



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria, FAREM-Estelí

**Evaluación de la sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua en la
comunidad de Paso Ancho del municipio de Estelí en el año 2021**

Trabajo monográfico para optar
al grado de

Ingeniero en Energías Renovables

Autores

Mauricio José Moraga Marín

Richard József Benavidez Markó

Yader Alexander Camas Moreno

Tutor

Dr. Edwin Antonio Reyes Aguilera

Estelí, 10 de febrero 2022



Dedicatoria

Este éxito está dedicado en primer lugar a Dios nuestro Señor que nos ha brindado la vida, la fuerza de voluntad, sabiduría, paciencia, fortaleza y determinación para realizar este estudio superior.

A nuestros padres por su gran confianza, apoyo económico, moral y amor incondicional mostrado durante nuestras vidas, lo que nos ha permitido culminar nuestros estudios. A hermanos, hermanas y familia quienes también nos brindaron su apoyo.

A nuestro tutor el Dr. Edwin Antonio Reyes Aguilera por su gran ayuda incondicional, amistad, consejos y buenos deseos en este proceso de culminación de carrera.

A todas las personas que nos acompañaron a través de esta gran experiencia de aprendizaje, por todos los encuentros y despedidas, por compartir este inolvidable período de 5 años de profesionalización. A compañeros, amigos y profesores por el tiempo compartido y consejos brindados que serán parte esencial de nuestra formación.

Agradecimiento

A Dios

Por habernos brindado salud, fuerza de voluntad y sabiduría para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestros padres

Por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos ha permitido ser personas con buenos principios morales y por su incondicional amor.

A nuestros maestros

A nuestro tutor Dr. Edwin Antonio Reyes Aguilera por su ayuda incondicional, consejos y buenos deseos en este proceso de culminación de carrera, a todos los docentes y compañeros que han hecho posible que se lograsen todos los estudios en la trayectoria de nuestro desarrollo.

Al maestro Leonel Aron Vílchez por su apoyo y asesoría en el análisis de los resultados de laboratorio realizado al agua.

Estelí, siete de febrero de 2022

M.Sc Wilfredo Van de Velde
Director del departamento de Ciencias Tecnológicas y Salud
FAREM-Estelí, UNAN-Managua

Reciba mis más respetuosos saludos.

Por este medio estoy autorizando la presentación en defensa del tema de monografía titulado: *Evaluación de la sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua en la comunidad de Paso Ancho del municipio de Estelí en el año 2021*, que se inscribe en la línea de investigación: N°4. Ingeniera, Industria y construcción, sub línea IIC-1: Innovación, Tecnología y medio ambiente con la temática IIC-1.1 Energía Renovable de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN – MANAGUA) /Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM – ESTELÍ).

Este trabajo ha sido realizado por los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables:

| Nombres y Apellidos | Número de Carnet |
|--------------------------------|-------------------------|
| Richard József Benavidez Markó | 17-51112-6 |
| Yader Alexander Camas Moreno | 15-07562-5 |
| Mauricio José Moraga Marín | 17-50133-6 |

Atentamente,

Dr. Edwin Antonio Reyes Aguilera
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0996-1567>
FAREM – Estelí, UNAN -Managua

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito, la evaluación de la sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad Paso Ancho del municipio de Estelí. El método que se utilizó es observacional, según su enfoque filosófico es cuantitativo, de corte transversal y de acuerdo a su nivel es descriptivo. Se utilizó la metodología PROPILAS (Proyecto Piloto de Agua y Saneamiento), que reunió información en campo a través de formatos, a fin de determinar si el sistema de agua potable es sostenible en la demanda actual. Se obtuvo como resultado de la revisión del estado del sistema que este ha sido modificado, presenta problemas en tuberías, pila de almacenamiento, control de mando eléctrico y dificultades en el abastecimiento de agua hacia la comunidad por la poca continuidad del servicio causando inconformidad en los usuarios. Se concluye que de acuerdo al puntaje obtenido en cada evaluación de los factores este se califica como un sistema medianamente sostenible o en estado regular, además, las aguas desde el punto de vista biológico, según las normas CAPRE, sobrepasan el máximo admisible permitido para consumo humano dejando en evidencia que deben recibir algún tipo de tratamiento que sobrelleve a su potabilización plena y confiable.

Palabras clave: sostenibilidad, abastecimiento de agua, metodología PROPILAS.

ÍNDICE

Capítulo I 1

| | |
|--|----------|
| 1.1 Introducción | 1 |
| 1.2 Planteamiento del problema | 2 |
| 1.2.1 Caracterización del problema | 2 |
| 1.2.2 Delimitación del problema | 2 |
| 1.2.3 Formulación del problema..... | 3 |
| 1.2.4 Sistematización del problema..... | 3 |
| 1.3 Justificación | 4 |
| 1.4 Objetivos..... | 5 |
| 1.4.1 Objetivo General..... | 5 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos | 5 |

Capítulo II..... 6

| | |
|---|----|
| 2.1 Antecedentes de la investigación..... | 6 |
| 2.2 Marco Teórico | 9 |
| 2.2.1 Sistema de agua potable y sus componentes | 9 |
| 2.2.1.1 Agua | 9 |
| 2.2.1.2 Agua Potable | 9 |
| 2.2.1.3 Abastecimiento de Agua Potable | 9 |
| 2.2.1.4 Calidad del Agua | 10 |
| 2.2.1.4.1 Parámetros indicadores de la Calidad del Agua | 10 |
| 2.2.1.4.2 Parámetros fisicoquímicos..... | 12 |
| 2.2.1.4.3 Parámetros Bacteriológicos | 17 |
| 2.2.1.5 Cantidad del Agua | 18 |
| 2.2.1.6 Desinfección del Agua | 19 |
| 2.2.1.7 Componentes de un sistema de agua potable | 19 |
| 2.2.2 Sostenibilidad de un sistema de agua potable | 19 |
| 2.2.2.1 Sistemas en Proceso de Deterioro (Medianamente sostenibles) | 20 |
| 2.2.2.2 Sistemas en Grave Proceso de Deterioro (No sostenible)..... | 20 |
| 2.2.2.3 Sistemas Colapsados | 20 |
| 2.2.3 Factores o dimensiones de sostenibilidad..... | 21 |
| 2.2.3.1 El estado del sistema de agua potable | 21 |
| 2.2.3.2 La gestión de un sistema de agua potable | 21 |
| 2.2.3.3 La operación y mantenimiento del sistema de agua potable | 22 |
| 2.2.3.4 Criterios de evaluación de los sistemas de agua..... | 23 |

| | | |
|---------------------|---|-----------|
| 2.2.4 | Las Organizaciones Rurales y el Agua de Uso Humano..... | 23 |
| 2.2.4.1 | Comité de agua potable y saneamiento | 24 |
| 2.2.4.2 | Asamblea General | 24 |
| 2.3 | Hipótesis de investigación..... | 25 |
| Capítulo III | | 26 |
| 3.1 | Diseño Metodológico | 26 |
| 3.1.1 | Tipo de estudio | 26 |
| 3.1.2 | Área de Estudio | 27 |
| 3.1.2.1 | Ubicación..... | 27 |
| 3.1.3 | Área de Conocimiento | 28 |
| 3.2 | Universo y muestra..... | 28 |
| 3.3 | Matriz de Operacionalización de variables | 29 |
| 3.4 | Métodos y técnicas de recolección de la información | 30 |
| 3.5 | Procedimiento para recolección de datos e Información..... | 32 |
| Capítulo IV | | 35 |
| 4.1 | Resultados y discusión | 35 |
| 4.1.1 | Estado actual del sistema de agua potable..... | 35 |
| 4.1.2 | Gestión, operación y mantenimiento del sistema de agua potable | 43 |
| 4.1.2.1 | Gestión Administrativa (G) | 43 |
| 4.1.2.2 | Operación y Mantenimiento (O y M)..... | 45 |
| 4.1.3 | Propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua | 47 |
| 4.1.4 | Propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento, a la operación y mantenimiento y a la gestión..... | 52 |
| Capítulo V | | 59 |
| 5.1 | Conclusiones..... | 59 |
| 5.2 | Recomendaciones | 61 |
| Bibliografía | | 63 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Criterios de evaluación según Método PROPILAS | 30 |
| Tabla 2 Calificación de índice de sostenibilidad, según PROPILAS | 31 |
| Tabla 3 Resultados de parámetros físicos – químicos del pozo en estudio..... | 48 |
| Tabla 4 Clasificación de las aguas según su dureza..... | 49 |
| Tabla 5 Clasificación de la calidad del agua según el rango de dureza | 50 |
| Tabla 6 Resultados de parámetros microbiológicos de los pozos en estudio..... | 50 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Mapa comunidad Paso Ancho de la ciudad de Estelí, Nicaragua..... | 28 |
| Figura 2 Recolección de muestra fisicoquímico y bacteriológicas del agua..... | 33 |
| Figura 3 Almacenamiento de muestra..... | 34 |
| Figura 4. Bomba de mecate..... | 35 |
| Figura 5 Sistema eléctrico | 36 |
| Figura 6 Sistema de bombeo de agua..... | 39 |
| Figura 7 Pila de almacenamiento | 39 |
| Figura 8 Tanque de almacenamiento | 40 |
| Figura 9 Tubería línea madre | 41 |
| Figura 10 Tubería en derivación para las casas..... | 41 |
| Figura 11 Tuberías expuestas..... | 42 |
| Figura 12 Puesto público inhabilitado..... | 42 |
| Figura 13 Diagrama de Piper del pozo en estudio | 51 |
| Figura 14 Lugar propuesto para la construcción de la pila | 56 |

Capítulo I

1.1 Introducción

El agua potable representa un elemento indispensable para definir el desarrollo de las comunidades rurales del país. El agua potable mejora la calidad de vida de los habitantes que tienen acceso a la misma, disminuye el riesgo de contraer enfermedades y provocar focos infecciosos, es decir tiene una influencia directa favorable en el campo de la salud.

El agua y saneamiento dentro del desarrollo y la mejora de la calidad de vida de la población, ha brindado un importante aporte, específicamente en la salud y bienestar de la familia. Este importante recurso de uso cotidiano, ha permitido desarrollar hábitos y prácticas a favor de la higiene, la mejora de las condiciones de habitabilidad y cambios en las condiciones de salud de la población. Conscientes de ello, la población, en especial de la comunidad Paso Ancho y otras comunidades de la zona rural de Estelí, consideran y manifiesta preocupación por la obtención del agua y una búsqueda permanente para gestionar su acceso.

El sistema de agua potable de la comunidad Paso Ancho, consiste en una serie de obras para captar, conducir, almacenar y distribuir el agua hasta los pobladores que son favorecidos con este servicio. En el presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad Paso Ancho, del departamento de Estelí. El sistema de agua potable estudiado abastece a 288 beneficiarios, para su evaluación se utilizó la metodología PROPILAS, se determinó en qué condiciones se encuentra el estado del sistema, gestión, operación y mantenimiento; y así determinar el índice de sostenibilidad.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Caracterización del problema

Según la UNESCO, (2014-2015) La escasez de agua es un fenómeno natural, pero también un fenómeno inducido por los seres humanos. Aun cuando hay suficiente agua dulce en el planeta para satisfacer las necesidades de una población mundial de cerca de siete mil millones de personas, su distribución es desigual tanto en el tiempo como en el espacio, y mucha de ella es desperdiciada, contaminada y manejada de manera insostenible.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud OMS (2017) aproximadamente 1,1 mil millones de personas en todo el mundo no tienen acceso a fuentes de agua mejorada. Asimismo, 2,4 mil millones no tienen acceso a ningún tipo de instalación mejorada de saneamiento. Los principales problemas que causan esta situación incluyen la falta de prioridad que se le da al sector, la escasez de recursos económicos, la carencia de sostenibilidad de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento.

Duran Juárez & Torres Rodríguez (2006) manifiestan que: la disponibilidad del agua es un problema actual y complejo en el que interviene una serie de factores que van más allá del incremento poblacional que demanda cada vez más este recurso para uso del consumo humano, así como para llevar a cabo actividades económicas.

1.2.2 Delimitación del problema

En la comunidad de Paso Ancho de la zona rural de Estelí habitan 288 personas, el sistema de abastecimiento de agua existente brinda el servicio a 35 familias de 48 existentes en la comunidad lo que indica que el 23% de las familias no cuentan con el servicio de agua, además el periodo de bombeo es de 1 a 1 ½ hora diario lo que, no se considera suficiente, las personas que no cuentan con acceso al agua deben acarrearla de las viviendas a las que se abastecen, algunas viviendas cuentan con conexión al sistema pero el líquido no llega a sus hogares, el no contar con este vital líquido contribuye de forma negativa a las enfermedades en la comunidad.

Esto no garantiza un funcionamiento continuo y confiable de los equipos del sistema de abastecimiento de agua potable. El inadecuado sistema de abastecimiento de agua potable que existe en la localidad trae consigo el desabastecimiento de agua a la población, contaminación, limitado desarrollo de actividades productivas y suspensiones periódicas del sistema, evidenciando la falta de buena planificación en la gestión, administración, operación y mantenimiento brindada a la infraestructura del sistema.

1.2.3 Formulación del problema

A partir de la caracterización y delimitación del problema antes expuesto, se plantea la pregunta principal del presente estudio: ¿Cómo se evalúa la sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable para cubrir la demanda poblacional, utilizando la metodología PROPILAS en la comunidad de Paso Ancho del municipio de Estelí?

1.2.4 Sistematización del problema

Las preguntas de sistematización correspondientes se presentan a continuación:

- ¿Cómo se determinan las condiciones actuales de funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua instalado en la comunidad Paso Ancho?
- ¿Cómo se analiza la gestión, operación y mantenimiento del sistema de agua potable existente en la comunidad Paso Ancho utilizando la metodología PROPILAS?
- ¿Cómo se evalúan las propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua de consumo de la comunidad de Paso Ancho?
- ¿Cuál es la propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento, a la operación y mantenimiento y a la gestión que contribuya al mejoramiento del sistema?

