en las que no es posible extraer agua del pozo.
- La línea de conducción del tanque a la pila tiene un diámetro de 2 pulgadas de los cuales 225m son PVC SDR 26 y 12m de HG, el agua llega al tanque de almacenamiento a través de bombeo eléctrico, a la capacidad del tanque 24.5m³ de agua, y está ubicado en la parte alta de la comunidad

En cuanto a los datos técnicos del equipo de bombeo

El circuito de mando eléctrico del sistema se encuentra instalado dentro de una caseta; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, por lo cual el sistema está resguardado, lo que permite que no se deteriore, los cables de conexión a los disyuntores se encuentran en excelente estado, los datos técnicos de la bomba se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos técnicos de la bomba

Control	Control Box Franklin Electric
Modelo	2823018110
Hp	2
V	230
S. F	Max
A	9.8

En cuanto a la pila de almacenamiento está hecha de ladrillos y concreto repellado, tiene una altura de 2 m, un ancho de 3.5 m y una longitud de 3.5 m con una capacidad de almacenamiento de 2500 litros lo que es equivale en 24.5 m³ de agua para abastecer a 72 familias.

El diámetro del ramal principal cuenta con tubería de 1½ pulgada. El sistema MABE de la comunidad El Pino fue diseñado en su momento para 14 puestos públicos y en los alcances de obra se enfatiza en que deben reconstruirse 8 puestos públicos y 6 requieren reparación esto con el objeto de mejorar las condiciones y el acceso al sistema de agua potable.

La calidad del agua del sistema de la comunidad, se determinó de acuerdo al formato PROPILAS de Care (2011), donde el agua no pasa por un proceso de cloración por lo tanto se desconoce el nivel de cloro residual en el agua, no existe un análisis bacteriológico realizado durante los últimos años y la institución quien supervisa la calidad del agua ENACAL (Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados) no ha realizado estudios que comprueben la calidad de esta. El agua que consumen es clara, no se observaron elementos extraños.

Según una encuesta realizada un 69% de los encuestados piensan contar con agua de buena calidad y un 72% cuentan con una buena higiene y salud en el sistema.

De acuerdo al puntaje obtenido según el formato PROPILAS, el estado de la infraestructura le corresponde 3.1, lo que supone en proceso de deterioro o medianamente sostenible debido a las

distintas condiciones que ha presentado la infraestructura y teniendo en cuenta las normativas que de momento no cumple este sistema.

Gestión, operación y mantenimiento del sistema

Siguiendo las indicaciones del formato PROPILAS la evaluación de la gestión administrativa de sistema en la comunidad se determinó a partir de información brindada por miembros de la directiva del CAPS y con los usuarios del sistema.

Por consiguiente se ha conocido que el sistema de agua potable es administrado por el CAPS, estos son reconocidos legalmente y organizados por la alcaldía de Estelí, sin embargo, no cuentan con registro técnico, algunos consumidores pagan el servicio de agua potable, pero no todos los usuarios, siendo este el 13% de los encuestados, quienes manifiestan no recibir agua potable a su vez personas de la población afirman que estos sí reciben, al no tener medidor esto no se puede comprobar ya que las personas toman el agua de los puestos públicos directo a sus casas y no hay forma de comprobación más allá de la visual.

En relación a la participación de las mujeres como elemento primordial en la composición de los comités de agua, es importante señalar que dentro de la junta directiva de dicho comité están trabajando de manera activa tres mujeres quienes ocupan cargos de fiscal, tesorera y vocal respectivamente. Dándole así protagonismo mayoritariamente a la mujer dentro del CAPS.

Según la investigación la evaluación de la gestión administrativa se determinó mediante el formato PROPILAS el promedio del puntaje de los 14 criterios, en el que se obtuvo una puntuación de 2.86. La gestión se encuentra en el rango de 2.51–3.50 esto quiere decir que se encuentra en un estado regular o medianamente sostenible.