1.3 Justificación

La razón de esta investigación es de gran relevancia para los habitantes de la comunidad porque facilitará las recomendaciones de mejoras del sistema de abastecimiento de agua potable y su accesibilidad previniendo sobreesfuerzo para un mayor desarrollo social en el ámbito domiciliario y la mejora de la calidad de vida de la población, brindando un importante aporte, específicamente en la salud y bienestar de la familia.

Entre los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la ONU, (2019) para los países de Latino América se encuentra el de garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Este objetivo vela por el bienestar de la seguridad alimentaria de las personas por lo que este estudio está en concordancia con lo planeado con la agenda de desarrollo sostenible para el 2030.

En el presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Paso Ancho que dispone de un sistema de agua potable con bombeo eléctrico o Mini Acueducto con Bombeo Eléctrico (MABE). El sistema de agua potable estudiado se evaluó mediante la metodología PROPILAS.

Este estudio investigativo se realizó con el propósito de tener conocimiento del estado actual del sistema de agua potable de la comunidad de Paso Ancho ya que en la actualidad no se cuenta con ningún tipo de información sobre la sostenibilidad de dicho sistema. Esta información servirá para tomar decisiones para su mejoramiento en los aspectos: infraestructura, gestión, operación y mantenimiento; asimismo, contribuirá para que la comunidad, municipalidad y organismos encargados de administrar este servicio asuman nuevas políticas que direccionen hacia su sostenibilidad.

Se considera que servirá de base para otros trabajos de investigación que apliquen la metodología de evaluación utilizada en este estudio.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable para cubrir la demanda poblacional, utilizando la metodología PROPILAS en la comunidad de Paso Ancho del municipio de Estelí.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Determinar las condiciones actuales de funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua instalado en la comunidad Paso Ancho.
2. Analizar la gestión, operación y mantenimiento del sistema de agua potable existente en la comunidad Paso Ancho utilizando la metodología PROPILAS.
3. Evaluar las propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua de consumo de la comunidad de Paso Ancho.
4. Proponer mejoras al sistema de abastecimiento, a la operación y mantenimiento y a la gestión que contribuya al mejoramiento del sistema.

Capítulo II

2.1 Antecedentes de la investigación

Se realizó una búsqueda documental de procesos investigativos que tuvieran relación con el estudio que se presenta en este documento.

Antecedentes internacionales

Néstor (2009) en su trabajo de grado “Evaluar y diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable para el Sector Pozo Rosas ubicado en el Municipio Guaicaipuro del Estado Miranda “en Venezuela planteo los siguientes objetivos Identificar en términos generales el sistema que abastece de agua potable al sector del Pozo Rosas y Establecer los parámetros de evaluación del sistema de abastecimiento de Pozo Rosas.

En sus conclusiones inspecciono la zona en estudio, se determinó que actualmente se cuenta con una estación de bombeo, la cual opera a su capacidad máxima y es incapaz de dar servicio al Sector Pozo Rosas de forma continua, con respecto a las tuberías por lo tanto presencia falta de información (data técnica, poblacional, estadística) con respecto a las zonas suburbanas en su país, retrasa y dificulta el desarrollo de proyectos sociales que beneficien a la mayoría.

González (2013), en su investigación “Evaluación del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Disposición de excretas de la población del corregimiento de Monterrey, Municipio de Simití, Departamento de Bolívar”, proponiendo soluciones integrales al mejoramiento de los sistemas y la salud de la comunidad, tiene como objetivo principal analizar el sistema de agua potable y la disposición de excretas de la población mencionada. Sugiere realizar el control de calidad del agua para el caso, en 10 muestras. Mediante encuestas evaluó el comportamiento actual de la población con el uso del agua, y concluyó que el agua no cumple los parámetros para el consumo poblacional de la Norma Colombiana (Resolución 2115 del 2007).

De acuerdo a Soto (2014), realizó un estudio “La sostenibilidad de los sistemas de agua potable en el Centro Poblado Nuevo Perú, Distrito la Encañada, Cajamarca, 2014”, usó la metodología SIRAS para evaluar la sostenibilidad de cada elemento que interviene en el sistema de agua potable de dicha localidad. Encuestó en campo con el compendio SIRAS 2010, formatos de evaluación del sistema físico, operación, mantenimiento y gestión del sistema. Concluyó que el sistema se encuentra en mal estado, con grave proceso de deterioro, pues tiene un índice de sostenibilidad del 2.35 según el compendio SIRAS 2010 y se requiere de una mejora inmediata por parte de la entidad a cargo del manejo del agua, con la finalidad de brindar cantidad, calidad y continuidad, y así satisfacer la demanda poblacional.

El estudio realizado por Chadwick, (2017) “Equidad en el acceso al agua: Análisis de las percepciones de los proveedores y los usuarios del suministro del líquido vital en Lima, Perú” el cual tuvo la finalidad de analizar la influencia de las políticas públicas como causa y solución al problema de inequidad, así como las actividades de los usuarios que pueden influir la cantidad del agua suministrada. Los objetivos de la investigación pretenden establecer hasta qué punto las políticas públicas logran la equidad en términos del ingreso del usuario; estimar la influencia de las características socioeconómicas del usuario sobre su suministro; investigar la eficiencia de los canales y el tratamiento del agua; y medir el nivel de satisfacción de los usuarios con su suministro y su participación en el proceso de decisión.

Este estudio es cualitativo; intenta medir las experiencias y las percepciones de los interesados del suministro de agua en Lima. Esto se hace mediante entrevistas con 14 personas con distintos papeles, grabadas en Lima entre noviembre de 2016 y enero de 2017.

Finalmente, la investigación reveló que existe un sistema de subsidios demasiado amplio y una falta de medidores eficientes para entregar información precisa sobre el uso de cada 4 consumidores, lo que implica que SEDAPAL tenga menos dinero que lo previsto para intentar asegurar un suministro equitativo. La extensión y el mantenimiento de la red de agua y saneamiento llevan costos; no es gratis el tratamiento de agua cruda y residual. La baja tarifa estatal no desalienta el desperdicio por las instituciones estatales, y el hecho de que casi todos los consumidores categorizados como ‘no pobres’ todavía reciban subsidios mientras

unos pobres no son elegibles, destaca la inequidad que emana como resultado de políticas pública.

Delgado, Chávarri & Falcón Barboza, (2019) en su investigación analizaron la problemática del sistema de agua potable en la ciudad de Chongoyape con la finalidad de proponer soluciones integrales encaminadas hacia el bienestar comunal. Se realizó el control de calidad del agua mediante el análisis físico-químico y bacteriológico en seis muestras tomadas en esa localidad, una muestra en el embalse La Cascada como canal alimentador, dos muestras en cada planta de tratamiento, dos muestras en cada reservorio de almacenamiento y una muestra intradomiciliaria. Se evaluó el sistema utilizando la metodología SIRAS 2010 según los formatos establecidos en el compendio, y se examinaron tres factores: el estado del sistema, la gestión del servicio y la operación-mantenimiento del sistema actual. La ejecución y evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable garantiza que la demanda poblacional estimada consuma agua segura en calidad, cantidad y oportunidad.

Antecedentes nacionales

Castillo (2013), en su tesis, "Evaluación físico-química y bacteriológica del agua en el sistema de abastecimiento del casco urbano del Municipio de La Concordia durante cinco semanas de abril y junio del año 2013" con el objetivo: Evaluar la calidad Organoléptica, bacteriológica y Físicoquímica del agua en el sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de La Concordia durante cinco semanas en los meses de abril y junio del 2013, tomando como referencia las normas CAPRE.

Concluyó que el sistema presenta serias deficiencias de administración, operación y mantenimiento que deterioran la calidad del agua, encontrándose además una alta vulnerabilidad del sistema ante la contaminación microbiana. Este trabajo contribuye a la presente información aportando datos teóricos en cuanto a los parámetros de calidad de agua para consumo humano.

Irías & 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. Obtuvieron como resultado de 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 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.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Sistema de agua potable y sus componentes

2.2.1.1 Agua

El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que lo sustentan, y la seguridad de la nación (Ley de Recursos Hídricos, 2009).

2.2.1.2 Agua Potable

Agua apta para el consumo humano, de acuerdo con los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos establecidos por la normatividad vigente (Reglamento Ley General de Servicios de Saneamiento, 2005).

2.2.1.3 Abastecimiento de Agua Potable

Nombre que se da a todas las instalaciones, equipos, tuberías y accesorios necesarios para captar, transportar, tratar y distribuir el agua a los usuarios (SUNASS, 2000).

2.2.1.4 Calidad del Agua

Las fuentes potencialmente utilizables de agua están constituidas por aguas superficiales, aguas subterráneas o aguas de lluvia. La calidad del agua cruda varía dependiendo de su origen y de las condiciones del medio en que se encuentra, y es afectada tanto por los fenómenos naturales como por fenómenos artificiales, consecuencia del desarrollo de la población.

Las aguas superficiales presentan características diferentes en cada caso y se ven afectadas frecuentemente por los fenómenos naturales y artificiales. Las aguas subterráneas presentan condiciones más uniformes; por regla general son más pero también pueden estar bastante mineralizadas.

La calidad del Agua es muy variable y necesita ser caracterizada a través del tiempo para definir los parámetros que deben ser tratados, así como el grado de tratamiento de conformidad con el uso que le va a dar. El agua para consumo humano (suministro público) es probablemente el uso que tiene los requisitos más estrictos de calidad. Es de vital importancia para la salud pública que la comunidad cuente con un abastecimiento de agua seguro y satisfactorio para cumplir con las necesidades domésticas, tales como: el consumo, la preparación de alimentos y la higiene personal (Álvarez, 2014).

2.2.1.4.1 Parámetros indicadores de la Calidad del Agua

Los principales parámetros indicadores de calidad del agua son: Parámetros Organolépticos, Parámetros Físicos Químicos y Parámetros Bacteriológicos, Cada uno de los cuales está orientado a evaluar la calidad del agua buscando indicadores que puedan afectar la salud de los consumidores. Siendo los parámetros bacteriológicos y organolépticos los que suelen presentar más problemas en sistemas de abastecimiento, ya que estos pueden presentar cambios en cortos períodos de tiempo por la influencia de factores externos. En cambio, los parámetros Fisicoquímicos tienden a ser más estables a excepción de ciertos parámetros de tipo físicos que cambian bruscamente por la influencia de fenómenos meteorológicos

Parámetros Organolépticos

Estos parámetros permiten detectar la aceptabilidad del agua por la persecución de nuestros sentidos y son los de mayor impacto en el consumidor, ya que estos pueden llevar al rechazo del agua suministrada.

A continuación, se describen los principales parámetros organolépticos de importancia según las normas CAPRE.

Color Verdadero

El color es la capacidad del agua para absorber ciertas radiaciones del espectro visible. En general, el agua presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos. Normalmente el color se mide en un laboratorio por comparación de un estándar arbitrario a base de cloruro de cobalto, Cl_2Co y Cloroplatinato de potasio, Cl_6PtK_2 y se expresa en una escala de unidades de Pt-Co (unidad Hazen) o Pt las aguas superficiales pueden alcanzar varios centenares de ppm de Pt (OMS, 1998).

Turbiedad

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos (Perés y Urrea. s/f) y es la medida de la cantidad de estos materiales en suspensión. Se expresa en unidades nefelométricas de turbiedad (UTM) y se mide en un turbidímetro (OMS, 1998).

Para la determinación de la turbiedad se recomienda el método Nephelométrico que mide la fracción de luz que es dispersa 90 grados con respecto a la luz incidente. Para lo cual se utiliza un instrumento llamado Nephelométrico y un patrón de referencia a base de polímero fromazina (Sulfato de hidrazazina, hexametilentetratamina y agua destilada), que generalmente tiene una turbiedad de 400 unidades, aun cuando algunos casos se elaboran con 4000 unidades de turbiedad. Otro método para medir la turbiedad es denominado turbidímetro de bujía (Guevara, A. 1996).

Olor

Este parámetro es de determinación organoléptica y subjetiva, para dichas observaciones no existen instrumentos de observación ni registros ni unidades de medida. El olor de agua se

debe principalmente a la presencia de sustancias orgánicas. Algunos olores indican un incremento en la actividad biológica, otros pueden tener su origen en la contaminación industrial (OMS, 1995).

Sabor

Al igual que el olor este parámetro es determinación organoléptica y subjetiva. Sin embargo, la ausencia de sabor no proporciona garantía de que esté libre de gérmenes patógenos o de algunas sustancias químicas inorgánicas tóxicas. Para el consumidor el sabor puede ser lo más importante y generalmente en sistemas de agua potable son los que presentan mayor cantidad de quejas por los consumidores (Perés y Urrea s/f).

En el agua se pueden considerar cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo (Barrenechea A, s/f).

2.2.1.4.2 Parámetros fisicoquímicos

En general la composición física y química de las aguas se debe a la presencia de muchos compuestos en estado coloidal o disueltos, que provienen de diversas fuentes, tales como: la erosión de suelos y rocas, reacciones de disolución y precipitación que ocurren bajo la superficie de la tierra y también de los efectos que resultan de las diversas actividades del hombre (Castro M. 87).

Los parámetros fisicoquímicos que determinan la calidad del agua según las normas CAPRE se describen a continuación.

Temperatura

La temperatura es una medida del grado de calor o frío producida por el contacto de un cuerpo, se expresa en unidades de grados centígrados (°c) y se mide con un termómetro de mercurio o digital (Zhen, B. 2009).

Éste es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración (Barrenechea A, s/f).

Potencial Hidrógeno

El pH puede definirse como una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala que varía entre 0 y 14. La acidez aumenta cuando el pH disminuye. Una solución con un pH menor a 7 se dice que es ácida, mientras que si es mayor a 7 se clasifica como básica. Una solución con pH 7 será neutra (Gollenola G. 2007).

El PH tiene que ver con la concentración del ion hidrógeno en el agua y sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua (Torres. V. 2007).

Cloro Residual

El Cloro residual es la cantidad de cloro presente en el agua capaz de ejercer la acción de desinfectante y oxidante luego de un período específico de tiempo de ser aplicado (CEPIS, 2001). Según las normas CAPRE la concentración de cloro residual que debe permanecer en los puntos más alejados de la red de distribución deberá ser 0.5-0.1 mg/l después de un período de contacto de 30 minutos antes de que llegue el primer consumidor, aunque en condiciones adversas se acepta un mínimo de 10 minutos.

Su determinación puede efectuarse por varios métodos, pero el más recomendado por su exactitud y precisión es el DPD (reactivo de color, N-N- dieta-Fenilenediamina), el cual puede realizarse colorimétricamente o título métricamente.

El primero tiene mejor aplicación en el campo con un comparador, mientras que el segundo es preferiblemente para análisis de laboratorio (Guevara, A. 1996).

Cloruros

Las aguas superficiales normalmente no contienen cloruros en concentraciones tan altas como para afectar el sabor, excepto en aquellas fuentes provenientes de terrenos salinos o de acuíferos con influencia de corrientes marinas; por lo general no son los cloruros sino los sulfatos y los carbonatos los principales responsables de la salinidad en este tipo de aguas (Barrenechea A, s/f).

Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad es la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica y es una medida indirecta de la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio). La conductividad en los cuerpos de agua dulce se encuentra primariamente determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua (cuenca). Debe tenerse en cuenta que derrames de hidrocarburos (aceites, petróleo), compuestos orgánicos como aceites, fenol, alcohol, azúcar y otros compuestos no ionizables (aunque contaminantes), no modifican mayormente la conductividad (Gollenola G. 2007).

La Unidad de medida de la conductividad es Micro siemens por cm (μ siemens/cm) (Perés y Urrea. s/f).

Dureza

La dureza del agua, derivada de la presencia de calcio y magnesio, generalmente se pone de manifiesto por la precipitación de restos de jabón y la necesidad de utilizar más jabón para conseguir la limpieza deseada (OMS 2006).

El valor del umbral gustativo del ion calcio se encuentra entre 100 y 300 mg/l, dependiendo del anión asociado, mientras que el del magnesio es probablemente menor que el del calcio. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500 mg/l.

El agua con una dureza mayor que aproximadamente 200 mg/l, en función de la interacción de otros factores como el pH y la alcalinidad, puede provocar la formación de incrustaciones en las instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución y las tuberías y depósitos de los edificios. Otra consecuencia será el consumo excesivo de jabón y la consiguiente formación de restos insolubles de jabón. Las aguas duras, al calentarlas, forman precipitados de carbonato cálcico. Por otra parte, las aguas blandas, con una dureza menor que 100 mg/l, pueden tener una capacidad de amortiguación del pH baja y ser, por tanto, más corrosivas para las tuberías.

Sulfatos

Los sulfatos están presentes de forma natural en muchos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo, en la industria química. Los sulfatos son en el agua proceden de residuos industriales y mediante precipitación desde la atmósfera; no obstante, las concentraciones más altas suelen encontrarse en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales (OMS 2006).

El bióxido de azufre atmosférico (SO_2), que se forma por la combustión de los derivados del petróleo puede contribuir al contenido de sulfatos del agua superficial.

El sulfato disuelto se considera como un soluto permanente del agua, la mayoría son solubles en agua, con excepción de los sulfatos de plomo, bario y estroncio. Existe una correlación inversa entre los sulfatos y los bicarbonatos, especialmente en las aguas con baja alcalinidad (Allan 1995, citado por Zhen, B. 2009).

Aluminio

Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. Puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales, responsables de la turbiedad del agua.

Las concentraciones más frecuentes en las aguas superficiales oscilan entre 0,1 y 10 ppm, sin embargo, el mayor problema lo constituyen las aguas que presentan concentraciones altas de aluminio, las cuales confieren al agua un pH bajo, debido a sus propiedades anfóteras, que hacen que sus sales se hidrolicen formando ácidos débiles (Barrenechea A, s/f).

Calcio

La concentración de calcio conjuntamente con la de magnesio es utilizada para caracterizar las aguas duras y blandas. Es un metal alcalino-térreo, es el principal constituyente de muchas rocas minerales comunes y tiene un solo estado de oxidación Ca^{2+} . Su comportamiento en los sistemas naturales acuosos está gobernado por la disponibilidad de los sólidos más solubles que contienen calcio y por el equilibrio que involucra las especies de bióxido de carbono o por la disponibilidad de azufre en la forma de sulfatos. La presencia de calcio

proviene del paso del agua a través de depósitos de caliza, dolomita, yeso y pizarras yesíferas. Las concentraciones de calcio varían de 10 y 250 ppm en aguas dulces, pudiendo llegar a 600 ppm en aguas selenitosas (Custodio & Llamas, 2001 citado por Caballero Y, 2007).

Cobre

La presencia de cobre en un sistema de abastecimiento de agua de consumo se debe, por lo general, a la acción corrosiva del agua que disuelve las tuberías de cobre. El cobre en el agua de consumo puede aumentar la corrosión de accesorios de acero y hierro galvanizados. Cuando la concentración de cobre del agua es mayor que 1 mg/l, mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios. A niveles mayores que 5 mg/l, el cobre también tiñe el agua y confiere un sabor amargo no deseado. Aunque el cobre puede conferir sabor al agua, es seguramente aceptable a concentraciones iguales al valor de referencia basado en efectos sobre la salud (OMS, 2006).

Magnesio

El magnesio no existe libre en la naturaleza. Se encuentra combinado como carbonato, $MgCO_3$, constituyendo el mineral llamado magnesita o giobertita. Se encuentra generalmente en las aguas en cantidades mucho menores que el calcio, pero su importancia biológica es grande, ya que es indispensable en el desarrollo de ciertos sistemas enzimáticos, actuando igualmente en la constitución de los huesos.

Una persona adulta debe de tomar por término medio 200 a 300 mg por día. Si la cantidad de magnesio en el agua es muy grande, puede esta actuar como laxante e incluso adquirir un sabor amargo (Rodríguez J. 2009).

Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Los sólidos totales disueltos (STD) es la materia disuelta en el agua y comprenden las sales inorgánicas y pequeñas cantidades de materia orgánica. Los STD en el agua pueden deberse a fuentes naturales, descargas de afluentes de aguas servidas, descargas de desechos industriales y escurrimientos urbanos (Torres, F. 2009).

La mayoría de la materia orgánica presente en el agua para consumo humano se encuentra en forma de sólidos disueltos y consiste en sales y gases disueltos. Los iones predominantes son el bicarbonato, cloruro, sulfato, nitrato, sodio, potasio, calcio y magnesio. Estas sustancias influyen sobre otras características del agua, tales como el sabor, dureza y tendencias a la incrustación (APHA, et al 1985, citado por Zhen, B. 2009).

Zinc

Las aguas naturales pueden contener cinc en concentraciones bastante bajas. En el agua de suministro, el cinc proviene generalmente del contacto con accesorios y estructuras galvanizadas o de bronce. El cinc es un elemento esencial y benéfico para el metabolismo humano, ya que muchas enzimas dependen de él para la descomposición del ácido carbónico y de la insulina, hormona esencial en el metabolismo de los hidratos de carbono (Barrenechea A, s/f).

La salubridad del cinc es variable y depende del pH y de la alcalinidad. Diferentes estudios han demostrado que el cinc no tiene efectos sobre la salud, pero en concentraciones altas tiene un marcado efecto sobre el sabor; por ello su contenido debe limitarse.

Debido a su influencia en el sabor las normas CAPRE recomiendan que la concentración de cinc en aguas de consumo no exceda los 3 mg/L.

2.2.1.4.3 Parámetros Bacteriológicos

Existe una amplia gama de indicadores bacteriológicos entre los representantes del reino vegetal, animal y monera. Este estudio se orientará más al grupo de bacterias indicadoras de calidad sanitaria del agua, ya que, en términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Si no se garantiza la seguridad del agua, la comunidad puede quedar expuesta al riesgo de brotes de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas (OMS, 2006), siendo los de mayor importancia los siguientes:

Coliformes Totales

El grupo de coliformes se define como todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar (Todos los coliformes de cualquier origen) que fermentan la lactosa a temperatura de 35° a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en 24 horas, aerobias o anaerobias facultativas, no forman esporas y presentan actividad enzimática (Ministerio de Salud. 1998, citado por Carrillo, E. y Losano, A. 2009). Las bacterias coliformes totales se detectan con los métodos de membrana de filtración y tubos múltiples, con medios específicos, y se incuban a 35-37 °C hasta 48 horas. Los análisis de coliformes pueden efectuarse en un laboratorio de nivel básico o también en el campo. Esta última es una forma práctica de analizar una muestra de agua, para lo cual se necesitan un equipo de campo y algunos materiales complementarios (Aurazo, M 2004).

La presencia de coliformes totales en muestras agua sólo indican la existencia de contaminación, pero no aseguran su origen de hecho se ha considerado la presencia de coliformes totales únicamente como un indicador de la sanidad del agua.

Coliformes Fecales

Los coliformes fecales también denominados coliformes termo tolerantes, llamados así porque soportan temperaturas hasta de 45° C, y fermentan la lactosa a esta temperatura (Carrillo, E. y Losano, A. 2009).

En los análisis de agua para consumo humano la presencia de coliformes fecales se considera un buen indicador de contaminación fecal y es el parámetro más utilizado para el monitoreo de calidad del agua

2.2.1.5 Cantidad del Agua

La carencia de registros hidrológicos nos obliga a realizar un estudio acerca de la capacidad de la fuente. Lo ideal sería que los aforos se efectuaran en la temporada de crítica de rendimientos: estiaje y época de lluvias. Los aforos realizados en estas épocas nos arrojarían los resultados de caudal mínimo y máximo respectivamente de la fuente (Álvarez, 2014).

2.2.1.6 Desinfección del Agua

La desinfección es un proceso que consiste en eliminar los microorganismos patógenos que pueden estar presentes en el agua mediante el uso de equipos especiales o el uso de sustancias químicas (SUNASS, 2000).

La desinfección es de importancia es incuestionable en el abastecimiento de agua inocua para beber. La destrucción de los patógenos microbianos es indispensable y generalmente existe el empleo de agentes químicos reactivos como el cloro y sus derivados. El cloro es un agente oxidante que reacciona rápidamente con la materia orgánica e inorgánica presente en el agua.

La cantidad del cloro para las reacciones con otros compuestos (principalmente amoniaco, algunos iones metálicos y compuestos orgánicos) recibe el nombre demanda de cloro del agua.

2.2.1.7 Componentes de un sistema de agua potable

Para la Organización Panamericana de la Salud, es el conjunto de componentes construidos e instalados para captar, transmitir, tratar, almacenar y distribuir agua a los clientes; afirmando que en su más amplia acepción comprende también las cuencas y acuíferos.

Los sistemas rurales de agua potable sirven a poblaciones concentradas o dispersas, pudiendo ser administrados local o regionalmente en forma autónoma o dependiente de una organización superior.

De acuerdo a Villa Nueva (2014), Los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua potable son los siguientes:

2.2.2 Sostenibilidad de un sistema de agua potable

Villanueva (2014) establece lo siguiente:

Entendemos por Sostenibilidad de los Sistemas de abastecimiento de Agua Potable a la capacidad de los sistemas de funcionar de manera eficiente desde el momento en que son implementados hasta el final de su período de diseño, sin depender de manera alguna de

ayuda económica, técnica o de otra índole que no sea la que el sistema mismo haya generado. Al analizar la sostenibilidad, se busca comprobar el nivel de operatividad del sistema implementado e intentar identificar los factores que contribuirán a su continuidad y aquellos otros factores críticos que puedan afectarla. Para lograr la sostenibilidad de los proyectos de abastecimiento de agua el rol de las instituciones del sector, los gobiernos locales, los usuarios y sus organizaciones es crucial porque estos actores inciden de manera fundamental en el mantenimiento del proyecto a través del tiempo.

2.2.2.1 Sistemas en Proceso de Deterioro (Medianamente sostenibles)

Estos sistemas son los que presentan un proceso de deterioro en la infraestructura, ocasionando fallas en el servicio en cuanto a la continuidad, cantidad o calidad; donde la deficiente gestión 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. Estos sistemas, de no tomarse medidas correctivas, pueden pasar a ser no sostenibles ya que su tendencia es al deterioro de la infraestructura y a la deficiencia en el servicio (SIRAS, 2010).

2.2.2.2 Sistemas en Grave Proceso de Deterioro (No sostenible)

Son los sistemas que tienen fallas significativas en su infraestructura y cuyo servicio se vuelve muy deficiente en cantidad, continuidad y calidad, llegando la cobertura a disminuir y la gestión Dirigencial a reducirse a uno o dos dirigentes. Estos sistemas son aun recuperables, si se hacen inversiones en una rehabilitación del sistema y una reorganización de las directivas, además necesitan capacitación en gestión, operación y mantenimiento (SIRAS, 2010).

2.2.2.3 Sistemas Colapsados

Son sistemas que están totalmente abandonados y que ya no brindan el servicio, que no tienen junta directiva. Estos sistemas necesitan formular otro expediente o hacer un sistema nuevo si se quiere volver a brindar el servicio (SIRAS, 2010).

2.2.3 Factores o dimensiones de sostenibilidad

Para lograr la sostenibilidad de los proyectos es necesario identificar claramente los factores que influyen en el funcionamiento continuado de la infraestructura sanitaria y en el uso a largo plazo de ésta, en condiciones que no deterioren el ambiente.

Para lograr la sostenibilidad de los proyectos de abastecimiento de agua el rol de las instituciones del sector, los gobiernos locales, los usuarios y sus organizaciones es crucial porque estos actores inciden de manera fundamental en el mantenimiento del proyecto a través del tiempo.

Cuando se aboca el análisis de un proyecto de agua, se encuentra que, para efectos analíticos, su complejidad puede conceptualizarse como las interacciones de tres componentes básicos como son la Comunidad, el Ambiente y la tecnología.