En cuanto a la evaluación de la operación y mantenimiento, se ha evaluado según el formato: si cuentan con un plan de mantenimiento, si existe participación de los usuarios en reparaciones o mantenimiento del sistema, cada cuanto tiempo cloran el agua, si realizan limpieza a la pila de almacenamiento, si existe persona encargada de mantenimiento, si este remunerado, entre otras.

El CAPS no cuenta con un plan de mantenimiento, la persona encargada de la operación de sistema es quien también realiza los mantenimientos, esta persona fue capacitada por Familias Unidas sin embargo cuando hay problemas mayores tienen que recurrir a un especialista en fontanería, no aplican algún tipo de limpieza en la pila, a pesar de ello está en buen estado y no presenta fugas, además no realizan cloración al agua. El área que rodea el pozo es área verde por lo que la flora es abundante en la zona.

Mediante las encuestas realizadas el 99% de las personas de la comunidad manifiesta hacer uso racional del agua cuando disponen de ella, lo que representa respuesta positiva. El 90% considera importante el mantenimiento que se realiza a los sistemas de agua potable.

Según los puntajes obtenidos de operación y mantenimiento en el sistema, los resultados muestran un puntaje de 2.67, por tanto, se localiza en el rango 2.51–3.50 siendo este un sistema medianamente sostenible.

Índice de sostenibilidad

Mediante el formato PROPILAS se determina la sostenibilidad del sistema, promediando el puntaje total de cada uno de los elementos que componen este tal como se muestra en la Tabla 2 y utilizando la Fórmula 1.

Tabla 2. Índice de sostenibilidad del sistema de la comunidad

Comunidad	Infraestructura del sistema (Est)	Gestión administrativa (G)	Operación y mantenimiento (OM)	Índice de sostenibilidad
El Pino	3.1	2.86	2.67	2.93

Fórmula 1. Índice de sostenibilidad, formato PROPILAS

$$\text{Índice de sostenibilidad} = (\text{Est} * 0.5) + (\text{G} * 0.25) + (\text{OM} * 0.25)$$

Por lo tanto, el índice de sostenibilidad general del sistema de bombeo de agua potable según el formato PROPILAS resulta de 2.93 puntos en donde se encuentra en proceso de deterioro o medianamente sostenible.

Propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua

Se analizó un total de 16 variables, de las cuales, 14 corresponden a físicas – químicas y 2 a microbiológicas. Los resultados se compararon tanto con la norma CAPRE de consumo humano, como con la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON) 05 007-98, tipo 1A (Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o sub - producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él, y que requiere únicamente la adicción de desinfectantes).

Clasificación de las aguas según su dureza

El valor obtenido en el pozo El Pino clasifica la dureza del agua como suaves, al encontrarse por el rango de 0 -60 mg/L de dureza como carbonato de calcio según la Tabla 3 (Neira Gutierrez, 2006).

Tabla 3. Clasificación de aguas según su dureza (Neira Gutierrez, 2006)

Rango de (mg/L CaCO ₃)	Dureza Descripción
0 – 60	Suaves
61 – 120	Moderadamente duras
121 – 180	Duras
más de 180	Muy duras

Desde el punto de vista de calidad de agua estimada a partir de la dureza total en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se clasifica como aguas de **buena calidad** en relación con los valores contenidos (Neira Gutierrez, 2006).

Tabla 4. Clasificación de la calidad del agua el rango de dureza (Neira Gutierrez, 2006)

Calidad del Agua	Rango de dureza
Aguas de buena calidad	Hasta 150 mg de CaCO ₃
Aguas de calidad media	Hasta 300 mg de CaCO ₃
Aguas de calidad aceptable	Hasta 500 mg de CaCO ₃
Aguas difícilmente utilizables	Por encima de 600 mg de CaCO ₃

Análisis bacteriológicos

Los parámetros microbiológicos están formados por: coliformes totales y coliformes fecales. En la Tabla 5 se detallan los resultados obtenidos y su comparación con las normas vigentes (Número más probable por cada 100 ml). NMP: Número más probable.