El acceso a agua potable requiere de infraestructura técnica y de capacidades de gestión que rebasan las capacidades actuales en los países en desarrollo (Villa Nueva, 2014).

2.2.3.1 El estado del sistema de agua potable

Se refiere al estado de la infraestructura y al servicio que brinda y que abarca a los índices que dependen del estado mismo de la infraestructura (no exclusivamente), como son la continuidad, la cantidad, la calidad y la cobertura (Villa Nueva, 2014).

2.2.3.2 La gestión de un sistema de agua potable

Definida como la buena, regular o mala operación y mantenimiento que se le da al servicio, en el manejo de las llaves, sectorizaciones, o en cuanto a la limpieza, desinfección y cloración del sistema, reparaciones, presencia de un operador o disponibilidad de herramientas, repuesta y accesorio para reemplazos o reparaciones. Protección de la fuente y planificación anual del mantenimiento (Villa Nueva, 2014).

Gestión comunal

Cumplimiento de sus obligaciones y exigencia de sus derechos, apropiación del sistema. La participación de los usuarios en la operación y mantenimiento, pago de cuotas, participación en asambleas, manejo del agua y mantenimiento de la conexión domiciliaria, mejoramiento en la higiene personal o el apoyo que brindan a las directivas (Villa Nueva, 2014).

Gestión dirigencial

Referida a la administración de los servicios, legalización de su organización, manejo económico, búsqueda de asesoramiento o conformación de organizaciones mayores como comités distritales, provinciales o mesas de concertación.

Gestiones ante otras instituciones (control de la calidad del agua), conformaciones de empresas, etc. Cumplimiento de sus obligaciones y respeto a los derechos de los usuarios. En muchos casos esta gestión (en especial el manejo económico) es causal para una reacción positiva o negativa por parte de los usuarios (Villa Nueva, 2014).

2.2.3.3 La operación y mantenimiento del sistema de agua potable

Definida como la buena, regular o mala operación y mantenimiento que se le da al servicio, en el manejo de las llaves, sectorizaciones, o en cuanto a la limpieza, desinfección y cloración del sistema, reparaciones, presencia de un operador o disponibilidad de herramientas, repuesta y accesorios para reemplazos o reparaciones. Protección de la fuente y planificación anual del mantenimiento (Villa Nueva, 2014).

“Referida a las diversas actividades de rutina con la finalidad de asegurar continuidad y eficiencia del servicio de abastecimiento de agua. Al no ser efectuadas o lo son de un modo negligente, indudablemente los resultados que se obtendrán serán pocos satisfactorios” (Lossio, 2012, p. 129).

Mantenimiento Preventivo

Es el que se efectúa con la finalidad de evitar problemas en el funcionamiento de los sistemas (Álvarez, 2014).

Mantenimiento Correctivo

Es el que se efectúa para reparar los daños causados por acciones extrañas o imprevistas, o deterioros normales del uso.

- De la buena operación y mantenimiento de un sistema de agua potable depende que el agua que consumamos sea de buena calidad, y que tengamos un servicio continuo y en la cantidad necesaria.
- Además, permitirá garantizar la vida útil del sistema y disminuir los gastos de reparaciones (Álvarez, 2014).

2.2.3.4 Criterios de evaluación de los sistemas de agua

Según proyecto PROPILAS CARE-PERÚ 2007, determina que la evaluación de los sistemas se obtiene a través de la generación del índice de sostenibilidad, obtenido de la cuantificación de 3 factores:

- El estado del sistema representa el con un 50 %.
- La gestión de los servicios que brindan a través de los sistemas representa el 25 %.
- Operación y mantenimiento del sistema representa en un 25 % (Gamarra, 2014).

2.2.4 Las Organizaciones Rurales y el Agua de Uso Humano

La ausencia del estado en muchas comunidades de nuestro país, la falta de entes rectores del sector agua y saneamiento, ha motivado que muchos pobladores se organicen y auto gestionen sus sistemas de agua potable, muchas veces sin capacitación, asistencia técnica y apoyo de las entidades responsables del sector. Muchas ONG, realizan y han realizado diversos trabajos en las comunidades rurales, y en base a esas experiencias, se ha ido

mejorando la gestión comunal de los servicios de agua y saneamiento. Algunas de estas experiencias han servido para que, mediante iniciativas legislativas, se conviertan en normas nacionales, las cuales, todavía están en constante modificación, toda vez que los contextos socioculturales y económicos, son diversos (Álvarez, 2014).

2.2.4.1 Comité de agua potable y saneamiento

Según el Art. 2 de la ley en el capítulo 1 disposiciones generales, los comité de agua potable y saneamiento son organizaciones comunitarias, sin fines de lucro es decir que no buscan una ganancia y están conformadas por personas electas democráticamente por la misma comunidad, por lo tanto contribuyen al desarrollo social y económico de la misma, garantizan el acceso al agua potable y el debido saneamiento a la población en general, pero es importante mencionar que es deber del estado garantizar y fomentar su promoción y desarrollo (Ley 722 Ley especial de Comités de Agua Potable y Saneamiento 2014).

2.2.4.2 Asamblea General

Los CAPS se constituirán en Asamblea General de Pobladores interesados en organizarse para la autogestión comunitaria del abastecimiento de agua potable. Siendo Un miembro de cada familia y/o vivienda beneficiada el representante ante la Asamblea General de Pobladores.

La Asamblea General de Pobladores será convocada por primera vez por al menos la mitad de los miembros de la comunidad que habitan en una circunscripción geográfica determinada. En las siguientes convocatorias se ajustará a lo que se establezca en los Estatutos del CAPS.

En dicha Asamblea General de Pobladores se elegirá de entre los participantes a los miembros que integrarán la junta directiva de los CAPS. La elección se realizará con mayoría simple de forma democrática, directa y pública, cargo por cargo.

El acta de constitución del CAPS, en la que conste la elección de Junta Directiva, la aprobación del Estatuto y Reglamento, y cualquier tipo de acuerdos adoptados en Asamblea General de Pobladores, se realizará en documento privado, debiendo ser suscrito por los y las pobladoras participantes (La Gaceta - Diario Oficial, 2010).

2.3 Hipótesis de investigación

El índice de sostenibilidad del sistema de agua potable de la comunidad Paso Ancho, se encuentra en un estado regular o está en proceso de deterioro (medianamente sostenible) y la evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable permite proponer la adecuada gestión para satisfacer la demanda poblacional del consumo de agua segura en calidad, cantidad y oportunidad.

Capítulo III

3.1 Diseño Metodológico

3.1.1 Tipo de estudio

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 (Pedroza 2014).

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 (Pineda, Alvarado, & de Canales, 1994).

Según el periodo y secuencia del estudio este se cataloga como transversal ya que se recolectan los datos en un solo momento, en un tiempo único. Como señala Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2013) el propósito del estudio transversal es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

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 a su propósito la presente investigación es Aplicada o Tecnológica Perteneciente al "contexto de la aplicación". Se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas del conocimiento; es decir, "orientada hacia un objetivo práctico determinado, conducente a la creación de nuevos dispositivos, productos y procedimientos".

3.1.2 Área de Estudio

3.1.2.1 Ubicación

El área donde se llevó a cabo la investigación fue en la comunidad Paso Ancho del municipio de Estelí, Nicaragua. Se ubica geográficamente con latitud 13.062350033306037 norte y longitud 86.36578668224544 oeste, a una altitud de 872.00m/2860.89ft a una distancia de 2 kilómetros desde la ciudad de Estelí.

La comunidad de Paso ancho está compuesta por gente de raza mestiza, siendo el idioma que utiliza la totalidad de la gente, el español. El clima de la comunidad es tropical seco, distinguiéndose claramente 2 estaciones: verano e invierno, las mayores precipitaciones se dan en los meses de mayo a octubre, considerando este periodo de invierno. Los meses de noviembre a enero se caracterizan por fuertes vientos, considerando los meses restantes como verano.

La comunidad de Paso ancho no cuenta con una planificación urbanística adecuada, de esta manera se encuentran viviendas ubicadas sobre un relieve irregular, las calles no están trazadas bajo ningún aspecto técnico puesto que tienen diferentes anchos y no están alineadas entre sí.

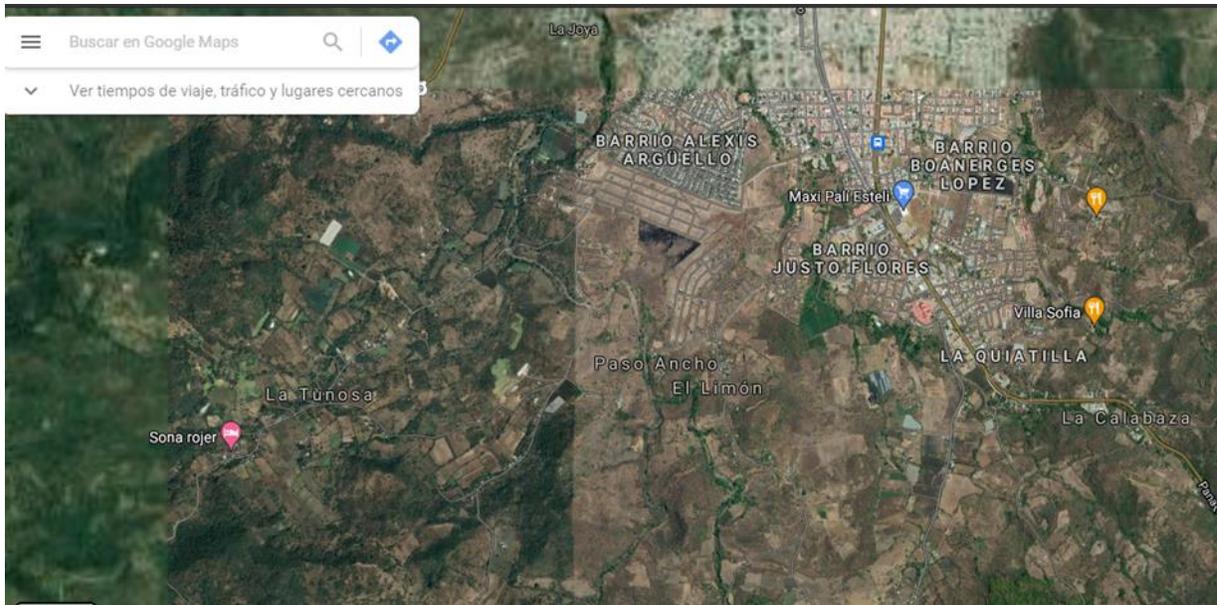


Figura 1. Mapa comunidad Paso Ancho de la ciudad de Estelí, Nicaragua.

3.1.3 Área de Conocimiento

La presente investigación pertenece al área de estudio a la línea N°4. Ingeniera, Industria y construcción, sublínea IIC-1: Innovación, Tecnología y medio ambiente con la temática IIC-1.1 Energía Renovable de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN – MANAGUA) /Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM – ESTELÍ).

3.2 Universo y muestra

El universo de esta investigación corresponde a la comunidad de Paso Ancho del municipio de Estelí. La comunidad consta de una población de 288 personas, de este estudio los hogares o casas habitadas el número de habitantes es bajo se le realizó una encuesta por cada vivienda. El número de viviendas de la comunidad es de 48 por lo tanto la muestra será de 48 personas, la unidad de análisis fue el sistema de bombeo de agua potable.

3.3 Matriz de Operacionalización de variables

| Objetivos específicos | Variable conceptual | Subvariable | Técnicas de recolección de información |
|---|-------------------------------------|---|--|
| Determinar las condiciones actuales de funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua instalado en la comunidad Paso Ancho. | Condiciones actuales | Cobertura Cantidad Continuidad Calidad Estado de la infraestructura | Guía de observación |
| Analizar la gestión, operación y mantenimiento del sistema de agua potable existente en la comunidad Paso Ancho utilizando la metodología PROPILAS. | Factores de gestión y mantenimiento | Gestión Comunal Gestión CAPS Operación y mantenimiento | Guía de observación |
| Evaluar las propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua de consumo de la comunidad de Paso Ancho | Calidad del agua | Propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua | Examen físico y químico y bacteriológico |

3.4 Métodos y técnicas de recolección de la información

La recolección de datos es una actividad donde se agrupa o se recoge información importante sobre un tema determinado; por lo general, esta actividad tiene como objetivo aportar conocimientos necesarios para el desarrollo de un trabajo o una investigación (González G. , 2018).

Las guías de observación, se aplicaron para diagnosticar el estado actual de funcionamiento de los sistemas de agua potable instalada en la comunidad. El método para la evaluación del estado del sistema, gestión y operación – mantenimiento se empleó la metodología PROPILAS, que reunió información en campo a través de formatos, a fin de determinar si el sistema de agua potable es sostenible en la demanda actual.

El análisis y evaluación del sistema se fijó en tres factores que determinaron el índice de sostenibilidad. El estado del sistema corresponde a un 50 %, la gestión de los servicios corresponde un 25 % y la operación-mantenimiento en un 25 %.

Tabla 1. Criterios de evaluación según Método PROPILAS

| Factor | Criterios | Peso |
|--|---------------------------|-------------|
| Estado del sistema | Cobertura | 50% |
| | Cantidad | |
| | Calidad | |
| | Estado de infraestructura | |
| Gestión de servicios | Gestión Comunal | 25% |
| | Gestión CAPS | |
| Operación y Mantenimiento | Operación y mantenimiento | 25% |
| Índice de sostenibilidad = $\frac{(Es \times 2)}{4} + G + O y M$ | | |

Donde:

ES: Estado del sistema

G: Gestión

O y M: Operación y mantenimiento

Tabla 2. Calificación de índice de sostenibilidad, según PROPILAS

| Estado | Cualificación | Puntaje |
|---------------|-------------------------|----------------|
| Bueno | Sostenible | 3.51 - 4 |
| Regular | Medianamente sostenible | 2.51 – 3.50 |
| Malo | No sostenible | 1.51 – 2.50 |
| Muy malo | Colapsado | 1 – 1.50 |

3.5 Procedimiento para recolección de datos e Información

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: Estado del sistema de abastecimiento de agua

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. El estado de sistema eléctrico de control de equipo de bombeo, estado físico de la captación, estado actual de pila de almacenamiento, entre otras se realizó mediante observación directa.

Estado del sistema

- A. Ubicación de los sistemas: Con quince preguntas sobre aspectos generales del sistema.
- B. Cobertura del servicio: Con una pregunta
- C. Cantidad de agua: Con cuatro preguntas
- D. Continuidad del servicio: Con dos preguntas
- E. Calidad del agua: Con cinco preguntas
- F. Estado de la infraestructura: Con treinta y tres preguntas

Formato 02: Encuesta 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 las comunidades tienen un plan de mantenimiento, Para ello se entrevistó a un representante del Comité de Agua Potable y saneamiento quien nos brindó la información necesaria acerca de los factores antes mencionados.

Gestión de los servicios

La información se obtuvo mediante el diálogo con los dirigentes. En esta encuesta se consideró aspectos como: que instrumentos de gestión utilizan, quien tiene el expediente técnico, organización, financiamiento, gestión de cobranza, manejo contable, gestión administrativa, participación comunitaria, fiscalización, entre otros. Cada aspecto está dividido en subdivisiones que evaluadas en conjunto permiten tener una visión general del proceso. Considera dieciséis preguntas

Operación y Mantenimiento

Para evaluar la operación y mantenimiento del sistema se han considerado ocho aspectos: la existencia de un plan de mantenimiento, participación de los usuarios en el plan de mantenimiento, desinfección y limpieza del sistema, cuidado de la fuente de agua, cloración del agua, técnico operador, herramientas necesarias para la operación y mantenimiento.

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, se analizó un total de 16 variables, de las cuales, 14 corresponden a físicas – químicas y 2 a microbiológicas.

La toma de muestra se realizó por medio del equipo de bombeo que succionó el agua y la depositó automáticamente en los envases de plásticos.



Figura 2. Recolección de muestra fisicoquímica y bacteriológicas del agua.

Se extrajo la muestra de agua sólo después que el pozo fue bombeado quince minutos para asegurar que la muestra represente la calidad de la fuente de agua subterránea.

Las muestras de agua fueron transportadas en condiciones de refrigeración, en termos que conservaron baja temperatura para lo cual se colocó hielo. En el laboratorio LAQUISA la muestra fue conservada a temperatura de refrigeración hasta el inicio del examen. El tiempo de entrega de las muestras al laboratorio no excedió las veinticuatro horas.



Figura 3. Almacenamiento de muestra.

Capítulo IV

4.1 Resultados y discusión

4.1.1 Estado actual del sistema de agua potable

Reseña histórica del sistema de bombeo

El pozo comunitario de Paso Ancho tiene 25 años de existencia y fue construido mediante donación de una Organización No Gubernamental (ONG) con una duración de 15 años, en este periodo el sistema funcionaba manualmente, consistía en un sistema de bomba de mecate como se le conoce.



Figura 4. Bomba de mecate.

Hace aproximadamente 10 años se realiza el cambio de bombeo manual a bombeo eléctrico, es decir se instaló una bomba que funciona con energía eléctrica, esto debido a la incorporación de la red eléctrica a la comunidad. Este nuevo sistema fue financiado por los habitantes de la comunidad, la función de la alcaldía municipal fue la constitución como Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS), es decir organizaron la comunidad para que velara por el buen funcionamiento del sistema de agua potable.

Sistema eléctrico

En la comunidad se encuentra instalado un pozo con bombeo eléctrico el cual utiliza una bomba sumergible de 1.5 hp (caballos de fuerza) de la marca Franklin, alimentada con un voltaje de 220 V que succiona el agua hacia la pila de captación donde posteriormente el agua es distribuida por gravedad a las viviendas. El circuito de mando eléctrico del sistema se encuentra instalado a la intemperie, lo que permite que se deteriore, los cables

de conexión a los disyuntores se encuentran corroídos, en época de lluvia el agua penetra a la caja de mando y los disyuntores se disparan sacando de servicio el sistema de bombeo.



Figura 5. Sistema eléctrico.

Componentes de los Sistemas de Agua Potable

A. Cobertura del servicio (A1)

En relación a la cobertura del servicio, se evaluó en base al volumen de agua demandado en la comunidad de acuerdo al número de personas de la comunidad que necesitan el vital líquido.

En la comunidad viven 288 personas, utilizando 50Lt/p/d se obtiene que estos demandan 14400 litros al día o lo que es equivalente a 14.4m³

| Comunidad | Formula(A) | Formula(B) | Resultados |
|------------|----------------------------|---------------|-------------|
| Paso ancho | Dotación(50lt/p/d) = 14400 | P16xP9 = 1170 | A»B = 4ptos |

B. Cantidad de agua

No existen registros hidrológicos acerca de la capacidad de la fuente en este caso el pozo perforado, este tiene una profundidad de 200 pies y su diámetro es de 4 pulgadas, el caudal es de tubería PVC.

Se consultó a un miembro del CAPS sobre el estado del pozo correspondiente a que si en época de verano se obtenía menos agua del pozo o si en invierno se obtenía más considerando recuperación de la fuente.

La cantidad de agua que ofrece la fuente donde está instalada la bomba se determinó aforando la fuente mediante el Método Volumétrico. Este método consiste en tomar el tiempo que le toma al caudal que sale de la fuente (pozo) llenar el volumen de un recipiente de capacidad conocida, en este estudio se utilizó un balde plástico de 20 litros de capacidad. En esta prueba se realizaron 4 mediciones y se tomó el valor medio de las mismas.

La cantidad de agua se evaluó mediante el volumen ofertado y volumen demandado, los sistemas de agua potable presentan mucho mayor la oferta que la demanda eso quiere decir que toda la población es atendida por dicho elemento.

Se obtuvo un promedio de 20 litros cada 7 segundos, por lo tanto, la cantidad de agua ofertada es de 171.4 lit/min, lo que corresponde a 10285 ltr/hora, de acuerdo a la persona que opera el sistema manifestó que enciende la bomba dos horas por la mañana y dos horas por la tarde, esto nos da un total de volumen ofertado de 41140, con lo cual supera el volumen demandado que es de 14400 lit/d.

Los usuarios manifestaron que reciben un suministro de dotación de agua diario de 1 a 2 horas, almacenan el agua en pilas de concretos, baldes, panas, siendo utilizada para el consumo, higiene y aseo del hogar. Cada beneficiario aporta una cuota que depende de la factura eléctrica, en caso de presentarse una falla correctiva en el sistema de bombeo realizan recolecta del dinero.

Cantidad de agua ofertada

| Comunidad | Vol. demandado(a) | Vol. Ofertado(b) | Resultados |
|------------|-------------------|------------------|--|
| Paso ancho | 14400 | 41140 | a>b = 4ptos Sostenible |

C. Continuidad del Servicio (A3)

La continuidad del servicio de agua potable del Paso Ancho se determinó de acuerdo a la continuidad o permanencia del agua en la fuente, y la permanencia en los últimos doce meses, la evaluación muestra que el sistema el agua es permanente todo el año y además en los últimos doce meses también ha sido permanente por lo cual la puntuación es de 4.00 considerándose sostenible.

D. Calidad del agua (A4)

La calidad del agua del sistema de la comunidad, se determinó de acuerdo al formato N° 01, donde no se clora el agua por lo tanto se desconoce el nivel de cloro residual en agua, no hay conocimiento de haberse realizado análisis bacteriológico durante el último año y la institución quien supervisa la calidad del agua es ENACAL (Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados). El agua que consumen es clara, no se observaron elementos extraños.

La puntuación obtenida es de 2.2 lo que corresponde a un grave proceso en deterioro.

E. Estado de la Infraestructura (A5)

El área donde está ubicado el pozo existió un cerco perímetro, pero este fue destruido por lo tanto la fuente no cuenta con cerco perimétrico, no existe cámara rompe presión por lo cual las viviendas que se encuentran en la zona baja sufren de rupturas en sus tuberías, la línea de conducción está cubierta con tierra, no existe un clorinador para el tratamiento del agua.



Figura 6. Sistema de bombeo de agua.

La pila de almacenamiento está hecha de ladrillos y concreto repellado, tiene una altura de 4 m, un ancho de 3 m y una longitud de 5 m con una capacidad de almacenamiento de 5620 l equivale 5.62m^3 .



Figura 7. Pila de almacenamiento.

Esta pila se encuentra en grave proceso de deterioro, presenta fugas de agua, no cuenta con tapa sanitaria, se observó unas láminas de zinc deterioradas para cubrirla, las válvulas de suministro y descarga se encuentran en buen estado.

Además de la pila de almacenamiento existe un tanque de almacenamiento de plástico de la marca Rotoplas, este se encuentra sobre una estructura metálica con base de concreto a una altura de 5 m con una capacidad de 2500 l que equivale a 2.5 m^3 . El estado del

tanque se encuentra en buen estado, pero no está en funcionamiento actualmente se requiere conectar el tanque con la pila para almacenar lo suficiente para abastecer la comunidad.



Figura 8. Tanque de almacenamiento.

La tubería o línea del pozo a la pila se encuentra cercano por lo tanto es de 3.5 m el material de la tubería es de PVC de un diámetro de 2 pulgadas. La línea madre se encuentra en el camino de forma subterránea, el material de la tubería es de PVC con un tamaño de 1 1/2 in está en óptimas condiciones



Figura 9. Tubería línea madre.

La actual red de distribución fue construida sin ningún diseño hidráulico, es decir que únicamente se colocaron diámetros de tubería con la idea de que una línea de tubería de diámetro mayor alimentara a ramales de tubería de diámetro menor. Las tuberías para las casas se encuentran de forma subterránea y en algunas casas están expuestas y no presentan desgaste, el material de la tubería es de PVC con un diámetro de ½ pulgada. Existe un puesto público que está inhabilitado.



Figura 10. Tubería en derivación para las casas.



Figura 11. Tuberías expuestas.



Figura 12. Puesto público inhabilitado.

De acuerdo al puntaje obtenido según el formato 01, el estado de la infraestructura le corresponde 1.9, lo que supone esta en grave proceso de deterioro.

La evaluación del estado actual del sistema de Agua Potable se determinó de acuerdo a la tabla N° 2 y viene hacer el promedio del puntaje de los cinco factores determinados anteriores, se obtuvo una puntuación de 3.2. La evaluación muestra que está en el rango de 2.51-3.50 por lo que se les considera en estado regular, en proceso de deterioro debido a deficiencias en la calidad y mayormente deficiencias en algunos componentes de la infraestructura

4.1.2 Gestión, operación y mantenimiento del sistema de agua potable

4.1.2.1 Gestión Administrativa (G)

La evaluación de la gestión administrativa se determinó a partir de información como: responsable de la administración del servicio de agua, persona que lleva el expediente técnico del sistema, instrumentos de administración, número de usuarios del sistema, monto de la cuota por vivienda, detalle de morosidad, cuantas veces se reúne la directiva del CAPS con los usuarios del sistema, etc.

Gestión administrativa

| Gestión administrativa : $(a+b+c+d+e+f+g+h+i+j+k+l+m+n)/13$ | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Puntaje a calificar | 4 | 3 | 2 | 1 |
| a) Responsable de la administración | X | | | |
| b) Tendencia de expediente técnico | | | | X |
| c) Herramienta de gestión | | | | X |
| d) Número de usuarios en padrón de asociados | X | | | |
| e) Cuota familiar | | | | X |
| f) Cuanto es la cuota | X | | | |
| Morosidad | X | | | |
| Numero de reuniones de | | | X | |

| | | | | |
|--|---|--|--|---|
| directivas con usuarios | | | | |
| Cambios de la directiva | | | | X |
| Quien escoge modelo de la pileta | | | | X |
| Número de mujeres que participan del sistema | X | | | |
| Han recibido cursos de capacitación | | | | X |
| Se han realizado nuevas inversiones | | | | X |

El resultado de la evaluación del sistema, muestra que son administrados por CAPS, reconocidos legalmente y organizados por la alcaldía de Estelí, no cuentan con registro técnico, los usuarios no pagan el servicio de agua potable, la cuota que pagan depende de cuánto es el valor del recibo de energía eléctrica que dividido en entre los usuarios no supera los C\$100, la morosidad de la comunidad resultó ser de 10% equivalente a 5 familias de 288 habitantes.

El CAPS se reúne solo cuando es necesario y no se han realizado cambios debido a que se formó recientemente, la participación de mujeres en el comité es de tres, los integrantes no han recibido hasta el momento capacitaciones sobre limpieza, cloración, operación y reparación del sistema y no se han realizado nuevas inversiones al sistema.

Según la investigación la evaluación de la gestión administrativa se determinó en la tabla N°2 y viene hacer el promedio del puntaje de los 13 criterios, se obtuvo una puntuación

de 2.23. La gestión se encuentra en el rango de 1.51-2.50 esto quiere decir que se encuentra en grave proceso de deterioro.

El Comité de Agua Potable y Saneamiento de la comunidad está integrado por las siguientes personas:

Miembros del CAPS

| Nombres y Apellidos | Cargo |
|------------------------------|--------------|
| Jairo Antonio Blandón | Presidente |
| Ania Marcela Umaña Betanco | Secretaria |
| Deymi Rafaela Blandón Orozco | Fiscal |
| Lindy Nolberto Umaña Ortéz | Vocal |
| José Adam Zelaya Amador | Tesorero |

4.1.2.2 Operación y Mantenimiento (O y M)

La evaluación de la operación y Mantenimiento se determinó de acuerdo al método PROPILAS, aquí se evaluó: 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 y si es remunerado.

| Operación y mantenimiento $:(a+b+c+d+e+f+g+h)/8$ | | | | |
|--|---|---|---|---|
| Puntaje a calificar | 4 | 3 | 2 | 1 |
| a) Plan de mantenimiento | | | | X |
| b) Participación de los usuarios | | | X | |
| c) Cada tiempo se realizan la limpieza | | | | X |

| | | | | |
|---|---|--|---|---|
| d)Cada tiempo se realizan la cloración | | | X | |
| e)Practicas de conservación de la fuente | X | | | |
| f)Quien se encarga de los servicios de Gasfitería | | | | X |
| g)Remuneración de gasfitero | | | | X |
| h)Cuenta con herramientas | | | | X |

El CAPS no cuenta con un plan de mantenimiento, en algunas ocasiones los usuarios participan de solución de problemas que presentan como fugas, en otras ocasiones le pagan a una persona con conocimientos de fontanería, no realizan limpieza de la pila de almacenamiento, esta presenta fugas, no realizan cloración al agua. Se constató que en el área donde está instalado el sistema posee vegetación natural alrededor de la fuente.