Tabla 5. Resultados de parámetros microbiológicos del pozo

Análisis	Método	Unidad	Resultado El Pino I y II	Norma CAPRE (Máximo Admisible)	NTON 05 007-98
*Coliformes Totales	SMEWW 9221 B	NMP/100 ml	49	Negativo	200
*Coliformes Fecales	SMEWW 9221 E	NMP/100 ml	5	Negativo	NA

Los resultados de la Tabla 5 indican que el agua del pozo que abastece la comunidad El Pino presenta 49 NMP/100 ml coliformes totales. Así mismo se encontró presencia de 5 NMP/100 ml de coliformes fecales.

Con los resultados mencionados anteriormente, las aguas desde el punto de vista biológico, según las normas CAPRE, sobrepasan el máximo admisible permitido para consumo humano.

Estos resultados coinciden con el estudio realizado por Moraga, Benavidez y Camas (2021) en el que las pruebas microbiológicas realizadas en los pozos muestran contaminación por parte de coliformes en los cuales están 8 en coliformes totales y 2 en coliforme fecales, lo que hace notar los niveles de contaminación existentes en comunidades rurales de Estelí. Sin embargo, es de resaltar la calidad del agua en las que los dos estudios destacan una buena calidad en cuanto a la dureza por el carbonato de calcio.

Propuesta mejoras en la gestión, operación y manteniendo del sistema

A partir de las observaciones al sistema de bombeo de agua potable de la comunidad EL Pino y su estado actual, tanto en estructura, gestión administrativa, así como la operación y mantenimiento

del mismo, se proponen las siguientes mejoras que serán de valor para la sostenibilidad del proyecto.

Estado de la infraestructura del sistema

La estructura se encuentra en buenas condiciones sin embargo presenta poco mantenimiento y limpieza. La persona encargada de accionar la bomba tiene que subir desde la ubicación de la caseta eléctrica hasta la zona en la que está colocada la pila de almacenamiento para verificar el llenado de esta, ya que al no contar con una válvula de llenado el flujo tiende a desbordarse.

Propuestas

- Aplicar mantenimiento en las zonas que sea necesario (repello en agujeros que presenta la pila), para que los defectos no se hagan mayores.
- Medición del tiempo de llenado de la pila de almacenamiento.
- Instalación de kit de medición de parámetro cloro y pH.
- Mayor seguridad en la tapadera de la pila (candado en la cerradura).

Red de distribución

La red de distribución cuenta con ciertas tuberías expuestas en la transición de la misma por lo que en ocasiones tienden a romperse por diferentes factores, a su vez personas de la comunidad han realizado modificaciones para beneficio propio de su vivienda. La red no cuenta con cámara rompe presión CRP7 la cual sirve para romper las presiones que el agua trae producto de la gravedad.

Propuestas

- Reparación de tuberías en las zonas que se encuentran defectuosas, así mismo modificar las partes en las que estén expuestas y propensas a deterioros para no reparar los mismos daños con frecuencia.
- Instalar en los puntos bajos de la tubería una válvula de limpieza para expulsar sedimentos que se acumulan en los puntos bajos de la línea, así mismo válvulas de compuerta que se encontrarán dentro de la red de distribución, las cuales permitirán, al ser necesario, el cierre de subsectores para cualquier eventualidad seguir prestando el servicio. Cada válvula de compuerta se encontrará en su respectiva caja. Esta caja estará construida de ladrillo con tapadera de concreto.
- Construir cámaras rompe presión CRP7 en las zonas necesaria para evitar la rotura de tuberías.
- Instalar micro medidores que registren el consumo de agua en las viviendas que garantice el pago justo y correspondiente del vital líquido que necesita cada hogar y por ende la sostenibilidad del sistema de agua potable.

Sistemas de desinfección

No disponen de un método adecuado de desinfección del agua, ya que desconocen la calidad del agua, a su vez la cloración realizada no es correcta ya que se llega a realizar cada 3 o más meses.

Propuestas

- Instalar un equipo de cloración que permita la desinfección constante del agua potable.