Los puntajes obtenidos de operación y mantenimiento en el sistema, los resultados muestran un puntaje de 1.83, lo que indica según la tabla N° 2 se localiza en el rango 1.51-2.50 en grave proceso de deterioro.

Índice De Sostenibilidad del Sistema de Bombeo de Agua Potable

Para determinar el índice de sostenibilidad del sistema, utilizamos la metodología PROPILAS detallado en la tabla N°1, por lo que se determinó los siguientes resultados.

| Comunidad | Infraestructura Sanitaria | Gestión Administrativa | Operación Y Mantenimiento | Índice De Sostenibilidad |
|------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Paso ancho | 3.2 | 2.23 | 1.83 | 2.61 |

Índice de sostenibilidad = $\frac{(Esx2) + G + O + M}{4}$

4

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.

4.1.3 Propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua

La calidad del agua queda definida por su composición y el conocimiento de los efectos que puede causar cada uno de los elementos que contiene, el conjunto de todos ellos, permite establecer las posibilidades de su utilización, clasificándola así, de acuerdo con los límites establecidos y los usos para la que es apta. Como para uso humano, agrícola e industrial (Custodio y Llamas 1,884-2,001).

Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua de consumo tienen una gran repercusión en la salud de las personas. Las medidas destinadas a mejorar la calidad del agua de consumo proporcionan beneficios significativos para la salud (OMS, 2006).

Las aguas subterráneas se originan principalmente por exceso de precipitación que se infiltra directa o indirectamente en la superficie del suelo. Como consecuencia, las actividades humanas en la superficie pueden constituir una amenaza a la calidad del agua subterránea. La contaminación de los acuíferos ocurre cuando la carga de contaminantes sobre el subsuelo generados por descargas o lixiviados de actividades urbanas, industriales, agrícolas o mineras no es controlada adecuadamente, y en ciertos

componentes excede la capacidad natural de atenuación del subsuelo y estratos supra yacentes, (Foster et al., 2002).

Se analizó un total de 16 variables, de las cuales, 14 corresponden a físicas – químicas, 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 adición de desinfectantes).

Tabla 3. Resultados de parámetros físicos – químicos del pozo en estudio

| Análisis | Método | Unidad | Resultado Paso Ancho | Norma CAPRE (Máximo Admisible) | NTON 05 007-98 |
|--------------------------------------|----------------------------------|---------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| Sodio | ISO 11885 Second Edition 2007-08 | mg/l | 9.56 | 200 | 200 |
| Potasio | ISO 11885 Second Edition 2007-09 | mg/l | 2 | 10 | NA |
| Calcio | ISO 11885 Second Edition 2007-10 | mg/l | 25.33 | 100 | NA |
| Magnesio | ISO 11885 Second Edition 2007-11 | mg/l | 7.19 | 50 | NA |
| Carbonatos | SMEWW 2320 B | mg/l | ND (<2,4) | NA | NA |
| Bicarbonatos | SMEWW 2320 B | mg/l | 138.92 | NA | NA |
| Sulfatos | SMEWW 4500 SO4 E | mg/l | 1.94 | 250 | 250 |
| Cloruros | SMEWW 4500 Cl B | mg/l | 4.75 | 250 | 250 |
| *PH | SMEWW 4500 H B | - | 6.8 | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 8,5 |
| *Conductividad Eléctrica | SMEWW 2510 B | µs/cm | 249 | 400 | NA |
| Fosfatos | SMEWW 4500-P E | mg/l | 0.36 | NA | NA |
| Boro | | mg/l | | NA | NA |
| Nitratos | NMX-AA-079-SCFI-2001 | mg/l | 7.07 | 50 | 10 |
| Nitritos | SMEWW 4500 NO2 B | mg/l | ND (<0,007) | 0.1 | 10 |
| Sólidos Totales | | mg/l | SD | NA | NA |
| Dureza como carbonatos de calcio | SMEWW 2340 C | mg/l | 92.89 | NA | NA |
| Relación de absorción de sodio (RAS) | | - | SD | NA | NA |

| | | | | | |
|-----------------------------------|--|----|----|---------|----|
| Porcentaje de sodio | | % | SD | NA | NA |
| Carbonato de sodio residual (RSC) | | - | SD | NA | NA |
| Porcentaje intercambiable | | - | SD | NA | NA |
| Temperatura | | °C | SD | 18 - 30 | NA |

SD: Sin dato, ND: No detectado, NA: No Aplica

Nótese que todos los parámetros evaluados al compararse con las normas CAPRE y NTON 05 007-98, no superan los valores establecidos por dichas normas, por lo que se puede afirmar que el agua es apta para consumo humano, desde el punto de vista físico-químico.

Dureza como carbonatos de calcio

La dureza como carbonatos de calcio del agua proviene de sales de cationes metálicos divalentes. Estos iones son capaces de reaccionar con jabón y formar precipitados, o en la presencia de aniones apropiados, formar sarro en tuberías de agua caliente. Los principales cationes causantes de dureza son los cationes de calcio y magnesio, aunque el estroncio, hierro y manganeso también pueden contribuir a la dureza del agua.

Clasificación de las aguas según su dureza

El valor obtenido en el pozo Paso Ancho clasifica la dureza del agua como **moderadamente duras**, al encontrarse por el rango de 61-120 mg/L de dureza CaCO₃. Fuente: (Neira, 2006).

Tabla 4. Clasificación de las aguas según su dureza

| Rango de Dureza (mg/L CaCO₃) | Descripción |
|--|----------------------------|
| 0 – 60 | <i>Suaves</i> |
| 61 – 120 | <i>Moderadamente duras</i> |
| 121 – 180 | <i>Duras</i> |
| más de 180 | <i>Muy duras</i> |

Desde el punto de vista de calidad de agua estimada a partir de la dureza total se clasifica como aguas de **buena calidad** en relación con los valores contenidos Fuente: (Neira, 2006). (tabla 5).

Tabla 5. Clasificación de la calidad del agua según el rango de dureza

| 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 se detalla los resultados obtenidos y su comparación con las normas vigentes (Número más probable por cada 100 ml).

Tabla 6. Resultados de parámetros microbiológicos de los pozos en estudio

| Análisis | Método | Unidad | Resultado Paso Ancho | Norma CAPRE (Máximo Admisible) | NTON 05 007-98 |
|---------------------|---------------|------------|----------------------|--------------------------------|----------------|
| *Coliformes Totales | SMEWW 9221 B | NMP/100 ml | 8 | Negativo | 2000 |
| *Coliformes Fecales | SMEWW 92 21 E | NMP/100 ml | 2 | Negativo | NA |

NMP: Número más probable

Los resultados indican que el agua del pozo de Paso Ancho presenta 8 NMP/100 ml coliformes totales. Así mismo se encontró presencia de 2 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. Dejando en evidencia que deben recibir algún tipo de tratamiento que sobrelleve a su potabilización plena y confiable.

Hidroquímica de las aguas

El diagrama de Piper según Facundo y González (2005), es un tipo de gráfico hidroquímico donde los triángulos de aniones y cationes ocupan los ángulos inferiores izquierdo y derecho con sus bases alineadas. La parte central del diagrama posee forma de rombo y sobre éste se proyectan los puntos de cada uno de los triángulos por medio de una recta paralela al borde superior del rombo. La intersección de estas dos rectas representa la composición del agua con respecto a una determinada agrupación de aniones y cationes. Este diagrama es elaborado con base a los resultados fisicoquímicos del pozo en estudio.

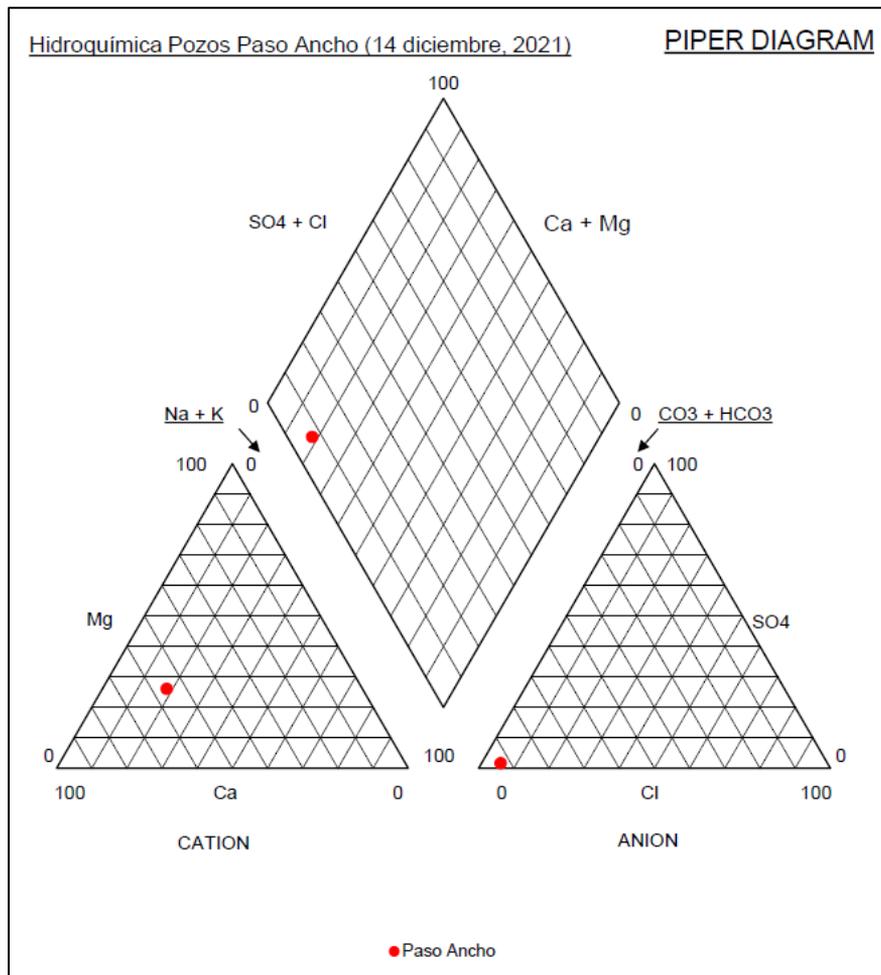


Figura 13. Diagrama de Piper del pozo en estudio.

La hidroquímica en el área de estudio se consultó a través del mapa hidroquímico de INETER realizado por Castillo et al., (2004); según dicho mapa, predominan las aguas bicarbonatadas cálcicas ($\text{HCO}_3 - \text{Ca}$). Esta concuerda con los resultados obtenidos del pozo de Paso Ancho, perteneciente al acuífero del valle de Estelí.

Basado en la literatura, estas son aguas de infiltración reciente o de poco tiempo de circulación por el medio subterráneo y no han generado disolución de los materiales de las rocas. Por tanto, este es el tipo de agua que predominan en el área de estudio, se prestan a las características climáticas, topográficas y litológicas de la región; lo que da lugar a un tiempo corto de tránsito, que no permite la evolución geoquímica natural del agua subterránea a través del intercambio catiónico.

4.1.4 Propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento, a la operación y mantenimiento y a la gestión

Después de haberse realizado la observación del estado actual del sistema de abastecimiento de agua potable y las características de gestión organizativa, administrativa, de operación y mantenimiento que esta muestra, se proponen las siguientes mejoras para el sistema de abastecimiento de agua de la comunidad Paso Ancho.

Estado de la infraestructura del sistema de bombeo de agua potable de la comunidad Paso Ancho

1. Pila de almacenamiento

Dado que el caudal de la captación no es siempre constante y que el caudal demandado por la comunidad tampoco lo es, es necesario almacenar agua en un tanque o pila durante los períodos en los que la demanda es menor que el suministro y utilizarla en los períodos en que la comunidad demanda gran cantidad del líquido.

Observaciones

La pila de almacenamiento de concreto se encuentra deteriorada, presenta fugas de agua, no cuenta con tapadera sanitaria de protección, se contabilizaron cuatro conexiones de descarga y por la altura del mismo no permite sean abastecidas algunas viviendas de la

comunidad. No se tiene como una actividad continua la limpieza del tanque. Existe otro tanque de PVC de 2.5 m³ el cual no se está utilizando.

Propuestas

1. Aplicar mantenimiento de las paredes (pintura, repello, fino, sellamiento de fugas).
2. Inspección y mantenimiento de sus sistemas de válvulas y sistema de rebalse.
3. Instalar tapadera con la finalidad de prevenir la entrada de polvo, insectos, hojas que puedan ocasionar contaminación al agua.
4. Mantenimiento de las condiciones higiénicas es decir limpieza y desinfección del tanque de distribución y la limpieza de los sistemas de administración de cloro desinfectantes cuando este sea instalado, con el fin de prevenir la contaminación con organismos patógenos durante la conducción del agua.
5. Construir la cerca perimétrica de protección de todo el sistema.
6. Construir una pila de almacenamiento de 15m³

2. Red de distribución

Se define como como el conjunto de tuberías cuya función es la de suministrar el agua potable a los consumidores de la comunidad. Hidráulicamente estas conducciones pueden ser de diferentes formas, dependiendo de la topografía y la longitud de las mismas por medio de una serie de tuberías o redes de distribución que llevan el agua a cada domicilio.

Observaciones

La red de distribución fue construida sin ningún diseño hidráulico, es decir que únicamente se colocaron las tuberías, con la idea de que una línea de tubería de diámetro mayor en este caso de 2 pulgadas alimentara a ramales de tubería de diámetro menor que van hacia las viviendas. Se observó fugas en diferentes puntos de la red, incluyendo todo el circuito hidráulico de la fuente hacia el tanque y en tuberías conectadas hacia algunas viviendas.

Propuestas

1. Reparación de fugas y de ser posible realizará actividades para evitar su presencia, sustituyendo partes de la red que, por su estado, presentan altas probabilidades de escapes de agua.
2. 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.
3. Construir cajas rompe presión que permita disminuir la presión donde sea necesario.
4. Instalar válvulas de compuerta que se encontrarán dentro de la red de distribución, las cuales permitirán, al ser necesario, el cierre de sub-sectores 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.
5. En la línea de descarga o sarta no existe medidor de caudal, ni de presión, se requiere hacer mejoras en la sarta según la norma NTON 09002 – 99 para acueductos rurales, por lo tanto, se requiere:
 - ✓ Caudalímetro
 - ✓ Manómetro de presión de la línea
 - ✓ Derivación descarga para prueba de bombeo y limpieza de la sarta.
 - ✓ Unión maleable para efecto de mantenimiento, anclajes de tuberías
 - ✓ Válvulas check y compuerta
 - ✓ Tubería HG de 2pulg.

3. Sistemas de desinfección

Frecuentemente se necesitará una desinfección final. En casos en los que no se dispone de otros métodos de tratamiento, se puede recurrir a la desinfección como único tratamiento contra la contaminación bacteriana del agua potable. Existen dos clases de métodos de desinfección, los cuales son los métodos físicos y los métodos químicos.

Observaciones

No existe sistema de cloración, la persona encargada de la operación del sistema manifestó clorar el agua una vez al año.

Propuestas

1. Instalar un equipo clorinador que permita la desinfección constante del agua potable.
2. Realizar análisis para determinar la concentración de desinfectantes en el agua, debe ser exacto, sencillo, rápido y apropiado para hacerlo tanto en el terreno como en el laboratorio.
3. Usar sustancias químicas que han sido usadas exitosamente para la desinfección tales como: cloro, compuestos de cloro y yodo dosificados en forma adecuada; ozono y otros oxidantes como permanganato de potasio y peróxido de hidrógeno. Cada uno de éstos tiene sus ventajas y limitaciones.
4. El cloro y compuestos de cloro cuentan con una fuerte capacidad para destruir patógenos con bastante rapidez y su amplia disponibilidad lo hacen muy adecuados para la desinfección. Su costo es moderado y son, por esta razón, ampliamente usados con desinfectantes a través del mundo.

4. Sistema eléctrico

Observación

La caja del panel eléctrico se encuentra expuesta a intemperie, los cables de conexión a los disyuntores se encuentran corroídos, en época de lluvia el agua penetra a la caja de mando y los disyuntores se disparan sacando de servicio el sistema de bombeo.

Propuesta

1. Cambio de caja de protección de la aparamenta eléctrica y reubicarla en caseta que aloje también la fuente de agua.
2. Aplicar mantenimiento a sistema de control eléctrico.

3. Instalar niveles eléctricos con la finalidad de que cuando el tanque de almacenamiento se llene, la bomba se desactive y viceversa.



Figura 14. Lugar propuesto para la construcción de la pila.

5. Gestión Administrativa

Observación

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. No se gestionan exámenes para conocer el estado del agua.

Propuestas

1. Los CAPS deben hacer reuniones continuas para el monitoreo del funcionamiento del sistema, aplicar las prácticas de archivar expedientes de alguna modificación o construcción que aporte en el sistema.
2. Registrar y controlar las operaciones de ingresos y gastos, esta acción garantizará cubrir los ingresos y disponer de un fondo que permita realizar las diversas actividades o gastos de mantenimiento.

3. Se requiere nuevas inversiones en materiales y herramientas con el propósito de mejorar el sistema y que las fallas o interrupciones no sigan presentando muy seguido y establecer una disciplina para el cuidado del agua.
4. Gestionar la instalación de micro medidores para controlar el consumo de agua e implantar un sistema de tarifas para a través del cobro de una tarifa 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.

6. Operación y Mantenimiento

Objetivo de la propuesta

Realizar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo con todas aquellas actividades requeridas para prevenir daños o para su reparación y corregir fallas en las instalaciones y equipo, a fin de mantener el buen funcionamiento del sistema.

Observaciones

El CAPS no cuenta con un plan de mantenimiento, solo cuenta con una persona para el manejo del sistema, no existe recurso humano para las reparaciones que el sistema demande, por lo cual deben contratar a una persona para que realicen las reparaciones. Por lo tanto, no se ejecutan actividades de mantenimiento en las instalaciones o equipos, antes que se produzcan daños, no se programa en función del tiempo, ya que con anticipación se conocerán los recursos, que se puedan necesitar, previniéndose todas las acciones a ejecutar.

De igual manera las fallas de la instalación y equipos no se solucionan de forma inmediata y oportuna. En ocasiones se requiere de mano de obra calificada o no calificada y por el hecho que este tipo de mantenimiento no puede programarse, se debe estar preparado con facilidades, herramientas y transporte adecuados para realizarlas.

Propuestas

1. Antes de iniciar con la operación del sistema, es decir 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.
2. La persona a cargo de la operación y mantenimiento del sistema deberá poner especial atención al cuidado, revisión de las válvulas instaladas y manejarlas adecuadamente; visualizando las tuberías para localizar fugas.
3. Después de la puesta en marcha del equipo de bombeo, el operador debe prestar especial atención a ruidos extraños provenientes de la bomba, motor, ejes, etc.
4. La marcha y paro del sistema de bombeo deberá estar sujeto al horario que se asigne para esta función. Si el trabajo de los equipos es normal, deberá poner a funcionar el equipo de cloración en el caso que este sea instalado debido a, que actualmente no existe.
5. Se debe realizar control de las malezas y limpiando el material suelto que se encuentra cercano a la fuente de agua. Además, es urgente aplicar el protocolo de cloración en el agua debido a la presencia de coliformes, según el examen fisicoquímico y bacteriológico realizado.
6. 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.
7. Lo anterior permitirá obtener información suficiente y confiable en forma oportuna, que permitirá la planeación y ejecución correcta de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.

Capítulo V

5.1 Conclusiones

1. El diagnóstico del estado actual del sistema permitió conocer y evaluar el estado real del Mini Acueducto permitiendo definir aquellos alcances de obras sustanciales para rehabilitar en un nivel aceptable el sistema y de agua.
2. Según la evaluación, el factor operación y mantenimiento se encuentra proceso de deterioro por lo que no cuenta con un plan de mantenimiento, deben pagarles a diferentes personas con conocimientos de fontanería para la reparación de fugas.
3. 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.
4. De acuerdo a los resultados del examen físico-químicas y bacteriológicas del agua de consumo de la comunidad de Paso Ancho se concluye que, las aguas desde el punto de vista biológico, según las normas CAPRE, sobrepasan el máximo admisible permitido para consumo humano. Dejando en evidencia que deben 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 de buena calidad y moderadamente duras en relación con los valores contenidos.
5. Se realizó una propuesta que se considera de aplicarla mejoraría considerablemente el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua.

6. 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 activas dos mujeres quienes ocupan cargos de fiscal y vocal respectivamente. De igual manera es meritorio hacer mención que es una mujer quien opera el sistema de bombeo de esta comunidad.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda al CAPS como administrador del sistema, consultar al Ministerio de Salud sobre técnicas de desinfección de agua para consumo humano en las zonas rurales, para lo cual se debe planificar mejor la cloración e incluir un sistema de cloración de tubo percolador a cloración por goteo de los sistemas de agua potable. con la finalidad de garantizar la salud a los habitantes de la comunidad de Paso Ancho, la calidad y continuidad del servicio de agua.
2. Mejorar la comunicación de los miembros CAPS, entre ellos y hacia los comunitarios con el propósito de mejorar el funcionamiento adecuado, oportuno, continuo y de calidad del uso del sistema de agua potable. Así mismo es necesario la permanente concientización del uso apropiado del agua.
3. Se recomienda a las autoridades competentes tales como: alcaldía de Estelí, ENACAL e incluso al CAPS, invertir en la rehabilitación y mejoramiento de este sistema, incorporando estructuras que garanticen el abastecimiento de agua potable, de esta manera garantizar la sostenibilidad del sistema.
4. El CAPS debe solicitar capacitación continua en temas de administración, contabilidad, desinfección del agua, operación y mantenimiento de sistemas de agua potable, así mismo deben solicitar el análisis bacteriológico al menos dos veces por año del agua que consumen, a las instituciones encargadas como ENACAL, MINSA o la Alcaldía de Estelí.
5. Trasladar la pila de almacenamiento a una zona de mayor altura de tal manera que todas las viviendas se abastezcan del agua, de igual manera se debe aumentar la capacidad de almacenamiento de la pila en correspondencia con el número de habitantes y considerando el aumento en la población a veinte años.

6. Instalar medidores que registren el consumo de agua en las viviendas que garantice el pago equitativo del vital líquido y por ende la sostenibilidad del sistema de agua potable. El CAPS será el responsable de asignar un valor monetario al metro cubico de consumo, además de la recaudación, resguardo del dinero para sostenibilidad del sistema.

7. El CAPS debe garantizar la operación del sistema de agua eficientemente y proveer equitativamente el agua a las familias además promover programas de capacitación en educación sanitaria a las familias con el fin de reducir enfermedades.

8. 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.

Bibliografía

- Álvarez, O. P. (2014). *Sostenibilidad del sistema de agua potables del centro poblado de pariamarca, Cajamarca 2014*. Lima: Universidad Nacional de Cajamarca Facultad de Ingeniería Escuela AcadémicaL Profesional de Ingeniería Civil.
- ANDA. (13 de Marzo de 2015). *Administracion Nacional de Acueductos y Alcantarillados*. Obtenido de <https://www.anda.gob.sv/calidad-del-agua/control-de-calidad/>
- Anne, C. (2017). *Equidad en el acceso al agua: Análisis de las percepciones de los proveedores y los usuarios del suministro del líquido vital en Lima, Perú*. Lima: Universidad de Leiden, Lima.
- ASAMBLEA NACIONAL. (2011). Leyes Aprobadas y Publicadas en La Gaceta Diario Oficial. *Ley No. 704, Ley creadora del sistema nacional para el aseguramiento de la calidad de la educación y reguladora del consejo nacional de evaluación y acreditación*, (pág. 50).
- Baena Toro, D. (2014). *Análisis financiero: enfoque y proyecciones (2a. ed.)*. Ecoe Ediciones.
- Calvo Langarica, C. (2019). *Análisis e interpretación de estados financieros (13a. ed.)*. PACJ.
- Calvo, M. (30 de octubre de 2019). *Los estados financieros basicos*. Obtenido de <https://www.captio.net/blog/los-estados-financieros-basicos>
- Comision Nacional del Agua. (2016). *Manual de agua potable,alcantarillado y saneamiento modelacion hidraulica y de calidad del agua en redes de distribución*. Mexico D.F: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Córdoba, M. (2014). *Análisis financiero*. Ecoe Ediciones.
- Cuenca, H. C. (2018). *Análisis financiero del sector solidario: interpretación de estados financieros, análisis de gestión, riesgos y fraudes*. Bogota : Ecoe Ediciones.
- Delgado, C. C., & Falcón Barboza, J. (2019). *Evaluación del abastecimiento de agua potable para gesitionar adecuadamente la demanda poblacional utilizando la metodologia SIRAS 2010 en la ciudad de Chongotape, Chiclayo*. Lima: USMP Univesidad de San Marti De Porres - Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
- Duran, A. M. (05 de Noviembre de 2015). *Lideshare.net*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/margaraduran/unidades-de-anlisis-54758257>
- Fèliz, I. (31 de Octubre de 2015). *Escuela de Organizaciòn Industrial*. Obtenido de <https://www.eoi.es/blogs/gestioneducativa/2015/10/31/institucion-educativa/>
- Flores Villalpando, R. (2014). Digital UNID.
- Flores, F., Cortijo, V., & Flor, F. (2009). *Análisis de estados financieros: fundamentos teóricos y casos prácticos*. México: Pearson Educación.

- Fornero, R. (2017). *Fundamentos d análisis financiero*.
- Fundación Aquae. (31 de Octubre de 2020). *Aquae*. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/que-es-el-agua/>
- Galindo Alvarado, J., & Guerrero Reyes, J. (2016). *Contabilidad Gubernamental*. México: Grupo Editorial Patria.
- Gamarra, A. R. (2014). *Sostenibilidad de los sistema de agua potable en el centro de Nuevo Peru, Distrito La Encañada - Cajamarca 2014*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil.
- Gerardo Guajardo Cantú, N. E. (2008). *Contabilidad Financiera Quinta Edición*. Mexico.
- Gerencie.com. (2018 de abril de 2018). *Gerencie.com*. Obtenido de <https://www.gerencie.com/estado-de-cambios-en-el-patrimonio.html>
- Gonzáles. (2013). *Evaluacion del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Disposición de excretas de la población del corregimiento de Monterrey, Municipio de Simití, Departamento de Bolívar, proponiendo soluciones integrales al mejoramiento de los sistemas y la salud*. Bogotá: Pontificia Univesidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Bogotá.
- Gonzáles, G. (25 de Enero de 2018). *LIDEFER.COM*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/recoleccion-de-datos/>
- Guido calero, M. C., Hidalgo Espinoza, P. K., & Lúquez, L. (2018). *Repositorio Institucional UNAN-León*. Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/6824>
- Guido, J. (25 de Febrero de 2009). *madri+d Blogs*. Obtenido de <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2009/02/25/113410>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill Education.
- Holded. (11 de octubre de 2017). *Ratios Financieros*. Obtenido de <https://www.holded.com/es/blog/ratios-analizar-situacion-financiera-empresas>
- Instituto Nicaraguense de Acueductos y Alacanterillados ente Regulador INNA. (2000). *Normas tecnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua*. Managua: El Instituto Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados (INAA).
- Irias Benavides, I., & Ruiz Calero, H. P. (2019). *Evaluación de la gestión y estado de mini acueductos por bombeo eléctrico, de las comunidades de Sontule y los Plancitos del municipio de Estelí en el año 2019*. Estelí: UNAN-Managua FAREM-Estelí.
- La Gaceta - Diario Oficial. (2010). *Reglamento de la ley especial de los comités de agua potable y saneamiento (CAPS)*. managua: La Gaceta No. 172.