- Instruir al encargado del funcionamiento del sistema acerca de la cloración correcta del agua y establecer correctamente los periodos en los que se debería aplicar.

Sistema eléctrico

El panel eléctrico se encuentra resguardado en la caseta sin embargo la seguridad que lo resguarda no es la adecuada, el cerco está deteriorado y la puerta de la caseta no cuenta con ningún candado.

Propuestas

- Mejoras en el cerco perimétrico que cubre el pozo y la caseta, a su vez no permitir el acceso a personas que no estén autorizadas por el CAPS.
- Colocar candado de seguridad en la puerta de la caseta.
- Limpieza de excesos de concreto que quedó encima de la caja de control luego del repello de la pared.

Gestión administrativa

Observaciones

El CAPS no realiza reuniones con la frecuencia necesaria ni tienen establecidas fechas concretas para la realización de estas. El encargado tiende a anotar las personas que aporta la tarifa, sin embargo, no hacen un balance concreto con lo que cuentan; asimismo desconocen la cantidad de familias que no son puntuales con el pago más sin embargo son beneficiarios del sistema. No tienen expedientes del funcionamiento del sistema. Del mismo modo no realizan gestiones necesarias para acrecentar el conocimiento del funcionamiento del sistema y tampoco gestiones para conocer la calidad del agua.

Propuestas

- Realizar cronograma actividades y reuniones por parte del CAPS, así mismo el instruir a las familias de la comunidad al correcto uso del sistema de manera sostenible y equitativa.
- Tener un control de los ingresos adecuado disponiendo así de un fondo para las inversiones, actividades y distintas reparaciones que el sistema necesita.
- Tramitar la instalación de micro medidores para controlar el consumo de agua e implementar un sistema de tarifas de cobro mensual por servicio de acuerdo a la razón de consumo, debe lograr cubrir los gastos directos e indirectos que incurren en la conducción, la desinfección y la distribución del agua potable, así también para obtener una reserva que sirva para cubrir futuras inversiones en ampliaciones del sistema.
- Diseñar formatos que permitan tener un expediente del funcionamiento del sistema, lo que es de utilidad para futuras ampliaciones del servicio.
- Efectuar distintas capacitaciones sobre la cloración, correcta reparación del sistema, lo que genera una mayor durabilidad del mismo y reduciría los costos en reparaciones.
- Realizar exámenes de la calidad del agua con los distintos indicadores bacterianos de contaminación gestionadas por las autoridades correspondientes para garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua, así como el saneamiento para todas las personas.
- Gestionar distintas inversiones para la mejora del sistema tanto técnico como administrativo además de materiales, herramientas y equipos para la correcta función de este.

Operación y mantenimiento

Este sistema no cuenta con ningún tipo de guía de mantenimiento tanto correctivo como preventivo, por lo que al momento de fallas tienden a improvisar o incluso tiende a tardar la reparación de estas, por tal razón las fallas son más frecuentes. La persona encargada de la operación y mantenimiento no es especialista en ello por lo tanto no siempre dispone de las herramientas adecuadas por lo que si surgen fallas eléctricas tienen que buscar a alguien disponible o incluso llevar la bomba a la ciudad para su reparación.

Propuestas

- Realizar guía de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema el cual previene la aparición de fallos y averías en los equipos.
- Capacitaciones al operador del sistema sobre la operación y mantenimiento del sistema. Antes de la puesta en marcha de la bomba para el llenado del tanque de almacenamiento, se debe revisar el cuadro de mando eléctrico, para detectar desperfectos eléctricos además deberá poner especial atención al cuidado, revisión de las válvulas instaladas y manejarlas adecuadamente; visualizando las tuberías para localizar fugas.
- La correcta cloración del sistema es indispensable ya que esto está altamente ligado a la salud de las personas de la comunidad, esta debe ser aplicada cada vez en el periodo establecido con la instalación del clorinador.
- Contactar a una persona fija la cual se encargue de las reparaciones que no se puedan realizar por el encargado del mantenimiento de la comunidad como el sistema eléctrico, esto permitirá realizar las correcciones más rápido sin necesidad de transportar los equipos hasta la ciudad.
- Se debe llevar un registro de las actividades de mantenimiento desarrolladas sobre las instalaciones (tuberías, válvulas, tanque de almacenamiento) y equipos (bomba, cuadro eléctrico). De tal manera que con las intervenciones realizadas se conozca el desempeño de los equipos e instalaciones, y estimar el tiempo restante de vida útil o sustitución indicada por razones de orden técnico.