- Lavalle Burguete, A. C. (2017). *Análisis financiero*. México: Editorial Digital UNID.
- Ley 722. (2014). *Por nuestro desarrollo comunitario formemos un CAPS Síntesis de la Ley de los CAPS 722 en versión popular*. Estelí: Centro de Información e Innovación de la Asociación de Desarrollo Social de Nicaragua.
- Madeleine, C. (2016). Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/>
- MHCP . (2010). *Manual de Contabilidad Gubernamental*.
- Milla, M. R. (2014). *Análisis financiero en las empresas*. Pacifico Editores.
- Ministerio de economía y finanzas. (2004). *PARAMETROS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE AGUA Y SANEAMIENTO PARA CENTROS POBLADOS RURALES*. Peru.
- Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. (2015). *NORMA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE*.
- Molina, R. (02 de octubre de 2013). *Importancia de la informacion financiera* . Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/importancia-de-la-informacion-financiera-para-las-empresa>
- Morales Castro, A., & Alcocer Martínez, F. R. (2014). *Administración financiera*. México: Grupo Editorial Patria.
- NUBOX. (13 de Febrero de 2020). *Nubox*.
- Organizacion Panamericana de la Salud (OPS). (2007). *¿Como reducir el impacto de los desastres en los sistemas de agua y saneamiento rural?* Quito: Ecuador:OPS2007.87p.
- Palacios, C., & del Socorro, I. (2013). *Evaluacion fisico-quimica y bacteriologica en el sistema de abastecimiento del casco urbano del Municipio de la concordia durante cinco semanas de abril y junio del año 2013*. La concordia: Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua.
- Rodriguez, L. (15 de Junio de 2019). yoopit.com/. Obtenido de <https://www.yoopit.com/institucion-educativa>
- Ruffolo, J. (23 de abril de 2012). *Interpretacion: Tecnicas y modalidades*. Obtenido de <https://blog-spanish.jrlanguage.com/interpretacion-tecnicas-y-modalidades-primera-parte/>
- Ruiz, P. R. (2001). *Abastecimiento de agua del instituto tecnologico de Oxaca*. Oxaca Mexico: Dirección general de institutos tecnológicos.
- Soto, A. (2014). *La sostenibilidad de los sistemas de agua potable en el centro poblado Nuevo Perú, Distrito la Encañada - Cajamarca, 2014*. Lima: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Toro, D. B. (2014). *Análisis financiero: enfoque, proyecciones financieras*. Ecoe Ediciones.

- Ucàn, L. (01 de Septiembre de 2016). *FANDOM.COM*. Obtenido de https://psicologiaambiental.fandom.com/wiki/Instituciones_Educativas
- Ucha, F. (Julio de 2009). *Interpretacion* . Obtenido de <https://www.definicionabc.com/general/interpretacion.php>
- Villalpando, R. F. (2014). *Análisis de estados financieros*. Mexico: Editorial Digital UNID.
- Villanueva, J. C. (2014). *La sostenibilidad de los sistemas de agua potable en el centro poblado el cerrillo poblado el cerrillo del distrito de Baños del Inca-Cajamarca,2014*. Cajamarca: Univesidad Nacional de Cajamarca Facultad de Ingeniería Escuela Académica Profecional de Ingenieria Civil.
- Wiliam T. Medina Castillo, Z. P. (2015). *Contabilidad Gubernamental I*. Vicerrectorado Académico.

Anexos

Tabla 3.6. Indicadores para la Evaluación de los Sistemas de Agua Potable. Método PROPILAS

| Factores o Dimensiones | Sostenible | Proceso de deterioro | Grave proceso de deterioro | Colapsado |
|---|--|---|---|--|
| PUNTAJES A CALIFICAR | 4 | 3 | 2 | 1 |
| A. Estado del Sistema: (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) / 5 | | | | |
| A.2. Cobertura | | | | |
| a) Volumen demandado b) N° de personas atendidas | A » B | A=B | A < B | A = 0 |
| A.2. Cantidad: | | | | |
| a) Volumen ofertado b) Volumen demandado personas Atendidas | C > D | C=D | C < D | C = 0 |
| A.3. Continuidad: (a+b)/2 | | | | |
| a) Permanencia del agua en la fuente | Permanente | Baja pero no se seca | Se seca totalmente en algunos meses | Seco totalmente |
| b) Permanencia del agua en los 12 últimos meses | Todo el día y todo el año | Todo el día cuando hay agua, por horas cuando se seca | Por horas todo el año | Algunos días |
| A.4. Calidad del Agua | | | | |
| a) Colocación o no del cloro | Si | | | NO |
| b) Nivel de cloro residual en agua | Cloro: 0.5 -- 0.9mg/lit | Baja cloración / Alta Cloración | ----- | No tiene Cloro |
| c) Cómo es el agua que consumen | Agua Clara | Agua turbia | Con elemento extraños | No hay agua |
| d) Análisis bacteriológico en agua | Si se realizó | ----- | ----- | No se realizó |
| e) Institución que supervisa la calidad del agua | ENACAL | Municipalidad | Otro | Nadie |
| A.S. Estado de la Infraestructura: | | | | |
| a) Captación - Cerco Perimétrico - Estado de la estructura --Válvulas - tapa sanitaria - accesorios | Si, en buen estado Bueno Bueno Bueno | Si tiene mal estado Regular Regular Regular | ----- -- Malo Malo Malo | No tiene No tiene No tiene No tiene No tiene |
| b) Caja o buzón de reunión - Cerco perimétrico - Tapa sanitaria - Estructura - Canastilla - Tubería de limpia o rebose - Dado de protección | Si, en buen estado Bueno Bueno Bueno Bueno | ----- Regular Regular Regular Regular | Si, tiene en mal estado Malo Malo Malo Malo | No tiene No tiene No tiene No tiene No tiene No tiene |
| b) Cámara rompe presión CRP 6 - Tapa sanitaria - Estructura - Canastilla - Tubería de limpia o rebose | Bueno Bueno Bueno Bueno | Regular Regular Regular Regular | Malo Malo Malo Malo | No tiene No tiene No tiene No tiene |

| | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------|
| d) Línea de conducción - Como está la tubería - Si lo tuviera. Estado de los pasos aéreos | Cubierta totalment e Bueno | Cubierta parcial regular | Malograda Malo | Colapsada Colapsada |
|--|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------|

| Factores o Dimensiones | Sostenible | Proceso de deterioro | Grave proceso de deterioro | Colapsado |
|--|---|--------------------------------------|---|---|
| PUNTAJES A CALIFICAR | 4 | 3 | 2 | 1 |
| B. Gestión: (a+b+c+d+e+f+g+h+i+j+k+l+m+n)/14 | | | | |
| a) Responsable de la administración del servicio | CAPS | Núcleo ejecutor | Municipalidad / Autoridades | Nadie |
| b) Tenencia del expediente técnico | CAPS | Comunidad / Núcleo Ejecutor | Municipalidad | No sabe |
| c) Herramientas de gestión | Estatutos Padrón de asociados Libro de Caja Recibos de pago | Al menos 3 opciones de a anterior | Al menos 1 opción de as anteriores | No usan ninguna de las anteriores |
| d) Número de usuarios en padrón de asociados | Es igual a N° de familias que se abastecen con el sistema | ----- | Es menor que el N° de familias que se abastece con el sistema | No hay padrón o no hay ningún usuario escrito |
| e) Cuota familiar | Si hay | ----- | | No pagan |
| f) Cuanto es la cuota | Mayor de 50 Córdobas | De 40 a 30 córdobas | 20 a 10 córdobas | No pagan |
| g) Morosidad | Menor del 10% | 10.1 al 50.9% | 51% al 89.9% | 90% a 100% |
| h) Número de reuniones de directiva con usuarios | 3 veces al año / mensual | 1 o 2 veces al año | Sólo cuando es necesario | No se reúnen |
| i) Cambios en la directiva | A los 2 años | A los 3 años | Al año / más de tres años | No hay Junta |
| j) Quién escoge modelo de pileta | Esposa / la familia | El esposo | El proyecto | No hay pileta |
| k) N° de mujeres que participan en gestión del sistema | 2 mujeres | 1 mujer | | Ninguna |
| l) Han recibido cursos de capacitación | Si | ----- | | No |
| m) Que cursos | - Limpieza, Cloración y Desinfección - Operación y reparación del sistema - Manejo administrativo | Al menos dos temas de los anteriores | Al menos 1 tema de los anteriores | Ningún tema |
| n) Se han realizado nuevas inversiones | Si | ----- | ----- | No |

| Factores o Dimensiones | Sostenible | Proceso de deterioro | Grave proceso de deterioro | Colapsado |
|--|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| PUNTAJES A CALIFICAR | 4 | 3 | 2 | 1 |
| C. Operación y Mantenimiento | (a+b+c+d+e+f+g-h)/8 | | | |
| a) Plan de mantenimiento | Si se cumple | Si, pero a veces | Sí, pero no se cumple | No existe |
| b) Participación de usuarios | Si | Sólo la junta | A veces - algunos | No |
| c) Cada que tiempo realizan la limpieza | 4 veces al año o más | 3 veces al año | 1 o 2 veces al año | No se hace |
| d) Cada que tiempo realizan la cloración | Entre 15 a 30 días | Cada tres meses | Más de tres meses | Nunca |
| e) Prácticas de conservación de la fuente | Vegetación natural | Forestación / Zanjas de infiltración | ----- | No existe |
| f) Quien se encarga de, os servicios de gasfitería | Gasfitero/operador | Los directivos | Los usuarios | Nadie |
| g) Remuneración de gasfitero | Si | | | No |
| h) Cuenta con herramientas | Si | ----- | | No |
| TOTAL, PROMEDIOS: A(0.50) + B(0.25) + C(0.25) | 3.51 - 4 | 2.51 — 3.50 | 1.51 — 2.50 | 1 — 1.50 |
| INTERPRETACIÓN | Sostenible | En proceso de deterioro | En grave proceso de deterioro | Colapsado |

Fuente: Diagnóstico Provincial de Agua y Saneamiento Provincia de Jaén, marzo del 2007, Proyecto PROPILAS CARE-PERÚ.

Anexo 2. Resultados del examen bacteriológico del agua



LABORATORIOS QUÍMICOS, S.A LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-E

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: UNAN MANAGUA / FAREM ESTELI
Dirección: Ba. 14 de Abril, sub-estación ENEL 2 c. al Sur, Estelí.
Nombre de muestra: Pozo Perforado
Descripción muestra: Agua
Fecha ingreso: 2021/12/15
Ref. laboratorio: MC-2962-21
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: Comunidad: Paso Ancho
Municipio/Depto.: Estelí / Estelí
Fecha muestreo: 2021/12/14
Fecha de realización de ensayo: 2021/12/16-2021/12/20
Fecha de emisión: 2021/12/20
Muestreado por: Cliente

| Análisis | Método | Unidad | Resultado |
|--------------------|--------------|------------|-----------|
| Coliformes Totales | SMEWW 9221 B | NMP/100 ml | 8 |
| Coliformes Fecales | SMEWW 9221 E | NMP/100 ml | 2 |

Anexo 3. Resultados del examen fisicoquímico del agua



LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-E

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: UNAN MANAGUA / FAREM ESTELI
Dirección: Ba. 14 de Abril, sub-estación ENEL 2 c. al Sur, Estelí.
Nombre de muestra: Pozo Perforado
Descripción muestra: Agua
Fecha ingreso: 2021/12/15
Ref. laboratorio: AG-2071-21
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: Comunidad: Paso Ancho
Municipio/Depto.: Estelí / Estelí
Fecha muestreo: 2021/12/14
Fecha de realización de ensayo: 2021/12/16-2021/12/23
Fecha de emisión: 2021/12/23
Muestreado por: Cliente

| Análisis | Método | Unidad | Resultado |
|---------------------------------|-----------------|--------|-----------|
| Fosfatos | SMEWW 4500-P E | mg/l | 0,36 |
| Dureza Como Carbonato de Calcio | SMEWW 2340 C | mg/l | 92,89 |
| Fluoruros | SMEWW 4500 F- D | mg/l | ND (<0,1) |

| | | | |
|--------------|---|------|-----------|
| Calcio | ISO 11885 Second Edition 2007-08 -01 | mg/l | 25,33 |
| Magnesio | ISO 11885 Second Edition 2007-08 -01 | mg/l | 7,19 |
| Carbonatos | SMEWW 2320 B | mg/l | ND (<2,4) |
| Bicarbonatos | SMEWW 2320 B | mg/l | 138,92 |

| | | | |
|-------------------------|----------------------|-------|-------------|
| Sulfatos | SMEWW 4500 SO4 E | mg/l | 1,94 |
| Cloruros | SMEWW 4500 Cl B | mg/l | 4,75 |
| pH | SMEWW 4500 H B | - | 6,8 |
| Conductividad Eléctrica | SMEWW 2510 B | µS/cm | 249,0 |
| Nitritos | SMEWW 4500 NO2 B | mg/l | ND (<0,007) |
| Nitratos | NMX-AA-079-SCFI-2001 | mg/l | 7,07 |

LAQUISA es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida y el cliente de la información proporcionada.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA.

ND: No Detectado.



Lic. Indiana Lucia Acosta López
Vice-Directora Ejecutiva



Lic. Joel Antonio González Salmerón
Resp. de Agua

Página 1 de 2

Este informe electrónico es emitido al cliente con carácter Informativo, el Informe oficial es impreso en hoja de papel tamaño carta, membretado, sellado y con firma manuscrita. El cliente es responsable de garantizar la no alteración del mismo.

 Km 83 Carretera Managua-León
  repcionlaquisa@gmail.com / resultadoslaquisa@gmail.com
 2310 - 2583 / 8854 - 2550