Tras el análisis y las propuestas del sistema con el fin de mejorar la sostenibilidad de este se ha realizado un presupuesto en base a las mejoras que se necesitan llevar a cabo, en el cual el costo total es de C\$33,750.00. En este no se incluyen micromedidores puesto a que quien se encarga de esto es la empresa ENACAL y es esta quien dispone de los permisos y requerimientos para la instalación de estos

Conclusiones

1. A partir del estado actual del sistema de bombeo de agua potable en la comunidad El Pino, se ha evaluado su sostenibilidad y modelo de gestión permitiendo concluir que se encuentra en estado regular o medianamente sostenible debido a deficiencias en la calidad y mayormente deficiencias en algunos componentes de la infraestructura

2. Según la evaluación, el tipo de gestión, operación y mantenimiento este sistema se encuentra medianamente sostenible según la puntuación obtenida por el formato PROPILAS.
3. El índice de sostenibilidad de todo el sistema de agua potable de acuerdo a los factores de sostenibilidad se califica como un sistema medianamente sostenible o en estado regular.
4. De acuerdo a los resultados del examen físico-químico y bacteriológico del agua de consumo de la comunidad El pino se concluye que, las aguas desde el punto de vista biológico, según las normas CAPRE, sobrepasan el máximo admisible permitido para consumo humano, por lo tanto, debe recibir algún tipo de tratamiento que sobrelleve a su potabilización plena y confiable. Desde el punto de vista de calidad de agua estimada a partir de la dureza total se clasifica como aguas suaves en relación con los valores obtenidos.
5. Se ha realizado una síntesis de propuestas según las observaciones realizadas, con el fin de incrementar el buen funcionamiento y la sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua el cual tiene un coste de C\$33,750.00; destacando en ellas el uso de un clorinador para la purificación del agua y la aplicación de un plan de mantenimiento para extender el periodo útil del sistema.

Bibliografía

- Blanco, E., Velarde, S., & Fernández, F. (1994). *Sistemas de bombeo*. Gijón: UNIVERSIDAD DE OVIEDO. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56407640/Sistemas_de_Bombeo_-_1994-libre.pdf?1524581224=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSISTEMAS_DE_BOMBEO.pdf&Expires=1670779593&Signature=C8T3T3Fuk01PTtG04~Gnl7r1u8ZeLr7DX2RP1Ew3DXMzb~c5x9IWqZPVfC
- Cordero Torres, J. M. (2 de Diciembre de 2011). *Ciencia y Sociedad*. Recuperado el 7 de Noviembre de 2022, de Repositorio INTEC: <https://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/bitstream/handle/123456789/1379/CISO20113604-682-701.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ENACAL. (2021). *Cobertura de agua rural en Nicaragua*. Managua: SINIBU.
- Gonzales, C. (2021). *Diagnostico y determinación del índice de sostenibilidad mediante la propuesta de mejora al método PROPILAS, del sistema de agua potable en el centro poblado Choquepata, distrito de Oropesa -Cusco*. Tesis de grado, Cusco. Recuperado el 18 de Agosto de 2022, de https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/4764/Cesar_Tesis_bachiller_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Israel Irías, H. R. (2019). *Evaluación de la gestión y estado de mini acueductos por bombeo eléctrico, de las comunidades Sontule y los Plancitos, Esteli*. Esteli.
- Moraga, M., Benavidez, R., & Camas, Y. (2021). *Evaluación de la sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua en la comunidad Paso Ancho del Municipio de Estelí*. Estelí.
- Neira Gutierrez, M. A. (2006). *Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. estudio de caso: Chile*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.